

日本色彩学会誌 第45巻 第3号 SUPPLEMENT (2021)
Journal of the Color Science Association of Japan, Vol.45, No.3 Supplement

日本色彩学会第52回全国大会発表論文集
Proceedings of the 52nd Annual Meeting

会 期：2021年6月26日～27日

口頭発表：41件

ポスター発表：12件

(カラーデザイン作品発表1件を含む)



発 行

一般社団法人 日本色彩学会
THE COLOR SCIENCE ASSOCIATION OF JAPAN

目 次

Contents

[O-01]	人間の皮膚表面下の分光透過・散乱特性に関する測定と解析 1
	Measurement and Analysis of Spectral Transmission and Scattering Characteristics from the surface of Human Skin
	秋月有紀, 菅家宏一朗 (富山大学), 大住雅之 (オフィス・カラーサイエンス)
	Yuki Akizuki ¹ , Koichiro Kanke ¹ and Masayuki Osumi ²
	¹ University of Toyama, ² Office Color Science Co. Ltd.
[O-02]	ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発その5: 閉鎖空間内にある材料の色彩・光沢測定 5
	Non-contact colorimetric measurement using dome illumination for free-form surfaces Part 5: Color and gloss measurements of materials in a closed space
	酒井英樹 (大阪市立大学大学院生活科学研究科), 伊與田浩志 (大阪市立大学大学院工学研究科)
	Hideki Sakai ¹ and Hiroyuki Iyota ²
	¹ Graduate School of Human Life Science, Osaka City University,
	² Graduate School of Engineering, Osaka City University
[O-03]	ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発その6: 温湿度制御容器内の材料の色彩・光沢測定 8
	Non-contact colorimetric measurement using dome illumination for free-form surfaces Part 6: Color and gloss measurements with temperature and humidity control unit
	深河慎平, 伊與田浩志 (大阪市立大学大学院工学研究科), 酒井英樹 (大阪市立大学大学院生活科学研究科)
	Shimpei Fukagawa ¹ , Hiroyuki Iyota ¹ and Hideki Sakai ²
	¹ Graduate School of Engineering, Osaka City University,
	² Graduate School of Human Life Science, Osaka City University
[O-04]	照明の拡散性と物体の形状, 明度, 色が物体印象に与える影響 11
	Effects of lighting diffusivity and object shape, lightness, and color on object impressions
	芝 遥也, 溝上陽子 (千葉大学)
	Haruya Shiba and Yoko Mizokami
	Chiba University
[O-05]	Association Between One's Mood and Color 15
	Mahshid Baniani
	Faculty of Art and Design, University of Tsukuba
[O-06]	Color and lightness of Thai skin tone 18
	Nutticha Pattarasoponkun ¹ , Chanprapha Phuangsuan ² and Mitsuo Ikeda ²
	¹ Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
	² Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
[O-07]	Effect of tissue on the simultaneous color contrast on an electric display 22
	Janejira Mepean ¹ , Mitsuo Ikeda ² and Chanprapha Phuangsuan ²
	¹ Graduate School, Faculty of Mass Communication Technology, RMUTT, Thailand
	² Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
[O-08]	Thai basic color categories and monolexemic color terms 26
	Nischanade Panitanang ¹ , Chanprapha Phuangsuan ² and Mitsuo Ikeda ²
	¹ Graduate School, Faculty of Mass Communication Technology, RMUTT, Thailand
	² Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
[O-09]	種々の材質の物体に対応した画像光沢の編集方法 29
	Glossy Appearance Editing for Various Material Objects
	真鍋裕亮, 田中 緑, 堀内隆彦 (千葉大学大学院)
	Yusuke Manabe, Midori Tanaka and Takahiko Horiuchi
	Chiba University
[O-10]	絵画画像の特徴的色彩領域に基づく再帰的階段関数系による色彩分析の試行 33
	An experimental consideration about color analysis for paintings based on recursive step-function system defined in arbitrary shaped region
	室屋泰三 (国立新美術館)
	Taizo Muroya
	The National Art Center, Tokyo

[O-11]	クロスステッチ刺繍糸の2本取りによる混色 Intermediate Colors by Two-Strand Floss on Cross Stitch 池田 遼 (東京大学) Haruka Ikeda The University of Tokyo, Alumni	37
[O-12]	深層学習を用いたHDR画像の好ましさの解析 Analyzing HDR Image Preference using Deep Learning 濱野元輝, 笹木博史, 平井経太 (千葉大学) Genki Hamano, Hirofumi Sasaki and Keita Hirai Chiba University	40
[O-13]	単色色票群における一貫した色の見えとその評価 Consistent Color Appearance in a Set of Color Patches and Its Evaluation 寺嶋優太, 今田佑生也, 田代知範, 山内泰樹 (山形大学大学院) Yuta Terashima, Yukiya Konta, Tomonori Tashiro and Yasuki Yamauchi Graduate School, Yamagata University	44
[O-14]	日本における地味と色彩 Soberness and Color in Japan 國本 学史 (慶應義塾大学, 埼玉大学, 黄岡師範学院) Norifumi Kunimoto Keio University, Saitama University, Huanggang Normal University	48
[O-15]	好きな色・着たい色・よく着る色から考察する一色彩嗜好・パーソナリティ・自己イメージとの関係 Consider from your favorite color, the color you want to wear, and the color you wear –Relationship between Color preference, Personality trait and Self-image– 松田博子 (カラーコンサルタントスタジオ), 名取和幸 (日本色彩研究所), 破田野 (竹澤) 智美 (甲子園大学) Hiroko Matsuda ¹ , Kazuyuki Natori ² and Tomomi Hatano ³ ¹ Color Consultant Studio, ² Japan Color Research Institute, ³ Koshien University	52
[O-16]	塗り絵の色選択と図柄が及ぼす気分や体調への影響—オンラインライブ環境による遠隔実験を用いて Color selection and the effect of patterns on mood and physical condition during coloring-Using remote experiments in an online live environment 昆野照美, 川端康弘 (北海道大学 文学院) Terumi Konno and Yasuhiro Kawabata Hokkaido University	56
[O-17]	子供の発達段階における色彩感覚と配色・デザインの特徴 Characteristics of the color sense and the color scheme/design at the developmental stages of children 浅野 (村木) 千恵, 大山結加, 佐々木貴子 (北海道教育大学), 浅野 晃 (関西大学) Chie Muraki Asano ¹ , Yuka Ohyama ¹ , Takako Sasaki ¹ and Akira Asano ² ¹ Hokkaido University of Education, ² Kansai University	60
[O-18]	ファインダーを想定した文字情報表示の可読性の検討 Legibility of Characters in Finder Display 茂木修一, 館野舜介, 佐藤美恵, 石川智治, 阿山みよし (宇都宮大学) Shuichi Mogi, Shunsuke Tateno, Mie Sato, Tomoharu Ishikawa and Miyoshi Ayama Utsunomiya University	63
[O-19]	有彩色LED照明が在室者の色知覚に与える影響 Effect of chromatic LED lighting on color perception 戸倉三和子, 松本亜希子 (山喜産業株式会社) Miwako Tokura and Akiko Matsumoto ¹ ¹ YAMAKI SANGYO co., ltd.	67
[O-20]	色度情報付与による光沢感増大効果はなぜ生じるのか? What mechanisms mediate the increase in perceived gloss by adding chromaticity information? 小泉和人, 渡辺侑真, 永井岳大 (東京工業大学) Kazuto Koizumi, Yuma Watanabe and Takehiro Nagai Tokyo Institute of Technology	71

[O-21]	複数の色で構成されたシーンにおける視認性 ―文字色が視認性に及ぼす影響―	75
	The Influence of Colors for a Word Discoverability	
	細淵みつき, 榎 究 (実践女子大学), 瀧山 楓 (元実践女子大学) Mitsuki Hosobuchi, Kiwamu Maki and Kaede Takiyama Jissen Women's University	
[O-22]	日本人大学生における「2020年」を色で表現に関する調査	79
	A Survey of Japanese University Students on the Expression of “2020” in Colors	
	裴 湖珠 (信州大学大学院) Hojoo Bae Shinshu University	
[O-23]	顔の肌明るさ感に関わる画像特徴を見出す心理物理学の逆相関法 ―ノイズの種類の影響に着目して―	81
	Psychophysical reverse correlation methods to extract image features related to facial skin lightness perception –effects of noise types–	
	永井岳大, 岡田拓也, 小曾根千穂 (東京工業大学), 西野 顕, 沖山夏子 (花王株式会社) Takehiro Nagai ¹ , Takuya Okada ¹ , Chiho Kosone ¹ , Ken Nishino ² and Natsuko Okiyama ¹ Tokyo Institute of Technology, ² Kao Corporation	
[O-24]	コーヒーカップの色が消費者の心理に及ぼす影響 ～ペール・ビビッド・ダークトーンおよび無彩色の場合～	85
	Psychological effect of the color of the coffee paper cup for the customer	
	富田圭子, 田中里枝, 橋本京佳, 安岡美穂 (近畿大学農学部) Keiko Tomita, Rie Tanaka, Kyoka Hashimoto and Misato Yasuoka Fac. of Agriculture, Kindai University	
[O-25]	着色文字の記憶における色の嗜好性の影響 (第2報)	87
	Effects of Color Preference on Memorization of Color Text [2]	
	東 吉彦, 小倉未咲 (東京工芸大学) Yoshihiko Azuma and Misaki Ogura Tokyo Polytechnic University	
[O-26]	橋梁色彩と時代性―2020年隅田川復興橋塗替竣工から考える	91
	Bridge Color and The Values of The Times - A Study of The Bridges of The Great Kanto Earthquake Reconstruction Repainted in 2020	
	杉山朗子 (日本カラーデザイン研究所) Akiko Sugiyama Nippon Color&Design research institute inc.	
[O-27]	景観計画における色指定型景観誘導に関する研究 ～全国的な傾向と地域性に着目した分析～	95
	A study of color-designated landscape guidance in landscape plans -Analysis focusing on national trends and regional characteristics-	
	大口梨子 (中設エンジニアリング株式会社), 高瀬 咲 (株式会社地域計画建築研究所), 加藤美子 (啓新高等学校) Riko Oguchi ¹ , Saki Takase ² and Yoshiko Kato ³ ¹ CHUSETSU Engineering Co., Ltd., ² Architects, Regional Planner & Associates, Kyoto, ³ Keishin High School	
[O-28]	建築設計に必要な色彩知識に関する一考察	98
	A Study on Knowledge of Color for Architectural Design	
	萩原京子 (サンスター技研株式会社) Kyoko Hagiwara Sunstar Engineering Inc.	
[O-29]	黒色とファシズム	100
	Black and Fascism	
	日高杏子 (芝浦工業大学), 難波阿丹 (聖徳大学) Kyoko Hidaka ¹ and Anni Namba ² ¹ Shibaura Institute of Technology, ² Seitoku University	
[O-30]	21世紀のファンタスマゴリア：空間投影人物像における色補償	102
	Phantasmagoria in the 21st Century: Color Compensations in Spatial Projection of Human Figures	
	都竹隼輔 (芝浦工業大学), 三木 学 (株式会社ビジョナリスト), 日高杏子 (芝浦工業大学) Syunsuke Tsuzuku ¹ , Manabu Miki ² and Kyoko Hidaka ¹ ¹ Shibaura Institute of Technology, ² Visionarist Co.,Ltd	

[O-31]	色彩と霊的イメージ：映像装置の技術的發展と情動の観点から 106 Colors and the Images of Ghosts: From the Perspective of Technical Development of Moving Image Apparatus and Emotion 難波阿丹 (聖徳大学), 日高杏子 (芝浦工業大学) Anni Namba ¹ and Kyoko Hidaka ² ¹ Seitoku University, ² Shibaura Institute of Technology
[O-32]	チベット絵画の色・色材・色名および色彩調和論と不調和論 109 Tibetan Painting and of its Colors, Materials, Terminology, Color Consonance and Dissonance 木本晴夫 (名古屋市立大学) Haruo Kimoto Nagoya City University
[O-33]	素数と色彩調和論 (3) 113 Prime number and Color harmony theory (3) 太田 哲 (洋画家) Satoshi Ota Western-style painter
[O-34]	仮性同色表における背景のノイズと認識の違い 117 Difference in recognition due to the amount of background noise in the Pseudoisochromatic test 笠井一樹 (工学院大学), 坂本 隆 (産業技術総合研究所), 市原恭代 (工学院大学) Kazuki Kasai ¹ , Takashi Sakamoto ² and Yasuyo G. Ichihara ¹ ¹ Kogakuin University, ² Institute of Advanced Industrial Science and Technology
[O-35]	色彩画像の感性評価に対する彩度変化の影響 —多様な色覚者群での比較— 121 Effect of Metric Chroma on KANSEI Evaluation of Color Images –Comparison between various types of color vision– 阿山みよし, 大古場 稔, 石川智治 (宇都宮大学) Miyoshi Ayama, Minoru Ohkoba and Tomoharu Ishikawa Utsunomiya University
[O-36]	メラニン・ヘモグロビン増減による肌色変化が色素斑の目立ちに与える影響 123 Effect of skin color change due to melanin and hemoglobin increase/decrease on the appearance of pigment spots 高橋亜香音 (千葉大学大学院融合理工学府), 溝上陽子 (千葉大学大学院工学研究院) Akane Takahashi ¹ and Yoko Mizokami ² ¹ Graduate school of Science and Engineering, Chiba University, ² Graduate school of Engineering, Chiba University
[O-37]	先天性色弱者における色相環知覚 —相違度判定実験と色覚モデルによる推定— 127 Hue Circle Perception of Color Vision Deficiencies –Difference-scaling experiment and Estimation by Color vision model– 大古場 稔, 石川智治 (宇都宮大学), 比良祥子 (鹿児島大学), 大塚作一 (国際高等専門学校), 阿山みよし (宇都宮大学) Minoru Ohkoba ¹ , Tomoharu Ishikawa ¹ , Shoko Hira ² , Sakuichi Ohtsuka ³ and Miyoshi Ayama ¹ ¹ Utsunomiya University, ² Kagoshima University, ³ International College of Technology, Kanazawa
[O-38]	連続的に変化する色彩対比における調和と不調和 131 Consonance and dissonance in the continuous transition of color contrast 浅野 晃, 西村菜桜 (関西大学), 浅野 (村木) 千恵 (北海道教育大学) Akira Asano ¹ , Nao Nishimura ¹ and Chie Muraki Asano ² ¹ Kansai University, ² Hokkaido University of Education
[O-39]	音楽の多色配色化による多様性と共通性の検討 133 Variety and commonality of color combinations produced by music impressions 稲葉 隆 (日本カラーデザイン研究所) Takashi Inaba Nippon color & design research institute inc.
[O-40]	色彩情報による香り表現の国際比較 その1. 日本人学生の結果 137 International Comparison of Fragrance Expression by Color Information, Part 1. Results of Japanese Students 田代知範 (山形大学, 現 静岡県工業技術研究所), 若田忠之 (早稲田大学), Chanprapha Phuangsuan (ラジャマンガラ工科大学), 山内泰樹 (山形大学) Tomonori Tashiro ¹ , Tadayuki Wakata ² , Chanprapha Phuangsuan ³ and Yasuki Yamauchi ¹ ¹ Yamagata University, ² Waseda University, ³ Rajamangala University of Technology Thanyaburi

[O-41]	評定実験に基づいたPC用カラーパレットの提案 —プレゼンテーションスライドを対象として— A Proposal of a Color Palette for Making Presentation Slides 榎 究, 細淵みつき, 鈴木智子, 山村佳奈瑛 (実践女子大学) Kiwamu Maki, Mitsuki Hosobuchi, Tomoko Suzuki and Kanae Yamamura Jissen Women's University	141
[P-01]	プロジェクトカメラシステムを用いた実環境における色覚シミュレーションのための環境推定 Environmental estimation for dichromatic simulation in an actual environment 小寺晴美 (立命館大学大学院情報理工学研究科), 篠田博之 (立命館大学情報理工学部) Harumi Kotera¹ and Hiroyuki Shinoda² ¹Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University ²College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University	145
[P-02]	線形RGB色空間における混同色線方向の測定 Measurement of confusion-line in linear RGB color space 張 宇航 (立命館大学大学院情報理工学研究科), 篠田博之 (立命館大学情報理工学部) Yuhang ZHANG¹ and Hiroyuki Shinoda² ¹Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University ²College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University	149
[P-03]	異なる分光分布・色度を持つLED照明間の色恒常性 Color constancy of LED lighting with different spectral distribution and chromaticity 北堂絢菜 (立命館大学大学院), 篠田博之 (立命館大学) Ayana Hokudo and Hiroyuki Shinoda Ritsumeikan University	153
[P-04]	中・低彩度領域を中心とした色カテゴリー調査 — Webページを用いたオンライン調査の試み— Color category research focusing on medium and low saturation areas 佐々木三公子 ((一財) 日本色彩研究所), 松本久美子 (北海道立総合研究機構林産試験場), 高橋文代 (北海道大学大学院文学研究院), 金 聖愛 (延辺大学心理学部), 川端康弘 (北海道大学大学院文学研究院) Mikuko Sasaki¹, Kumiko Matsumoto², Fumiyo Takahashi³, Jin Shengai⁴ and Yasuhiro Kawabata³ ¹Japan Color Research Institute, ²Hokkaido Forest Products Research Institute ³Department of Psychology, Hokkaido University, ⁴Department of Psychology, Yanbian University	157
[P-05]	服飾系大学で学ぶ学生の色の嗜好について —固定法による嗜好色結果と, Insagramに投稿された画像から見られる色の傾向を比較して— Color preferences of students at fashion colleges –Comparison of color preference results from the fixed method with the color tendencies indicated by Instagram posts– 水越 綾 (杉野服飾大学) Aya Mizukoshi Sugino Fashion College	161
[P-06]	Z世代の色の捉え方～他の世代との共通点と相違点～ How to capture the colors of Generation Z: Common points and differences with other generations 桑野優子 (一般社団法人日本カラープランニング協会, 九州産業大学芸術学部, 九州産業大学短期大学部, 香蘭女子短期大学) Yuko Kuwano Japan Color Planning Association, Kyushu Sangyo University Faculty of Arts, Kyushu Sangyo University Junior College Department, Koran Women's Junior College	165
[P-07]	ダマスカス模様の外観評価と光学特性との関係性 Optical Index Development for Appearance of Damascus Pattern 川澄未来子 (名城大学), 塚田敏彦 (愛知工業大学) Mikiko Kawasumi¹ and Toshihiko Tsukada² ¹Meijo University, ²Aichi Institute of Technology	168
[P-08]	天然構造素材を用いた衣装の象徴性と視覚的影響に関する考察 Consideration on the symbolism and visual influence on costume design with natural constructional color 栗野由美 (東京造形大学), 大住雅之 (オフィス・カラーサイエンス) Yumi Awano¹ and Masayuki Osumi² ¹Tokyo Zokei University, ²Office Color Science Co., Ltd.	170

[P-09]	色彩調和論構築のためのディープラーニングの適用の試み(2) ー色差の関与ー	174
	Experiment of Deep Learning to Construct Color Harmony Theory (2) –Involvement of color difference–	
	石原久代, 加藤千穂 (梶山女学園大学), 山縣亮介 (名古屋学芸大学), 浅井 徹 (あいち産業科学技術総合センター)	
	Hisayo Ishihara ¹ , Chiho Kato ¹ , Ryosuke Yamagata ² and Tohru Asai ³	
	¹ Sugiyama Jogakuen University, ² Nagoya University of Arts and Sciences, ³ Aichi Center for Industry and Science Technology	
[P-10]	似合う色と肌が明るく見える色の違い ー顔だちの影響ー	176
	The Difference Between Colors That Look Good on You and Those Make the Skin Look Brighter: Effect of Facial Features	
	森田愛子, 山下彩花 (広島大学)	
	Aiko Morita and Ayaka Yamashita	
	Hiroshima University	
[P-11]	色覚特性の違いによる色名応答 ー 1 型・2 型 2 色覚と 3 色覚の特徴 ー	179
	Color naming aspects of dichromats and trichromats	
	名取和幸 (日本色彩研究所), 長澤和弘 (大森ながさわ眼科), 岡嶋克典 (横浜国立大学)	
	Kazuyuki Natori ¹ , Kazuhiro Nagasawa ² , Katsunori Okajima ³	
	¹ Japan Color Research Institute, ² Ohmori-Nagasawa Eye Clinic, ³ Yokohama National University	
[CD-01]	「肌色変換」による色の錯視	183
	Color illusion produced with ‘skin-colored transformation’	
	北岡明佳 (立命館大学総合心理学部)	
	Akiyoshi Kitaoka	
	College of Comprehensive Psychology, Ritsumeikan University	

人間の皮膚表面下の分光透過・散乱特性に関する測定と解析

Measurement and Analysis of Spectral Transmission and Scattering Characteristics from the surface of Human Skin

秋月有紀 Yuki Akizuki 富山大学
菅家宏一朗 Koichiro Kanke 富山大学
大住雅之 Masayuki Osumii オフィス・カラーサイエンス

University of Toyama
University of Toyama
Office Color Science Co. Ltd.

Keywords: 皮膚色、分光透過・散乱特性、減衰率個人差、BMI

1. はじめに

大規模災害時には瓦礫の下で救助を待つ被災者にはクラッシュ症候群が発生しやすいが、その時ショック状態のような血液循環不全に伴い人間の皮膚色は変化し、特にヘモグロビンの吸収に関与する 500~600nm の範囲での分光反射率の変化が大きくなる。緊急医療現場ではこの皮膚色の変化を適切に把握することが必要であり、本研究ではそのための識別用光源の開発に向けて、皮膚サンプルの作成を目指している。

これまでにコンピュータカラーマッチンの手法を用いて顔料調合比を算出し、実際の皮膚色と同じ分光反射率となるウレタンを基材とした皮膚サンプル作成方法を確立した¹⁾²⁾。一方、皮膚は多層構造であり表皮は半透明であることから、皮膚に入射する光が内部散乱し外部へ透過することにより皮膚の見え方に影響を与えるため、皮膚表面下の分光透過・散乱特性も把握する必要がある。本報告では皮膚表面下の分光透過・散乱特性の測定方法とその結果について報告する。

2. 実験

2.1. 実験装置

本研究にはオフィス・カラーサイエンス開発の分光イメージングシステムを用いた。レンズはタムロン製 C マウントレンズ (M23FM50) で焦点距離は 50 mm、収差を抑えるため絞り値 F4.0 で使用する。液晶チューナブルフィルター (VariSpec-LCTF) は PerkinElmer/Cri 製であり、分光計測波長域 420nm~700nm を 10nm 毎に計 29 画像で測定するものであり、このフィルタのバンドパスの半値幅は約 10nm である。CCD 画像センサーは BitRAN 製 (BH-60M) であり、アンチブルーミング機構とペルチェ冷却機構が付属しており、ノイズを抑えるため CCD 表面温度は 0℃

近辺で使用する。16bit 出力で画素数は 772×580 ピクセル (実寸 28.5×21.4mm)、1 ピクセルの画像分解能は 0.037mm (688DPI) である。照明には CCS 製の高演色性 LED を用いている。これは紫外光域で発光する LED で励起し、RGB の蛍光体を組み合わせて、可視光領域で均一な発光分光分布を備えたものである。この分光イメージングシステムでは、校正時に波長毎の露出時間を最適化することで、測定波長域でのダイナミックレンジの均等化を行っている (例えば光量が少ない 420nm では露出を長くする)。

本実験で使用する分光イメージング測定装置について、①積分球による拡散照明垂直受光での校正モード、②ライトガイド (光ファイバー) による光透過・拡散測定モード、③15 度及び 45 度でのライトガイドによる表面反射計測モードを図 1~図 3 に示す。図中の ⊗印は回路が遮断されていることを意味する。校正モード(①)では、均等白色面を積分球による完全拡散光で照射し、受光系に関わる二次元受光面の全てのピクセルに対して光量ゲインに関する校正係数を取得する。光透過・拡散測定モード(②)では測定照明系を用い

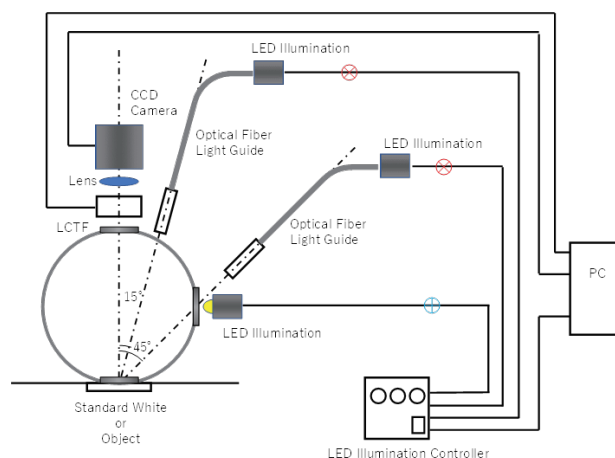


図1 実験装置 ①校正モード

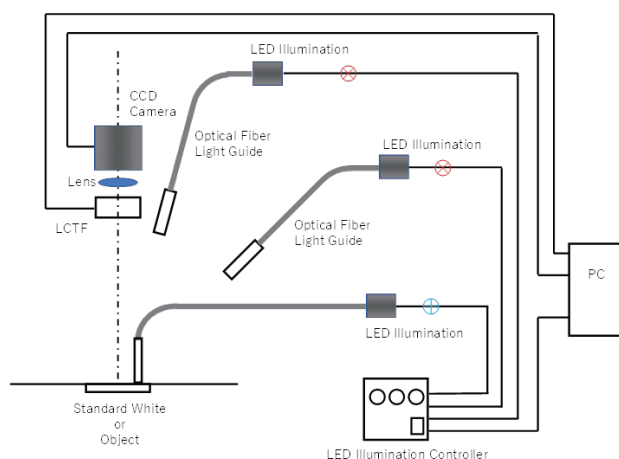


図2 実験装置 ②光透過・拡散測定モード

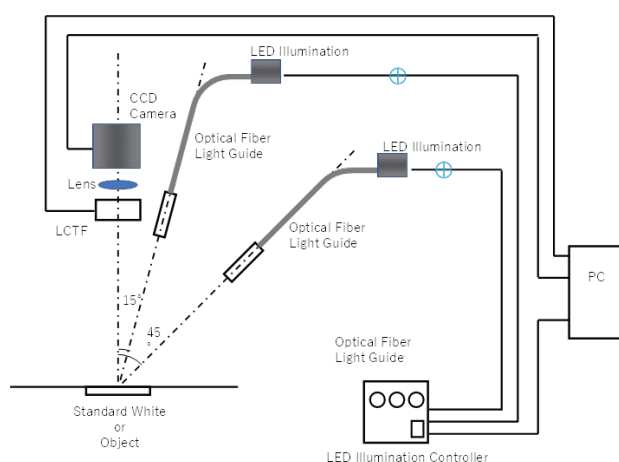


図3 実験装置 ③表面反射計測モード

標準白色校正板（ミスミ製 PMMA アクリル樹脂パネル 100×100×5mm 厚）の分光イメージングを白/黒背景上で撮影し、標準白色板の校正データを取得する。この白/黒背景には、東急ハンズ製のファインマット 100×100×2mm 厚を用い、予めコニカミノルタ製分光光度計 CM-3600d で計測し、システムの中に値付けを施してある。

2.2. 測定方法

被験者には、表1に示す年齢、性別、体格(BMI)の異なる5名が実験に参加した。測定部位は前腕部の内側4cm四方の範囲であり、測定中は手を動かさないように固定した。

表1 被験者概要

被験者	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI
A	女性	50	158	82	32.85
B	男性	61	165	75	27.55
C	女性	42			
D	男性	30	164.6	53.6	19.78
E	男性	22	172	58.5	19.77

光透過・拡散測定モード(②)では、皮膚の二次元分光透過・散乱画像を撮影し、皮膚の透過光強度を把握する。光源からの距離は画像の座標及び1ピクセルあたりの実寸法から算出した。なお装置の形状において光源部に影が生じるため、本報告では撮影画像の45度対角線上のデータで光源からの距離が3.5mm以上の範囲で考察を行うこととした。

表面反射計測モード(③)では、同じ部位の二次元分光反射画像を撮影し、皮膚の凹凸を含めた分光反射特性を把握する。この合成画像はD65光源で10度視野の条件とした。

3. 透過・散乱光の強度（透過光強度）

被験者Aの二次元分光透過・散乱画像を図4に示す。なお実験では10nm毎の画像を確認しているが、本報では450～700nmの範囲の50nm毎の画像を示す。結果より580nm以上から透過・散乱現象が確認され、波長が長くなるにつれて広範囲に透過することが明らかになった。

被験者Aにおける透過・散乱光の強度（以後透過光強度と称する）と光源からの距離の関係を図5に示す。透過光強度は波長700nmで光源近傍（光源から3.5mm離れた位置）で最大となり、波長が短くなるにつれて減少した。また波長が長



図4 二次元分光透過・散乱画像（被験者A）

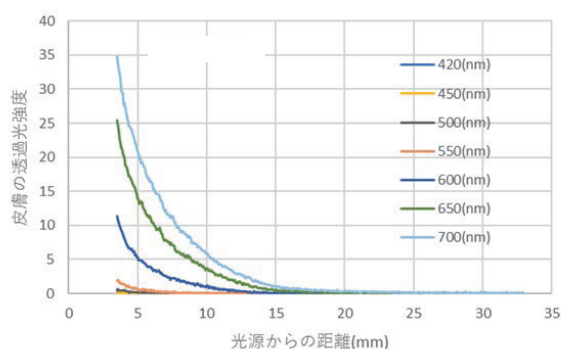


図5 透過光強度と光源からの距離（被験者 A）

表2 透過光強度に関する被験者毎の結果

	透過光強度の最大値(3.5mm以降)				
	A	B	C	D	E
420nm					
450nm					
500nm	0.61			0.37	
550nm	2.00	0.56	1.30	1.56	
600nm	11.38	7.16	7.17	7.64	3.63
650nm	25.40	26.27	22.52	20.05	14.18
700nm	34.83	36.07	33.73	27.90	24.69

波長 (nm)	透過光強度が0に収束するまでの距離(mm)				
	A	B	C	D	E
420nm					
450nm					
500nm	9.2			4.9	
550nm	8.2	20.0	20.0	15.9	
600nm	20.0	11.1	20.0	11.8	8.2
650nm	20.0	17.8	14.5	14.2	12.1
700nm	16.4	20.0	18.4	16.2	14.3

いほど透過光強度が 0 に収束するまでの距離が長くなった。各波長における透過光強度の最大値および透過光強度が 0 に収束する距離について全員の結果を表 2 に示す。前出図 5 の傾向は全員に共通していたが、表 2 の数値に個人差が見られた。

4. 透過・散乱光の減衰率

皮膚の透過光強度は光源からの距離が離れるほど低下し、また波長や個人により異なる。この透過光の減衰について以下に示す解析方法により結果を処理する。

①光源からの距離毎に計測されている透過光強度 y について、距離方向に対して 5 項移動平均を求め、測定バラツキを平滑にする。

②光源からの距離により連続する 5 つのデータにおいて、1 番目と 5 番目のデータの透過光強度の差 Δy を 3 番目のデータとし、5 データ毎の透過光強度の変化量を算出する。

③光源からの距離により連続する 5 つのデータにおいて、1 番目と 5 番目のデータの距離の差 Δd を 3 番目のデータとし、5 データ毎の光源からの距離の差を算出する。

④②と③の結果を用いて、単位距離あたりの透過光強度の変化率 $\Delta y / \Delta d$ を求める。結果の一例を図 6 に示す。光源からの距離が短いと $\Delta y / \Delta d$ にバラツキがあるが、遠くなるにつれて小さくなり、光源からの距離 16.4mm で 0 に収束する。

⑤単位距離あたりの透過光強度の変化率 $\Delta y / \Delta d$ をその時点での透過光強度 y で割った、単位透過光強度あたりの減衰率 A を式 1 で定義する。式中に $-$ 記号があるのは、減衰率という用語に合わせて基本的に正の値で示すためである。

$$A = -\log_{10} \left(\frac{\Delta y / \Delta d}{y} \right) \quad \text{式1}$$

結果の一例を図 7 に示す。光源からの距離が 16mm 以下では減衰率 A が概ね一定値となるが、それ以上では $\Delta y / \Delta d$ が 0 に収束するため、減衰率 A に換算するとバラツキが大きくなる。

これらの現象を踏まえ、“単位距離当たりの透過光強度の変化率が 0 に収束するまでの距離における減衰率の平均値”を減衰率と定義して、波長毎・被験者毎に算出した (表 3)。700nm の減衰率は概ね 0.5 となり、バラツキは小さかった。

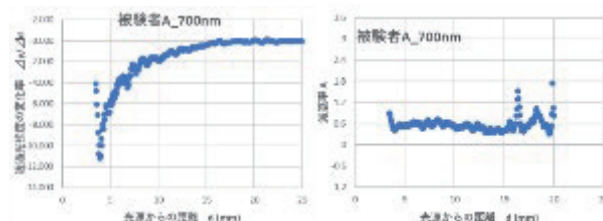


図6 透過光強度の変化率

図7 減衰率

表3 波長毎被験者毎の減衰率の結果

波長 (nm)	算出 範囲	減衰率 (平均値)				
		A	B	C	D	E
500	3.5~6	0.209	—	—	0.188	—
550	3.5~10	0.249	0.092	0.015	-0.067	—
600	3.5~14	0.399	0.176	0.277	0.106	0.106
650	3.5~15	0.485	0.485	0.454	0.434	0.299
700	3.5~16	0.528	0.548	0.501	0.446	0.464

波長 (nm)	算出 範囲	減衰率 (標準偏差)				
		A	B	C	D	E
500	3.5~6	0.235	—	—	0.391	—
550	3.5~10	0.341	0.397	0.304	0.332	—
600	3.5~14	0.139	0.434	0.184	0.390	0.486
650	3.5~15	0.118	0.122	0.199	0.406	0.254
700	3.5~16	0.095	0.116	0.100	0.134	0.310

5. 減衰率の個人差

被験者毎の単位透過光強度あたりの減衰率と波長の関係を図 8 に示す。700nm では減衰率の個人差が小さいが、波長が短くなるにつれて個人差が大きくなった。被験者間では、被験者 A の減衰率が大きく、被験者 E が小さかった。

この二人の被験者は BMI が大きく異なる。そこで減衰率と BMI について図示すると (図 9) 両者には特に低波長において正の相関が認められた。BMI の値の大きい肥満者は皮下脂肪が厚く、それが減衰率の増加に関与したと考えられる。

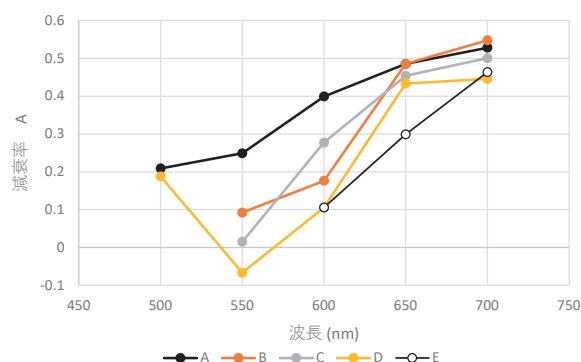


図 8 被験者毎の減衰率と波長の関係

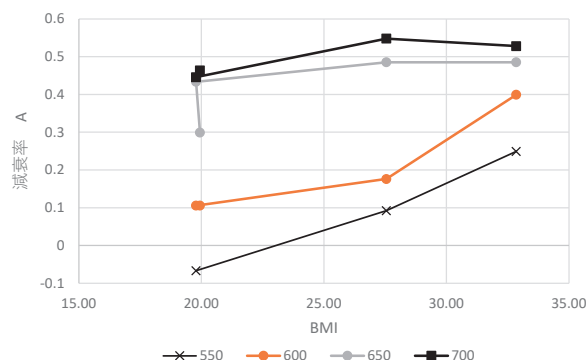


図 9 減衰率と BMI の関係

6. 皮膚の凹凸を含む分光反射特性

被験者 A の波長毎の二次元分光反射画像を図 10 に示す。皮膚表面の皮溝や皮丘といった表面形状において、短波長になるほど凹凸がはっきりと表現されている。一方、長波長では皮膚内部の散乱光や表皮の透過性(皮膚下の血管等が見える)が表現された画像となっている。皮膚表面の凹凸におけるキメの粗さ、見かけの乾燥度、肌の荒れなどには被験者間で違いが見られたが、波長との関係は同様の傾向を示していた。またこの分光反射特性の結果は、前出の皮膚表面下の透過・散乱特性の結果(透過光強度は長波長になるほど大きい)と矛盾がなく、ある程度の相関が認められた。



図 10 二次元分光反射画像 (被験者 A)

7. おわりに

今回の検討では、被験者数 5 人の結果を基に、人間の皮膚表面下の分光透過・散乱特性について測定方法を示した上で定性的検討を行い、波長が長くなるほど透過光強度が大きく広範囲に及ぶことを明らかにした。また単位透過光強度あたりの減衰率は 700nm で概ね 0.5 となること、個人差は BMI と相関があることを示した。

今後は、被験者数を増やして今回得た結果を検証することに加え、皮膚サンプルの顔料濃度の調整や多層化などに取組み、人間の皮膚の見えに近似した皮膚サンプルの作成を目指す予定である。

参考文献

- 1) 秋月有紀・大住雅之、コンピュータカラーマッチングを用いた循環不全状態の皮膚サンプルの改良、日本色彩学会誌、Vol.43、No.3、2A-3 (2019) Supplement 19-20.
- 2) Akizuki, Y. Osumi, M., Improvement of Color Appearance of Urethane Skin Samples by Using Computer Color Matching Method, Proceedings of the 29th Session of the CIE, CIE x046 (2019) 857-861.

ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発その5： 閉鎖空間内にある材料の色彩・光沢測定

Non-contact colorimetric measurement using dome illumination for free-form surfaces Part 5: Color and gloss measurements of materials in a closed space

酒井英樹

Hideki Sakai

大阪市立大学大学院

Osaka City University

伊與田浩志

Hiroyuki Iyota

大阪市立大学大学院

Osaka City University

Keywords: 測色, 閉鎖空間, 照射・受光条件, デジタルカメラ.

1. はじめに

本研究では、外気から遮断された空間内にある平らでない材料の色彩・光沢を、その外側から非接触で測定する方法を提案する。これまでに、我々は、天然由来の材料など、平らで均一な測定用試料を作ることが困難な材料を念頭に、積分球を模した内壁が白色のドーム型照明を用いることで、陰影のない状態で色彩を測定し、ドーム内に可動式の光トラップ（光吸収体）を設置することで光沢を測定できる非接触測色システム[1,2]を提案した。その後、その測定精度を検証し[3]、さらに、半球化による大面積試料への対応[4]、複数の光トラップによる再帰反射性の測定[4]などの改良を行ってきた。そして、実際にその装置を使って、従来は測定することが難しかった表面に水膜や水滴がついた状態を含むレンガや砂利の乾燥過程における濡れ色や濡れ光沢の測定を行なった[5,6]。しかし、その際、問題になったこととして、乾燥過程はその材料が置かれた空間の温度・湿度に依存するという点である。再現性のある実験を行うには、材料を調温・調湿された空間に置く必要があったため、上述の実験[5,6]では、人工気候室という部屋全体の温湿度を制御できる特殊な実験室内に装置を持ち込み、測定を行なった。これは大掛かりであり、また、大きな空間であるため、温度・湿度を短時間に変化させることができず、さらに、装置全体をその雰囲気中に入れるため、室温から大きく離れた環境での測定は難しい。

そこで、外気から遮断された試験空間（テストセクション）を設け、その限られた空間内のみ、調温・調湿することが考えられるが、その場合、試験空間の外壁の一面を透明ガラス窓とし、その窓を介して光を照射し、材料からの反射光を空間の外で測色することになる。しかし、高光沢であ

る透明ガラス表面では、照射した光の一部が正反射される。この正反射光は、材料とは無関係であるため、測色する際は、正反射光を避けて、材料表面からの反射光だけを受光する必要がある。ここで、正反射光は入射角と反射角が等しいため、図1(a)に示すように、45度入射／垂直受光であれば、ガラス表面の正反射光が受光されることはない。対して、図1(b)に示す拡散入射／垂直受光では、一部の正反射光が受光される。つまり、ガラス表面に光源が映り込み、材料表面の反射光の測定を妨害してしまう。よって、閉鎖空間内で材料の測色を行うには、45度入射／垂直受光が適している。

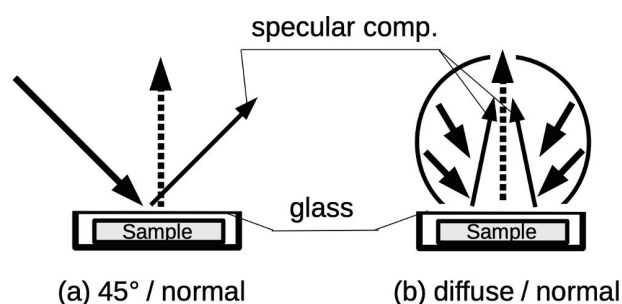


図1 透明ガラス窓の照射・受光条件

ところが、表面に凹凸がある場合、1つの入射角（45度）からの照射では、凹凸による陰影が発生しやすく、正しく測色できない。そこで、通常であれば、拡散入射／垂直受光、つまり、あらゆる入射角・方位角から光（拡散光）を照射し、陰影を発生させずに測色することが可能だが、上述の通り、ガラスを隔てた測色ではそれができない。

そこで、本研究では、この問題の解決策として、空間を隔てるガラスを凹状にすることで、拡散入射光を垂直方向以外に正反射させ、ガラス表面への光源の映り込みを抑制する方法[7]を提案する。本報では、手法の妥当性を理論的に検討したのち、凹状ガラスで空間を密閉し、その中に置か

れた凹凸のある材料を測色した結果を報告する。さらに、続報(その6) [8]では、実際に試験空間内を温湿度を制御し、温度、湿度が材料の色彩・光沢に与える影響を報告する。

2. 実験方法

2.1 測定原理

図2に、直径300 mmの積分球の中に、試料を入れる容器として直径100 mm、高さ20 mmの円筒形シャーレを置き、その蓋のガラス形状を、(a)平面状、(b)曲率半径200 mmの凹状とした場合について、仮想的に受光器の位置に点光源を置き、その光線がガラス表面で正反射される様子をシミュレーションした結果を示す。なお、曲率半径は、凹状ガラスからの正反射光の焦点が受光器の位置付近となるように設定した。その結果、(a)平面状では一部の光線が積分球内壁に到達した。これは、受光器の位置から観察した場合、積分球内壁がガラス表面に映り込むことを意味する。一方、(b)凹状では全ての光線が受光器の位置に戻った。しかし、実際には受光器からは光は出ないので、ガラスには映ることはない。つまり、凹状ガラスの蓋であれば、拡散入射/垂直受光であっても、ガラスは存在していないかのごとく、容器内の試料からの反射光だけが受光器に届くことになる。以上が、凹状ガラスを使った閉鎖空間での拡散入射/垂直受光条件での測色の原理である[7]。

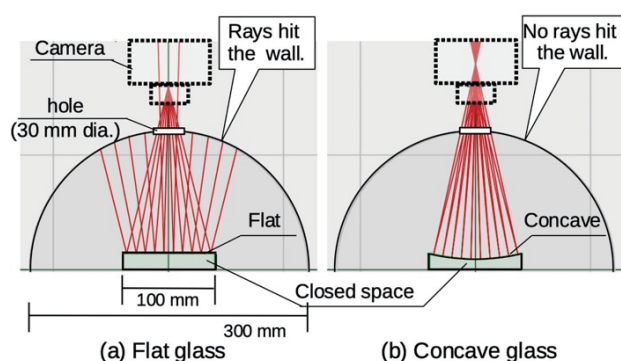


図2 受光器位置にある仮想光源の光線軌跡

この原理に基づいて設計した閉ざされた容器内にある試料を測色する装置を図3に示す。拡散光を生成する積分球として、直径300 mmの亚克力樹脂製の球体の内壁を白色塗料で塗布したものを作製し、LEDランプで積分球中心照度が2,000 lxになるように調光した。積分球の形状は半球であるが、その底面部分に反射鏡を設置することで、下半球面を鏡像とする積分球とした。

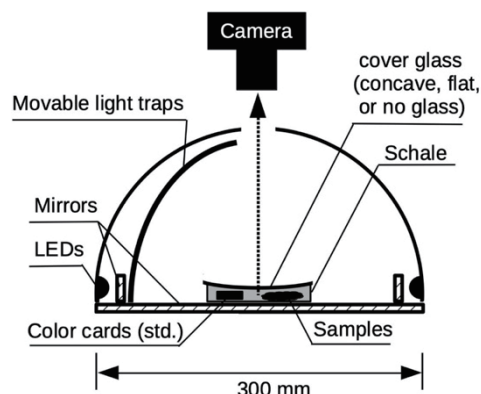


図3 半球ドーム型照明装置(断面図)

そして、テープ状の高演色白色LEDランプ(相関色温度6,200 K、平均演色評価数 $R_a=90$)を底面周囲の内壁を一周するように配し、LEDからの直接光が試料に照射されないように障壁を設置することで、均一な拡散光照明を実現した。次に、容器として、半球底面中央にソーダ石灰ガラス製シャーレを置き、その中に色補正用の標準色票と測定試料を入れた。また、外気から遮断された空間を作るための蓋には、同じくソーダ石灰ガラス製の曲率半径200 mmの時計皿を用いた。さらに比較用に、平面ガラスの蓋でも測定を行った。そして、受光器には一眼レフデジタルカメラNikon D5100(レンズ焦点距離55 mm)を用いた。カメラを積分球の天頂部の直径30 mmの観察口の上方50 mmに固定し、シャッター速度1/1.3秒、絞り値F36.0で撮影した。撮影画像の21.78画素が、1.0 mmに相当する。

次に、光トラップは、 0° から 90° までの入射角(試料垂直軸が 0°)を 30° 幅の方位角で覆う光トラップ4枚を放射状に配置し、試料垂直軸を中心に回転移動させながら4回測色を行うことで、どのような傾きの試料面であっても、必ず1回は正反射成分を抑制した測色が含まれるようにした。よって、1枚の測色画像には、正反射成分を含む領域と含まない領域とが混在することになるが、同じ測定箇所については、正反射成分を含めば明度は高くなり(正反射成分と拡散反射成分の和)、含まなければ明度は低くなる(拡散反射成分のみ)。そこで、測定箇所ごと、つまり、画像の座標ごとに、4枚の画像の明度を比較し、最も明度の低い画素を抽出し合成することで正反射成分を含まない画像(Specular Component Excluded, SCE)を得て、さらに、最も明度の高い画素を抽出し合成することで正反射成分を含む画像(Specular Component Included, SCI画像)を取得した。

デジタルカメラの色校正は、シェーディング補

正（明るさ補正）と RGB 色補正の 2 段階補正を採用した[9].

まずシェーディング補正として、試料の代わりに、無光沢白色紙を撮影し、その撮影画像の RGB 値から、ガラスを透過することによる照明の不均一性や、色温度、レンズの周辺光量の減衰を原因とする明るさの不均一さを補正するための係数を画素ごとに算出した。そして、これ以降撮影した画像には、すべて補正係数を画素ごとに掛けることで、均一な明るさの照明光の下で撮影された画像となる補正を行った。次に RGB 色補正として、試料を撮影する際は、試料横に標準色票 (Image Science 社 ColorGauge Nano) を置いて撮影し、シェーディング補正を行った後、画像内の標準色票 24 色の RGB 値が色票の規格 RGB 値になるように画像全体を色補正した。このようにして得られる補正後の画像は、各画素の RGB 値が測色値 sRGB となっている。よって、各種表色系に変換可能であり、本研究では、 $L^*a^*b^*$ 値 (D65 光/2° 視野) に変換した。

2.2 測定試料

凹凸のある壁紙白 (アサヒペン・塩化ビニル樹脂補修用カベ紙、品番 HK-15) とそれに黒塗料をスプレー塗りした壁紙黒 (染め Q テクノロジー・アクリル樹脂塗料ブラック) を用意し、測色した。そして、拡散入射/垂直受光の接触式色彩計 (コニカミノルタ・CM-2600d, D65 光/2° 視野, 測定径 8 mm) で測定した $L^*a^*b^*$ 値と比較した。

3. 結果

本システム (図 3) を使って、3 通りの条件 (蓋のない開放条件, 凹状ガラス閉鎖条件, 平面ガラス閉鎖条件) で、壁紙白と壁紙黒を非接触で測色した結果を、接触式色彩計 (CM-2600d) でガラスのない状態で測定した値との色差とともに、表 1, 表 2 に示す。表 1 より、3 条件で壁紙白の測定値はほぼ一致した。平面ガラス閉鎖条件では、ガラス表面に積分球の一部が映り、白っぽくなるが、白い材料ではその影響を受けにくかった。一方、表 2 より、壁紙黒は、平面ガラス閉鎖条件では、 L^*_{SCE} が 10 程度低く、 L^*_{SCI} が 10 程度高くなり、正しく測定することができなかったが、凹状ガラス閉鎖条件では、開放条件とほぼ一致した。

以上、空間を隔てるガラスを凹状にし、受光器をその凹状ガラス表面の焦点に配置することで、拡散入射/垂直受光で測色できることを示した。SCI と SCE の差分から光沢度を測定することも可能である[2].

表 1 壁紙白の測色値 (本システムと色彩計)

White paper	Dome system			CM-2600d			Diff.
Conditions	L^*_{SCE}	a^*_{SCE}	b^*_{SCE}	L^*_{SCI}	a^*_{SCI}	b^*_{SCI}	ΔE^*_{ab}
No glass	91.4	0.6	2.5	93.9	-0.5	3.7	3.0
Concave glass	91.7	0.1	2.1	93.9	-0.5	3.7	2.8
Flat glass	91.2	0.0	2.6	93.9	-0.5	3.7	2.9
Conditions	L^*_{SCI}	a^*_{SCI}	b^*_{SCI}	L^*_{SCE}	a^*_{SCE}	b^*_{SCE}	ΔE^*_{ab}
No glass	93.6	0.3	2.6	94.1	-0.6	3.8	1.6
Concave glass	94.0	-0.1	2.1	94.1	-0.6	3.8	1.8
Flat glass	95.6	-0.1	2.1	94.1	-0.6	3.8	2.4

表 2 壁紙黒の測色値 (本システムと色彩計)

Black paper	Dome system			CM-2600d			Diff.
Conditions	L^*_{SCE}	a^*_{SCE}	b^*_{SCE}	L^*_{SCI}	a^*_{SCI}	b^*_{SCI}	ΔE^*_{ab}
No glass	22.9	-0.3	1.3	27.5	0.4	0.5	4.7
Concave glass	22.8	-0.3	1.1	27.5	0.4	0.5	4.8
Flat glass	12.8	1.3	-0.5	27.5	0.4	0.5	14.8
Conditions	L^*_{SCI}	a^*_{SCI}	b^*_{SCI}	L^*_{SCE}	a^*_{SCE}	b^*_{SCE}	ΔE^*_{ab}
No glass	26.7	-0.3	1.3	27.7	0.3	0.6	1.4
Concave glass	26.3	-0.3	1.2	27.7	0.3	0.6	1.7
Flat glass	39.5	1.2	1.7	27.7	0.3	0.6	11.8

参考文献

- 1) 酒井, 磯見, 伊與田: ドーム型照明装置を用いた非接触式測色システムの開発その 1: 自由曲面試料の色彩測定, 日本色彩学会誌 41, 3S (2017) 10-11.
- 2) 磯見, 酒井, 伊與田: (同上) その 2: 自由曲面試料の光沢測定, 日本色彩学会誌 41, 3S (2017) 12-15.
- 3) 磯見, 廣内, 伊與田, 酒井: (同上) その 3: 自動化及び測定精度の検証, 日本色彩学会誌 44, 3S (2020) 52-55.
- 4) 酒井, 伊與田: (同上) その 4: 色彩・光沢・再帰反射の同時測定, 日本色彩学会誌 44, 3S (2020) 56-57.
- 5) 磯見, 酒井, 渡部: 濡れレンガの乾燥過程における色調変化の測定, 日本建築学会構造系論文集 Vol.85, No.777 (2020) 1367-1373.
- 6) 磯見, 酒井: 砂利の乾燥過程における濡れ色・濡れ光沢の測定, 日本色彩学会誌 Vol.45, No.2 (2021) 55-62.
- 7) 磯見, 酒井, 伊與田: 閉鎖空間内にある材料の非接触測色法の提案, 日本建築学会技術報告集 (出版予定) .
- 8) 深河, 伊與田, 酒井: ドーム型照明装置を用いた非接触式測色システムの開発その 6: 温湿度制御容器内の材料の色彩・光沢測定, 日本色彩学会誌 45 (2021 全国大会発表予定) .
- 9) 伊與田, 酒井, 高砂, 島田: デジタルカメラを用いた食品の焼き色評価装置の開発, 日本食品工学会誌第 11, 4 (2010) 203-213.

ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発その6： 温湿度制御容器内の材料の色彩・光沢測定 Non-contact colorimetric measurement using dome illumination for free-form surfaces Part 6: Color and gloss measurements with temperature and humidity control unit

深河慎平

Shimpei Fukagawa

大阪市立大学大学院

Osaka City University

伊與田浩志

Hiroyuki Iyoda

大阪市立大学大学院

Osaka City University

酒井英樹

Hideki Sakai

大阪市立大学大学院

Osaka City University

Keywords: 測色, 閉鎖空間, 温湿度制御.

1. はじめに

本研究では、外気から遮断された空間内にある平らでない材料の色彩・光沢を、その外側から非接触で測定する方法を提案する。これまでに、我々は、天然由来の材料など、平らで均一な測定用試料を作ることが困難な材料を念頭に、積分球を模した内壁が白色のドーム型照明からの拡散光照射により、陰影のない状態で色彩を測定し、さらに、ドーム内に可動式の光トラップ（光吸収体）を設置することで光沢を測定できる非接触測色システムを提案してきた[1, 2]。その後、測定精度を検証[3]、半球化による大面積試料への対応[4]、複数の光トラップによる再帰反射性の測定[4]などの改良を行なってきた。しかし、外気から遮断された空間内にある材料を上面から透明ガラス窓を介して色を測定する場合、ドーム型照明による拡散光照射では、透明ガラス表面で正反射された照射光が材料表面からの反射光の測定を妨害してしまう、という問題が生じる。外気から遮断された試験空間（テストセクション）を設け、その限られた空間内のみ、調温・調湿をすることは、温湿度が材料の色や形状に与える影響の調査や、歴史的に重要な文化財の外観検査やデジタルアーカイブを保管容器から取り出さずに行うために必要である。

そこで、前報では、空間を隔てるガラス窓の形状を、凹状にすることで、拡散入射光を垂直方向以外に正反射させ、ガラス表面への光源の映り込みを抑制する方法を提案した[5]。本報では、前報で提案した原理に基づいて作製した測定装置を用いて、実際に試験空間内を調温・調湿し、温度、湿度が材料の色彩・光沢に与える影響を、シリカゲル、調理後の食品（黒豆）を試料とし、測定した結果を報告する。

2. 実験装置と方法

Fig. 1に、ドーム型照明撮影装置の概要を示す。装置の中央付近のテストセクション内は、所定の温湿度の空気を供給することができ、内部の温湿度を計測制御できる構造とした。温度は室温から約100℃まで、湿度は約5～100%の範囲で調整できる。また、試料台は電子天秤上に設置し、試料の質量変化の測定も可能とした。この際、高温に耐えられるようにドーム部を従来のアクリル製からステンレス製のものに変更した。さらに、テストセクション内で結露が起らないように、ドーム内に熱風を送ることで予めテストセクション周囲の温度を上げることができる機構とした。

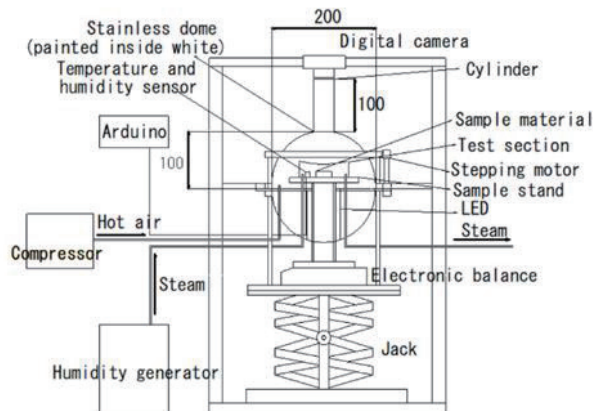


Fig.1 Experimental equipment

照明は、テストセクション下部の円筒に取り付けられた高演色LED光源（Ra90, $T_{cp} = 6200K$ ）による光を、白色塗料が塗布されているドーム内（積分球）に導入し、凹状ガラスで封入されたテストセクション内の材料に、上側ドーム内壁面からの拡散反射光を照射した。また、上側ドーム内壁面には、垂直軸に対する方位角60° おきに30° 幅の光トラップ（無光沢黒色紙）を設置した。そして、ドームを30° ずつ回転させて上部からデジタルカメラで12回撮影した。ここで、前報[5]での説明の通り、1枚の画像には、正反射成分を含む領域

と含まない領域とが混在するが、同じ測定箇所について、正反射成分が含まれると明度は高くなり、含まなければ明度は低くなる。そこで、画像の座標ごとに、12枚の画像の明度を比較し、最も明度の低い画素を抽出し合成することで正反射成分を含まない画像 (Specular Component Excluded, SCE) を得て、さらに、最も明度の高い画素を抽出し合成することで正反射成分を含む画像 (Specular Component Included, SCI画像) を取得した。

なお、デジタルカメラの色校正は、前報[5]と同じく試料を撮影する際に、試料横に標準色票 (Image Science社の色補正用色票 ColorGauge Nano) を置いて撮影し、撮影画像に対してシェーディング補正を行った後、画像内の標準色票24色のRGB値が、色票の規格RGB値になるように画像全体を色補正し、 $L^*a^*b^*$ 値 (D65光/2°視野) に変換した。

3. 測色精度の評価

本装置の測色精度を検証するため、色補正に用いた標準色票と同じ色票をもう1つ用意し、それを試料として測色し、 $L^*a^*b^*$ の規格値と比較した。その結果、測定値と規格値の色差は、24色平均で $\Delta E^*_{ab} = 1.64$ であり、色差2程度の測色精度であることを確認した。

4. 測定実験

本装置により、温度・湿度が材料に与える影響を調べるために、テストセクション内の温湿度を変化させながら、試料表面の色や光沢の変化を測定する実験を行った。試料としては水分を吸収すると赤く変色することが知られているシリカゲル (塩化コバルト) と、表面に光沢がある食品である黒豆を使用し、測定は3分ごとにそれぞれ55回 (162 min)、30回 (87 min) 行った。

4.1 シリカゲル (塩化コバルト) の測定

シリカゲルは予め水分を含み赤色のものを試料とし、まずはテストセクション内を乾燥させシリカゲルを青色にし、次にテストセクション内の湿度を上げて赤色に戻す操作をした。シリカゲルはプラスチック製のトレイ上に置き撮影した。得られたデータのうち、Fig. 2 に温湿度と時間の関係 (実験環境の温湿度の条件) を、Fig. 3 にシリカゲル表面の $L^*a^*b^*$ 値と時間の関係を、Fig. 4 に b^* 値と同装置で測定された質量 (試料を乗せたトレイ等への付着水分の合計) の関係を示す。

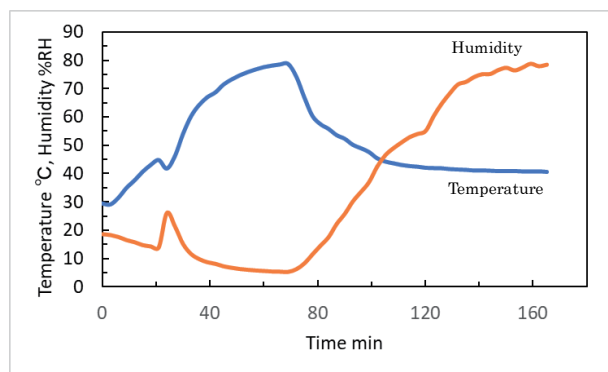


Fig. 2 Changes of temperature and relative humidity in test section for silica gel

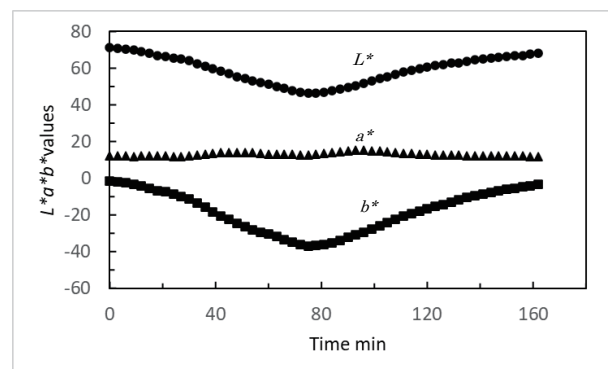


Fig. 3 Relationship between $L^*a^*b^*$ values and time for silica gel

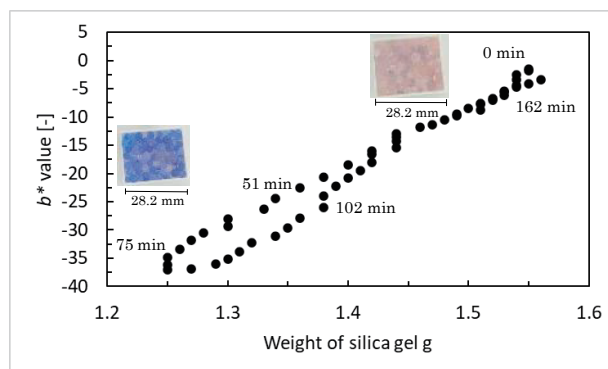


Fig. 4 Relationship between b^* values and weight of silica gel

Fig. 2 と Fig. 3 において、乾燥過程 (75 min まで) では b^* 値 (-方向が青色) が減少し、その後の加湿過程 (75 min 以降) では増加していることから、テストセクション内に任意の温湿度を発生させ、 $L^*a^*b^*$ 値の時間変化を定量的に記録することが可能であることが確認できた。また、Fig. 4 において、 b^* 値が最大であった点と最小であった点を比較したところ、質量が約 19.4 % 変化すると b^* 値がほぼ直線的に約 35.4 変化することがわかった。

4.2 黒豆の測定

加工食品の観察として、黒豆の乾燥過程における色彩・光沢変化を測定した。黒豆はプラスチック製のトレイの上に置き、Fig.5に示す高温度・低湿度としたテストセクション内で、乾燥させた。Fig.6に、黒豆表面のSCE画像とSCI画像の L^* 値（黒豆全体の平均値）の測定結果を示す。なお、 a 値、 b^* 値はほぼ0のまま変化しなかった。

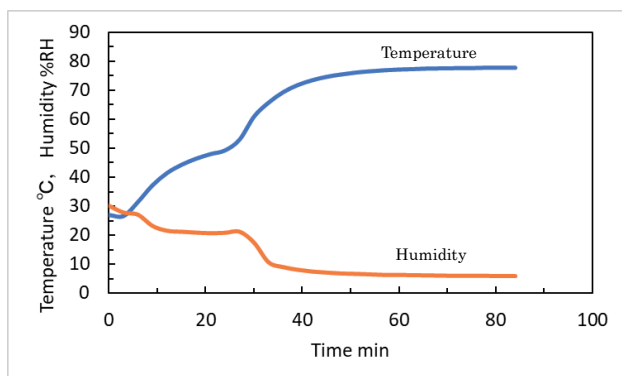


Fig.5 Changes of temperature and relative humidity in test section for black bean

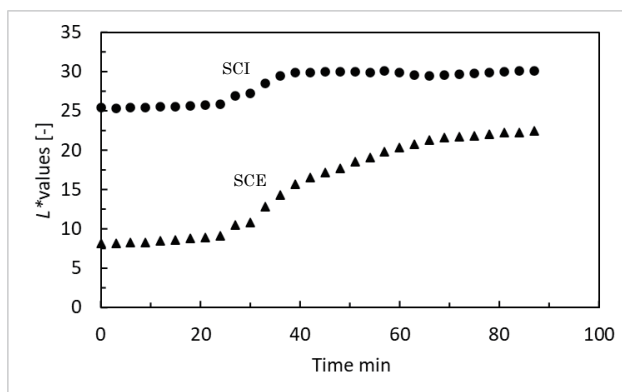


Fig.6 Relationship between L^* values of SCE and SCI images and time for black bean

Fig.5, Fig.6より、時間が経過し乾燥が進むとSCE画像とSCI画像の明度差(L^* 値の差)が小さくなることが分かった。既報[2]の方法により、明度差から推定した鏡面光沢度と質量との関係を表すFig.7に示す。簡易的な推定法であることから、光沢度が最大で160を超えており、推定される値より高くなっているが、相対的な変化は捉えていると考える。

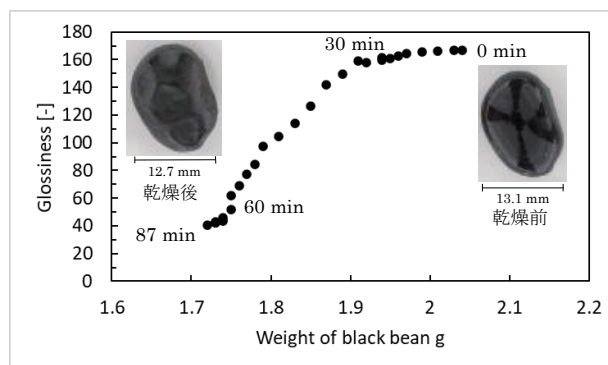


Fig.7 Relationship between glossiness and weight of black bean

Fig.7より、約8.9%の質量の減少に対して、光沢度が71.1%減少したことが分かる。光沢度が減少した原因としては、黒豆表面に塗布されていた水分(糖溶液)が蒸発し、さらに黒豆自体の表面近傍の水分の減少に伴って体積が減少(収縮)した結果、表面付近にしわが入ったことが挙げられる。

5. まとめ

温度・湿度を制御することができるテストセクション(容器)を持つドーム型照明装置を作製し、測定事例として、容器内に置かれたシリカゲルの色変化、及び、黒豆の光沢変化の測定を行った。本装置は、材料を容器の外に取り出すことなく、容器内の温湿度環境を制御しながらの色彩・光沢および質量の連続測定が可能であり、温度、湿度が材料の外観に与える影響ならびに色彩・光沢と質量変化の関係を調べる装置として有効であることを示した。

参考文献

- 1) 酒井, 磯見, 伊與田: ドーム型照明装置を用いた非接触式測色システムの開発その1: 自由曲面試料の色彩測定, 日本色彩学会誌 41, 3S (2017) 10-11.
- 2) 磯見, 酒井, 伊與田: (同上) その2: 自由曲面試料の光沢測定, 日本色彩学会誌 41, 3S (2017) 12-15.
- 3) 磯見, 廣内, 伊與田, 酒井: (同上) その3: 自動化及び測定精度の検証, 日本色彩学会誌 44, 3S (2020) 52-55.
- 4) 酒井, 伊與田: (同上) その4: 色彩・光沢・再帰反射の同時測定, 日本色彩学会誌 44, 3S (2020) 56-57.
- 5) 酒井, 伊與田: (同上) その5: 閉鎖空間内にある材料の色彩・光沢測定, 日本色彩学会誌 45 (2021 全国大会発表予定)

照明の拡散性と物体の形状, 明度, 色が物体印象に与える影響

Effects of lighting diffusivity and object shape, lightness, and color on object impressions

芝 遥也
溝上陽子

Haruya Shiba
Yoko Mizokami

千葉大学
千葉大学

Chiba University
Chiba University

Keywords: 照明の拡散性, 表面特性, 光沢, 凹凸, 物体印象

1. はじめに

物体の印象を決定づけるものとして, 照明と物体の形や材料, 反射率などが挙げられる¹⁾.

喜安らは, 物体表面の光沢感と凹凸感について, 照明の拡散性が強くなるにつれ印象が弱まるという傾向を示した²⁾. また, 照明と物体表面の特性の相互作用が評価に影響を及ぼすことも明らかにした.

しかし, 喜安らは一面の表面形状のみが変化した平面的な物体を用いており, 曲面を持つ立体や, 明度や色が異なる場合, また他の印象に与える影響など, 多角的な検証が必要と考えられる.

2. 目的

照明の拡散性が表面に正弦波状の凹凸を持つ物体の印象に与える影響を, 曲面を持つ立体である円柱(実験Ⅰ)と, 異なる明度や色を持つ板状物体(実験Ⅱ)に対して検証する.

3. 実験

3.1 実験環境

実験は暗室にて, 図1に示すミニチュア部屋を用いて行った. ミニチュア部屋上部にLED照明を設置し, Cuttleが定義した手法³⁾により照明の拡散度を変化させた. 実験Ⅰにおいては0.38, 0.42, 0.46の3段階, 実験Ⅱにおいては0.36, 0.39, 0.41の3段階である.

実験Ⅰでは, 2つのLED電球を図2のように縦に重ね, アクリル板で光を拡散させており, それぞれのLED電球の強度を変えることで光の拡散度を変化させた. LED電球とアクリル板の距離はそれぞれ1 cm, 21 cmである.

実験Ⅱでは, 図1のミニチュア室を2つ横に並

べ, 左の部屋を基準室, 右の部屋をテスト室とした. 照明については, 各部屋上部に置かれたLED電球とアクリル板の距離を変化させることで拡散性を変化させた. 距離はそれぞれ1 cm, 11 cm, 21 cmの3段階である.

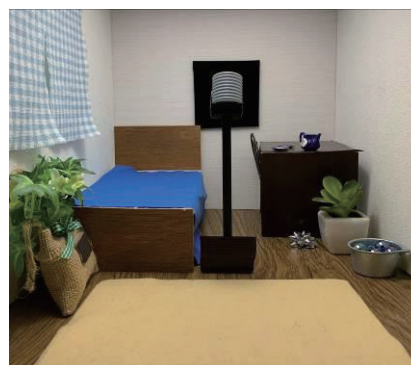


図1 ミニチュア部屋

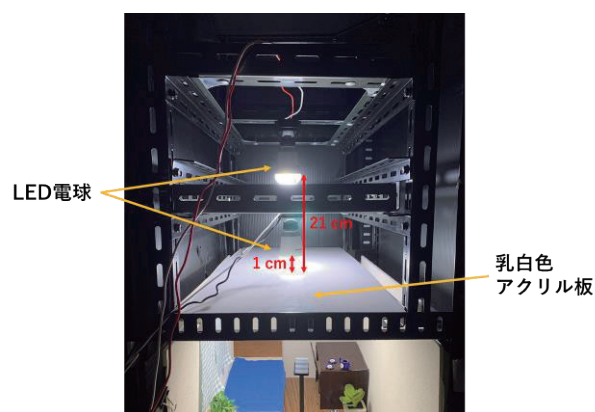


図2 照明装置(実験Ⅰ)

3.2 実験刺激

図3に実験Ⅰで用いた立体実験刺激, 図4に実験Ⅱで用いた明度や色の異なる実験刺激を示す.

実験Ⅰでは光沢度と凹凸度(最高点と最低点の高さの差)が各2種類, 空間周波数3種類の刺激

を用いたが、実験Ⅱでは光沢度が2種類、色5種類の刺激を用い、凹凸度は1.0 mm、空間周波数は6 cycle/patchで統一した。

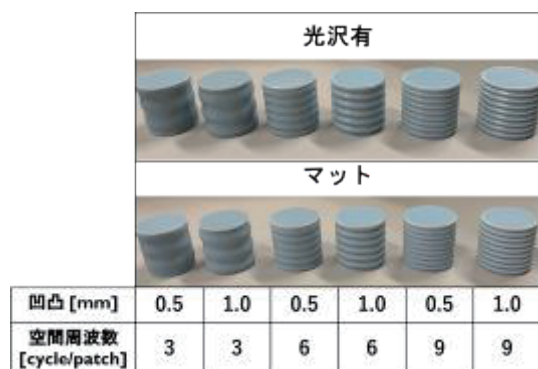


図3 実験Ⅰ刺激

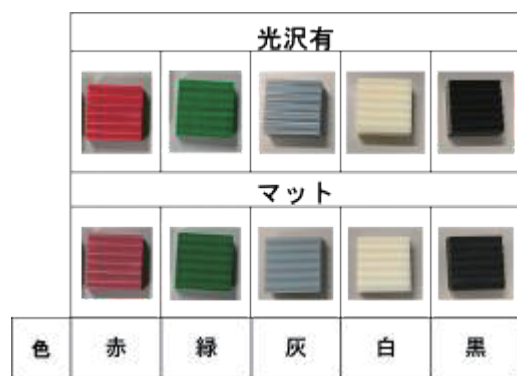


図4 実験Ⅱ刺激

3.3 評価方法

実験ⅠではVAS (Visual Analogue Scale) を用いて、印象を絶対評価した。実験Ⅱでは灰色光沢有り刺激を基準刺激とし、-2~2 の評定尺度を用いて評価した。その際、内挿も可能とした。基準刺激を含む10種類のテスト刺激を評価した。評価する印象は光沢感、凹凸感に加えて硬さ、重さ、自然さ、好ましさ、高級感、美しさの計8種類とした。得られた結果は実験Ⅰでは0~100、実験Ⅱでは-20~20の数値に換算して分析した。

3.4 実験手順

最初に、被験者は、実験Ⅰでは光沢感、凹凸感が最大、最小の刺激、実験Ⅱでは全刺激を確認した。その後、ランダムに決定した拡散度の照明下でミニチュア部屋を1分間観察してから、ランダムな順に呈示される刺激の印象を評価した。これを照明3種類で行い1セッションとした。被験者は各実験3名ずつで、各3セッション行った。

4. 結果と考察

実験Ⅰにおける光沢感、凹凸感に対する全被験者の平均結果を図5に示す。

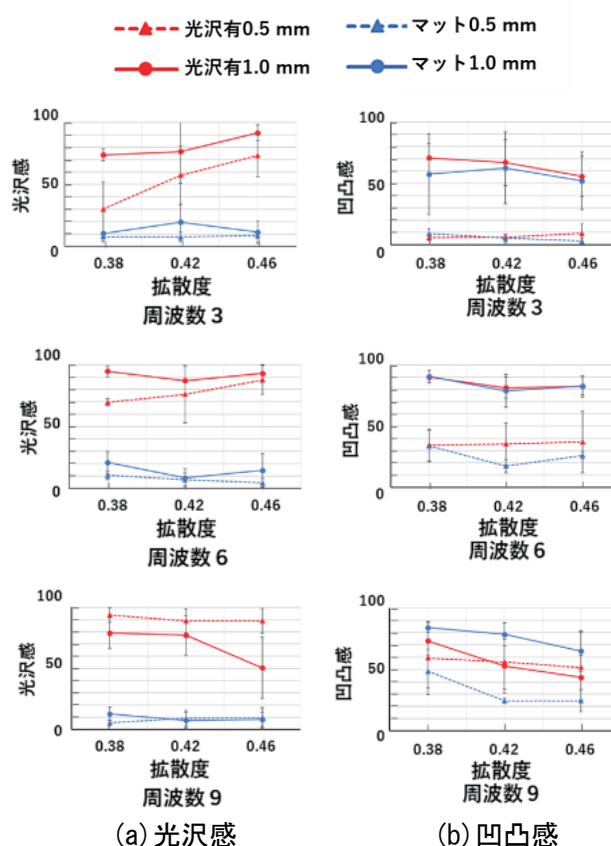


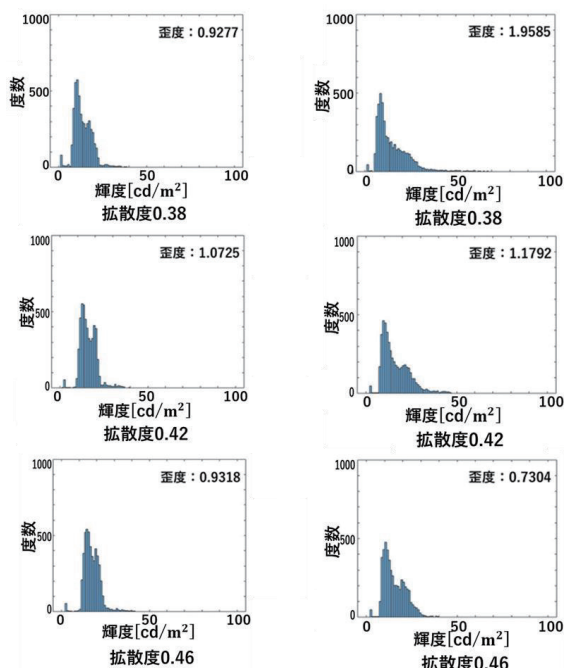
図5 実験Ⅰ（円柱刺激）の平均結果

拡散度が高いと印象が弱まる特性が、空間周波数、凹凸度、光沢度が高い物体（周波数9の光沢有り・凹凸度1.0 mm刺激の円シンボル実線グラフ）において顕著である。しかし、光沢感は、凹凸度が低く光沢度が高い刺激において、空間周波数が低いほど逆の強まる特性を示した（特に周波数3の光沢有り・凹凸度0.5 mm刺激の三角シンボル点線グラフ）。

また、凹凸感は、高空間周波数、高凹凸度、高光沢度の物体（周波数9の光沢有り・凹凸度1.0 mm刺激の円シンボル実線グラフ）で最も顕著に弱まる傾向であり、高空間周波数、高凹凸度、低光沢度の物体でより顕著という喜安らの結果とは、光沢度の条件が異なった。

前述の、光沢感が強まる傾向の要因としては、緩やかな曲面による輝度変化が光沢を強調した可能性が考えられる。そこで、光沢感と輝度変化の関係を調べるため、光沢感の印象が強まる特性が顕著な刺激と、弱まる特性が顕著な刺激の輝度特性を比較する。

図6に、拡散度変化における各刺激表面の輝度ヒストグラムを示す。また、算出した歪度もグラフ中に記載した。



(a) 周波数3の光沢有
・凹凸0.5 mm 刺激

(b) 周波数9の光沢有
・凹凸1.0 mm 刺激

図6 実験刺激の輝度ヒストグラム

拡散度増加により光沢感が弱まる図6(b)の周波数9の刺激では、拡散度増加に伴い歪度が低下しているが、(a)の周波数3の刺激では歪度がほとんど変化していないことがわかる。光沢感がある物体ほど輝度ヒストグラムは明るい方向にテールを伸ばし歪度が大きくなる傾向にあるので⁴⁾、この歪度変化の違いが光沢感の知覚に影響を及ぼした可能性が考えられる。

次に、実験IIにおける光沢感、凹凸感に対する全被験者の平均結果を図7に示す。

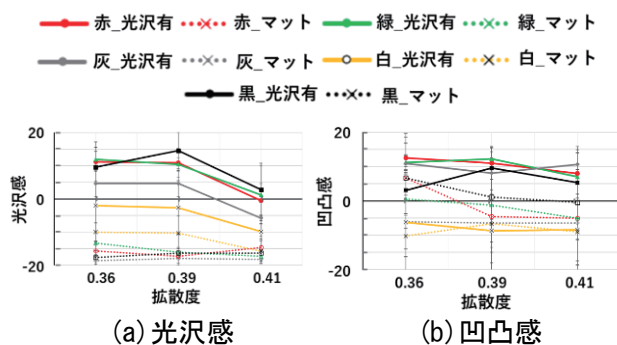


図7 実験II (明度や色が異なる板状刺激)の平均結果

拡散度により印象が弱まる特性は、光沢感では高光沢度刺激、特に赤色、緑色で顕著であり、凹凸感では低光沢度刺激、特に赤色で顕著であった。

以上より、光沢感・凹凸感と照明の拡散性の関係は、立体刺激では平面刺激と部分的に異なること、明度や色により特性の程度が異なることがわかった。

その他の印象は、両実験で、拡散度にしたがい硬さ感、重さ感が弱まる特性を示した。また、実験Iでは、光沢感が硬さ、高級感、美しさと強い正の相関、凹凸感が重さと強い正の相関を示した。実験IIでは、光沢感が、硬さと正の相関、自然さ、好ましさと負の相関を示した。凹凸感は、硬さと強い正の相関、自然さ、好ましさと強い負の相関を示した。また実験IIでは、白色刺激と黒色刺激が光沢感、凹凸感によらず高い高級感、美しさを示すという特徴的な結果も得られた。平面、曲面を持つ立体などの形状物体、また明度や色によって、光沢感・凹凸感と他の印象の関係も変化することがわかった。

5. 結論

本研究では、全体的には、照明の拡散性が強くなると、光沢感・凹凸感が弱まる傾向を示した。しかし、この傾向は、物体表面の特性、物体の形状や明度、色と照明の相互作用などの条件により、異なることがわかった。曲面を持つ立体の場合、印象が顕著に弱まる条件は高周波数、高凹凸度、高光沢度であった。これに対し、喜安らの平面的な高凹凸度、高光沢度刺激の場合、光沢感はいずれの周波数でも弱まった。また、凹凸感は、高周波数、高凹凸度、低光沢度である方が顕著に弱まっていた。こうした見えの違いが、平面的な刺激と曲面を持つ立体刺激にあることが示唆される。

また、その他の印象と、光沢感と凹凸感の特性に関係があることも確認された。特に、硬さと重さの印象は、拡散度にしたがい弱まることがわかった。さらに、自然さや好ましさ、高級感、美しさ等の、知覚的な印象の先にある、感性的な印象にも、条件によっては相関が生じることも確認された。

参考文献

- 1) S. C. Pont, S. F. te Pas: Material-illumination ambiguities and the perception of solid objects, *Perception*, 35(10): 1331-50, 2006
- 2) 喜安勇貴, 溝上陽子, 矢口博久: 照明の拡散性の変化と物体の表面特性が光沢感と凹凸感に与える影響, 日本視覚学会 2019 年冬季大会, *Vision* 31: 67-69, 2019
- 3) C. Cuttle : Research Note: A practical approach to cubic illuminance measurement, *Lighting Res. Technol.* 46: 31-34, 2014
- 4) 本吉勇: 質感のメカニズム 日本色彩学会誌第 3 1 巻第 3 号, 197-200, 2007

Association Between One's Mood and Color

Mahshid Baniani

University of Tsukuba, Faculty of Art and Design

Keywords: Colors, Moods, Emotions, Preferences

1. Introduction

The majority of research studies in the color psychology field are focused on how color conceptually relates to emotions and less is known whether the same color affects associations hold when color is matched to current moods (Jonaskaite et al., 2019).

The purpose of this study is to identify how people associate their moods with color.

2. Methodology

(1) Respondents

545 (F=318, M=227) university students participated in this study. They were between 20 to 30 years old with the mean age of 24.2.

(2) Procedure

In order to reach the purpose of this study, a questionnaire and a color sample consisted of 32

colors were prepared. The color sample consisted of yellow, orange, red, pink, purple, blue, and green in saturated, light, dark, and dull variations. Aside from these colors, there were white, black, light and dark gray (Table 1).

The experiment consisted of the following steps:

First, the participants were asked about their mood, and then they had to associate their mood with one of the 32 colors. Next, they were asked to look at the chosen color, and write down the first word that comes to their mind. They were free to write any word they wanted. After writing down the word, they were further required to associate the chosen color with an adjective from the list of 32 adjectives (16 positive and 16 negative). They were also free to write any additional adjectives they wanted. Finally, they had to choose their most/least favorite color among the 32 color samples.

Table 1. Colors used for this experiment

Color name	Hue	Value	Chroma	Color name	Hue	Value	Chroma
Yellow (sat)	5Y	8.5	12	Purple (sat)	5P	5	12
Yellow (light)	5Y	9	6.5	Purple (light)	5P	7	7
Yellow (dark)	5Y	7	6.5	Purple (dark)	5P	3	7
Yellow (dull)	5Y	5	6.5	Purple (dull)	5P	5	2
Orange (sat)	5YR	7	13	Blue (sat)	10B	6	11
Orange (light)	5YR	8	6	Blue (light)	10B	7.5	5.5
Orange (dark)	5YR	6	6	Blue (dark)	10B	5.5	5.5
Orange (dull)	5YR	3.5	6	Blue (dull)	10B	3.5	5.5
Red (sat)	5R	5	15	Green (sat)	2.5G	6	12
Red (light)	5R	7	8	Green (light)	2.5G	8	6
Red (dark)	5R	5	8	Green (dark)	2.5G	4	6
Red (dull)	5R	3	8	Green (dull)	2.5G	6	4
Pink (sat)	5PR	5	12	Gray (light)	N8.5	-	-
Pink (light)	5PR	8	6	Gray (dark)	N3.5	-	-
Pink (dark)	5PR	3	6	White	N10	-	-
Pink (dull)	5PR	5	4	Black	N2	-	-

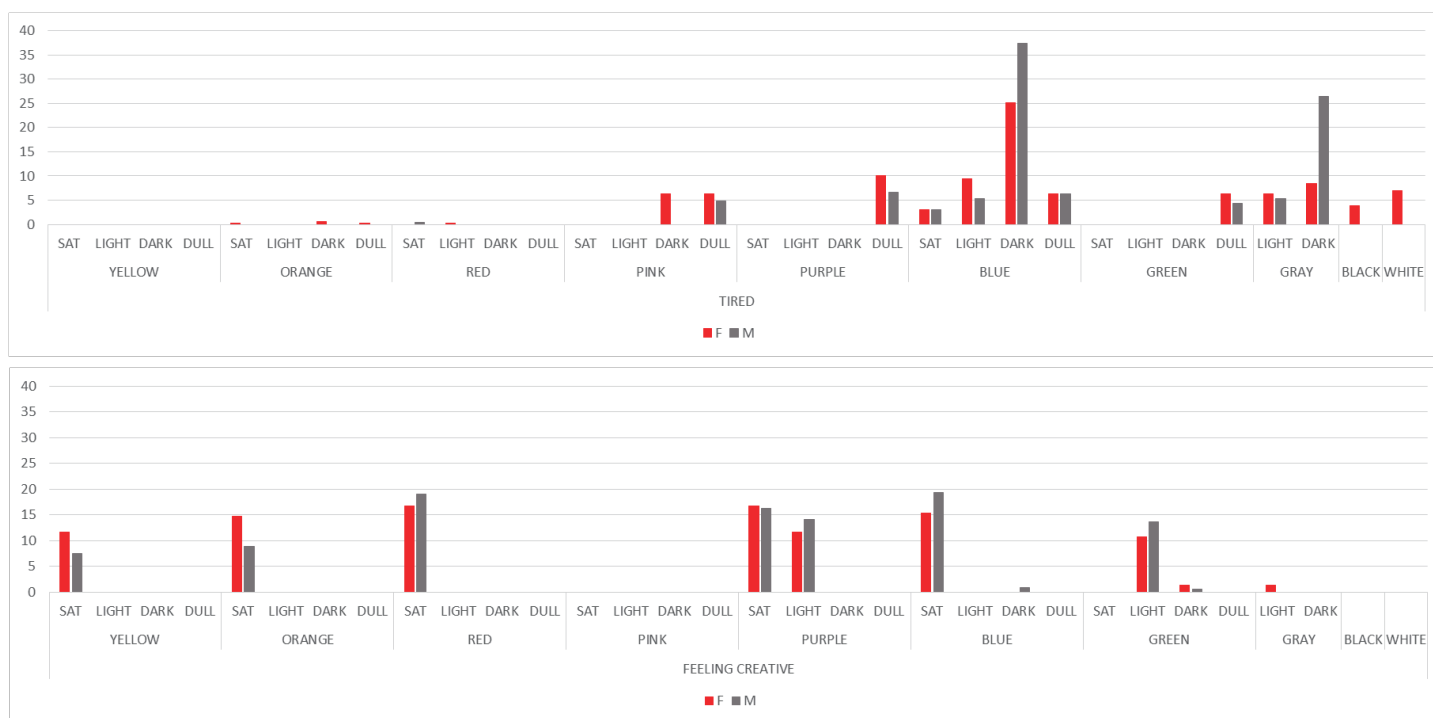


Figure 1. Association between moods of tired and creative with colors

3. Results

3-1. Association between colors and moods

In this section, subjects were asked about their moods, and then they had to associate it with one of the colors from the color sample.

The moods included: tired, happy, sad, stressed, bored, calm, excited, energetic, creative, nervous, loved, focused, angry, relaxed, worried, frustrated, lonely, and sleepy. Additionally, the participants were allowed to write any other moods they were feeling and as a result impatient was added. It was observed that negative moods were mainly associated with dark and dull colors, while positive moods were associated with saturated or light colors ($P < 0.05$). As an example tired, and feeling creative are shown in this paper (Figure 1). As it can be observed, 58.7% of the female participants and 83.8% of the male respondents associated blue or

gray with tired. Dark blue and dark gray were most associated by male respondents ($P < 0.01$). All the respondents associated feeling creative with saturated colors ($P < 0.05$) such as yellow, orange, red, purple and blue. Light green and light purple were associated with feeling creative as well.

3-2. Most and least favorite colors

Subjects were asked to select their least and most favorite colors among the color sample. From Figure 2, it can be observed that light colors were preferred the most, while saturated and dark colors were the least favorites.

Additionally, blue, green, and red hues were among the most preferred colors. Dark blue was the most favorite among male participants, while light green was the most preferred among female respondents. The least favorite colors were dark yellow and saturated green among the respondents.

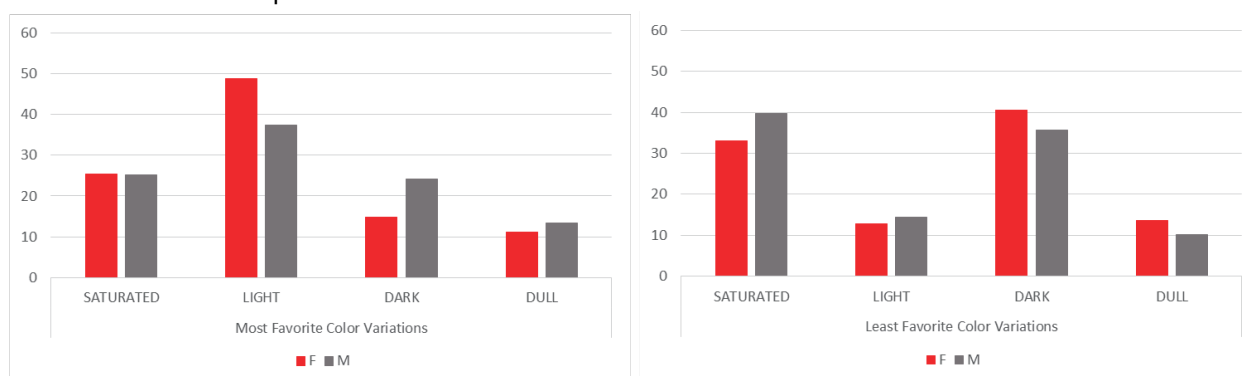


Figure 2. Most and least preferred color variations

Table 2. Color-variations and word associations

		Pleasant	Refreshing	Powerful	Beautiful	Impressive	Cheerful	Warm	Peaceful	Modern	Formal	Unique	Vivid	Bright	Soft	Comforting	Elegant
SATURATED (%)	F	15.5	5.7	9.6	3.9	5.7	3.8	9.7	1.9	1.9	0	3.8	9.7	11.6	1.9	1.9	1.9
	M	17.9	3.6	3.6	3.6	7.1	3.6	21.3	0	0	0	0	3.6	14.3	7.1	0	0
LIGHT (%)	F	1.8	12.9	0	4.3	0.6	5.6	6.2	14.2	0	0	0	0.6	2.5	14.8	4.9	3.1
	M	3.5	13.7	0	0	0	0	3.5	24.1	0	0	0	3.5	3.5	10.2	0	0
DARK (%)	F	0	0	0	1.6	2.4	0	0	2.4	0.8	0.8	0.8	0	0	0	0.8	4
	M	0	1.9	5.8	0	0	1.9	0	3.8	3.8	0	0	0	0	0	0	1.9
DULL (%)	F	0.9	0	0	0	0	1.8	0.9	11.1	0.9	0	0.9	0	0	4.6	0.9	0
	M	0	2.9	0	0	0	5.9	0	11.9	0	0	0	0	0	2.9	5.9	2.9
		Unpleasant	Boring	Weak	Ugly	Unimpressive	Depressing	Cold	Harsh	Oldfashioned	Casual	Ordinary	Dull	Dark	Hard	Disturbing	Unsophisticated
SATURATED (%)	F	0	0	0	0	0	0	1.9	5.7	0	0	0	0	0	0	3.9	0
	M	0	0	0	0	0	0		7.1	0	3.6	0	0	0	0	3.6	0
LIGHT (%)	F	0	3.9	0.6	0	4.3	4.3	6.8	0	1.2	1.2	0.6	2.5	0.6	0	1.9	0.6
	M	0	0	3.5	0	3.5	0	17.1	0	0	3.5	0	3.5	0	3.5	3.5	0
DARK (%)	F	4.8	7.1	0.8	1.6	1.6	15.1	8.7	0	3.2	0.8	1.6	11.9	15.7	0.8	11.9	0.8
	M	5.8	3.8	0	5.8	1.9	15.4	13.4	0	0	0	0	5.8	17.3	5.8	5.8	0
DULL (%)	F	6.5	6.5	0.9	0.9	5.5	17.7	4.7	0	6.5	0.9	2.8	15.9	1.8	0.9	6.5	0
	M	0	2.9	0	0	2.9	23.6	5.9	0	2.9	0	2.9	14.8	2.9	2.9	5.9	0

3-3. Colors and adjectives

After matching their mood with a color, in this section, the participants were required to associate that color with an adjective from the list of adjectives (Table 2).

From Table 2, it can be observed that light and saturated colors are associated with positive adjectives ($P < 0.05$) such as powerful, warm, bright in case of saturated colors; and refreshing, peaceful, soft in case of light colors. On the contrary, dark and dull colors were mainly associated with negative adjectives, and with depressing the most ($P < 0.05$). For example dark colors were associated with depressing, boring, and disturbing; while dull colors were associated with depressing and dull. Here it needs to be noted that subjects were only shown the colors and the researcher purposely did not name the color to prevent any potential color name bias.

4. Discussion and Conclusions

The purpose of this research was to identify how people associate their moods with color.

It was observed that subjects preferred light colors the most, and dark colors the least. Although, dark blue was the most favorite color among male participants. Dark blue was mainly associated with winter among female respondents; while with the sea and ocean among male participants. Saturated colors were amongst both least and most favorite colors. For example, saturated pink, purple and red were among favorites while saturated green was the least favorite color.

Moreover, negative moods were associated

with dull and dark colors while positive moods were associated with light and saturated colors, and some of these results were in line with other studies. For example, like other studies (e.g. Valdez et al., 1994) sadness was associated with blue; however, unlike other studies were happiness is associated with yellow, in this study happiness was associated with saturated orange and light pink among female respondents, and with saturated yellow and orange among male participants.

In addition, the clear influence of culture on color was observed in the color-word associations. For example, light pink and light red were associated with Sakura; dull purple and dull pink with Azuki beans; while light orange and dull red were associated with Kyoto. Therefore, it would be interesting to do this research among other cultures and nationalities as well.

In sum, the associations between colors and moods were observed and it was observed that the associations between colors and current moods in part resembled other color-emotion association studies (e.g. sad versus happy).

References

- 1) D. Jonauskaitė, B. Althaus, N. Dael, E. Dan-Glauser and C. Mohr: What color do you feel? Color choices are driven by mood. *Color Research and Application*. 44 (2019) pp.272-284
- 2) P. Valdez and A. Mehrabian: Effects of color on emotions. *Journal of Experimental psychology*. 123 (1994) pp.394-409

Color and lightness of Thai skin tone

Nutticha Pattarasoponkun Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
 Chanprapha Phuangsuan Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
 Mitsuo Ikeda Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Keywords: Skin color, Skin measurement, Thai skin color, Thai skin tone, Skin color difference

1. Introduction

The skin is one of the components of the body. It consists of Hemoglobin and Melanin¹⁾. The production of Hemoglobin and Melanin is more or less dependent on the individual. As a result, humans have different skin colors. In addition, there are other factors that can make the color and brightness of the skin different. For example, ethnic differences affect human skin color as shown by research by K. Xiao et al²⁾. Even the time period, can change the color of the skin, according to research by Kumiko Kikuchi et al³⁾.

Even though, the same ethnic but the skin color may differ by individual factors, especially gender differences. As a research by Kihwan Han et al. that has examined the skin color of Koreans and found that gender differences are one of the factors that affect the color difference⁴⁾.

However, in daily activities including work It is inevitable to be exposed to the sunlight. High exposure to sunlight, as well as the duration of exposure to sunlight, affect melanin production⁵⁾, which directly affects the brightness of the skin. Thus, the skin color of each person is different, as research by Kihwan Han et al., who found that workplace differences between people working outdoors and people working indoors causing different skin color⁴⁾.

In this study, we investigate Thai skin color; to collect the data of Thai skin color and to investigate factors affecting the color and lightness from the point of view of different gender and different working place, namely, different genders and different of workplace of outdoor and indoor.

2. Methodology

Total number of subjects were 123 Thai nationals, 54 males and 69 females, ranging in the age from 24 to 70 years old. They had a variety of occupations, such as farmers, gardeners, teachers, officers, etc. The working group was classified into two categories: 84 people who work outdoor (mostly under direct sunlight) and 39 people who work indoor (mostly work in the buildings).

Five positions of the body: left and right cheeks, forehead and chin, which are the face area to represent area most frequently exposed to the sunlight and inner arm that represents areas less exposed to the sunlight. These represent actual skin color of subjects (Fig.1).

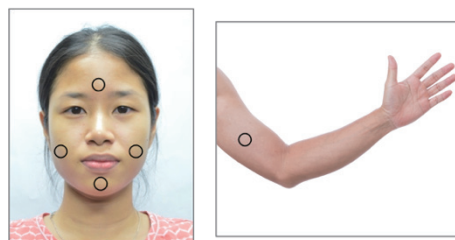


Figure 1 Positions of skin measurement

The Konica Minolta Chroma Meter CS-100A was used to measure the color and lightness, providing XYZ tristimulus value and xy chromaticity coordinates. It is a non-contact instrument. There was no need to worry about the pressure on the skin that may affect skin color. A standard white was used to convert XYZ tristimulus and to CIELAB.

As the measurement was to be made under various lighting conditions indoor and outdoor, Konica Minolta Chroma Meter CL-200A used to measure the illuminance and xy value. The illuminance during the experiment was in the range of 239 -2750 lx.

Subjects were asked to provide their own personal information in the questionnaire such as gender, age, province of birth, occupation, workplace characteristic, etc. At the skin color measurement, subjects were asked not use cosmetics or skin care products. If subjects used cosmetics or skincare products, they were asked to wash the skin.

The measurement was first done for the standard white. Subjects held the white standard at the same position as the five positions of skin measurements, and real skins of their positions were measured for the color and lightness. The CIELAB and lightness of the skin at each position were calculated.

3. Result and discussion

Result from 123 Thai subjects are shown in Fig.2 plotted on a^* - b^* diagram. Both cheeks were averaged to represent the cheeks as they were almost same. The range of redness value (a^*) in cheeks, forehead, chin and inner arm were from 9.34 to 21.154, 6.81 to 21.77, 6.94 to 22.26 and 6.65 to 18.12, respectively. That of yellowness (b^*) in cheeks, forehead, chin and inner arm were from 12.46 to 24.32, 12.98 to 23.16, 12.59 to 22.93 and 10.96 to 24.21, respectively. The inner arm showed the lowest value of redness and yellowness. This portion is an area rarely exposed to sunlight and showed lower redness than portions of the face. Chin had the highest value of redness and cheeks had the highest of yellowness. The average of a^* and b^* at respective portion were cheeks (14.80, 18.68), forehead (14.46, 18.37), chin (15.57, 18.18) and inner arm (11.76, 18.54).

Figure 3 and Fig. 4 show plots of L^* - a^* and L^* - b^* . The range of lightness values in cheeks, forehead, chin and inner arm were from 42.22 to 77.34, 42.48 to 76.68, 38.54 to 70.90 and 31.94 to 82.13 respectively. The inner arm gave the highest and lowest value of lightness as compared with other positions. For the lowest lightness the subject reported that while he was working, he usually did not protect sunlight. The lightness of his inner area was low.

Two types of statistical analysis were applied; the independent t-test for testing mean difference in gender and workplace and One-way ANOVA and Post hoc Dunnett T3 for testing mean difference

in the positions of the body. Both of them set the P-value less than 0.05.

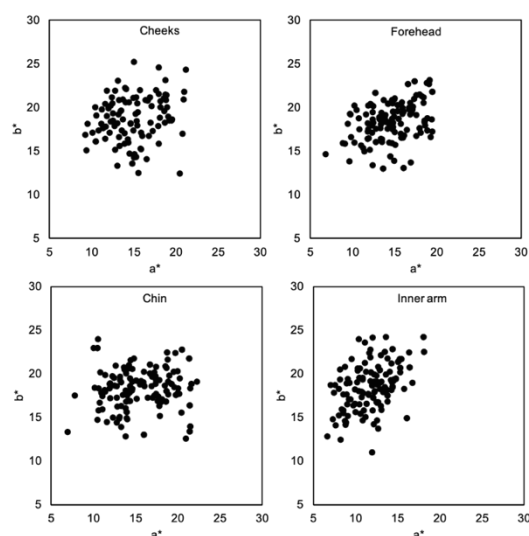


Figure 2 The distribution of Thai skin measurement in each position plotted on a^* - b^* diagram.

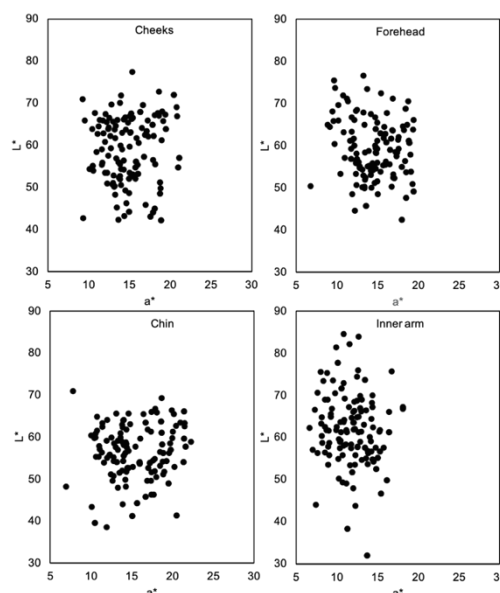


Figure 3 The distribution of Thai skin measurement in each position plotted on L^* - a^* diagram.

The averaged lightness of cheeks, forehead, chin and inner arm were 58.77, 57.30, 56.60 and 61.95, respectively, as shown in Fig. 5A. It is seen that the inner arm is significantly different from positions of the face (inner arm vs cheek: P-value = 0.016, inner arm vs forehead: P-value = 0.05 and inner arm vs chin: P-value = 0.000). Comparison of the facial position, only the forehead and chin had significant differences (P-value = 0.013). Figure. 5B shows the average of redness (a^*) of the cheeks, forehead, chin and inner arm. They were 14.80, 14.46, 15.57 and 11.76, respectively. The redness of inner arm was also significantly different from other

positions (inner arm vs cheeks, forehead, chin; P-value = 0.000). For the positions of the face, only forehead and chin were significant (P-value = 0.043). It can see that inner arm is the lowest of redness value. It noticed that when the lightness increases, the redness decreases. On the contrary, the average of yellowness of all positions (18.68, 18.37, 18.18 and 18.54 respectively) showed no significant difference as shown in Fig.5C.

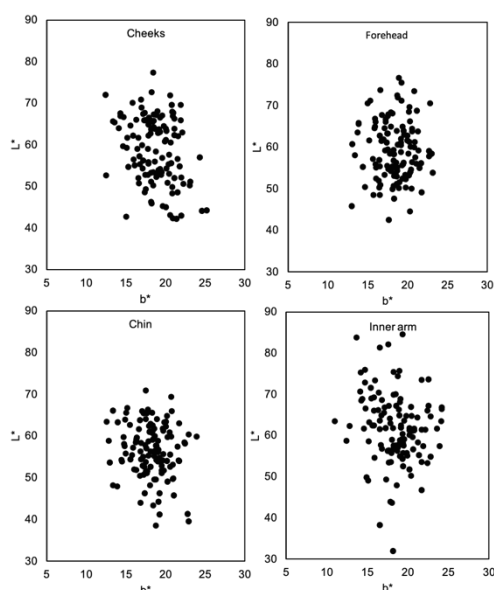


Figure 4 The distribution of Thai skin measurement in each position plotted on L*-b* diagram.

Figure 6 shows the chroma vs lightness. The range of chromatic in cheeks, forehead, chin and inner arm were from 17.72 to 32.24, 16.17 to 30.02, 15.03 to 30.63 and 14.43 to 30.21, respectively. Cheeks is the highest value of chroma than those tree position. On the contrary, the lowest value of chroma is inner arm.

Figure 7 indicates results of males and females separately. it is clearly seen that the average lightness of skin in females was significantly higher than males. The average lightness of cheek between male and female had P-value = 0.001, that forehead had P-value = 0.027 and that chin had P-value = 0.000. Inner arm did not show significance. In addition, the redness of female was significantly redder than males (cheeks: P-value = 0.009, chin: P-value = 0.001 and inner arms: P-value = 0.001) except forehead. On the contrary, the yellowness values did not show significant difference in all positions.

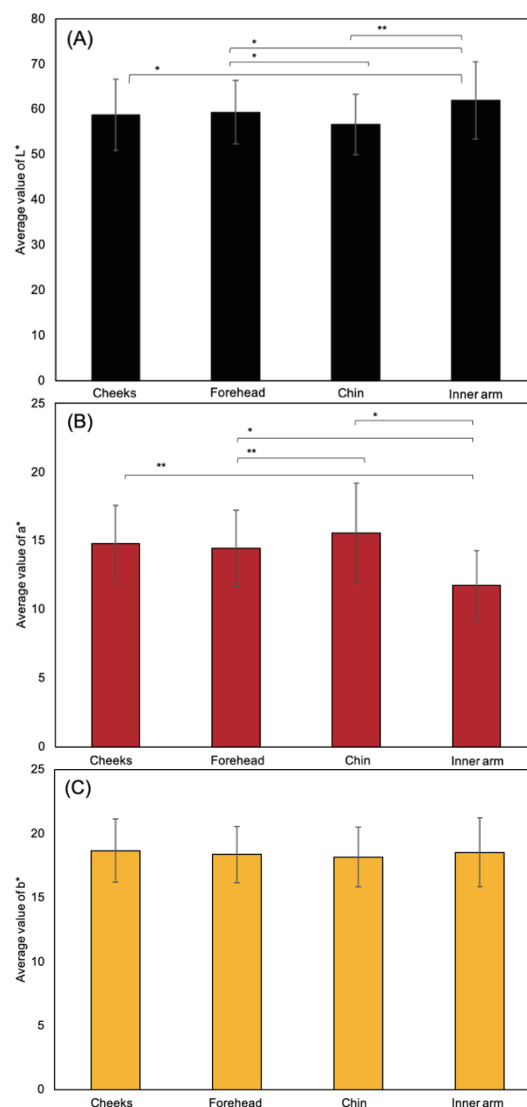


Figure 5 The average value in each position of Thai skin measurement. (A), (B) and (C) showed the average of lightness, redness and yellowness, respectively. * indicate significant difference less than 0.05, ** indicate significant difference less than 0.01.

Figure 8 shows the workplace characteristic. It is seen that the subjects who work outdoor had significantly lower lightness than indoor (cheeks; P-value = 0.000, forehead; P-value = 0.000, chin; P-value = 0.000 and inner arm, P-value = 0.000). Those people who work outdoors have higher yellowness than indoors. It may be due to the sun's exposure to increase the number of melanin pigment, which result with lower lightness value and higher yellowness value.

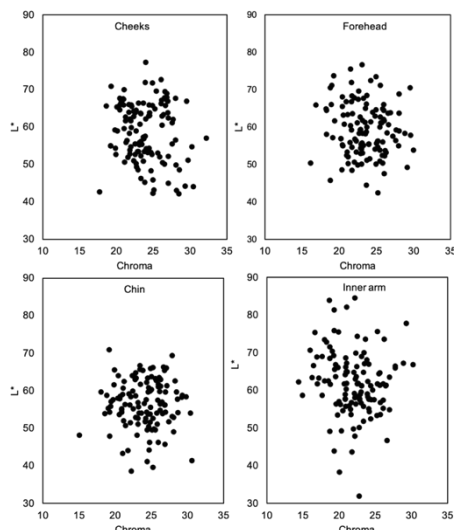


Figure 6 The distribution of Thai skin measurement in each position plotted on L*-chroma diagram.

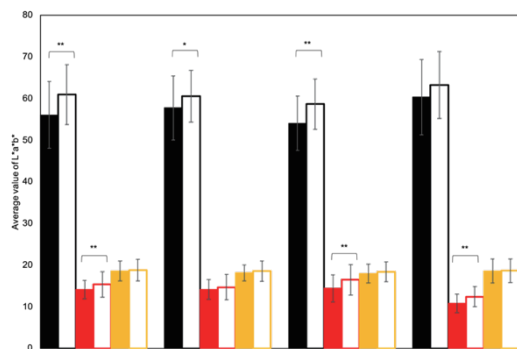


Figure 7 The average value in genders difference of Thai skin measurement. The solid bar showed the value of male and transparent bar indicated the value of female. Black, red and yellow color indicated the value of lightness, redness and yellowness, respectively. * indicate significant difference less than 0.05, ** indicate significant difference less than 0.01.

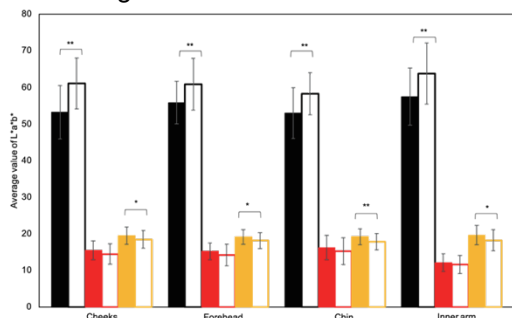


Figure 8 The average value in workplaces characteristic difference of Thai skin measurement. The solid bar showed the value of male and transparent bar indicated the value of female. Black, red and yellow color indicated the value of lightness, redness and yellowness, respectively. * indicate significant difference less than 0.05, ** indicate significant difference less than 0.01.

4. Conclusion

Different between body positions and gender had different lightness and redness of the skin. On the contrary, the workplace characteristics had affected to lightness and yellowness of the skin. Gender and workplace characteristics are factor that affect different skin color of Thai.

References

- 1) Takanori Igarashi, Ko Nishino and Shree K. Nayar, "The Appearance of Human Skin: A Survey", Foundation and Trend in Computer Graphic and vision, vol. 2 (2007), pp. 1-95.
- 2) K. Xiao, J. M. Yates, F. Zardawi, S. Sueeprasan, N. Liao, L. Gill, C. Li and S. Wuerger, "Characterising the variations in ethnic skin colours: a new calibrated data base for human skin", Skin Research and Technology (2016), pp. 1-9.
- 3) Kumiko Kikuchi, Chika Katagiri, Hironobu Yoshikawa, Yoko Mizokami and Hirohisa Yaguchi, "Long-term changes in Japanese women's facial skin color", Color Res Appl, vol. 43 (2017), pp. 119-129.
- 4) Kihwan Han, Taehyun Choi and Daegu Son, "Skin color of Koreans: statistical evaluation of affecting factors", Skin Research and Technology, vol. 12 (2006), pp. 170-177.
- 5) Nina G. Jablonski and George Chaplin, "Human skin pigmentation as an adaptation to UV radiation", PNAS, vol. 107 (2010), pp. 8962-8968.

Effect of tissue on the simultaneous color contrast on an electric display

Janejira Mepean

Graduate School, Faculty of Mass Communication Technology,
RMUTT, Thailand

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, RMUTT, Thailand

Chanprapha Phuangsuwan

Color Research Center, RMUTT, Thailand

Keywords: Simultaneous color contrast, Tissue paper, Display, Illuminance, Elementary color naming.

1. Introduction

The simultaneous color contrast or SCC is a well-known phenomenon of color appearance. The stimulus is composed of a colored surround with a small gray test patch at the center. The test patch appears cyan if the surround is red, for example. When the stimulus is made of a paper, the phenomenon is not strong and the gray patch does not give vivid of cyan color. However, that if the entire stimulus is covered by a white tissue the phenomenon is much enhanced and the cyan appears very vivid¹⁾. The SCC phenomenon was explained by the chromatic adaptation to the surrounding color based on the recognized visual space of illumination RVSI theory²⁾. A subject adapts to the color of illumination of a space constructed over the surrounding surface^{3, 4)}. When a paper stimulus is employed in the SCC experiment, a subject strongly recognizes an object for the stimulus and the construction of an illuminated space over the surrounding surface becomes weak and consequently a weak phenomenon of SCC. By putting a tissue over the stimulus the edges of the test stimulus at the center become

blurred and the object recognition becomes weak. The test stimulus is composed of edges plus colors. Thus,

$$\text{Stimulus} = \text{Edges} + \text{Colors} \quad (1)$$

If perception of edges disappear we have only colors left and the color alone should behave as light. Thus,

$$\text{Stimulus} = \text{Colors (Light)} \quad (2)$$

A strong chromatic adaptation should occur and the test stimulus appears vivid. Blurred image can be produced in after image and the enhancement of SCC was observed.

In this paper, we will investigate if this tissue effect occurs in an electric display, by changing display luminance and room illuminance.

2. Experiment 1

2.1 Experiment

In experiment 1, we investigate the effect of display luminance for four surrounding colors, red, yellow, green, and blue. Luminance of surrounds were varied at five steps of luminance by adjusting the amount of RGB (50, 100, 150, 200, and 255). A gray patch at the center of the surround was set at 41 cd/m². Their chromaticities are shown in Fig. 1(a), (b); (a) for without-tissue and (b) for with-tissue.

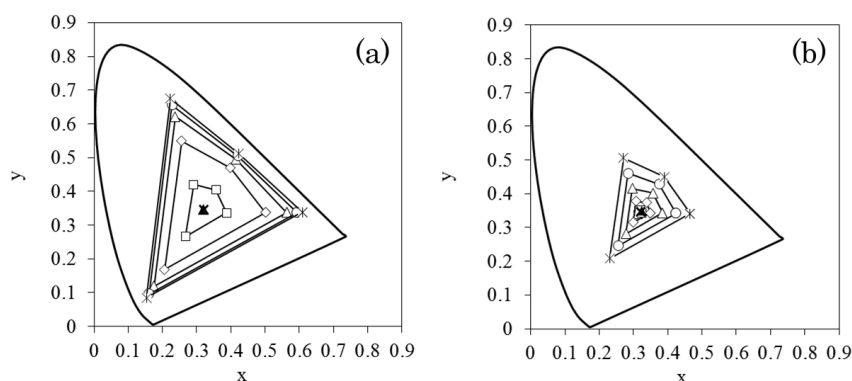


Figure 1. Five steps of colors for the surrounding without-tissue (a), with-tissue (b) in Experiment 1 (□ 50, ◇ 100, △ 150, ○ 200, * 255), ▲ white, and gray patches (X).

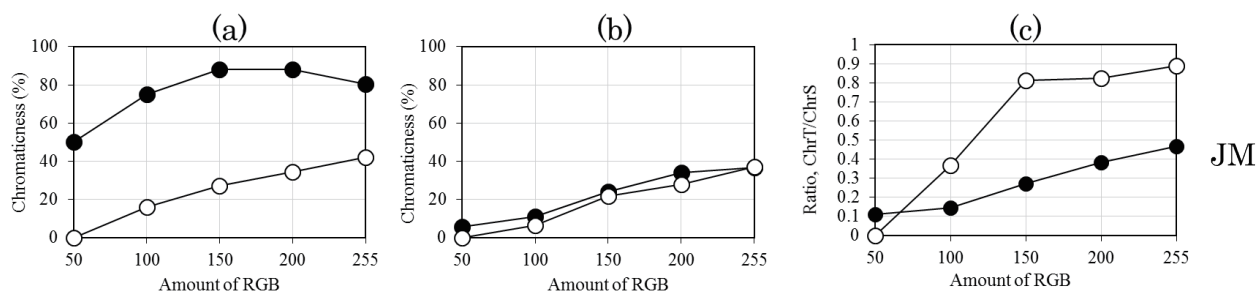


Figure 2. Amount of chromaticness of red surrounding with five steps of luminance (a) surrounding, (b) gray patch. The chromaticness ratio red stimulus (c), compared between without tissue (●) and with tissue (○)

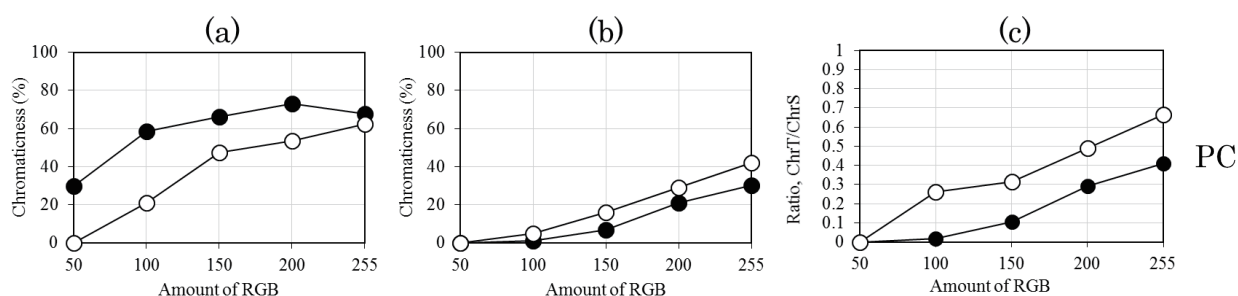


Figure 3. Amount of chromaticness of red surrounding with five steps of luminance (a) surrounding, (b) gray patch. The chromaticness ratio red stimulus (c), compared between without tissue (●) and with tissue (○)

One sheet of commercially available white tissue was used. A tissue was stretched flat on the white frame and the size of the tissues within the frame was 13x14 cm². The transmittance was constant at 56 % for visible wavelength and the haze value of the tissue paper was 80 %. The physical effect of a tissue is 1) to reflect the white ceiling light toward a subject reducing the contrast of the image and desaturating color of the image on the display and 2) to blur the image.

A 24.1" EIZO LCD display was used to present the SCC stimulus. The display was placed horizontally on a table and was masked with black cardboard. The size of the surround was 23x23 cm² and the gray patch was 3x3 cm² (25.9° and 3.4° of visual angle, respectively when viewed at 50 cm apart). The horizontal plane illuminance was kept at 200 lx on the display by using one ceiling fluorescent lamp

Ten subjects with normal color vision participated in the experiment and the judgment was repeated five times on different days. Subjects were asked to judge the color appearance of surround and gray patch by the elementary color naming method, namely, to estimate chromaticness, whiteness and blackness in percentage and unique hues, red,

yellow, green, and blue in percentage also.

2.2. Results of experiment 1

Examples of results are shown in Fig. 2 taken from the subject JM for red surround. The amount of chromaticness at five steps of amount of RGB are shown for the surround in (a) and for the gray test patch in (b). The abscissa is the amount of RGB and the ordinate amount of chromaticness. Figure 2(a) clearly shows difference of the chromaticness between without-tissue (●) and with-tissue (○). Chromaticness reduced quite much with tissue. Although the subject JM perceived the chromaticness of the surround weaker with-tissue than without-tissue, she could perceive chromaticness of both gray patches with or without the tissue quite similar with each other at every step of the amount of RGB and saturation gradually increased. We are interested in the power of surround to induce color at the test patch, and we took ratio of chromaticness of test patch to the chromaticness of surround. The ratio is shown in Fig. 2(c). It increased at all steps of the surround and shows clearly the difference between no tissue and with tissue.

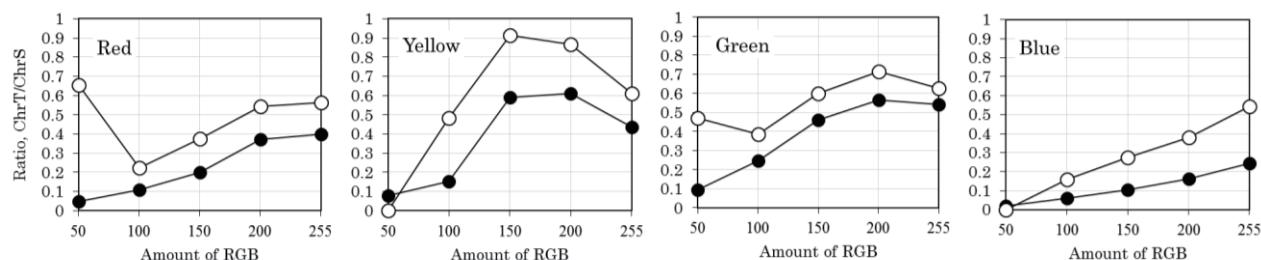


Figure 4. Chromaticness ratio of four surrounding colors with five steps of luminance compared between without-tissue (●) and with-tissue (○)

Figure 3 shows similar results from another subject PC. The results show the same tendency as the subject JM.

We took average of the chromaticness ratio of all ten subjects and the results are shown in Fig. 4 for four surrounding colors for without-tissue (●) and with-tissue (○). The ratio increases for all steps of the surround.

3. Experiment 2

3.1 Experiment

Here we investigate the effect of room illuminances. The surrounding luminance was kept constant for all the colors of surrounding red, yellow, green, and blue at 41.3, 124, 83.5, and 9.5 cd/m², respectively, a gray patch at 41 cd/m². The room illuminance was changed by ceiling lamps at ten levels, 3, 6, 13, 25, 50, 100, 200, 400, 800, and 1600 lx on the display. Their chromaticities are shown in Fig. 5 (a) for without-tissue and (b) for with-tissue. The procedure of experiment 2 was the same as experiment 1 and the same observers participated as subject.

3.2 Results of experiment 2

We averaged the results of ten subjects and obtained the chromaticness ratio for all four surrounding colors, which are shown in Fig. 6. The abscissa gives the room illuminance. The ratios of both “without-tissue” and “with-tissue” were fairly constant under room illumination level from 3-100 lx, but at the illuminance around 200 lx it started to increase for higher illuminance, except for the green surround which is quite constant at all illuminance levels.

Finally, we took average of all four colors of surround as shown in Fig. 7.

4. Discussion and Conclusion

Figure 4 from experiment 1 suggests that the effect of tissue exhibited by the chromaticness ratio increased for larger amount of RGB or luminance of the surround. And in the experiment 2, Fig. 7 clearly showed the ratio increase beyond the room illuminance 200 lx.

We can understand these results by taking account of the tissue effect of the image blurring and the reflection of white light. The image blurring effect reduced an object recognition of

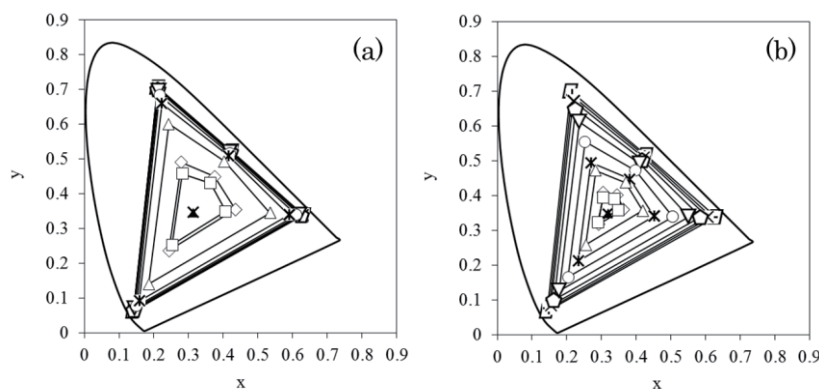


Figure 5. The surrounding colors under ten levels of illuminance without-tissue (a), with-tissue (b) in Experiment 2 (□ 3 lx, + 6 lx, × 13 lx, ⬠ 25 lx, ▽ 50, ○ 100, * 200 lx, △ 400 lx, ◇ 800 lx, □ 1600 lx), ▲ white, and gray patches (X).

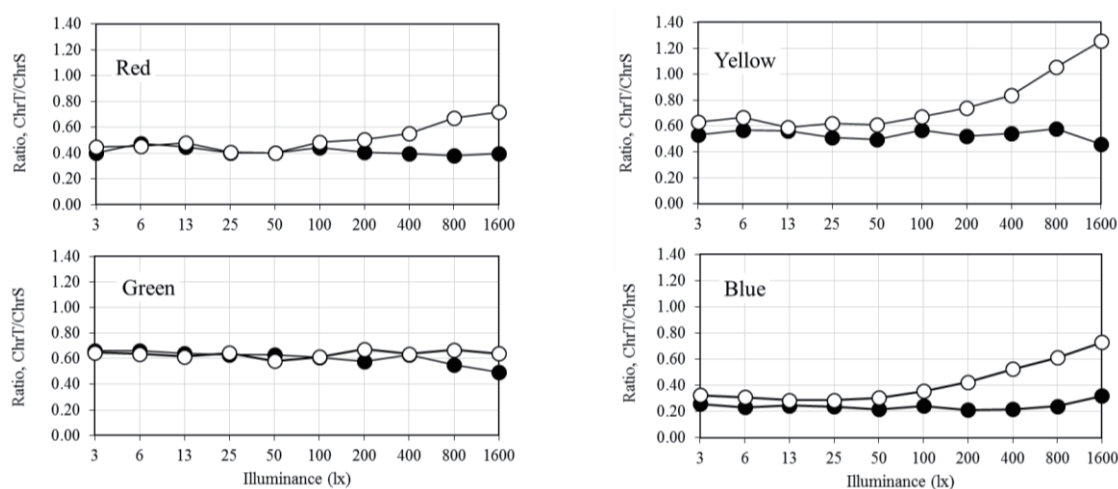


Figure 6. Chromaticness ratio of four surrounding colors with ten levels of illuminance compared between without-tissue (●) and with-tissue (○)

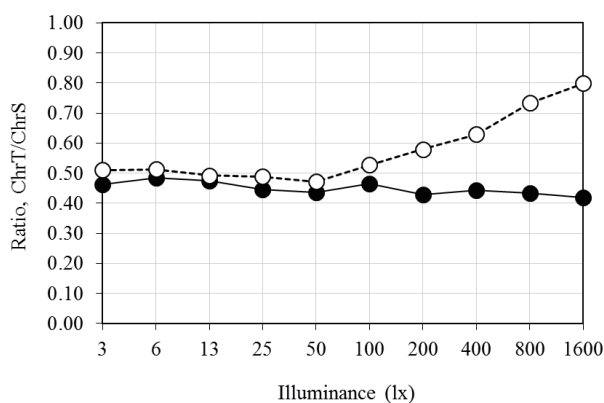


Figure 7. Averaged results from four surrounding colors compared between without-tissue (●) and with-tissue (○)

the test patch remaining only color or light giving the situation shown by Eq.(2), which caused the test patch to appear more vivid color of the gray patch³⁾. A more reflection of the ceiling light reduced the image contrast to reduce the sharpness perception of the edges of the test patch and increased the color induction by the same token as the image blurring effect.

References

- 1) M. Ikeda, and C. Phuangsuwan: The effect of tissue paper on the color appearance of colored papers, *Journal of the Optical Society of America A*. 37(4) (2020), pp. A114–A121
- 2) M. Ikeda: Color Appearance Explained, Predicted and Confirmed by the Concept of Recognized Visual Space of Illumination, *Optical Review*. 11(4) (2004), pp. 217–225
- 3) Phuangsuwan, C. and Ikeda, M. Chromatic adaptation to illumination investigated with adapting and adapted color, *Color Research and application*. 42 (2017), pp. 571–579
- 4) Phuangsuwan, C., Ikeda, M., and Mepean, J. Color appearance of afterimages compared to the chromatic adaptation to illumination, *Color Research and Application*. 43(3) (2018), pp. 349–357

THAI BASIC COLOR CATEGORIES AND MONOLEXEMIC COLOR TERMS

Nischanade Chitapanya

Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Chanprapha Phangsuwan

Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Keywords: Thai color names, Color categories, World color survey, Source of color names, Color chips.

1. Introduction

Color is very important to our way of life. From ancient times to the present day, color has been utilized as a symbol to convey a certain meaning. Therefore, color is should be studied in order to benefit our way of life because all the things that surround us are made up of color.

Due to the World Color Survey (WCS)¹⁾, in our previous study²⁾, we investigated color name usage from 161 Thai-native speakers by using similar color samples as used in the WCS. We found 114 color names were used by Thai subjects. In this number there were 12 color names used by more than 80% of subjects which correspond to the eleven basic color terms (11BCTs) as found in Berlin and Kay (B&K, 1969)³⁾ plus "Fa" (Sky/light blue). In this study, we further investigated that where these 114 color names were derived from? We have classified those color names into different groups base on their meaning to understand the source of those color names and understand how Thai subjects communicate about color.

2. Experiment

2.1 Subjects

Data of Thai color names were obtained from 161 Thai-native speakers (subjects). All subjects were tested to ensure that they had a normal color vision by using the Farnsworth Munsell D-15 Color Vision Test before starting the experiment.

2.2 Apparatus

The 330 color chips taken from the Munsell Book of Color Glossy Edition were almost the same as was used in the World Color Survey color chart which compost of 320 chromatic chips, values from

2 to 9 with 40 equally spaced Munsell hue (2.5 R to 10 RP, in hue steps of 2.5) at the maximum chroma of each value in each hue. Besides chromatic chips, there were 10 achromatic chips of values from 1.5 to 9.5. Each color chip (of the size 2x2.1 cm²) was mounted on square cardboard of the size 7x7 cm² covered by a gray matte paper approximately N5, the color chart and example of color chips showing in Figure 1.

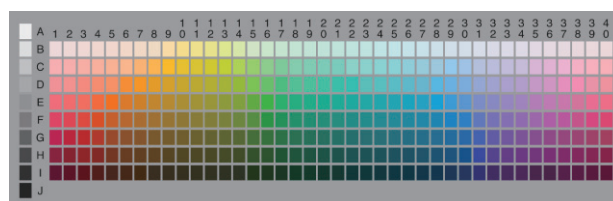


Figure 1. Color stimuli used in the World Color Survey.

2.3 Procedure

(1) Collecting color naming data

After tested the color vision, a subject was presented the color chip one by one and he/she was asked to provide a color name for each color chip by free-naming with conditions; the color name without mixed colors (no combination of two or more colors, such as yellow-green) or modified colors (no word that specifies the darkness or brightness, such as dark green). However, the subject can use the name of objects or things that are found in their everyday life such as coffee or banana, etc. A subject could freely tell any color term that he/she uses in daily life by using a monolexemic color term that incorporates the B&K's 11BCTs. One subject conducted only one session, no repetition.

(2) Classifying color names baes on the source of color name

After we got color naming data, we have classified all the color names into categories

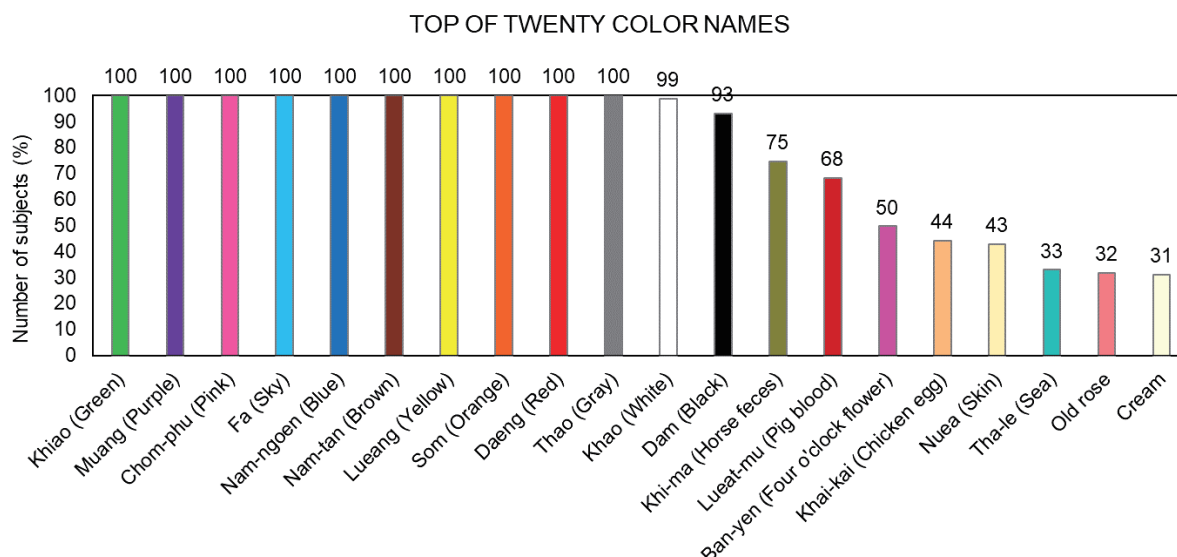


Figure 2. Twenty popular color terms used by Thai subjects. The order of color terms is sorted by the number of subject's usage and frequency of use from higher to lower.

according to their meaning to determine the source of those color names. For example, Ban-yen (Four o'clock flower/Magenta) is the name of a flower in Thailand. Therefore, we classify it as a plant group; a color name derived from a plant's name, meaning that Thai people use the name of the plant instead of the color name. Notice that, since the group of plants is quite broad, we have further divided the sub-groups of plants according to the type of plant⁴⁾, such as flowers, fruits, etc. names, and understand how Thai subjects communicate about color.

4. Result and discussion

From our previous work of surveying Thai color names from 161 Thai-native speakers²⁾, we have found a total number of color names is 114 and

there were 12 color names used by more than 80% of subjects including the 11BCTs as found in Berlin and Kay (1969) plus "Fa" (Sky/light blue). It was also found that there are three non-basic color terms (non-BCTs) used by $\geq 50\%$ of subjects; Khi-ma (Horse feces), Lueat-mu (Pig blood), and Ban-yen (Four o'clock flower/Magenta), which were used by 75% and 68% and 50% of subjects, respectively. Figure 2 shows Twenty popular color names used by Thai subjects. The order of color names is sorted by the number of subject's usage and frequency of use from higher to lower, of these names, there are two derived words from the English language: Old rose and Cream used by 32% and 31% of subject, respectively.

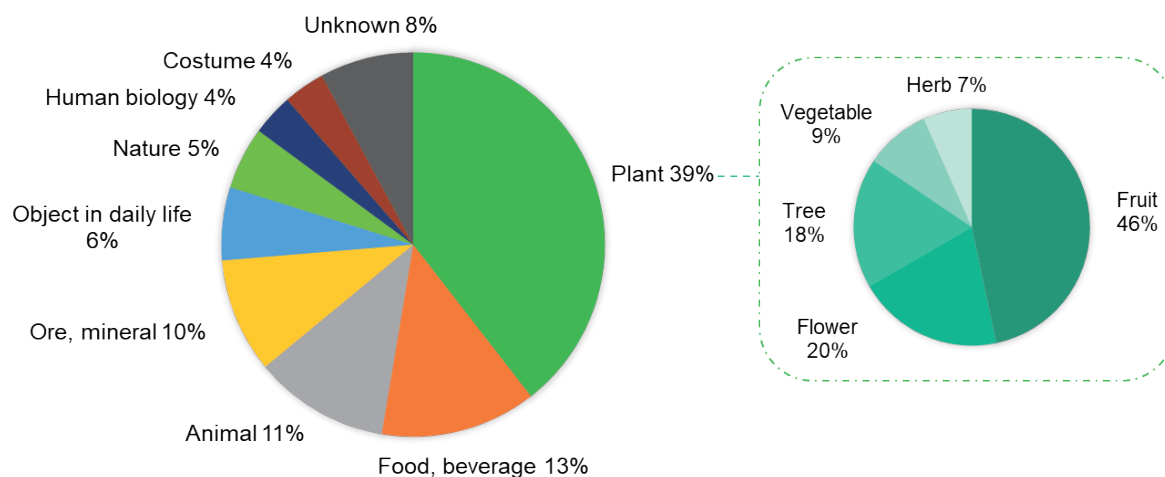


Figure 3. Source of color names categorized base on color name's meaning.

Table 1. Three ranks of color names in each category of sources are most used by Thai subjects.

Source of color name	Rank	Color name	Number of subject
Animal	1	Khi-ma (Horse feces)	120
	2	Khai-kai (Chicken egg)	71
	3	Lueat-nok (Bird blood)	24
Costume	1	Krom-ma-tha (Navy blue)	21
	2	Ka-ki (Khaki)	11
	3	Chi-won (Yellow robe of Buddhist monk)	6
Food, beverage	1	Nam-tan (Brown)	161
	2	Lueat-mu (Pig blood)	110
	3	Cream	50
Human biology	1	Nuea (Skin)	69
	2	Khi (Feces)	7
	3	Lueat (Blood)	5
Nature	1	Fa (Sky)	161
	2	Tha-le (Ocean)	53
	3	Khlon (Mud)	2
Object in daily life	1	It (Brick)	33
	2	Khwan-buri (Smoke)	8
	3	Pun-daeng (Red cement)	3
Ore, mineral	1	Nam-ngoen (Blue)	161
	2	Mo-ra-kot (Emerald)	8
	3	Thong (Gold)	4
Plant	1	Som (Orange)	161
	2	Ban-yen (Four o'clock flower/Magenta)	80
	3	Old rose	51
Unknown	1	Khiao (Green)	161
	2	Muang (Purple)	161
	3	Chom-phu (Pink)	161
	4	Lueang (Yellow)	161
	5	Daeng (Red)	161
	6	Thao (Gray)	161
	7	Khao (White)	159
	8	Dam (Black)	150
	9	Lae (Dark bluish-green)	3

The next question is, where did those color names come from? To understand the nature of Thai subjects in the use of the color name. We, therefore, checked those color name's meaning and classified them into different categories according to their meaning to investigate the behavior of Thai people in the use of color names base on the derivation of color names. Figure 3 on the left shows nine categories of the source of color names including the color names that come from plants 39% which occupies the highest proportion. The category that has the second-highest proportion of the number of color names is food/beverage, accounting for 13%. The third highest proportion is the color names that are derived from animals which account for 11%. Then followed by the color names that derived from ore/mineral 10%, object in daily life 6%, nature 5%, human biology 4%, costume 4%, and unknown 8%.

Due to the variety of color names that come from plants we, therefore, divided sub-groups fur-

ther into categories of plants, including fruit, flower, tree, vegetable, and herb. From the sub-graph on the right in Figure 3, it can be seen that the highest proportion is the color names derived from fruit's name which accounts for 46%. Sub-groups of plants that have the second proportion is flower's name, 20%. The third proportion is the color names that come from the tree category, accounting for 18%. Then followed by vegetable and herb which account for 9% and 7%, respectively. Table 1 shows 3 ranks of color names in each category that are most used by Thai subjects. For the unknown category, most of them consist of basic color names except "Lea" which is a term used in the Isan region or Northeast of Thailand, meaning dark greenish-blue and referring to dark skin people.

Considering the color names and the source of color names found in this study, various color names obtained from Thai subjects are related to things or the environment that they have seen in daily life. It can indicate the nature of Thai subjects that they pay attention to small details of things around them and use those to describe the characteristics of color in color communication.

Acknowledgment

We would like to thank Prof. Ichiro Kuriki, Asst. Prof. Rumi Tokunaga, the RIEC of Tohoku University, and Chiba University for kindly supplying us the Munsell color chips and the experimental equipment as well as the valuable comments in doing the experiment.

References

- 1) R. S. Cook, P. Kay, T. Regier. The World Color Survey database: History and use. In Cohen, Henri, & Claire Lefebvre (Eds.), Handbook of Categorisation in the Cognitive Sciences, Amsterdam: Elsevier. (2005). pp. 224–241.
- 2) B. Berlin and P. Kay. Basic color terms: Their universality and evolution. Berkeley, CA: University of California Press. (1969).
- 3) N. Panitanang, C. Phuangsuwan, I. Kuriki, R. Tokunaga, M. Ikeda. Thai basic color terms and new candidate nomination. The 5th Asia Color Association (ACA) Proceedings. (2019). pp. 164-169.
- 4) R. A. Lewis. CRC Dictionary of Agricultural Sciences. CRC Press. (2002). ISBN 978-0-8493-2327-0.

種々の材質の物体に対応した画像光沢の編集方法

Glossy Appearance Editing for Various Material Objects

真鍋 裕亮
田中 緑
堀内 隆彦

Yusuke Manabe
Midori Tanaka
Takahiko Horiuchi

千葉大学大学院
千葉大学大学院
千葉大学大学院

Chiba University
Chiba University
Chiba University

Keywords: 光沢編集, 光沢感, 二色性反射モデル, 拡張二色性反射モデル, 鏡面検出

1. はじめに

光沢は、物体の質感を表現する重要な特性の一つである。そのため、デジタル画像の光沢を正確に再現することは重要である。Tanakaらは、光沢を有する物体を高精細ディスプレイに測色的色再現しても、光沢感は低下し得ることを示した[1]。また、文献[2]:において、JPEG画像符号化によって、光沢感は劣化し得ることを示した[2]。これらの理由から、デジタル画像内の物体の光沢を編集する手法が望まれている。

画像内の光沢編集に着目した従来手法の例として、Boyadzhievらによって提案されたBand-Siftingがある[3]。Boyadzhievらは、画像の空間周波数のサブバンドが特定の質感を表すことができることを示し、サブバンドの信号を増減することによって質感を操作する手法を提案した。しかし、Band-Siftingは物理的根拠がないため、質感編集に試行錯誤が必要となる問題点があった。著者らは先行研究において、二色性反射モデルに基づいた光沢編集手法を提案した[4]。しかし、この手法は不均質誘電体を対象としており、他の材質への拡張が課題となっていた。

本研究では、種々の材質に対応した光沢編集方法の構築を目的とし、不均質誘電体に加えて、金属物体、透明物体の光沢を編集できる統一アルゴリズムを提案する。

2. 提案手法

提案手法は、色空間の変換、光沢検出、光沢編集の3つの手順から構成される。色空間の変換では、入力画像から取得したRGB値をHSI値へ変換する。光沢検出について2.1に、光沢編集について2.2に述べる。

2. 1. 光沢検出

光沢検出には、肥後らによって提案された鏡面反射成分分離の方法を改良して用いる[5]。光沢検出の前処理として、画像のクラスタリング処理を行い、入力画像を同じ色相値を持つ物体ごとに画像を分割する。分割された画像ごとに光沢検出処理を行う。

始めに、各画素をRGB値から彩度-輝度空間に写像する。次に写像した画素を、光沢を有する画素の群と光沢を含まない画素の群に分離する。3章で述べるように、光沢を含まない画素の群は彩度-輝度空間において線形性を持ち、光沢を有する画素は輝度値が大きくなる特性がある。これらの性質から、彩度-輝度空間において、各彩度に対する最低輝度の近似直線を求め、近似直線の周囲を光沢を含まない画素の群とし、近似直線から離れた位置にを、光沢を有する画素の群と判断することができる。図1に、入力画像と、それらの画素を彩度-輝度空間へ写像した例を示す。

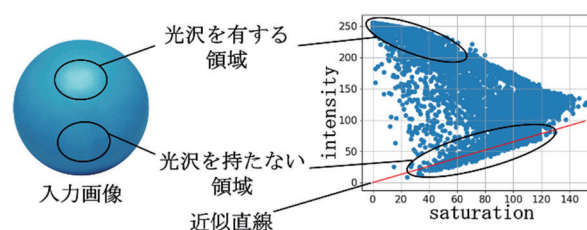


図1. 彩度-輝度空間上の光沢を有する画素と光沢を含まない画素の位置づけ

また、光沢を有する画素の群の各画素と近似直線との輝度差を、光沢の強度*gloss*として次式で求めることができる。

$$gloss = intensity - (grad \cdot saturation + int) \quad (1)$$

ここで、*saturation*と*intensity*はそれぞれ画素の彩度値と輝度値を表し、*grad*と*int*はそれぞれ近

似直線の傾きと切片を表している。光沢の強度 $gloss$ を光沢成分としたとき、入力画像と光沢成分の差分を残差成分とする。残差成分は、HSI 空間の入力画像の各画素において、I 値を輝度値と光沢成分の差分に置換したものであり、光沢を含まない成分を意味する。

2. 2. 光沢編集

2.1 で求めた光沢の強度 $gloss$ に対して、式(2)によって光沢編集を行う。

$$gloss' = scale(gloss) \cdot gloss \quad (2)$$

ここで、 $gloss'$ は編集後の光沢の強度を表している。 $scale(gloss)$ は $gloss$ を変数とするスケールファクタであり、 $scale(gloss) > 1.0$ のときに光沢が強調され、 $scale(gloss) < 1.0$ のときに光沢が抑制される。 $scale(gloss)$ の設計には任意性があるが、本研究では、光沢の強度が強い画素にはより強調、抑制させることができ、光沢の強度が弱い画素には光沢の強度の変化を抑えることができるように

$$scale(gloss) = a \cdot gloss^2 + 1.0 \quad (3)$$

と設計している。式(3)の定数 a を正の値に設定すれば光沢が強調され、定数 a を負の値に設定すれば光沢が抑制される。定数 a の絶対値を変化させることによって、光沢の強調または抑制の度合いを調整することができる。

最後に、編集後の光沢成分 $gloss'$ を残差成分に線形加算し、HSI 色空間から RGB 色空間へ逆変換することによって、光沢を編集した RGB 画像を得ることができる。

3. 物体の反射特性との関係

本章では、提案手法と様々な材質の反射モデルとの関係について述べる。

3. 1. 不均質誘電体

不均質誘電体の反射は、標準二色性反射モデルで表現される[6]。標準二色性反射モデルによれば、物体からの反射光は拡散反射成分と鏡面反射成分の加算によって表現され、物体表面の分光反射率 $S(\theta, \lambda)$ は式(4)で表現される。

$$S(\theta, \lambda) = c_D(\theta) S_D(\lambda) + c_S(\theta) \quad (4)$$

ここで、 $c_D(\theta)$ と $c_S(\theta)$ はそれぞれ入射角 θ における拡散反射成分と鏡面反射成分のスケールファクタを表し、 $S_D(\lambda)$ は波長 λ における拡散反射成分の分光反射率を表している。すなわち、右辺第一項が拡散反射成分を、第二項が鏡面反射成分をそれ

ぞれ表している。式(4)を RGB 色空間として式(5)のように仮定する。

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_R \\ \gamma_G \\ \gamma_B \end{pmatrix} \cos \theta + specular \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

ここで、 $(\gamma_R \ \gamma_G \ \gamma_B)^T$ は拡散反射成分の RGB それぞれの分光反射率を表し、変数 $specular$ は鏡面反射成分の強度を表している。鏡面反射成分の分光反射率は入射光の分光分布に依存する。ここでは光源を白色の平行光源と仮定し、鏡面反射成分の分光反射率を $(1 \ 1 \ 1)^T$ とする。式(5)をもとに色相、彩度、輝度は次のように求められる。

$$hue = \arctan \left(\frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \gamma_G - \frac{\sqrt{3}}{2} \gamma_B}{\gamma_R - \frac{1}{2} \gamma_G - \frac{1}{2} \gamma_B} \right) \quad (6)$$

$saturation =$

$$\frac{\cos \theta}{\sqrt{2}} \sqrt{(\gamma_R - \gamma_G)^2 + (\gamma_G - \gamma_B)^2 + (\gamma_B - \gamma_R)^2} \quad (7)$$

$$intensity = \frac{\gamma_R + \gamma_G + \gamma_B}{3} \cos \theta + specular \quad (8)$$

式(6), (7)より、鏡面反射成分の強度に影響されずに色相値、彩度値が決定される。式(8)より、輝度値は鏡面反射成分の強度に応じて大きくなることが確認できる。 $specular = 0$ となる拡散反射成分のみを持つ画素を考えると、式(7), (8)より彩度と輝度の関係は、式(9)のように表現することができる。

$intensity =$

$$\frac{\sqrt{3}(\gamma_R + \gamma_G + \gamma_B)}{2\sqrt{(\gamma_R - \gamma_G)^2 + (\gamma_G - \gamma_B)^2 + (\gamma_B - \gamma_R)^2}} saturation \quad (9)$$

拡散反射成分のみを持つ画素は彩度—輝度空間において線形性を持ち、鏡面反射成分を有する画素の輝度値は強度 $specular$ だけ大きくなることから、2.1 の光沢検出によって光沢の強度 $gloss$ として鏡面反射成分の強度 $specular$ を求めることと等価であることがわかる。

3. 2. 金属物体

金属物体からの反射は、金属物体に拡張した二色性反射モデルで表現される[7]。拡張二色性反射モデルによれば、物体からの反射光は垂直入射成分と水平入射成分の加算によって表現され、物体表面の分光反射率 $S(\theta, \lambda)$ は式(10)で表現される。

$$S(\theta, \lambda) = c_{S1}(\theta) S_{S1}(\lambda) + c_{S2}(\theta) \quad (10)$$

ここで、 $c_{S1}(\theta)$ と $c_{S2}(\theta)$ はそれぞれ入射角 θ における垂直入射成分と水平入射成分のスケールファ

クタを表し、 $S_{S1}(\lambda)$ は波長 λ における垂直入射成分の分光反射率を表している。すなわち、右辺第一項が垂直入射成分を、第二項が水平入射成分をそれぞれ表している。式(10)を RGB 色空間として式(11)のように仮定する。

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = c_{S1}(\theta) \begin{pmatrix} \mu_R \\ \mu_G \\ \mu_B \end{pmatrix} + c_{S2}(\theta) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (11)$$

ここで、 $(\mu_R \ \mu_G \ \mu_B)^T$ は垂直入射成分の RGB それぞれの分光反射率を表している。式(11)から色相、彩度、輝度を求めると、不均質誘電体と同様の性質が得られる。したがって、光沢検出によって光沢の強度 $gloss$ として、水平入射成分のスケールファクタ $c_{S2}(\theta)$ を求めることと等価であることがわかる。水平入射成分は白色成分であることから、物体固有の色を変化させることなく、光沢編集することができる。

3. 3. 透明物体

透明物体は、反射光のみを考慮している不均質誘電体や金属物体とは異なり、透過光も考慮する必要がある。本研究では、透明物体の反射・透過モデルを図2のように仮定する。このモデルでは、位置 x において観測される光が、表面Ⅰ側で反射する2種類の反射光と、表面Ⅱ側から入射した光が物体内へ侵入し、表面Ⅰ側から空気中へ通過する透過光に分解できると仮定している。反射光は鏡面反射成分と拡散反射成分に分解できると仮定している。

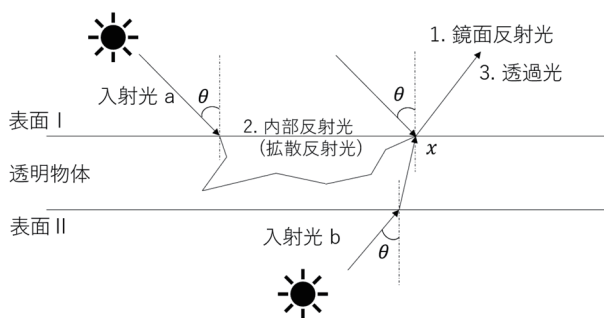


図2. 透明物体の反射・透過光モデル

位置 x において観測される光の分光分布を $S(\theta, \lambda, x)$ とすると、式(12)のように表現することができる。

$$S(\theta, \lambda, x) = c_D(\theta, x)S_D(\lambda) + c_S(\theta, x) + c_T(\theta, x)\tau(\lambda)S_T(\lambda) \quad (12)$$

ここで、 $c_D(\theta, x)$ 、 $c_S(\theta, x)$ 、 $c_T(\theta, x)$ はそれぞれ入

射角 θ 、位置 x における拡散反射成分、鏡面反射成分、透過光のスケールファクタを表している。 $S_D(\lambda)$ は波長 λ における拡散反射成分の分光反射率を表している。 $S_T(\lambda)$ は波長 λ における表面Ⅱ側の光源の分光分布を表している。 $\tau(\lambda)$ は波長 λ における物体の分光透過率を表している。右辺第一項が拡散反射成分を、第二項が鏡面反射成分を、第三項が透過光をそれぞれ表している。式(12)を RGB 色空間として、式(13)のように仮定する。

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = c_D(\theta, x) \begin{pmatrix} \gamma_R \\ \gamma_G \\ \gamma_B \end{pmatrix} + c_S(\theta, x) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} + c_T(\theta, x) \begin{pmatrix} \rho_R \\ \rho_G \\ \rho_B \end{pmatrix} \quad (13)$$

ここで、 $(\gamma_R \ \gamma_G \ \gamma_B)^T$ と $(\rho_R \ \rho_G \ \rho_B)^T$ はそれぞれ拡散反射成分の RGB それぞれの分光反射率、透過光の RGB それぞれの分光分布を表している。式(13)から色相、彩度、輝度を求めると、不均質誘電体と同様の性質が得られる。したがって、光沢検出によって光沢の強度 $gloss$ として、鏡面反射成分のスケールファクタ $c_S(\theta, x)$ を求めることと等価であることがわかる。透明物体は透過光の影響を受けるため、同一の物体であっても色相値が異なる場合がある。

4. 実験結果

様々なテスト画像を用いて光沢編集の効果を検証した。図3から図5に、それぞれ不均質誘電体、金属物体、透明物体に対して提案手法を適用した結果を示す。これらの結果から、光沢を含まない画素の色を変化させることなく、光沢を有する領域のみ編集できていることが視覚的に確認できる。

図3から図5の結果画像から、輝度ヒストグラムの歪度を求めた結果を、それぞれ表1から表3に示す。文献[8]によると、光沢の知覚と輝度ヒストグラムの歪度との間には、高い相関があることが示されている。いずれの結果においても、入力画像に対して光沢を強調した画像の歪度の値が大きくなっており、光沢を抑制した画像の歪度の値が小さくなっている。提案手法によって視覚的に光沢編集されていることが確認できたが、輝度ヒストグラムの歪度の値からも、適切に光沢編集されていることが客観的に示された。



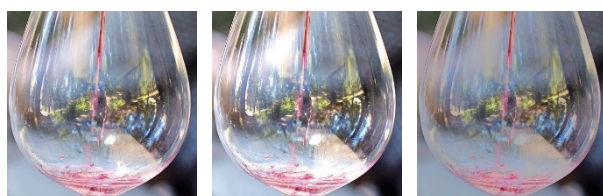
(a) 入力画像 (b) 強調画像 (c) 抑制画像

図 3. 不均質誘電体の画像に適用した結果



(a) 入力画像 (b) 強調画像 (c) 抑制画像

図 4. 金属物体の画像に適用した結果



(a) 入力画像 (b) 強調画像 (c) 抑制画像

図 5. 透明物体の画像に適用した結果

表 1. 図 3 の輝度ヒストグラムの歪度

(a) 入力画像	-0.34
(b) 強調画像	-0.02
(c) 抑制画像	-0.45

表 2. 図 4 の輝度ヒストグラムの歪度

(a) 入力画像	0.07
(b) 強調画像	0.15
(c) 抑制画像	-0.32

表 3. 図 5 の輝度ヒストグラムの歪度

(a) 入力画像	-0.83
(b) 強調画像	-0.78
(c) 抑制画像	-1.41

5. まとめ

本稿では、デジタル画像内の様々な材質の物体に対して、光沢編集する手法を提案し、提案手法が不均質誘電体と透明物体の鏡面反射成分と、金属物体の水平入射成分を編集していることを理論的に明らかにした。提案手法を様々なテスト画像に適用し、視覚的に有効性が確認されたことに加えて、輝度ヒストグラムから求めた歪度の値からも客観的に有効性が確認された。

より多くの自然画像に対して提案手法を適用するために、布など本稿で取り上げた反射モデルでは記述できない複雑な反射特性を有する材質の物体に対しても、提案手法が有効であるか検証していく必要がある。また、提案手法では、RGB値が飽和した画素に対しては、理論的に正しい残差成分を求めることができない。これらの問題点の改善と、凹凸などの他の質感への応用も今後の課題である。

参考文献

- [1] M.Tanaka and T.Horiuchi, "Investigating perceptual qualities of static surface appearance using real materials and displayed images", Vision Research, Vol.115, Part B, pp.246-258, 2015.
- [2] M.Tanaka, T.Takanashi and T.Horiuchi, "Glossiness-Aware Image Coding in JPEG Framework", Journal of Imaging Science and Technology, Vol.64, Issue 5, pp.050409-1-15, 2020.
- [3] I. Boyadzhiev, K. Bala, S. Paris, and E. Adelson, "Band-Sifting Decomposition for Image Based Material Editing," ACM Transactions on Graphics, Vol.34, no.163, 2015.
- [4] 真鍋裕亮, 田中緑, 堀内隆彦, "二色性反射モデルに基づく光沢編集", 日本色彩学会誌, Vol. 44, No.6 Supplement, pp.41-44, 2020.
- [5] 肥後智昭, 宮崎大輔, 池内克史, "二色性反射モデルに基づくリアルタイム鏡面反射成分除去", 情報処理学会研究報告, CVIM, Vol.2006, No.93, pp.211-218, 2006.
- [6] S.Tominaga and B.A.Wandell, "Standard surface-reflectance model and illuminant estimation", JOSA, Vol.6, No.4, pp.576-584, 1989.
- [7] S.Tominaga, "Dichromatic reflection models for a variety of materials", Color Research & Application, Vol.19, No.4, pp.277-285, 1994.
- [8] I.Motoyoshi, S.Nishida, L.Sharan, and E.H.Adelson, "Image statistics and the perception of surface qualities", Nature, Vol.447, pp.207-209, 2007.

絵画画像の特徴的色彩領域に基づく 再帰的階段関数系による色彩分析の試行

An experimental consideration about color analysis for paintings based on recursive step-function system defined in arbitrary shaped region

室屋泰三 Taizo Muroya

国立新美術館

The National Art Center, Tokyo

Keywords: 絵画画像, 色変化, 波長分析, 再帰的分割, 完全正規直交系.

1. はじめに

絵画画像をはじめとする色彩画像の色変化について、画面上の色値を示す関数を完全正規直交系による展開を用い、色変化を重複することなく、かつ、取りこぼすことがないような計量手法を構成した。さらに、画面上の色変化に適応した分割によって階段関数系を定義することにより、色変化の特徴をより明確に捉えられる方法を提案してきた。これまで提案してきた階段関数系は、画面を再帰的に縦横に分割し、各部分画像を2つに分割した矩形領域の面積比により定義されるものであった。本研究では、階段関数系が定義域の領域の面積により決まり、形状には依存しないことに着目し、矩形以外の形状を持つ色彩画像の画面上の特徴的な領域、例えば、「代表色から成る領域」と「それ以外の領域」などの分割を定義域とする階段関数系を生成し、色彩分析を試みる。

2. 再帰的2分割による完全正規直交系の構成

色彩画像上の矩形領域 S を縦方向または横方向のいずれかについて2分割した矩形領域を S' 、 S'' とする。ここで、 $S = S' \cup S''$ である。また、 S' 、 S'' は各矩形領域の面積を示すものとする。本研究ではまず画面を横方向に分割し、その後、縦方向に分割することとした。これは分割が横方向または縦方向のみに分割方向が偏ってしまい、基底が持つべき完全性を失ってしまうことを防ぐため

ある。簡単のため、横方向の分割から始めることとするが、本来ならば、分割の方向を縦横のどちらから始めるかについては、対象とする色彩画像の色変化から定めるべきである。

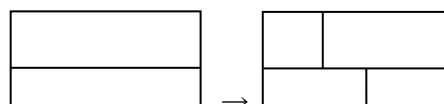


図1. 再帰的な2分割手順

S 及びその分割 S' 、 S'' について、基底関数 φ_S を

$$\varphi_S(x) = \begin{cases} \sqrt{\frac{S''}{S'(S' + S'')}} (x \in S') \\ -\sqrt{\frac{S'}{S''(S' + S'')}} (x \in S'') \\ 0 (x \notin S) \end{cases}$$

と定義する。以降、 S を画面全体から始めて、矩形領域 S' 、 S'' を再帰的に横→縦→横→縦…と分割した $\varphi_{S'}$ 、 $\varphi_{S''}$ から、完全正規直交系 $\{\varphi_S\}$ が得られる。 $\{\varphi_S\}$ による関数 $f(x, y)$ の展開係数は

$$c(s) = \int_S f(x, y) \varphi_S(x, y) dx dy$$

$$= \sqrt{\frac{S''}{S'(S' + S'')}} \int_{S'} f(x, y) dx dy \\ - \sqrt{\frac{S'}{S''(S' + S'')}} \int_{S''} f(x, y) dx dy$$

関数 $f(x, y)$ は画面上の座標 (x, y) に明度値等に対応させる関数であるとする。

$$c(s) = \sqrt{\frac{S'S''}{S' + S''}} \left\{ \frac{1}{S'} \int_{S'} f(x,y) dx dy - \frac{1}{S''} \int_{S''} f(x,y) dx dy \right\}$$

と書ける。これより展開係数は平均色差に矩形領域 S' 、 S'' の面積とその比に応じた重み付けしたものと解釈できる。

3. パワースペクトル

Perseval の等式により二変数関数 f の L^2 ノルムのは完全正規直交系による展開係数 c_f の二乗和となる。色彩画像において、 f を画面上の点 (x,y) における L^* 、 a^* 、 b^* のいずれかの値とすると当該の色値の画面全体での大きさ (L^2 ノルム) が展開係数の二乗和となる。すなわち、

$$\begin{aligned} \int_S L^*(x,y)^2 dx dy &= \sum_{w,h} c_L(S_{w,h}^{(j)})^2 \\ &= \sum_{k,l} \left\{ \sum_{w=2^k, h=2^l} c_L(S_{w,h}^{(j)})^2 \right\} \end{aligned}$$

が成り立つ。 w, h が任意の値をとることと、Haar 基底との比較を行うこと等を考慮して、ここでは $k, l = 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, \dots$ とした。

展開係数の二乗和の部分和の平方根 $p_{k,l}(L)$:

$$p_{k,l}(L) = \left(\sum_{w=2^k, h=2^l} c_L(S_{w,h}^{(j)})^2 \right)^{1/2}$$

を「(L^* の) パワースペクトル」とする。図 2 に

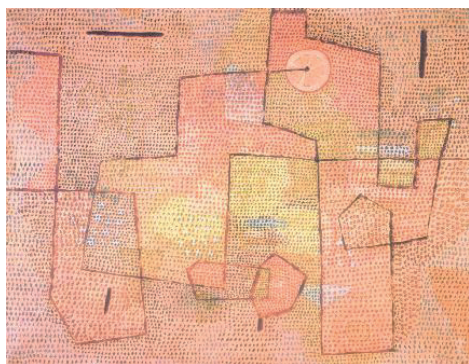


図 2. パウル・クレール 《エマハット》 (左 : 原画像、右 : L^* のパワースペクトル)

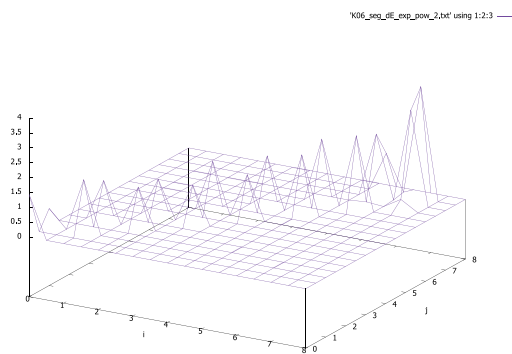
パウル・クレールの《エマハット》の L^* のパワースペクトルのグラフを示す。画面分割は色の重心を基準として分割を行った。明暗変化は k, l が大きくなるにつれて、すなわち、画面上小さな変化になるにつれて強くなっているが、画面全体に散りばめられた暗い色の小さなドットの効果である。パワースペクトルに画面構成が反映されていることがわかる。

4. 任意形状の領域に対する基底系の構成

これまで Haar 基底の拡張として、分割の形状は矩形としてきた。図 2 の例で見たように矩形による分割でも絵画作品の色彩構成の特徴をとらえた結果を得られているが、図 3 左に示したように画面上の色面を分割してしまっていることから、必ずしも画面上の色彩構成を直観的に分析しているとは言い難い方式となっている。図 3 左のように矩形分割では、一つの色領域から様々な色変



図 3. 矩形分割と画面構成に基づく注目領域



化が生じることと観測されてしまうことになる。そこで、図3の右のように、画面上の色面ごとの比較を行うこととすることができれば、作品の画面構成に基づく、より自然な結果が得られるものと考えられる。そこで、画面の分割を任意形状に拡張することで画面のより直観的な色彩構成に対しての分析方法の構成を試みる。これまで提案してきた基底系を構成するための分割について、

A) 分割した領域の結合は画面全体

B) 分割した領域は互いに素（共通部分が無い）という条件がある。これまで提案してきた基底系の構成には領域の面積のみを用いているので、領域の形状は任意に設定することができることがわかる。なお、A)およびB)を満たしていれば、領域は単連結である必要はない。複数の領域に分かれていても、穴が開いていてもよい。

基底の構成は以下の手順で行う。

- ① 画面を2分割する。分割は、色彩構成上の特徴的な領域とそれ以外というように2つの共通部分を持たないように分割する。
- ② 各領域の面積に応じて、基底を生成する。
- ③ 各領域を再帰的に分割する。

特徴的な領域として、本研究では画面上の代表色に着目することとした。すなわち、「画面（分割後は各領域）における代表色から成る領域」と「代表色以外の領域」の2つの領域に画面を分割した。代表色の領域として、まず、画面上で再頻出の色を抽出し、その再頻出色との色差が閾値 δ 以下の色を持つ領域を「代表色領域」とした。閾値 δ としては、10～15程度の値を試行した。代表色領域以外の領域について、再度、再頻出色を求め、第2段階の代表色領域を求めていくことにより、再帰的な分割を得ることとした。いくつかの作品の分割を通して、代表色領域は「地」、「代表色領域以外の領域」は「図」に相当するように観察された。図5と図6に代表色領域とそれ以外の領域に再帰的に分割する例を示す。図5はヤン・ブリューゲルとルーベンスの《楽園のアダムとイブ》と第2段階までの分割した結果で、背景として描か

れている木々の暗部が代表色領域として分離されているのがわかる。図6はパウル・クレーの《Clarification》の第3段階までを示している。緩やかに変化する灰色ともみ革色（黄褐色）の背景に緑色の三日月と幾何学的な描線、細かなドットが前景として描かれているが、第1段階の分割で黄褐色の背景部分、第2段階では灰色の部分がそれぞれ分離されている。紙数の関係で省略するが、背景と前景のドットや三日月、すなわち「図」に相当する部分を分離していくことができた。

5. 今後の課題

絵画画像の画面構成に応じた再帰的分割を進めて、「図」と「地」の関係に相当する分割を得ることができた。発表では、これらの分割から展開係数を求め、色変化の計量について述べる。分割の基準とする閾値については、現在は実験的に定めているが、画面上の色配置に適応した閾値を得るアルゴリズムの構成が必要である。分割を進めると、画面構成上同一とみなすべき領域が異なる領域に分かれてしまう場合がある。分割後の統合、もしくは分割条件を適応的に変化させるなどの工夫が必要と考え、今後の課題とする。

参考文献

- [1] Mituo Kobayasi, Taizo Muroya "A Spatial Wave-length Analysis of Coarseness or Fineness of Color Variation in Painting Arts", Elsevier, Pattern Recognition Letters, Vol.24(11), pp.1737-1749(2003).
- [2] 室屋泰三, 小林光夫, Haar ウェーブレット変換を用いた波長分析の絵画画像の検索への応用, カラーフォーラム JAPAN2003, 2003.
- [3] 室屋泰三, 再帰的2分割による任意波長を持つ階段関数系による絵画画像の色彩変化の計量の試み, 日本色彩学会 平成30年度全国大会, 2018.

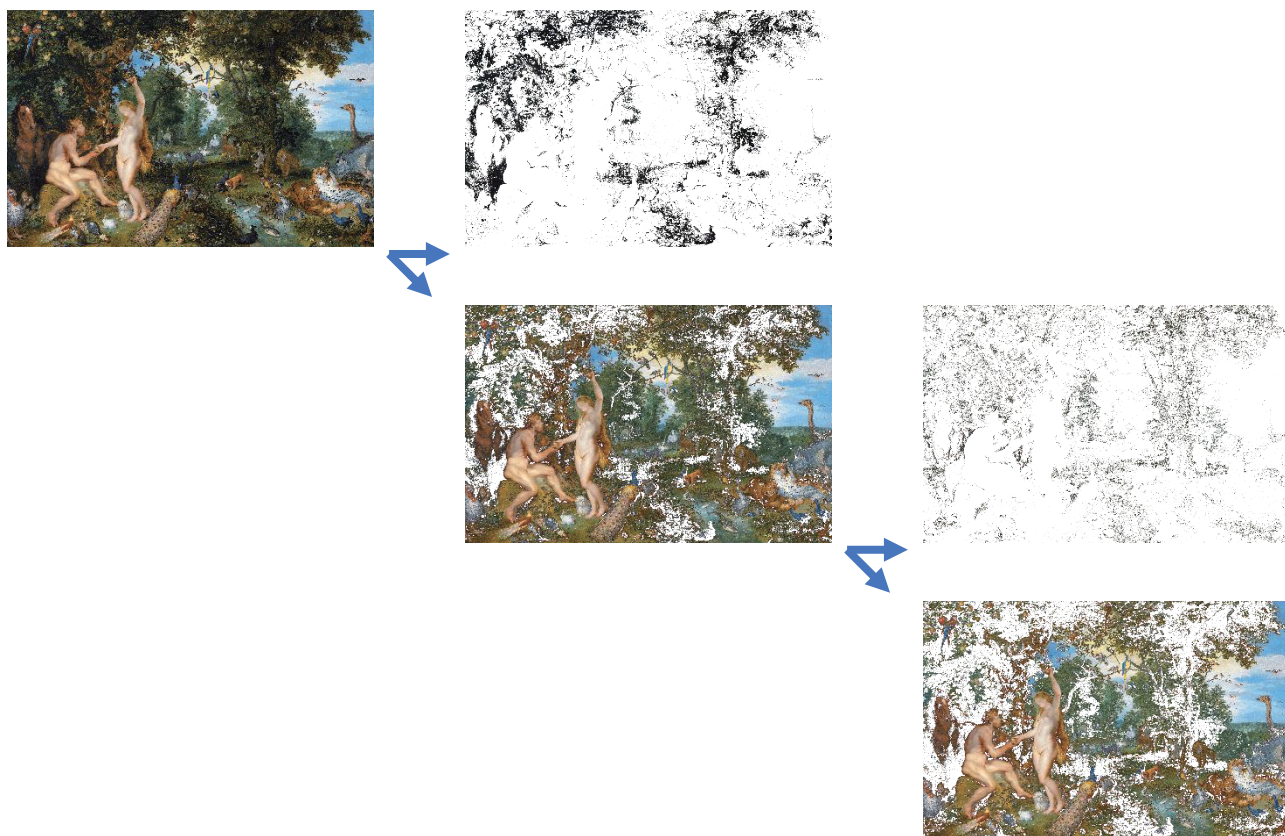


図 5. ヤン・ブリューゲル、ルーベンス《楽園のアダムとイブ》の分割例



図 6. パウル・クレア《Clarification》の分割例

クロスステッチ刺繍糸の2本取りによる混色

Intermediate Colors by Two-Strand Floss on Cross Stitch

池田 遼

Haruka Ikeda

東京大学

The University of Tokyo, Alumni

Keywords: クロスステッチ, 刺繍糸, 併置混色, 色差, 認知.

1. はじめに

クロスステッチ刺繍においては、対角線に交差する編み目を連続させることで、図案を表現する。その基本単位であるステッチを様々な色で構成することで、解像度が高く豊かな表現を行うことが可能である。作品製作において広く用いられる25番刺繍糸は、複数のメーカーから、500色以上が展開されている。

本稿では、複数色の刺繍糸を組み合わせた2本取りによってステッチを構成する技法に注目し、類似色から対比色までを用いた色彩表現の可能性と制約について、検証を行う。

2. 先行事例

2. 1. 刺繍糸の色彩表現と評価

多くの図案では、意図した色彩を表現するために、メーカーごとに異なる刺繍糸の色番号につき対応表が提供されるなど、作品製作において色相の選択は重要である。クロスステッチの図案生成に関する研究[1]によれば、図案を構成する色を選択するにあたり、1つの物体に属する領域にも色相差を持たせることで豊かな表現を行うこと(Variegation)も、効果的である。

一方、刺繍作品の表面では糸が複雑に重なり合うため、その見え方の評価は困難である。緯糸と経糸で質が異なる糸を用いる交織織物に対して、糸間の相互反射を考慮して定式化を行った研究[2]が参考になる。刺繍糸の特性と観測角度に依存する光沢の画像解析を行った事例[3]も存在する。しかし、クロスステッチは糸が常に立体交差するという複雑性に加えて、糸のねじれや相対位置にも依存するため、その見えを解析することは容易でなく、明示的な評価は行われてこなかった。

2. 2. 刺繍糸の2本取りと混色

クロスステッチ作品では、2本取りによって製作を行うことが多い。これは、刺繍糸2本を(ねじらずに)束ねて1本として扱うことで、太さを確保するものである。場面に応じて、3~6本を組み合わせることも少なくない。ただし、複数本を同時に用いる場合も、それらは通常、同一の刺繍糸から取った単色で構成する。

一方、オリムパス製糸のクロスステッチキットであるレーンシリーズ(Holly Lane, The Lanes Series)[4]では、異なる色の刺繍糸を1本ずつ組み合わせることによる2本取りステッチが、例外的に採用されている。同作品中、単色の2本取りステッチの指示が18色であるのに対して、異なる色を組み合わせる2本取りは13種類にのぼる。複数色の組み合わせは、効果的なグラデーション表現や、色数に制約があるもとでの中間色表現に一定の効果があると考えられる。しかし、構成する色数が複数であることで、単色で刺す他のステッチから浮き目立つことになれば、意図せず図案に影響を与えてしまうため、2色を適切に組み合わせ、調和を保つことが必要である。

3. 実験

クロスステッチ刺繍糸における2本取りの混色による効果を検証するため、複数色を束ねた2本取りによるサンプラーを作成した。DMC 25番刺繍糸を用いて、白の平織り綿(コングレス, 18ct)に図案を配置する。図案は44目からなる同一のパターン(外接矩形サイズ: 横10×縦8目)とした。実測値で、13×12mmになる。

定量的に刺繍糸の色を検証するため、DMC刺繍糸から類似色の組み合わせを算出するウェブアプリケーション[5]で公開されている対照表より、刺繍糸の近似的なRGB値を参照した。色の名称は、DMC刺しゅう色見本帳[6]も参照し、対

応を確認した。デジタル画像をクロスステッチ図案に変換するための研究[7]では、同様の RGB 値を用いて、Lab 空間への変換を行っている。今回は明度のみを近似する目的で、一般的な画像処理で用いられる輝度の計算式を適用した。

$$\text{Luminance} = (0.299 R + 0.587 G + 0.114 B)$$

4. 結果

4. 1. 混色可能条件：明度差の一般傾向

作成したパターンを、白色照明の下で、約 1 m 離れて観測すると、(a) 2 色が同化し、単色のように見えるサンプルと、(b) 1 色ずつが際立ち、全体として雑多な印象を与えるサンプルが、存在した。図 1 にそれぞれの代表例を示す。以下、用いた刺繍糸の番号および名称はキャプションで示す。

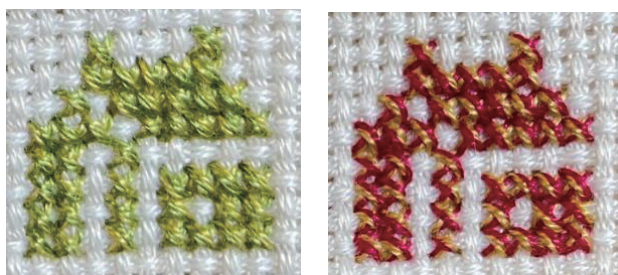


図 1. 混色の 2 本取りで色が同化し、調和が得られた例（左：#471 Avocado Grn V Lt, #734 Olive Grn Lt）と、各色が際立ち、雑多な印象となった例（右：#304 Red Medium, #729 Old Gold Medium）。

作成したサンプラー 19 色に対して、組み合わせた 2 色の明度差を縦軸とし、上記(a)の組み合わせを青で、(b)の組み合わせをオレンジでプロットすると、図 2 のようになった。明度に 30 以上の差がある場合は、概ね雑多な印象となるが、それ以下の（明度差が近い）ペアでは、調和が得られやすい一般傾向であった。以下では、ここで例外となったサンプルを中心に考察する。

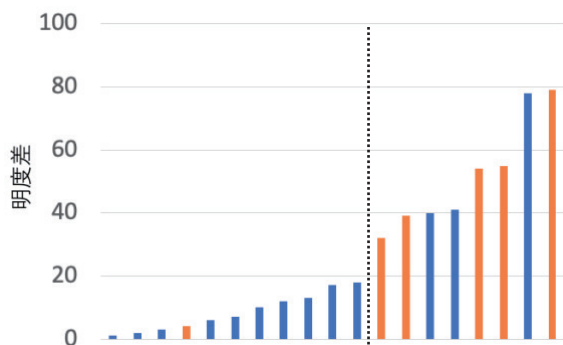


図 2. サンプルを構成する 2 色の明度差。統一感が得られたもの（青）、得られなかったもの（オレンジ）。

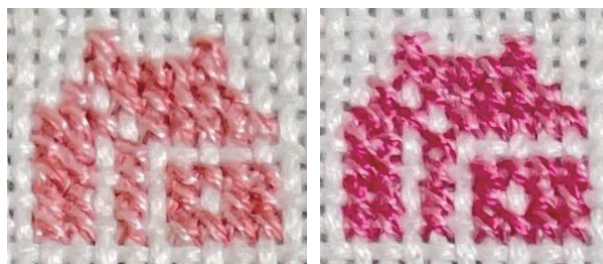


図 3. 明度差が 32 であり、調和が得られなかった例（左：#760 Salmon, #963 Dusty Rose Ult Vy Lt）と、明度差が 78 と大きいが一統感を与えられた例（右：#602 Cranberry Medium, #604 Cranberry Lt）。

4. 2. 類似色相の組み合わせの効果

図 3 において、左は明度差が 32 (227-195) の組み合わせである。各色が目立ち、観察時には雑多な印象を得た。一方、右のサンプルは、明度差が倍以上の 78 (201-123) であるにもかかわらず、調和した印象を与えた。両サンプルは、明度が 200 付近の赤という共通項のある色を含むが、右側はより明度が低い（濃い）赤と組み合わせたペアであった。著しい明度差のもと、相対的に濃い色が支配的に知覚されることで、他方は補助色として認知され、調和を生んだ可能性がある。

また、右のペアは共に Cranberry (#602, #604) と名称が付与されている同系色であり、類似色相のもとで成立するトーンオントーンの好ましい配色になったことも、調和の要因として考えられる。図 1 右の例と比較すると、同程度に明度差が大きい 87 (166-79) であるが、色相差も大きいため、調和が得られなかったことが、対照的である。

類似の傾向は、色相が異なる図 4 の例でも確認された。明度差が 41 (192-151) と離れているが、同系色 (Peacock Blue) のペアであって、個別の色が目立たない自然な混色が実現されている。

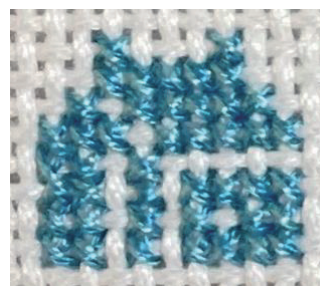


図 4. 同系色であり、明度差が大きいが一統感のある例（#3766 Peacock Blue Lt, #807 Peacock Blue）。

4. 3. 近接明度条件での調和の例外

図5の組み合わせでは、明度差が4(151-147)と非常に近いにも関わらず、調和した印象が得られず、個別の色が際立つ結果となった。図2で示した通り、明度差が20未満の場合はほとんどの例で調和が得られた中、唯一の例外として、色相差の影響が残り、単色のように知覚されない組み合わせであった。

RGB値に注目すると、それぞれ(R, G, B) = (100, 171, 186), (109, 171, 119)であり、青の成分以外が非常に近接しているという特徴があった。色度図にプロットすると図6のようになり、色相が十分に離れてはいるものの、白色点近くに分布している。刺繍糸の重なりによって局所的に生じる併置混色による一体の見えよりも、糸の光沢等の影響から、個別の色の認識が優先されやすい条件にあったことが考えられるが、原因の断定には至らなかった。

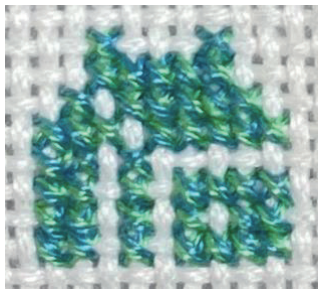


図5. 明度差が4と非常に小さいにも関わらず、調和した印象を与えなかった例 (#807 Peacock Blue, #913 Nile Green Med).

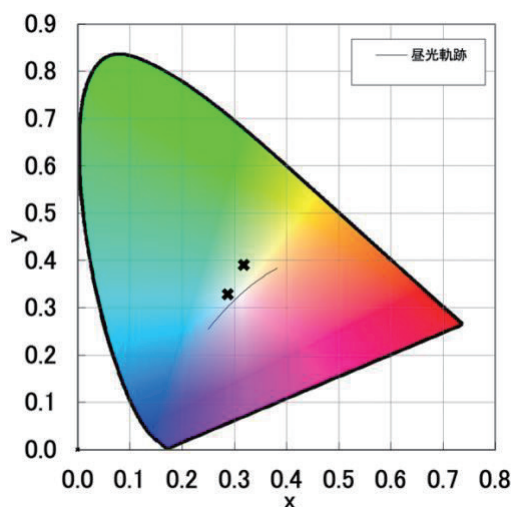


図6. RGB値を元に図5の2色をプロットした色度図。
(x, y) = #807 : (0.29, 0.33), #913 : (0.32, 0.39)。

5. 結論

クロスステッチにおける混色による効果を検証するため、異なる色の刺繍糸を束ねて2本取りとした技法でサンプラーを作成した。明度が大きく異なる組み合わせでは、併置された2本がハレーションに類似の雑多な印象を与える傾向が確認された。2本取りによる混色表現を行う場合には、作品中で当該領域が浮いて目立つことを防ぐために、第一に明度差を考慮すべきである。第二の要素として、色見本帳で隣接する組み合わせなど、同系色を選択することで、併置混色による同化効果が生じ、有利にはたらく場合がある。

一方で例外もあり、条件の一般化にはさらなる検証の余地がある。また、視距離により混色可否の閾値が変化するため、観測条件や布目の粗さによる差異を検証したい。加えて、混色が可能な場合に、知覚される色相が混色前の2色に対してどのようにシフトするのかにつき、被験者評価を行う予定である。

参考文献

- [1] Atkinson, K.R. and Roberts, J.C., 1999. Graphics and Visualization within Cross-Stitch. In Eurographics UK, Conference Proceedings, 1999 (pp. 129-141).
- [2] 清澤雄, 小松琢也, 矢崎美彦, 高寺政行, 清水義雄. 糸の測色による交織織物の色彩予測と評価. 自動制御連合講演会講演論文集 第48回自動制御連合講演会, 2005 (pp. 252-252).
- [3] 数金昭見, 軍司敏博. 画像解析による刺繍糸の反射特性. 繊維機械学会誌. 1994; 47(7): T173-80.
- [4] オリムパス製絲株式会社, HP (2021.4閲覧). <https://www.olympus-thread.com/lineup/embroidery/1385/>
- [5] Sharla Gelfand, dmc, 2020. <https://sharlagelfand.github.io/dmc/>
- [6] DMC刺しゅう色見本帳, 2017. <https://www.dmc.com/jp/dmcshiu-9006008.html>
- [7] Setiabudi, D., Isa, S.M. and Iswanto, B.H., 2016. Digital color classification for colorful cross stitch threads using RGB+ Euclidean Distance and LAB+ CIE94. In 2016 International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS) (pp. 150-156).

深層学習を用いた HDR 画像の好ましさの解析

濱野元輝	Genki Hamano	千葉大学 大学院融合理工学府	Chiba University
笹木博史	Hirofumi Sasaki	千葉大学 大学院融合理工学府	Chiba University
平井経太	Keita Hirai	千葉大学 大学院工学研究院	Chiba University

Keywords: High Dynamic Range 画像, トーンマッピング, 主観評価実験, 好ましさ, 深層学習

合計で 1,996 セットの評価実験を行なった.

1. はじめに

異なる露光で撮影した複数枚の画像を用いて作成した HDR 画像は, 各ピクセル 8bit 情報をもつ標準ダイナミックレンジ(SDR もしくは LDR)画像では再現不可能な輝度や色を再現することができる. しかし, HDR 画像は一般に, 各ピクセルが 16bit から 32bit で表現されるため, 標準ディスプレイで表示するには, トーンマッピング(Tone Mapping: TM)処理により SDR 画像へレンジ圧縮する必要がある.

これまでに多くの TM 手法が提案されているが, それぞれ設計方針が異なるため, 任意の HDR 画像に対して最も好ましい見えを与える手法は, 撮影シーンに依存することが知られている.

本稿では, 任意の HDR 画像に対して好ましい見えを提供する深層学習を用いた TM システムの構築を目的とする. また, 近年ではディープラーニングモデルの内部を解析する研究が盛んに行われている[8]. 本研究では提案する深層学習モデルの内部の可視化し, TM 手法の予測モデルの解析を行うことも目的とする.

2. HDR 画像データベースと好ましさに関する主観評価実験

2. 1. 実験刺激

本研究では, HDR 画像を対象とした先行研究や, ロイヤリティフリーの HDR 画像を配布しているウェブサイトなどから 1,996 枚の HDR 画像を利用した. また, これらの HDR 画像に 24 種類の TM 手法を用いて, 実験刺激として用いた. 24 種類の TM 手法は, 書籍”*High Dynamic Range Imaging*”[1]に紹介されている方法である. 各 TM 手法のパラメータは, 全てデフォルトの値を使用した.

収集した 1,996 枚の HDR 画像に対して, 24 種類の TM 処理を適用し, 合計 47, 904 枚を実験刺激とした. すなわち, 1 枚の HDR 画像に対して 24 種類の TM 画像の評価実験を 1 セットとし,

2. 2. 実験環境・設定

本研究の評価実験は, 視覚特性や視覚メカニズムの調査が目的ではないため, 照明光や視距離などの視環境の条件は, 一般的なディスプレイ視聴環境を想定して実施した. 設定した実験環境は以下の通りである.

- ・ディスプレイ: ASUS PA248Q (sRGB)
- ・被験者数: 男性 15 人, 女性 2 人
- ・各評価セット(1 セット 24 枚)の被験者数: 1 人

2. 3. 評価方法・実験プロトコル

画像の評価方法と実験プロトコルの詳細について説明する. 被験者には, 「表示された 8 枚の画像のうち, どの画像が最も好ましい見えか」というインストラクションを与えた. 図 1 に評価実験のインターフェースを示す.

評価方法(1 セットの評価)の手順を説明する.

<手順 1>

24 種類の TM 画像からランダムに 8 枚表示し, 被験者はその中から最も評価の高い画像を 1 枚選択する.

<手順 2>

手順 1 で選択された画像と, 未評価の画像からランダムに 7 枚の合計 8 枚を表示し, 最も評価の高い画像を 1 枚選択する.

<手順 3>

手順 2 で選択された画像と, 未評価の画像からランダムに 7 枚の合計 8 枚を表示し, 最も評価の高い画像を 1 枚選択する.

<手順 4>

以下に示す 4 種類の画像を計 8 枚表示し, 最も評価の高い画像を 1 枚選択する.

- ・手順 3 で選択された画像
- ・残り 2 枚の未評価画像
- ・手順 1 および手順 2 で選択された画像が手順 3 で選ばれた画像と異なる場合はそれらの画像
- ・表示する画像が合計 8 枚になる様に, 既評価画像の中からランダムに選択した画像

<手順 5>

再現性のチェックとして、手順 4 で選択された画像に加えて、他の 23 枚の TM 画像の中からランダムに 7 枚を選出して合計 8 枚を表示する。被験者は、最も評価の高い画像を 1 枚選択する。

以上の手順 1~5 までを 1 セットとして、1,996 セットの評価実験を行い、収集した HDR 画像 1,996 枚に対して最も好ましい見えを与える TM 処理手法をラベル付けした。

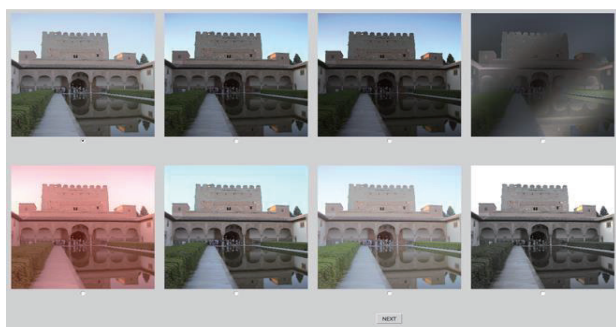


図 1：評価実験のインターフェース

2. 4. 評価実験結果

本研究では、評価方法の手順 4 で選択された手法を、その HDR 画像に最も好ましい見えを与える TM 手法とした。ここで、手順 1~手順 3 と手順 5(再現性チェック)で同じ手法の TM 画像を選択しているにも関わらず、実験結果となる手順 4 のみ異なる TM 手法の画像を選択している場合は、手順 4 で選ばれた TM 手法ではなく、手順 5 で選択された TM 手法をラベル付けした。図 2 に評価実験結果を示す。グラフの横軸は TM 手法名、好ましい見えを与える手法として選択された回数を示す。

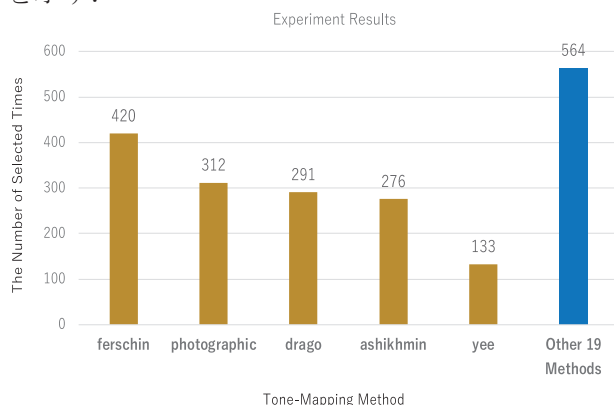


図 2：評価実験結果

3. HDR 画像データベースの深層学習への適用

データベースが深層学習に基づく TM 手法に有

効かどうかを検証するため、最も好ましい見えを提供する TM 手法を CNN(Convolutional Neural Network)により選択するシステムを構築した。

3. 1. データの前処理

評価実験の結果に基づいて、最も好ましい見えを提供する TM 手法で 1,996 枚の HDR 画像をクラス分類する。実験結果では、各クラスの枚数に差があることから全クラスの分類は困難であると考え、今回は選択された回数が多かった上位 5 手法である Ferschin[2], Photographic[3], Drago[4], Ashikhmin[5], Yee[6]の合計 1,432 枚の HDR 画像のみを対象とした。表 1 に、データセットのトレーニングデータとテストデータの内訳を示す。

表 1：深層学習用データセットの内訳

手法	トレーニング画像	テスト画像
Ferschin[2]	410	10
Photographic[3]	302	10
Drago[4]	281	10
Ashikhmin[5]	266	10
Yee[6]	128	5
合計	1,387	45

3. 2. トーンマッピング手法予測モデル

各画像に対して、最適な TM 手法を選択する CNN を構築した。学習モデルには VGG16[8]を利用し、分類するクラス数を 5 として学習した。分類するクラス数以外のネットワークの構造は、VGG16 と同じである。

学習したモデルは、テスト画像 45 枚のうち 35 枚に対して正しく TM 手法を予測し、正答率は約 0.78 となった。この結果は、構築した深層学習モデルにより、好ましい見えを提供できると判断できる。

4. TM 手法予測モデルの解析

ここでは、Explainable AI の一つである Grad-CAM により、学習した VGG 16 モデルの解析を行い、その結果について考察を行う。

4. 1. クラス分類と特徴重要度分析

Grad-CAM は最も深い畳み込み層の勾配を用いて、予測クラスの出力値に対して寄与の大きな領域を可視化する Explainable AI 手法の一つで

ある．図3に本研究で作成したTM手法予測モデルに対して Grad-CAM を適用した結果を示す．図3のヒートマップはTM手法予測に重要となった領域を示している．このヒートマップを用いて，入力画像内の重要領域と非重要領域をマスクした画像(図4)を作成した．その後各領域で以下に列挙する各要素の特徴量を算出した．なお，この分析には予測に正解した入力HDR画像のみを用いた．

- ・ R, G, B画素値の平均値・分散・標準偏差
- ・ Y値(輝度)の平均値・分散・標準偏差
- ・ 各領域のピクセル数
- ・ 各領域のコントラスト・コントラスト比

この特徴量のみを用い，ランダムフォレストによるHDR画像データの5クラス分類を行った．また比較のため，領域分割を行わずHDR画像全体から抽出した特徴量を使用したランダムフォレストによる分類も行った．

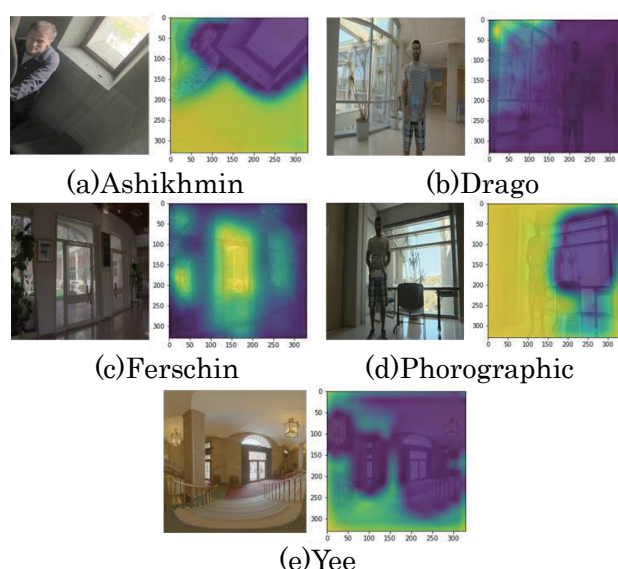


図3: Grad-CAMによる可視化結果
(左: 入力画像, 右: 重要領域のヒートマップ)

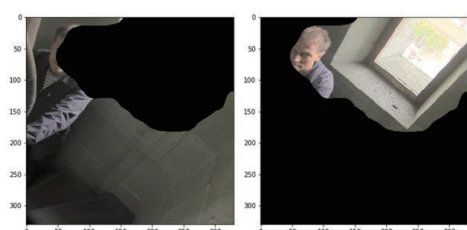


図4: ヒートマップから作成したマスク
(左: 重要領域, 右: 非重要領域)

4. 2. ランダムフォレストによる分析結果

領域分割ありの場合の正答率は 98.45%となり，領域分割なしの場合の正答率は 68.42%という結

果となった．この結果から，領域分割後の特徴抽出がHDR画像のクラス分類に有効であり，画像から抽出した特徴量のみで正確にクラス分類が可能であることがわかった．

次に，ランダムフォレストクラス分類における各特徴量の重要度を表2に示す．表2は特徴量を降順に並べた時の上位10項目を示してある．表2より，重要領域内のY値の標準偏差と平均値がクラス分類において重要であることがわかった．

表2: クラス分類における特徴重要度

特徴	重要度
StD Y 値(重要領域)	0.146815
平均 Y 値(重要領域)	0.124234
平均 B 値(重要領域)	0.084358
平均 G 値(重要領域)	0.079787
平均 R 値(重要領域)	0.075284
StD G 値(重要領域)	0.063922
StD B 値(重要領域)	0.061392
StD R 値(重要領域)	0.048484
コントラスト(重要領域)	0.04464
StD Y 値(非重要領域)	0.04059

5. オブジェクト分析

ここでは，Grad-CAMによる予測根拠の可視化結果から，シーン理解のためのイメージセグメンテーションを併用し重要領域内のオブジェクトやコンテンツの調査をした．

5. 1. 重要領域内のオブジェクト分析

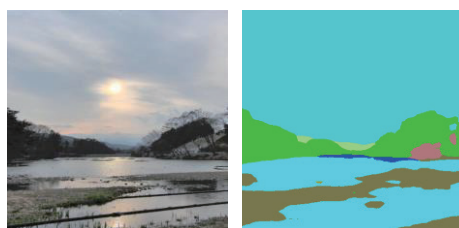
PSPNet[9]は，イメージセグメンテーションのためのディープラーニングモデルである．ADE20K データセットを用いて学習したモデルを使用することで，画像内のオブジェクトやコンテンツを151種類のクラスにピクセル単位で分類することができ，予測したクラスごとに割り当てた画素値でそのピクセルを塗り潰したものが出力される．図5に本研究のデータセット内の画像にセグメンテーションを行った結果を示す．

このセグメンテーション画像と Grad-CAM によるマスク画像を掛け合わせることで重要領域内のセグメンテーション画像を得た．次に重要領域のセグメンテーション画像のピクセルから，PSPNetによって予測されたオブジェクトクラスごとに割り当てられた画素値を調査することにより，重要領域内に出現したオブジェクトやコンテンツを分析した．最後に各HDR画像の重要領域で出現オブジェクトの調査を行い，各画像にわ

表 3: 出現オブジェクトの分析結果(室内画像)

トーンマッピング 手法	出現回数上位のオブジェクト			平均領域占有率上位のオブジェクト		
	1 位	2 位	3 位	1 位	2 位	3 位
Ashikhmin	wall	floor	ceiling	floor	ceiling	wall
Drago	wall	ceiling	floor / windowpane	wall	building / ceiling	plant
Ferschin	wall	ceiling	windowpane	ceiling	screen door	wall
Photographic	wall	floor	ceiling	wall	sky	building
Yee	ceiling	wall	floor	floor	building	door

たって複数回出現するオブジェクトの出現回数と、出現オブジェクトの重要領域の占有率(各画像に複数回出現するオブジェクトはその割合の平均値)を調査した。なお、この分析にも予測に正解した入力 HDR 画像のみを用いた。また 5 つの手法ごとに、目視で室内、屋外の画像にあらかじめ分けてから分析を行った。



(a) 入力画像 (b) 出力画像

図 5: PSPNet によるセグメンテーション

5. 2. 出現オブジェクトの分析結果

表 3 に室内画像における出現オブジェクトの分析結果を示す。表 3 より、5 種類のトーンマッピング手法クラスにわたって似たようなオブジェクトが多く出現し、占有率も高いという結果が得られた。このことから、屋内画像や屋外画像に関わらず、好ましい見えを再現する際に、天井、壁、床などの面積が比較的広い領域を重視していることと考えられる。一方、各トーンマッピング手法の予測と特定のオブジェクトに明確に関わりがあることは見られないこともわかった。

6. まとめ

本研究では深層学習による TM 手法の開発に向け、VGG 16 による TM 手法予測モデルの構築を行い、提案モデルは約 8 割程度の精度で任意の入力画像に対して最適な TM 手法を予測することができることがわかった。また、モデルの内部を分析し、TM 手法予測モデルの解析を行った結果、特徴量としては画像の輝度値・画素値の平均・標準偏差、オブジェクトとしては天井・壁・床など

が好ましい見えの再現に重要な役割を果たしていることがわかった。

参考文献

- [1] E.Reinhard et al., HIGH DYNAMIC RANGE IMAGING, Morgan Kaufmann Publisher, pp.187-387, 2005.
- [2] P.Ferschin et al., "A comparison of techniques for the transformation of radiosity values to monitor colors," Proc. ICCP, pp.992-116, 1994.
- [3] E.Reinhard et al., "Photographic tone reproduction for digital images," ACM SIGGRAPH, pp.267-276, 2002.
- [4] F.Drago et al., "Adaptive Logarithmic mapping for displaying high contrast scenes," Computer Graphics Forum, pp.419-426, 2003.
- [5] M.Ashikhmin, "A tone mapping algorithm for high contrast images," Proc. 13th Eurographics Workshop on Rendering, pp.145-156, 2002.
- [6] H.Yee and S.Pattanaik, "Segmentation and adaptive assimilation for detail preserving display of high-dynamic range images," The Visual Computer, pp.457-466, 2003.
- [7] K.Simonyan and A.Zisserman, "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition," Proc. ICLR, 2015.
- [8] R.R.Selvaraju et al., "Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization", Proc. ICCV, pp.618-626, 2017.
- [9] H.Zhao et al., "Pyramid Scene Parsing Network", Proc. CVPR, pp.6230-6239, 2017.

単色色票群における一貫した色の見えとその評価

Consistent Color Appearance in a Set of Color Patches and Its Evaluation

寺嶋 優太 Yuta Terashima 山形大学大学院 Graduate School, Yamagata University
 今田 佑生也 Yukiya Konta 山形大学大学院 Graduate School, Yamagata University
 田代 知範 ** Tomonori Tashiro 山形大学大学院 Graduate School, Yamagata University
 山内 泰樹 Yasuki Yamauchi 山形大学大学院 Graduate School, Yamagata University

** 現所属：静岡県工業技術研究所 Industrial Research Institute of Shizuoka Prefecture

Keywords: 色再現性評価, 一貫した色の見え, トrendライン.

1. はじめに

近年、デジタルカメラやカラープリンタなど、様々なデジタルカラー画像入出力機器が広く普及してきている。このような状況から、現在、カラー画像機器の色再現の重要性がより一層増している。特に、デザイン業界では、依頼、制作、製版、印刷と工程ごとに分業化が行われ、それら一連のワークフローにおいてはデバイス間での一貫した色管理が必要とされる。

これらデジタルカラー画像機器の色再現性評価には、心理的評価及び物理的評価があり、これまで複数の研究が行われてきている[1, 2]。心理的評価ではより知覚的な評価ができるのに対し、普遍的な結果が十分に得られない等の課題がある。一方で、物理的評価は、測色的なカラーマッチング手法により定量的な評価を行うことができる。これは色再現の目標となる基準値と再現値とのマッチングの程度を数値で表し評価するものである。具体的には、デジタルカラーチャート（色見本を配列させた色票）を印刷し、それぞれの色票の測色値と基準値を比較することによって評価を行う。従来、この評価には色差式が用いられてきたが、基準値と測色値との間の色差を“どのように評価するのか”や“どの指標で評価するのか”，といったことが問題となっている。色差としては、CIELABやCIELUV均等知覚色空間での距離が広く普及してきたが、近年、色差の不均衡性が指摘され、より知覚的な色差式や色の見えモデルの検討が行われている[3, 4]。さらに従来の色差式は、単色色票の比較的小さな色差を予測するために開発されたため、モニタの色をプリンタで再現する場合のように色域サイズが異なり、実

際の画像の色差を予測するには不十分であるという報告もある[2]。また、色域サイズが異なる場合、色差値を小さくすると印刷色域外の色の階調性を劣化させる場合があり、必ずしも最小色差が適切な色再現となるとは限らないことも知られている[5]。このように、従来の色差式では十分な再現性評価ができないことや標準的な評価手法が確立されていないことが課題である。加えて、前述のように、近年、様々なデバイスが普及しているが、デバイス間の一貫した色再現を評価できる指標や規格も確立されていない。

評価法確立の取り組みとしては、国際照明委員会（CIE）がTC8-16委員会を設立し、単一の再現媒体における一貫した色の見え評価法の確立を目指して現在活動を行なっている。我々はこれまでに、単色色票に対する一貫した色の見えの傾向を示す指標（トレンドライン）を用いた評価法を提案した[6, 7]。トレンドラインはCIELAB空間の任意の参照色（単色）に対し、視覚的に一貫して近い印象となる色の傾向を示す指標であり、実際の印刷物の一貫性再現評価に利用することを最終目標としている。このトレンドラインはこれまでに2通り導出された（図1, 2）。図1, 2のように、参照色はAdobe RGB色空間の6色（赤、黄、緑、シアン、青、マゼンタ）から構成される。仮に色再現後の色がトレンドライン上に整列するか否か、または、その近傍に位置するか否かの評価により、その参照色の一貫性の成立度合いの評価が可能になるのではないかとということが考えられ、これまでに、トレンドライン上に存在しない色群に対してトレンドラインを構成する色群と比較すると、その乖離度で色の一貫性を定量的に評価できる可能性を示してきた[8]。本研究では、上記の比較条件に加え、トレンドラインから外れた色を含む色群に対して様々な条件で一貫

性評価実験を行い、トレンドラインからの乖離が一貫性評価にどのような影響を与えるのかを検討した。

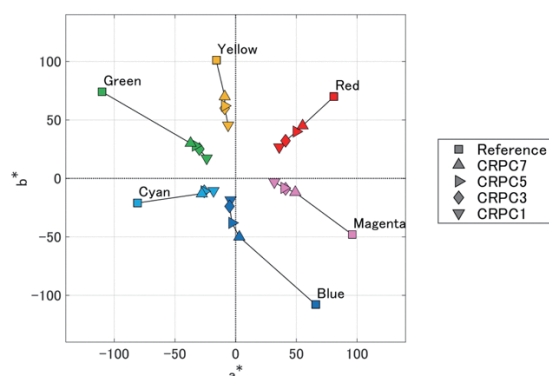


図 1：トレンドライン 2015

各参照色 (■) に対し、異なる印刷色域 (CRPC1, 3, 5, 7) において一貫した色の見えを持つ対応色を求め、線形近似により補間した。実験値は各シンボルで示されている。

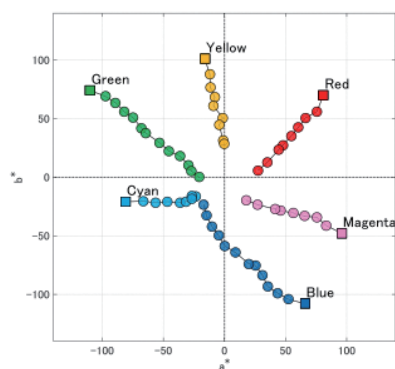


図 2：トレンドライン 2019

各参照色 (■) に対し、CIELAB 上の一定色差間隔で対応色を求め、線形近似により補間した。実験値はシンボル (●) で示されている。

2. 実験手法

2.1. 実験環境

本実験は CIE TC8-16 推奨条件 (ISO 12646, ISO 14861) に従い、遮光されたブース内で D₅₀ 照明を点灯して行った。ブース内には刺激呈示用のディスプレイと応答のキーボード、マウスが設置されており、被験者はディスプレイの正面に座りディスプレイとの間隔は約 80 cm であった。実験前に練習、および 1 分間の背景順応を行った上で実験を開始した。

2.2. 実験刺激

実験では、図 3 のように複数の色票から構成される 2 つの色群刺激を、N5 相当の背景画面上の上下に配置した。

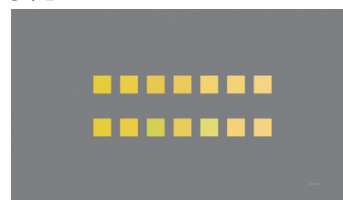


図 3：呈示刺激例 (黄)

色群は図 4 のように CIELAB 空間上の異なる 7 つの色票 (参照 R, A, B, C, D, E, F) から構成された。7 つのうち参照 R, A, C, E, F はトレンドライン 2019 上の色票である。残りの B, D はトレンドライン上の色票 (B2, D2) およびトレンドライン上に存在しない色票 (B1, B3, D1, D3) のいずれかで構成される。このトレンドライン上に存在しない色票 (B1, B3, D1, D3) は、トレンドライン上の色票 (B2, D2) と CIELAB 色空間の原点 O を結ぶ直線 (OB2, OD2) に対して色相角が減少/増加の垂直方向に一定距離 (色差 $\Delta E^*_{ab} = 15$, CIE1976 色差式) 離れたものである。例として、図 4 中に青線で示した色群刺激は、参照 R, 及び A, B3 (トレンドライン上の色票 B3 から直線 OB2 に対し色相角が減少となる垂直方向に色差 $\Delta E^*_{ab} = 15$ 離れた色票), C, D1 (トレンドライン上の色票 D2 から直線 OD2 に対し色相角が増加となる方向に色差 $\Delta E^*_{ab} = 15$ 離れた色票), トレンドライン上の色票 E, F の 7 色票の組み合わせ (R-A-B3-C-D1-E-F) からなる。このように、トレンドライン上の色群を含む 9 種類の色群刺激を参照色 6 色相分作成した。

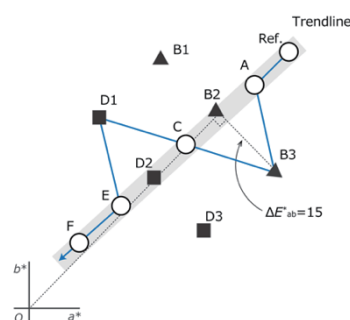


図 4：色群刺激の組み合わせ例の概略図

2.3. 実験手続き

被験者の順応を待った上で実験を開始した。実験はサーストンの一対比較法を用いて行い、ランダムに選出された色群刺激対を被験者に呈示し

た。被験者は各色群の色の印象において、一貫性が高いと感じた色群を選択した。刺激の呈示時間は無制限であった。この際、直前に呈示した刺激による残像や判断への影響を避けるために、刺激の呈示後に背景画面のマスクを呈示して次の応答に移った。

1色相9種類のペアに対する試行($9C_2 = 36$ 回)を1セッションとして、各被験者は全6色相を全3セッション、合計で648回の試行を行った。1セッションの所要時間は約10分程度であった。被験者は正常視力、または矯正視力正常の学生6名であった。

2.4. 色群刺激のカテゴリ分類

本実験では、トレンドラインからの乖離度合が色群の一貫性評価にどのような影響を与えるのかを検討するために、色群刺激のトレンドラインとの乖離度及び位置関係に着目した。乖離度については参照Rから色票EまでのCIELAB色空間上での道のり(各色票間の色差の和)として検討を行った。例えば、図4中の青線で示される色群刺激の乖離度(道のりR-A-B3-C-D1-E-F)はR-A間、A-B3間、C-D1間、D1-E間、E-F間の距離(色差)の和となる。位置関係については全ての色群刺激を3つのカテゴリに分類して実験結果との検討を行った。各カテゴリは、カテゴリⅠがトレンドライン上の色群刺激、図5のように、カテゴリⅡが色群刺激の2つの色票B, Dのどちらか一方がトレンドライン上の色票となる位置関係、カテゴリⅢが2つの色票B, Dの両方がトレンドライン上に存在しない色票となる位置関係、である。

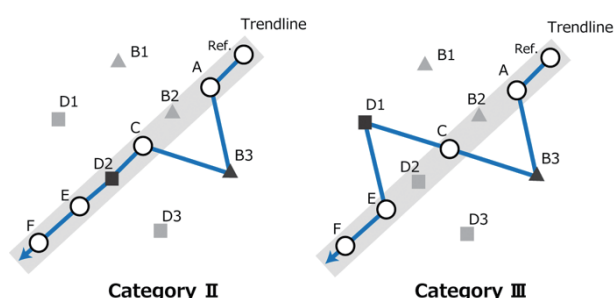


図5: カテゴリⅡ, Ⅲに属する色群刺激の例

3. 実験結果及び考察

サーストンの一対比較法を用いて、実験で得られた応答確率から各色群刺激の一貫性尺度値を算出した。図6に一貫性尺度値(z-score)とトレ

ンドライン 2019 からの乖離度との関係を示す。前述のように、色群におけるトレンドラインからの乖離度は、色群を形成する各色票間の色差(CIE 1976 色差式)の和であり図中の横軸に示され、縦軸には z-score を示す。ここではすべての色相の結果をまとめて表記し、シンボルの色は各検証色相に対応する。図中の直線は線形回帰直線であり、表1にそれらの係数をまとめた。図6および表1より、ほとんどの色相で高い負の相関(赤: $r = -0.93$, 黄: $r = -0.88$, 緑: $r = -0.94$, シアン: $r = -0.91$, マゼンタ: $r = -0.92$, 青: $r = -0.59$)が認められた。これは、トレンドラインからの乖離度が増加すると、一貫性の度合いが低下することを意味しており、トレンドラインとの乖離度によって一貫性評価の度合いを定量化できる可能性を示唆している。

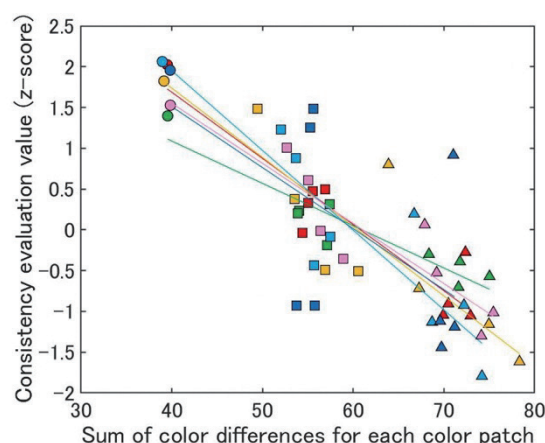


図6: 一貫性尺度値と乖離度の関係

表1: 図6の回帰直線の係数

	Slope	Intercept	r
Red	-0.08	4.93	-0.93
Yellow	-0.08	5.13	-0.88
Green	-0.05	3.16	-0.94
Cyan	-0.10	5.86	-0.91
Blue	-0.07	4.50	-0.59
Magenta	-0.07	4.50	-0.92

さらに、トレンドラインからの乖離度と位置関係(カテゴリ)についての関係についても調査した。図6のシンボル○, □, △はそれぞれカテゴリⅠ, Ⅱ, Ⅲの色群刺激を示したものである。トレンドラインとの乖離度および位置関係(カテゴリ)の両者を比較すると、カテゴリⅡのような色群は乖離度が小さく、カテゴリⅢのような色群は乖離度が大きいことがわかった。これらのカテゴ

りに着目すると、図6より、各刺激の全ての組み合わせにおいて、カテゴリⅠの族群刺激、つまりトレンドライン上の族群が最も高い尺度値を示した。このことは、トレンドラインが一貫した色の見えを保持し、一貫性評価指標として有効であることを支持する結果となった。また、カテゴリⅡの族群はカテゴリⅢの族群よりも高い尺度値を示し、トレンドラインとの近傍に位置する族群やトレンドラインに沿うような族群ほど、一貫性が高くなることが考えられる。

以上のことから、今回の実験結果では、トレンドラインとの乖離度の小さい族群やカテゴリⅡに属する族群の一貫性尺度値が特に高い値となったことから、尺度値が高い族群（小さい乖離度やカテゴリⅡに属する刺激族群）と尺度値が低い族群（大きい乖離度やカテゴリⅢに属する刺激族群）との相違点は族群に含まれる色票の位置関係及び乖離によって生じたと考えられ、トレンドライン近傍に位置する族群は一貫性が高くなる傾向がある。したがって、族群の一貫性の評価は均等色空間上でのトレンドラインとの位置関係や乖離度に依存することが示唆された。

4. 結論

本研究では、先行研究で提案された一貫した色の見えの評価指標トレンドラインに対して、トレンドラインから外れた色を含む族群を含む様々な条件で一貫性評価実験を行い、トレンドラインからの乖離度が一貫性評価にどのような影響を与えるのかを検討した。

結果より、一貫性が高いと評価された族群は、トレンドラインとの乖離度が小さくまたはトレンドラインの近傍に位置する関係であることが明らかになった。また、トレンドライン上の族群が最も高い尺度値となったことから、トレンドラインを用いて色一貫性評価を行うというアプローチによって一貫性の程度を定量的に評価できる可能性が示唆された。

しかしながら、現状、一般的に画像が単色のみで構成されることはなく、異なる色域に色再現された画像の一貫性評価をする際は、画像に含まれるどの色に対してトレンドラインを用いるのか、ということが問題となる。また、どれくらいの色数について指標の検討を行えば十分なのか、ということも明らかでない。つまり、現在のトレンドラインでは単色の色票のみの一貫性評価しかできず、一般的な画像のように様々な色が含まれる

場合には、色再現の一貫性を評価できない。このような画像の色再現に関する一貫性評価にあたっては、任意の色に関するトレンドラインが、数色から十数色のトレンドラインから補間処理により内挿／外挿等により求めることができるのか、または、新たな指標が必要になるのかといった検討が必要であると考えられる。また、この検討事項を踏まえ、多色色票から形成される族群の一貫性評価も必要であると考えられる。

参考文献

- [1] J. Y. Hardeberg, E. Bando, and M. Pedersen: Evaluating colour image difference metrics for gamut-mapped images, *Coloration Tech.*, 124(4), 243–253, (2008).
- [2] H. Liu, M. Huang, G. Cui, M. R. Luo, and M. Melgosa: Color-difference evaluation for digital images using a categorical judgment method, *J. Opt. Soc. Am. A*, 30(4), 616–626 (2013).
- [3] M. R. Luo, G. Cui, and B. Rigg: The development of the CIE 2000 colour difference formula: CIEDE2000, *Color Res. Appl.* 26, 340–350 (2001).
- [4] C. Li, Z. Li, Z. Wang, Y. Xu, M. R. Luo, G. Cui, M. Melgosa, M. H. Brill, and M. Pointer: Comprehensive color solutions: CAM16, CAT16, and CAM16-UCS, *Color Res. Appl.* 42, 703–718 (2017).
- [5] 深沢 賢二: 色再現性評価におけるデジタルチャートの利用とその問題点, *日本画像学会誌*, 41(3), 250–253 (2002).
- [6] Y. Iida, Y. Kawashima, T. Nagai, and Y. Yamauchi: A novel metric to evaluate the closeness of the two colors, *Proc. of the 28th Session of the CIE*, 1086–1092 (2015).
- [7] 寺嶋 優太, 山田 祥理, 田代 知範, 山内 泰樹: 色域に依存しない一貫した色再現に向けた対応色の検討, *Vision* 32(1), 33 (2020).
- [8] 寺嶋 優太, 山田 祥理, 田代 知範, 山内 泰樹: 異なる色域における一貫した色再現のための評価法の検討, *日本色彩学会誌*, 44(3), 131 (2020).

日本における地味と色彩

Soberness and Color in Japan

國本 学史 Norifumi Kunimoto 慶應義塾大学
埼玉大学
黄岡師範学院

Keio University
Saitama University
Huanggang Normal University

Keywords: 日本思想, 色彩文化, 地味, 鼠, 茶.

1. はじめに

日本の色彩文化においては、時に「わび」や「さび」に関わる色彩が想起される。概念の厳密な意味については別途検討を必要とするが、わびやさびという概念から連想される色彩に、鼠色や茶色のような低彩度・低明度の「地味」な色彩がある。日本で地味な色彩が好まれる一方で、鮮やかな色彩や染色が奈良・平安時代より美術工芸品などに見られるとも言える。さらに、近代以降は、化学合成顔料・染料の流入に伴い、より鮮やかで明るい色彩が増加している。では、地味な色彩が人気や評価を得て日本文化を示す色彩として考えられる要因は何か。当該については、これまで十分に考察されていない。本研究では、思想的側面からも検討を加えながら色味の嗜好との関連を見て行く。東アジア的に共通する質素や儉約といった概念背景と日本の美術や服飾における色と文学的な意味などの関わりを見ながら、日本の地味な色彩選択の背景を整理する。

2. 日本の地味な色彩

本論においては「地味」の語彙的な意味を勘案して、質素な・落ち着いた・くすんだ、色彩の範疇に含められる色と考える*1。地味と類似した、「渋い」色彩もひとまず含めたい。染色研究者の上村六郎氏は「渋い色は灰色味の加わった色」と言われている*2。こうした色彩として想起される色は、具体的には鈍色や墨色や茶色系等の色ではないであろうか。まず鈍色や墨色は、通例は喪服として着用される服色である。墨染は『延喜式』に「凡公私奴婢服」としてもあげられ、華やかな場で着用される服色ではない。『源氏物語』などで、「かうばし」「つやなる」などと表現されることはあるが、これは寂れた様子との組み合わせをよしとするもので、鈍色や墨色自体の嗜好や流行

をいうものではない。同じく奴婢等の服色であった橡染の黒袍が、紫の位袍の代用になることと比較すれば、墨染が位色として顕現したこともない。江戸期の鼠色の流行は別として、鈍色や墨色は、近世以前には好まれる色とは言い難い。他に地味な色としては、茶色系統色がある。江戸期に多数の茶色が登場し、同様に様々な色を加えた多様な茶色が登場するのは灰色系の鼠色と同様である。茶色の登場は、平安貴族の中山忠親(1131-1195)による日記『山槐記』(平安末期成立, 1151-1194年記事あり)治承3年(1179)の「茶染一斤染立烏帽子」*4, または、藤原宗忠(1062-1141)による『中右記』平安末期成立(1087-1138年まで記録)中の長承元年(1132)「布衣, 茶染」がある*5。これらの茶染の色相を想定するに、当時喫される茶は抹茶ではなく固めた茶葉から削って煮出す団茶であり、「茶」色は緑色ではなくブラウン系の茶色であると考えるのは自然と言える*6。ただし中世以前に「茶」の名称を持つ色は少ない。ただし、ブラウン系色は、朽葉・香染・橡・栗等の色彩名称があり、矢車・胡桃・丁字・楊梅等の材料により染色されていた(図1)。中世以前においても、灰色系は鈍や墨、茶色系は上記の朽葉・橡等、地味な色は存在していたと言える。

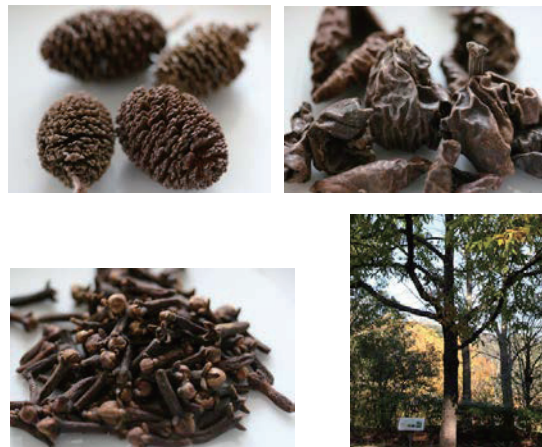


図1. ブラウン系色の染料材料
左上: 矢車, 右上: 胡桃, 左下: 丁字, 右下: 橡

3. 地味イメージの醸成

灰や褐色系の色が鼠や茶として流行したのは、江戸時代であるとされる。いわゆる「四十八茶百鼠」と称される鼠色茶色が流行したことについて、長崎盛輝氏は前田千寸氏の研究を参照して、茶系44色・鼠系22色を列举されている*7。地味な色彩の登場の契機としては、江戸期に度々出された奢侈禁止令の影響は無視できない。例えば寛永5年(1628)の御触書にある、「百姓分之者は木綿たるべし」、「庄屋惣百姓共ニ衣類紫紅梅ニ染間敷候」という禁令は、庶民への贅沢禁止令としての印象が強い。柳田国男は、『明治大正史世相篇』(1931)において、日本人が「精神生活の影響によって渋さの極致ともいふべきもの」を会得した後に、アニリン染料などが流入しているとして、木綿と麻の衣服の染色に言及しながら語っている*8。武家政権を中心とする江戸期においては、儒教的な思想に関連する質素儉約的な言説が前面に押し出された時期とも関連して、「派手ではない」、諸要素が求められた側面があるであろう。ただ、日本の歴史的には、地味な色彩的なものに対する精神性は、江戸期に限定されないとも言える。以下に、その例を挙げたい。

日本の神社仏閣を目にすると、その色褪せた色彩を「良い」と考えることが多い。その意識の所以については次節で検討するが、例えば神社は、遷宮などに伴う建て直しなどに伴い、白木での建築や(図2)、色彩の付与が為されない建築物もある。また寺院については、近世以降には赤茶色系の塗装も行われることで、仏教荘厳は必ずしも色鮮やかで華やかなものとはならないような状況も生じる*9。しかし仏教の伝来以来、荘厳(しょうごん)の方法として、仏像も絵画も建築物も、色彩豊かに装飾されていたことを無視できない。寺院建築は現状の色で考えがちであるが、奈良・平安期は鮮やかな色彩であったものも多い(図3)。だが、経年変化に伴って色褪せた状態の姿になっている寺院の姿に、馴染みを感じるであろう(図4)。



図2.大嘗宮社殿の一部 2019年11月撮影



図3.平等院鳳凰堂彩色復元後 2016年3月撮影



図4.唐招提寺金堂 2009年12月撮影

これに関連して、現代の街中の建築物の塗装等に際して、景観条例等の様々な制約も生じる。ただ、神社仏閣を擁する都市景観にある色彩は、必ずしもオリジナルではない。古都のイメージがある京都でも、中世以降の火災等に伴い再建された建築物が多く、また「古い」町並みでもその歴史は100年前後のものであることも多い*10(図5)。



図5.京都市六原町周辺 2012年5月撮影

4. 思想的背景

色褪せた色を良いと感じる心理については、心理学的な快不快の感覚についてまで本研究では考察が至らないため別途研究を要する。本研究では、思想史の観点からこの要因を考察したい。西田幾多郎は、日本の風土を「人間と自然とが一つとなる親和的なもの」と述べているが*11、これは、山林の多い自然景観とも関連していることが

考えられる*12. またこれは、前節で述べたような「質素」や「儉約」といった概念を形成する要素とも関係すると言って良い。日本の思想史における概念や言説として、「無常」といった概念や仏教的な要素があることは、日本文化史の歴史的な展開を辿れば明らかであろう。ただし、単語的な意味だけでなく、言説としての変化を考慮すると、それぞれの単語で示される概念が、即座に一つの方向性をもった色彩に結びつくか、といえそうではないとも言えるであろう。

奈良・平安期を通じて、日本は東アジアの文化、特に中国的な概念や文字・言葉を多く受容している。漢字文化の流入に伴い漢語や書籍を輸入して行くが、この際、政治・文化の形成に漢籍から大きな影響を受けている。朝廷における明経道の存在は言うまでも無い。儒教的な影響という点では、例えば『論語』述而第七に「子曰、飯疏食飲水、曲肱而枕之、樂亦在其中矣、不義而富且貴、於我如浮雲」(粗食を食べ水を飲んで<中略>.....悪い事をして富貴を得るようなことは浮雲のようなものだ)として、富貴よりも粗末なことでもよしとする内容がある。また、隠遁的な考え方や、栄耀栄華や奢侈を称揚しない態度は儒教だけでなく、老荘思想の中にも見られる。『老子』第十二章道德経には、「五色令人目盲」(五色{ここでは多彩な色の意}は人の目をくらませてしまう)という表現があるが、これは様々な欲得を求める態度を戒める考え方にも通ずる。道・仏・儒教にある共通要素は三教合一的な考え方であり、日本では空海(774-835)が『三教指帰(さんごうしいき)』で言及しているように、日本においても儒仏道の要素があると言って良い*13. 統治に関わる政治哲学として日本でも度々参照される唐時代の『貞観政要』(7c 成立)には、『貞観政要』卷六儉約第十八に、「自王公已下、第宅・車服・婚嫁・喪葬、準品秩不合服用者、宜一切禁斷。由是二十年間、風俗簡樸、衣無錦繡、財帛富饒、無飢寒之弊」(王公から下級官吏に至るまで分不相応な贅沢を禁ずる云々、結果 20 年間、美しい錦を着る者はおらず、国は富み、民は寒さと飢えに苦しむことなし)という一節がある*14. これは為政者の理想像の提示とも言える表現であり、日本の為政者側が当該を参照していたことは、度々「過差」を戒める禁令や考え方が示されたことから理解される。過差については、『徒然草』(鎌倉時代末 14c 成立か、吉田兼好{卜部兼好, 1283?-1358?})に*15、「このごろは、附物、年を送りて過差ことのほかになりて...<中略>...いと見苦し」(この頃は年を経るご

とに飾り物が派手になって.....みっともない)という一節で触れられている。徒然草は、比較的近い時期に成立した『方丈記』(鎌倉時代成立、鴨長明{1155-1216}作)と共に、「無常観」が語られた随筆として見なされることが多い。過差のみならず、むしろわびやさびとも関わる寂然とした地味的要素を想起させるものとして、中世以降の文学的な「無常」の概念が指摘される。ただ、無常は有為転変の変化についての仏教的思想であり、富貴や質素、退色の枯淡美と同義と考えることは適切ではない。無常観と無常感を区別し、諸行無常の変化だけでなく滅びへの詠嘆的な表現としての無常を感じる心情表現が日本文学にあるとする見方もある*16. 色彩をもたらし顔料・染料あるいは色彩が施された「モノ」自体が経年変化によって退色を免れないのは事実である。確かに時代の変化を経た色彩は、鮮やかではないであろう*17. とはいえ、無常に関わる色彩のイメージがことさら称揚される現象があるとは言えない。文学的な側面から言及される類似した言説として、「幽玄」がある。この幽玄は、中国では天台智顗(ちぎ, {538-597}隋代僧)が『金剛般若經疏』で「般若幽玄、微妙難測、假斯譬況以顯深」と述べ、華嚴法蔵(ほうぞう {644-712}唐代)が『華嚴經探玄記』で「畢竟無底曰深、幽玄無極故曰甚深」と述べたように、元来深遠かつ神秘的なことを表現した言葉である。それが日本の『古今和歌集』(平安時代 10c 成立)真名序で「或興入幽玄」と語られたときは、趣の深さを表現する言葉となる。これが藤原俊成(1114-1204)になると、言外の情趣や余情を意味するものとなる。室町期の世阿弥(1364-1443)に至っては、『風姿花伝』で「ただこと葉いやしからずして、姿ゆげんならんを、うけたる達人とは申べき哉」(言葉が上品で優雅な姿をこの道の達人と言うのであろう)、『花鏡(かきょう)』では、「公家のたたずまひの、位たかく...是ゆげんなる位と<中略>...ただうつくしく、にうはなる体、ゆげん本体なり」(高貴な公家の佇まいが...幽玄である...ただ美麗で柔和なものが幽玄の本質である)と、貴族的な文化にある優美さや艶やかさを表現する意味に変化する*18. このように、こうしたキーワード的な言説から想起され得る色彩のイメージを、端的に日本文化における地味な色彩嗜好の論拠とすることはできない。わびやさびといった言説も、時代や状況に応じてその意味する所は変化している。当該と関係の深い茶道においては、岡倉天心(1960-1913)が『茶の本』で、「落ち着いた」、「重複を避ける」「けばけばしさをさける」色について述べているが、これ

は必ずしも地味な色を意味しておらず、調和の取れた清潔さのような性質を意図していると言える*19. そして、鼠や茶色の流行した江戸期には、儒教的な要素が批判や否定もされることも生じてくる. 西川如見(1648-1724)は『日本水土考』で日本を「清浄潔白、質素朴実」と評するが、如見は洋学の学習を通じて日本をこそ世界の中心と見て中国中心の考え方と距離を置いている. また熊沢蕃山(1619-1691)の時処位論や、荻生徂徠(1666-1728)による人の性の考え方など、中国的な視点を少し切り離す考え方が登場して行く*20. 他に石田梅岩(1685-1744)や海保青陵(1755-1817)等は、儉約に言及しつつも商売・経済の重要性に着目するなど、江戸期の思想は、必ずしも質素や枯淡的な地味を称揚するものばかりではなく、一方で仏教色ばかりが強いものでもなかった*21. 鼠色や茶色は、「～鼠」「～茶」として江戸期に多数登場しているが、鼠・茶と名がありつつも華やかな色味の色もあることを考慮すれば、流行色としての鼠・茶色は、必ずしも「地味」な色彩に集約されないと言って良い.

5. おわりに

以上のように、日本の地味な色彩をもたらす要素を検討してきた. 本論はまず日本の色彩文化にある灰色や茶色が、江戸期以前からあったことを確認し、地味的なイメージについて検討した. さらに思想史的な観点から儒教や仏教と色彩表現との関わりについて考察し、質素・儉約、無常・幽玄等の言説と色彩の関わりを考察した. 明治以降、洋風化に伴う海外からの輸入増加に伴い、日本の色彩は化学・合成色料による鮮やかで明るい色彩の増加を見る*22. これを、近代以前・以後の意識対立的な変化として考えるのは尚早であろう. むしろ、多様な文化的背景のある中で、地味的イメージへの偏りが強調されて行くのは、近代以降の農本主義的な見方の影響等も無視できない. 中近世のみならず近代以降の意識との関わりにも注目する必要がある*23. 当該の観点については、今後の課題として稿を改めたい.

[注]

- 1) 小学館国語辞典編集部編『日本国語大辞典 第2巻(さ-の) 精選版』小学館, 2006, p.407
- 2) 上村六郎『染色閑話』岩波書店 1988, pp.9-4
- 3) 國本学史「日本の色名に見られる多重的性質」『日本色彩学会誌』44(4).2020.7, pp.180-185
紫色位袍の黒椽での代用は、寛弘(1004-1012)頃より四位以上の束帯等でなされた. 石村貞吉

- 『有職故実』下, 講談社, 1987.10, pp.4-122
- 4) 片岸博士「江戸時代における茶色の認識に関する一考察-その 2-下染茶について」『風俗史学』2,1998.04, pp.47-65
 - 5) 丹沢巧「喫茶と茶色--茶色の美的価値」『風俗史学』4,1998.09, pp.2-22
 - 6) 前掲注 4
 - 7) 長崎盛輝『色の日本史』淡交社, 1974, pp.171-192
 - 8) 柳田国男『明治大正史』第4巻世相篇, 朝日新聞社, 1931, pp.4-24
柳田の言説は、東京大学総合文化研究所の岩本通弥氏との質疑が参考となった. ご教示に感謝を表する(<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/alltag/> に質疑の成果が掲載予定, 2021年4月15日現在).
 - 9) 窪寺茂「近世における木地着色手法の新展開」『日本色彩学会誌』44(01), 2020.01, pp.25-27
 - 10) 金田章裕『景観からよむ日本の歴史』岩波書店, 2020.07, pp.i-23
 - 11) 西田幾多郎「日本文化の問題」『西田幾多郎全集』12, 岩波書店, 1966, pp.342-360
 - 12) ただし、自然景観も人の手が入っていることが多いことについては、前掲書注 10, pp.8-12 参照
 - 13) 湯浅邦弘『中国思想基本用語集』ミネルヴァ書房, 2020.03, pp.164-271
 - 14) 岩見清裕訳注『貞観政要全訳注』講談社, 2021.01, pp.459-474
 - 15) 徒然草関係については、小川剛生『徒然草』角川書店, 2015.03 及び、小川剛生『兼好法師』中央公論社, 2017.11 による
 - 16) 徳永道雄「無常観・無常感--古典文芸に見る無常の諸相」『女子大文』127, 2000.06, pp.61-76
 - 17) 小林智昭『無常感の文学』弘文堂, 1965.06, pp.3-58. なお小林は、「無常感は色でいえば確かに白か黒である」と述べている.
 - 18) 市村宏『風姿花伝』講談社, 2011.09, pp.16-246
 - 19) 岡倉覚三『茶の本』岩波書店, 1929, pp.5-101
 - 20) 清水正之『日本思想全史』ちくま書房, 2014.11, pp.201-237
 - 21) 田尻裕一郎『江戸の思想史』中央公論社, 2011.02, pp.119-180
 - 22) 國本学史「彩色から色彩へ—近代日本の色彩文化の転換—」『日本色彩学会誌』44(01), 2020.01, pp.28-29
 - 23) 農本主義的な視点への疑義として、網野善彦は『日本とか何か』日本の歴史 00, 講談社, 2008.11, pp.227-342 の中で、農業従事者の実勢と明治維新後に形成された「常識」を指摘する.
また、近代以降の思想との関わりは、末木文美士『日本思想史』岩波書店, 2020.01, pp.147-207

好きな色・着たい色・よく着る色から考察する 色彩嗜好・パーソナリティ・自己イメージとの関係

Consider from your favorite color, the color you want to wear, and the color you wear
Relationship between Color Preference, Personality trait and Self-image

松田 博子 Hiroko Matsuda
名取 和幸 Kazuyuki Natori
破田野 (竹澤) 智美 Tomomi Hatano

カラーコンサルタントスタジオ Color Consultant Studio
日本色彩研究所 Japan Color Research Institute
甲子園大学 Koshien University

キーワード：色彩嗜好，パーソナリティ特性，自己イメージ，色イメージ，大学生

Keywords: color preference, personality trait, self-image, image of colors, university students

1. はじめに

好きな色とパーソナリティの関係についての研究の一環として、昨年度¹⁾に引き続き、自己イメージと色彩嗜好との関係、自己イメージと色イメージとの関係を調査した。松田ら²⁾は11年間の経年調査を行い、パーソナリティ特性と好みの色のイメージの相関関係から「特定のパーソナリティの人がその色を好む理由として自分のイメージに似ている色だから好む」傾向があることを示唆した。ただ既存データによる色のイメージ評定³⁾を利用したため、各参加者の実際の色イメージは不明であった。その結果を踏まえて、本研究の目的は「自己イメージ」と「色イメージ」との関係を探ることにある。昨年度は、自分が選択した「好きな色」の色イメージの評定を求め、その色を選択した人の「自己イメージ」との関係性を報告した。男女差があり、女性は「軽い」「澄んだ」など同一尺度同士を含め26.7%に有意な相関が確認された。また各色の選択者の「自己イメージ」とYG検査の得点との関係では、「情熱的な」自己イメージを持つ男性は、YG性格特性の「攻撃的」「衝動的」「社会外向性」との相関が見られるなど、男女とも4割ほどの組み合わせで有意な相関が確認された。本稿では、同じ調査で回答を求めた「着たい色」と、普段「よく着る色」の結果を中心に報告する。「着たい色」「よく着る色」として各色を選択した人の「自己イメージ」とYG性格特性との関係、また選択した「色イメージ」と選択者の「自己イメージ」との関係、および選択者の自己イメージプロフィールを検討した。

2. 方法

2. 1 調査対象者

大阪府の大学に通う日本人大学生212名(18歳～23歳、平均20.8歳；男性63名、女性149名)の協力を得た。回答に欠損があった参加者を除き、194名(18歳～23歳、平均20.8歳；男性54名、女性140名)を分析対象とした。

2. 2 調査日時

2018年の11月15日～22日、午後に実施した。

2. 3 調査場所

対象者の在籍する大阪の大学の講義室で行った。通常の蛍光灯天井照明で、机上面照度は650lx以上であった。

2. 4 カラーチャートと嗜好色調査

松田ら²⁾の一連の研究で用いたカラーチャートを使用した(図1)。色票を体系的に並べたPC画像をA4判写真用紙(厚手の光沢版)に打ち出して作成した。背景色は明度N7.8のライトグレイとし、そこに10色相、7トーンから成る有彩色70色と、無彩色5色の色票計75色を配列した。各色は縦14mm、横23mmの長方形とした。横方向に、赤(R)・橙(O)・黄(Y)・黄緑(YG)・緑(G)・青緑(BG)・青(B)・青紫(V)・紫(P)・赤紫(RP)の代表的な10色相の中心的な色を配列した。縦方向には、上段からPCCS(Practical



図1. 75色カラーチャート

表1. カラーレンジの色のイメージ得点と好きな色のイメージ得点の相関係数 r

明るい 暗い	陽気 陰気	浅い 深い	軽い 重い	澄んだ にごった	派手 地味	きれい きたない	かたい やわらかい	情熱的 理知的	くどい あっさりとした	強い 弱い	動的 静的	暖かい 冷たい	好き 嫌い	大人っぽい 子供っぽい	男性的 女性的
0.91	0.83	0.87	0.90	0.90	0.78	0.75	0.82	0.84	0.74	0.82	0.76	0.87	-0.04	0.82	0.80

Color Co-ordinate System ; 日本色研配色体系) のペール (p), ライトグレイッシュ (ltg), ダル (d), ライト (lt), ビビッド (v), ディープ (dp), ダーク (dk) の7トーンを配置し, 最下段は無彩色のホワイト, ライトグレイ, ミディウムグレイ, ダークグレイ, ブラックの5色を配列した.

嗜好色調査では, 75色カラーチャートを配布し, 「好きな色」に加え「着たい色」・「よく着る色」をそれぞれ3色選ぶよう求めた. さらに選択した「好きな色」を, 明るい・陽気・浅い・軽い・澄んだ・派手・きれい・かたい・情熱的・くどい・強い・動的・暖かい・好き・大人っぽい・男性的の16の形容詞対による5件法で評定した.

2. 5 自己イメージとパーソナリティ検査

嗜好色調査とは別の日に, 「自分自身」のイメージを「好きな色」と同じ16の形容詞対による5件法で評定し, その後, YG(矢田部ギルフォード)性格検査の一般用を強制速度法, 集団試行法で実施した.

3. 結果

色彩嗜好には男女差がみられた. 男女別に検討した結果を, 紙面の都合により女性のみ報告する.

なお昨年度¹⁾, 参加者自らが評定した「好きな色」のイメージと, 新編カラーレンジマニユアル 100³⁾(以下 CRM100 とする)の評価値との間に, 高い相関があることが確認できたため(表1参照), CRM100で扱われた100色のうち, 75色チャートに一致する58色の得点を, 色イメージ得点として用いた.

3. 1 選択率

3. 1. 1 「好きな色」の選択率

「好きな色」の選択率は, p 赤紫 (18%), lt 青緑 (17%), p 紫 (15%), dp 赤 (11%), lt 青 (10%), v 赤紫 (10%) であり, 残りは10%以下であった. トーンでは p トーン, v トーン, lt トーンが好まれ, 赤系や赤紫系 (ピンク系) が好まれた.

これらの選択率は松田ら²⁾の6月に限定して行った結果と類似していた.

3. 1. 2 「着たい色」の選択率

「着たい色」の選択率は, 白と黒で30%以上を占め, dp 赤 (13%), p 青 (12%), p 赤紫 (12%) で他の色相は10%以下であった. 色相では赤, 赤紫系, 青系, 無彩色, トーンでは p トーン, 青系

では紺色など深みのトーンが好まれた. これらの傾向も6月に限定して行った調査データと類似していた.

3. 1. 3 「よく着る色」の選択率

「よく着る色」の選択率は, 黒 (69%), 白 (54%), dp 青 (20%), ミディウムグレイ (16%), ltg 橙 (11%), dp 橙 (10%) であった. これらの色は, 黒, 白, 紺色, グレイ, ベージュ, 茶色として市販されているベーシックな色であった. この結果も6月に行った調査データと類似していた.

3. 2 「着たい色」

「着たい色」として選択し, かつ CRM100 にある49色を対象として検討した.

3. 2. 1 「自己イメージ」と選択した色の「色イメージ」との関係 (表2)

各色の選択者の自分自身のイメージ得点 (16項目) の平均値を求め, 色イメージ得点 (16) × 自己イメージ (16) の相関係数 r を求めた. 有意な相関係数 ($p < .05$) を黒字で示し, このうち $0.4 \leq |r|$ (相関がある) を太字とした. 以下は $0.4 \leq |r|$ の項目に基づいて述べる.

自分自身を「陽気」と思う女性は, 「深い・重い・濁った・きたない・くどい」イメージの色を, 「強い」と思う女性は, 「深い・くどい」イメージの色を, 「大人っぽい」と思う女性は「にごった・くどい」イメージの色を着たい傾向がみられた.

3. 2. 2 YG 性格特性と「自己イメージ」の関係 (表3)

各色の選択者の YG 得点の平均値 (D・C・I・N・O・Co・T・Ag・G・R・A・S の12尺度) と自分自身のイメージ得点 (16項目) の平均値を求め, YG 得点 (12) × 自己イメージ (16) の相関係数 r を求めた結果, 次の相関が認められた.

D (抑うつ性) 尺度: 「陰気な・重い・地味な・きたない」との相関

C (気分の変化) 尺度: 「重い・にごった・きたない・くどい」と相関

I (劣等感) 尺度: 「重い・地味な」との相関

N (神経質) 尺度: 「重い」との相関

Ag (攻撃的) 尺度: 「派手な・情熱的・くどい・動的な」との相関

表2. 自己イメージ得点と着たい色のカラーレンジのイメージ得点との相関係数 r																			
		自己イメージ																	
		明るい	陽気	浅い	軽い	澄んだ	派手	きれいな	かたい	情熱的	くどい	強い	動的	暖かい	好き	大人っぽい	男性的		
		暗い	陰気	深い	重い	にごった	地味	きたない	やわらかい	理知的	(A-H)	弱い	静的	冷たい	嫌い	子供っぽい	女性的		
着たい色のイメージ	明るい																		
	暗い	-0.08	-0.34	0.17	0.18	0.05	-0.04	-0.15	-0.13	-0.15	0.04	-0.27	-0.26	0.04	-0.05	-0.27	-0.22		
	陽気	-0.06	-0.33	0.17	0.19	0.07	-0.04	-0.14	-0.15	-0.15	0.03	-0.26	-0.25	0.05	-0.02	-0.25	-0.21		
	浅い	-0.21	-0.43	0.27	0.07	-0.01	-0.12	-0.25	-0.16	-0.18	0.08	-0.40	-0.37	0.03	-0.17	-0.39	-0.24		
	軽い	-0.20	-0.42	0.26	0.09	0.00	-0.11	-0.25	-0.15	-0.18	0.08	-0.39	-0.36	0.03	-0.17	-0.38	-0.24		
	澄んだ	-0.19	-0.43	0.23	0.14	-0.08	-0.13	-0.21	-0.12	-0.20	0.08	-0.28	-0.28	-0.11	-0.17	-0.40	-0.19		
	派手	0.00	-0.24	0.10	0.19	0.02	-0.03	-0.08	0.07	-0.14	0.02	-0.03	-0.08	-0.05	0.07	-0.06	-0.14		
	地味	-0.19	-0.46	0.26	0.10	-0.09	-0.15	-0.24	-0.09	-0.23	0.10	-0.33	-0.32	-0.14	-0.20	-0.38	-0.22		
	きたない	0.14	0.27	-0.17	-0.08	-0.11	-0.03	0.14	0.22	0.11	-0.08	0.32	0.30	-0.08	0.09	0.16	0.28		
	やわらかい	0.28	0.13	-0.07	0.17	0.21	0.21	0.13	-0.01	-0.02	-0.17	0.10	0.10	0.13	0.17	0.25	-0.11		
	理知的	0.24	0.44	-0.29	-0.02	0.10	0.18	0.29	0.16	0.19	-0.09	0.44	0.39	0.03	0.27	0.50	0.20		
	(A-H)	0.26	0.34	-0.20	0.01	-0.01	0.07	0.21	0.19	0.13	-0.11	0.39	0.34	-0.01	0.19	0.29	0.22		
	強い	0.29	0.10	-0.05	0.16	0.18	0.14	0.10	-0.01	0.05	-0.12	0.12	0.11	0.20	0.22	0.18	-0.03		
	動的	0.31	0.21	-0.11	0.14	0.26	0.24	0.14	-0.07	0.08	-0.16	0.06	0.06	0.27	0.18	0.25	-0.11		
	暖かい	-0.08	-0.12	0.06	-0.06	-0.12	-0.12	-0.06	-0.03	-0.13	-0.08	-0.23	-0.15	-0.16	-0.15	-0.33	-0.02		
	好き	0.04	0.32	-0.16	-0.15	-0.10	0.08	0.15	0.22	0.08	-0.08	0.27	0.22	-0.13	0.00	0.30	0.20		
	大人っぽい	0.06	0.23	-0.07	-0.07	-0.17	-0.09	0.10	0.07	0.18	0.06	0.25	0.27	0.02	0.10	0.04	0.33		
	男性的																		
	女性的																		

表3.「着たい色」との自己イメージ得点とYG性格検査の得点との相関係数 r																			
		自己イメージ																	
		明るい	陽気	浅い	軽い	澄んだ	派手	きれいな	かたい	情熱的	くどい	強い	動的	暖かい	好き	大人っぽい	男性的		
		暗い	陰気	深い	重い	にごった	地味	きたない	やわらかい	理知的	(A-H)	弱い	静的	冷たい	嫌い	子供っぽい	女性的		
YG性格検査	D	-0.26	-0.44	0.08	-0.40	-0.39	-0.61	-0.67	0.31	-0.03	0.17	-0.37	-0.23	-0.12	-0.34	-0.25	0.11		
	C	-0.15	-0.15	0.10	-0.40	-0.67	-0.77	-0.53	0.31	0.32	0.62	-0.01	0.06	0.09	-0.20	-0.18	0.21		
	I	-0.13	-0.23	0.02	-0.65	-0.42	-0.47	-0.17	0.12	0.04	-0.10	-0.38	-0.11	0.03	-0.06	-0.37	0.18		
	N	-0.31	-0.34	-0.15	-0.40	-0.17	-0.27	0.21	0.26	-0.02	0.28	-0.23	-0.05	-0.24	-0.26	-0.09	-0.07		
	O	-0.12	-0.29	-0.16	-0.26	-0.19	-0.21	-0.30	0.34	0.11	0.28	0.04	-0.05	0.10	0.05	0.06	0.18		
	Co	-0.11	-0.16	0.22	-0.15	-0.37	-0.20	-0.31	0.14	0.09	-0.01	-0.15	-0.17	-0.04	-0.44	-0.26	0.18		
	Ag	0.23	0.16	-0.16	0.22	-0.35	0.62	0.09	0.01	0.48	0.40	0.41	0.44	0.17	-0.05	0.26	0.13		
	Ac	0.25	0.25	-0.35	0.48	0.32	0.62	0.61	-0.02	0.14	-0.04	0.62	0.38	0.00	-0.29	0.63	-0.22		
	R	0.24	0.12	-0.09	0.29	-0.38	0.46	0.08	-0.02	0.44	0.34	0.36	0.38	0.22	-0.08	0.18	0.19		
	A	0.04	0.31	0.24	0.16	-0.05	0.15	0.12	-0.23	0.34	0.00	0.21	0.09	0.27	0.08	0.01	0.34		
	T	0.63	0.61	0.06	0.12	-0.16	0.33	0.15	0.01	0.45	0.13	0.46	0.67	0.36	0.10	0.23	0.22		
	S	0.59	0.45	0.02	0.35	-0.16	0.53	0.22	-0.32	0.49	0.11	0.16	0.29	0.30	-0.02	0.06	0.04		
	社会的な																		
	感情的な																		

G (活動的) 尺度: 「軽い・派手な・きれいな・強い・大人っぽい」との相関

R (衝動的) 尺度: 「派手な・情熱的な」との相関

A (支配性大) 尺度: 「明るい・陽気な・情熱的な・動的」との相関

S (社会的外向性) 尺度: 「明るい・陽気な・派手な」との相関

3. 3 「よく着る色」

着たい色と同様の処理を行い、「よく着る色」として選択し、かつ CRM100 にある 37 色を対象として検討した。

3. 3. 1 「自己イメージ」と選択した色の「色イメージ」との関係 (表 4)

自分自身を「明るい」と思う女性は、「情熱的・動的・暖かい」色を、「情熱的」と思う女性は「動的な」イメージの色をよく着る傾向がみられた。

3. 3. 2 YG 性格特性と「自己イメージ」の関係 (表 5)

つぎの相関が認められた。

C (気分の変化) 尺度: 「陽気な」との相関

D (抑うつ性) 尺度: 「濁った・子供っぽい」との相関

Co (非協調的) 尺度: 「深い・軽い・情熱的・暖かい」との相関

Ag (攻撃的) 尺度: 「明るい・陽気な・深い・派手な・きれいな・情熱的な・強い・動的な」との相関

G (活動的) 尺度: 「明るい・陽気な・深い・澄

		表4.自己イメージ得点と着たい色のカラーレンジのイメージ得点との相関係数 r																	
		自己イメージ																	
		明るい	陽気	浅い	軽い	澄んだ	派手	きれいな	かたい	情熱的	くどい	強い	動的	暖かい	好き	大人っぽい	男性的		
		暗い	陰気	深い	重い	にごった	地味	きたない	やわらかい	理知的	(A-H)	弱い	静的	冷たい	嫌い	子供っぽい	女性的		
よく着る色のイメージ	明るい																		
	暗い	0.30	-0.05	-0.07	0.28	0.17	0.04	0.06	0.00	0.12	0.20	-0.01	0.19	0.25	-0.09	-0.12	-0.15		
	陽気	0.36	-0.02	-0.09	0.32	0.20	0.06	0.09	-0.02	0.14	0.22	0.02	0.22	0.28	-0.07	-0.17	-0.18		
	浅い	0.03	-0.20	-0.05	0.07	0.15	-0.17	0.02	-0.09	-0.14	0.02	-0.09	-0.05	0.15	-0.11	0.01	-0.14		
	軽い	0.07	-0.20	-0.03	0.10	0.16	-0.14	0.03	-0.08	-0.11	0.03	-0.07	-0.01	0.17	-0.12	-0.03	-0.13		
	澄んだ	0.08	-0.18	-0.02	0.13	0.14	-0.15	-0.10	0.04	-0.07	0.09	-0.04	0.11	0.17	-0.15	-0.02	-0.05		
	派手	0.37	0.01	0.02	0.26	0.06	0.15	-0.04	0.23	0.30	0.36	0.00	0.33	0.12	-0.08	-0.14	-0.06		
	地味	-0.20	0.14	0.06	-0.09	-0.26	0.11	-0.13	0.22	0.09	-0.02	0.06	0.01	-0.24	-0.02	0.04	0.26		
	きたない	0.10	-0.25	0.05	0.09	0.15	-0.21	-0.15	0.01	-0.10	0.11	-0.12	0.06	0.18	-0.17	-0.10	-0.14		
	やわらかい	0.05	0.14	-0.02	0.30	0.16	0.28	0.13	-0.02	0.37	0.19	0.03	0.25	0.24	0.10	-0.17	-0.18		
	理知的	0.08	0.24	0.09	-0.02	-0.14	0.26	-0.02	0.16	0.24	0.09	0.08	0.10	-0.15	0.10	-0.02	0.13		
	(A-H)	0.10	0.23	0.05	0.14	-0.14	0.27	-0.04	0.23	0.29	0.13	0.13	0.19	-0.09	0.03	-0.09	0.15		
	強い	0.50	0.19	-0.08	0.38	0.17	0.33	0.19	0.04	0.43	0.26	0.12	0.33	0.24	0.09	-0.19	-0.16		
	動的	0.47	0.17	-0.10	0.38	0.26	0.27	0.27	-0.17	0.30	0.10	0.10	0.17	0.34	0.15	-0.21	-0.28		
	暖かい	-0.05	-0.07	-0.07	0.10	0.03	-0.15	-0.09	-0.08	-0.15	-0.06	0.00	-0.03	0.16	-0.09	-0.09	-0.07		
	好き	-0.28	0.02	0.18	-0.40	-0.26	-0.03	-0.17	0.13	-0.11	-0.12	-0.14	-0.19	-0.29	0.02	0.07	0.22		
	大人っぽい	-0.28	0.16	-0.02	-0.04	-0.25	0.05	-0.05	0.18	-0.02	-0.05	0.16	-0.02	-0.27	-0.04	0.05	0.32		
	男性的																		
	女性的																		

		表5.「よく着る色」にとの自己イメージ得点と0性色決定の得点との相関係数 r																	
		自己イメージ																	
		明るい	陽気	浅い	軽い	澄んだ	派手	きれいな	かたい	情熱的	くどい	強い	動的	暖かい	好き	大人っぽい	男性的		
		暗い	陰気	深い	重い	にごった	地味	きたない	やわらかい	理知的	(A-H)	弱い	静的	冷たい	嫌い	子供っぽい	女性的		
よく着る色のイメージ	C	群青色	0.08	0.08	-0.13	0.23	-0.38	0.20	-0.18	0.05	0.08	0.26	0.02	-0.12	-0.18	-0.25	-0.39	-0.40	
	D	群青色	0.08	0.42	-0.17	0.23	-0.21	0.29	-0.22	-0.03	0.27	0.35	-0.03	-0.03	0.14	-0.18	-0.47	-0.40	
	I	天竺黄	-0.09	0.05	-0.11	-0.27	-0.16	0.05	-0.27	-0.08	0.04	0.03	-0.32	-0.18	0.02	-0.10	-0.30	-0.40	
	N	赤褐色	-0.18	0.01	-0.07	-0.20	-0.16	-0.03	-0.23	0.11	-0.10	0.17	-0.28	-0.22	-0.11	-0.31	-0.33	-0.40	
	O	赤褐色	0.12	0.16	-0.30	0.22	-0.08	0.16	-0.19	-0.16	0.16	0.28	0.21	0.05	0.14	0.21	0.11	-0.43	-0.42
	Co	赤褐色	0.23	0.32	-0.80	0.48	0.28	0.34	0.13	-0.14	0.42	0.17	0.29	0.19	0.45	0.04	-0.31	-0.61	
	Ag	灰紫色	0.61	0.48	-0.04	0.33	-0.03	0.44	0.46	0.01	0.68	0.17	0.61	0.61	0.19	0.38	0.10	0.11	
		灰紫色	0.58	0.43	-0.51	0.56	0.41	0.43	0.68	-0.35	0.41	-0.08	0.58	0.41	0.31	0.68	0.16	-0.22	
	R	近紫的	0.90	0.59	-0.44	0.33	-0.08	0.78	0.34	0.08	0.74	0.25	0.40	0.76	0.06	0.48	0.02	0.22	
	T	近紫的	0.15	0.21	-0.12	-0.13	0.08	0.29	0.21	0.03	0.28	-0.13	0.00	0.32	0.00	0.22	0.27	0.44	
	S	支配色	0.48	-0.01	0.09	0.28	-0.07	0.20	0.21	0.21	0.27	0.29	0.39	0.64	-0.01	0.24	-0.05	-0.00	
	A	社会色	0.54	0.15	-0.09	0.05	-0.07	0.29	0.16	0.10	0.41	0.30	0.13	0.57	0.03	0.41	-0.07	-0.01	

んだ・派手な・きれいな・情熱的な・強い・動的な・好きな」との相関

R (衝動的) 尺度: 「明るい・陽気な・深い・派手な・情熱的・強い・動的な・好きな」との相関

T (思考的外向) 尺度: 「男性的な」との相関

A (支配性大) 尺度: 「明るい・動的な」との相関

S (社会的外向) 尺度: 「明るい・情熱的な・動的な・好きな」との相関

3. 4 イメージプロフィール

CRM100 のイメージプロフィールでは、ビビッドの赤とパールの青 (水色) では対照的な形をしている。松田ら²⁾の報告では、「好きな色」でビビッドトーンの赤を選択した者と、パールトーンの青を選択した者とは、YG 検査の 7 尺度の得点がすべて対照的 (I, N, Ag, G, R, A, S) であった。

本調査でも、赤を好きな人と水色を好きな人の自己イメージプロフィール (図 2a) を作成した。「浅い・派手な・かたい・情熱的な・強い・大人っぽい」などに差が見られた。また白と黒など他の色のイメージプロフィールでも差が見られた (図 2b)。またピンクと濃い赤紫色のように同じ色相でも明度と彩度の違いで差が見られた (図 2c)。「よく着る色」でも赤をよく着ている人と水色を着ている人に「澄んだ・くどい」などに差がみられた (図 2d)。「着たい色」では差がみられなかった。

4. 考察

本調査で松田ら²⁾が 11 年間調査を行ってきた

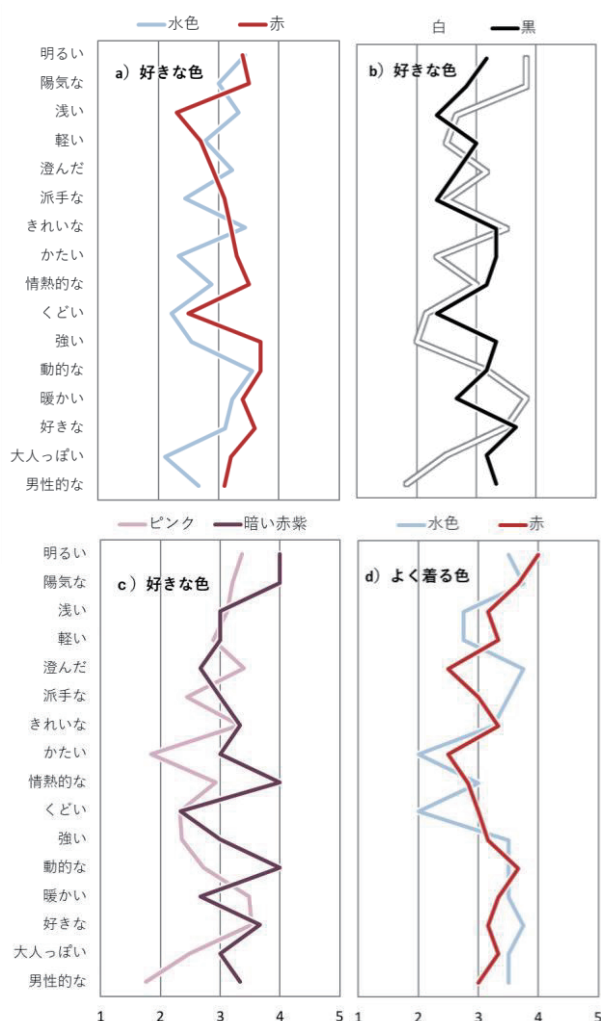


図2. 自己イメージプロフィール

季節(6月)と年度が違っても、好きな色、着たい色、着ている色の大学生の色彩嗜好の傾向が類似しているということが判明した。また選択者自身の「色イメージ」と、CRM100³⁾とに強い相関がみられたことによって、今まで我々がCRM100を使用して行った解釈の妥当性が確認できた。

「着たい色」、普段「よく着る色」にも「好きな色」と同様に、「自己イメージ」と「色イメージ」との相関がみられたが、それほど多くはなかった。その理由としては、「着たい色」は30%以上、「着ている色」では50%以上の人が白と黒を好み、色彩嗜好に偏りがみられたこと、加えて調査人数が少ないために、人数的な重み付けを行うことができなかった点などが考えられる。もともと色彩嗜好には、その時の気分や天候、季節、流行なども関与し、パーソナリティの部分だけを取り出すことは非常に困難な調査である。よって選択者の人数に大きな偏りがあると、性格以外の要素も関与していると思われる。例えば、白や黒は無難であるとか、みんなが着ているから着るとかといった

理由などである。今後人数を増やして調査する必要があるだろう。

また「着たい色」については、自分のイメージと反するような色を好むことも判明した。例えば、自己イメージが「陽気な」女性が、「暗く、陰気な、重い、にごった、きたない、重い」を着たいという傾向がみられたことは、補填的な解釈が可能ではないか。「好きな色」や「よく着る色」にはそのような傾向は見られなかった。

YG 性格特性と自分自身のイメージとの相関から、「よく着る色」については、外向性や衝動性、攻撃性、社会的外向性といった向性因子との相関が多く見られ、抑うつ性や劣等感、神経質などの情緒安定性因子との相関は少なかった。例えば自己イメージ「軽い」については「着たい色」では、情緒安定性因子の「抑うつ性・劣等感・気分の変化・神経質」との相関が見られたが、「よく着る色」は、向性因子の「活動性」との相関に変わっている。これは「着たい色」には情緒的な側面と向性が関係し、普段「よく着る色」には、向性が関係しているのではないのだろうか。

またビビッドの赤とパールの青(水色)や、白と黒のように、受けるイメージに反対の側面を持つ色では、「好きな色」を選択した人の自己イメージにも差がみられ、色のイメージに似たイメージプロフィールを呈していた。

「特定のパーソナリティ特性の人が自分のイメージとよく似た色を好む」ことを検証する今回の課題は、有意な相関がみられたが、その相関は決して強くなく、決定的とはいいがたいが、自分によく似たイメージの色を好んでいることも示唆された。さらに人数を多く調査して、さらなる角度からアプローチを続けていきたい。

引用文献

- 1) 松田博子, 名取和幸, 破田野智美, 好きな色と自己イメージとの関係ー色イメージと自己イメージとパーソナリティ特性ー, 2020, 日本色彩学会第44回全国大会要旨集(日本色彩学誌, vol.44 (3), Suppl.), p.161-164.
- 2) 松田博子, 名取和幸, 破田野智美, 色の好みとパーソナリティとの関係ー色の感情的意味からの考察ー, 2019, 日本色彩学会誌, vol.43, no.2, p.69-80.
- 3) 財団法人日本色彩研究所, 新編カラーレンジマニュアル 100, 2008

塗り絵の色選択と図柄が及ぼす体調や気分への影響：

オンラインライブ環境による遠隔実験を用いて

Color selection and effects of patterns on physical condition and mood during coloring-Using remote experiments in an online live environment

昆野照美 Terumi Konno 北海道大学
川端康弘 Yasuhiro Kawabata 北海道大学

Hokkaido University
Hokkaido University

Keywords: 塗り絵, 色選択, 図柄選択, 気分と体調, オンライン実験

1. はじめに

芸術療法では、被験者の描く絵の色や形を分析する手法が複数ある。例えば、色は悩みを訴えるという考えのもとに、浅利ら⁽¹⁾の子供の絵による診断や、バウムテスト、中井久夫の風景構成法などがよく知られている。一方、「塗り絵」は、レクリエーションの一つとして取り組まれており、最近ではフランスのキャリア女性のストレス解消を目的に「秘密の花園」という塗り絵が有効であったことから、この塗り絵の本は全世界で300万部の大ヒット塗り絵となった。しかし、実際には「塗り絵」に関する心理学的実験や評価を行っている論文は少ない。民間には、日本で30年以上塗り絵を使った色彩心理について調査研究している色彩学校があり、そのメソッドは一定の評価を得ているが、実証的な裏付けはなされていない。また、伊藤⁽²⁾によると「ぬり絵」は、ぬり絵素材のパターンの差異やどのような画材で行うかにかかわらず、不安が低減するとの効果が認められた。しかし、ぬり絵に用いられた色彩の種類の分析は行われていなかった。

色の選択行動には人の無意識な体調や気分が含まれることが推測されるが、Nancy a. Curry & Tim Kasser⁽³⁾によると、マンダラ塗り絵と格子柄塗り絵は、白紙に色を塗ることと比較して、塗り絵前後の不安得点が有意に下がる可能性を明らかにした。しかし、不安感情に関する研究のみであった。また、Judy Eaton and Chrisine Tieber⁽⁴⁾は、塗り絵の不安感情、ポジティブ感情、ネガティブ感情の影響に関して調査を行ったが、ポジティブ感情が上昇する効果は見られなかった。

そこで本研究の目的は、第1に、他の研究では使用されていない人間や風景塗り絵を用い、選択

した図柄の違いによる体調や気分への影響を明らかにし、第2に、塗り絵を行う際に最初に塗った色や塗り絵後に塗り絵を鑑賞し一番気になった色を調査し、それぞれの色と体調や気分への影響を調査することを目的とした。

2. 実験手続き

2.1 実験対象者

大学生21名(M=19.70)を対象に自室にて、塗り絵を塗ってもらい、Webによる質問調査を行った。被験者には、事前に塗り絵3枚(色彩学校製 H&C 人間の図柄であるオーラ塗り絵 000-01 H&C 植物図柄である自分におめでとう H&C 053-001, 風景図柄である心の風景 H&C 013)と色鉛筆(三菱鉛筆 色鉛筆 880 12色 K88012CP)、鉛筆削りを郵送し、実験は対象者の自室にて zoom アプリを使用したオンライン授業中に一斉に行った。実験参加者は最初に課題の説明を受けた。その際に、実験の目的、プライバシーや人権の保護、参加自体への配慮、データの公表等についての説明を行った。塗り絵3枚の選択に関しては、子供や大人に対して塗り絵を使った色彩心理の研究調査を国内で30年行っている色彩学校の助言を受けた。

質問の回答についてはすべて Googleform を使用し、回答の際のアドレスは zoom のチャット機能を使用して伝え、計6回オンライン上で行った。6回の内訳は、塗り絵は3枚すべて塗ってもらい、その前後で回答を求めたため、2(塗り絵前後)×3=計6回である。塗り絵開始前に、被験者はプロフィール調査と自室の所在地(都道府県名)、天候、自室の照明条件、塗り絵前の気分と体調について回答した。塗り絵前の体調と気分について11件法で(0は非常に悪い、10は非常に良い。)ラジオボタンをチェックしてもらった。次に、塗り絵3枚の中から一番塗りたいと思う塗り絵を1

枚選び、20分間塗り絵を行い、終了後5分間で塗り絵後の気分と体調を答えた。10分間休憩をはさみ、2番目に塗りたい塗り絵を選び、2枚目を行い、1回目と同様気分と体調を答え、休憩をとった。3枚目は残った塗り絵を行い、3回目の塗り絵後の気分と体調を答えて実験は終了した。途中、zoomアプリにて、塗り絵中の被験者の様子を常時確認し、質問には適宜答えた。その後、塗った塗り絵と色鉛筆等を期日までに返送してもらった。

3. 結果と考察

3. 1 塗り絵の体調と気分への影響

被験者が塗り絵を塗ったことによる体調と気分の影響を検討するために対応のあるt検定を行った。体調は塗り絵前後ではやや平均が上がったものの有意差はなかった(体調 $[t(59) = 1.74, p = 0.08]$;気分 $[t(59) = 3.30, p < .001]$)。気分は塗り絵を塗る前と塗り絵を塗った後と比較すると平均評価が有意に上昇した(図1)。

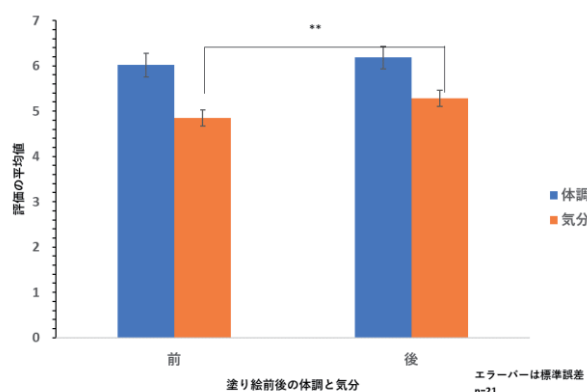


図1 塗り絵前後の体調と気分(全員)

3. 2 塗り絵絵柄の体調と気分への影響

絵柄と塗り絵前後の体調と気分に関して2要因分散分析を行った。絵柄の主効果と体調の主効果に関して有意差がなかったが、交互作用があった[体調 $: F(1, 57) = 2.95, p = 0.09$; 絵柄 $[F(2, 57) = 0.35, p = 0.70]$)。人間の絵柄の平均値は花と風景の絵柄に比べると元々低い、人間の絵柄を花や風景の塗り絵と比較すると、塗り絵後の体調の平均値が0.25上昇し、人間絵柄の効果が高い($p < .001$) (図2)。絵柄と気分に関しては、気分主効果があり、絵柄に主効果がなかった[気分 $: F(1, 57) = 10.75, p < .001$; 絵柄 $[F(2, 57) = 0.63, p = 0.53]$)。交互作用があり、花と風景絵柄が塗り絵

の気分への効果が有意に高かったが、人間に有意差がなかった。(花 $: F(1, 57) = 5.78, p < .05$; 風景 $: F(1, 57) = 4.77, p < .05$; 人間 $: F(1, 57) = 1.19, p = 0.27$) (図3)。花と風景の塗り絵を塗った時と比較した場合、人間の塗り絵を塗った時に体調の平均値の上がる程度が高いことは、人間を自分自身だと考えて塗ってほしいという教示の理由なのかは明確ではないが、絵柄が体調に直接作用した可能性が推測される。また、絵柄と気分に関しては、直接人間の塗り絵を自分と考えながら塗るより、塗り絵の絵柄に特別な感情や意味を込めずに塗るほうが、気分が上がる可能性が示唆された。

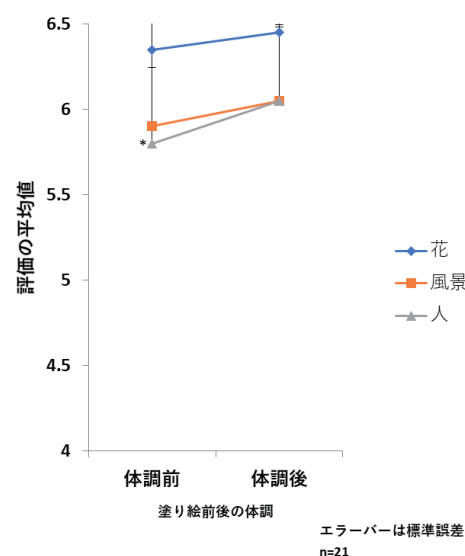


図2 絵柄別塗り絵前後の体調

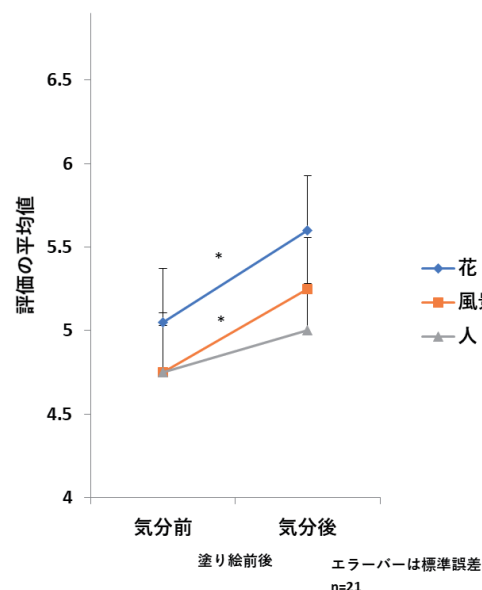


図3 絵柄別塗り絵前後の気分

3. 3 最初に塗った色と塗り絵前後の体調と気分への影響

塗り絵を行った際、最初に塗った色と体調と気分への影響を2要因分散分析で検討を行った。最初に塗った色の主効果と体調の主効果には有意差はなかったが、交互作用はあった(体調: $[F(11,50)=1.20, p=0.30]$;最初に塗った色: $[F(1,50)=0.10, p=0.74]$)。緑, 黄, ピンク, 黄緑に関しては塗り絵後の体調が有意に上がったが($p<.001$), 紫と黒($p<.001$), 薄橙($p<.05$)は塗り絵前と比べて平均が有意に下がった(図4)。次に、最初に塗った色と気分に関しては、最初に塗った色の主効果と気分の主効果はあり、交互作用があった(図5)(最初に塗った色: $[F(11,50)=2.35, p<.001]$;体調: $[F(1,50)=4.32, p=0.04]$)。最初に塗った色は、体調にも気分にも影響を与えるが、気分に影響を与える特徴的な色はなかった。

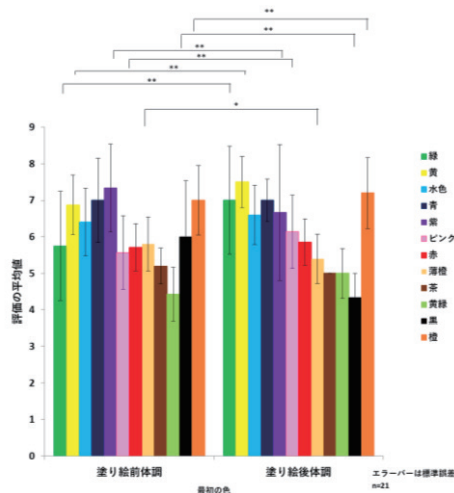


図4 最初に塗った色と塗り絵前後の体調

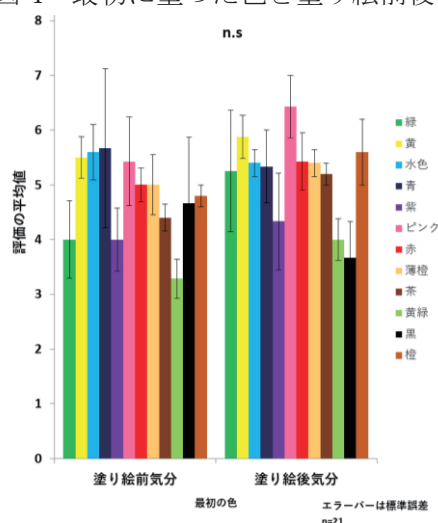


図5 最初に塗った色と塗り絵前後の気分

3. 4 一番気になる色と塗り絵前後の体調や気分への影響

塗った後の塗り絵を見て、塗った色の中で自身が最も気になった色を回答してもらい、気になった色と体調や気分への影響を2要因分散分析で検討した。気になった色の主効果と体調の主効果には有意差はなかったが、交互作用はあった(一番気になる色: $[F(11, 50)=1.11, p=0.37]$;体調: $[F(1,50)=2.18, p=0.14]$)。一番気になった色と体調には有意差はなかったが、交互作用はあった(図6)。水色, 薄橙, 黄($p<.001$)と橙($p<.05$)に関しては塗り絵後の体調が有意に上がったが, 紫($p<.001$)は塗り絵前と比べて体調の平均が有意に下がった。次に、気になった色と塗り絵前後の気分に関しては、一番気になった色の主効果はなく、気分の主効果はあり、交互作用があった。(一番気になる色: $[F(11, 50)=1.86, p=0.06]$;気分: $[F(11,50)=9.43, p<.001]$)。ピンク, 水色, 薄橙, 黄, 緑, 橙($p<.001$)に関しては塗り絵後の気分が有意に上がったが, 青($p<.05$)は塗り絵前と比べて平均が有意に下がった(図7)。塗り絵後の気分が有意に上がる色は、緑以外は暖色系で高明度である。また、塗り絵後に気分が下がる色が青であった。最初に塗った色で体調が有意に下がる色にも紫や黒など、青み成分を持つ色や明度が低い色が含まれていた。衣服の時も体調が悪いとき青み成分を持った色や紫がやや増える傾向にあった⁽⁵⁾。色の選択と体調の関係は、異なる場面でも共通した傾向が見られた。

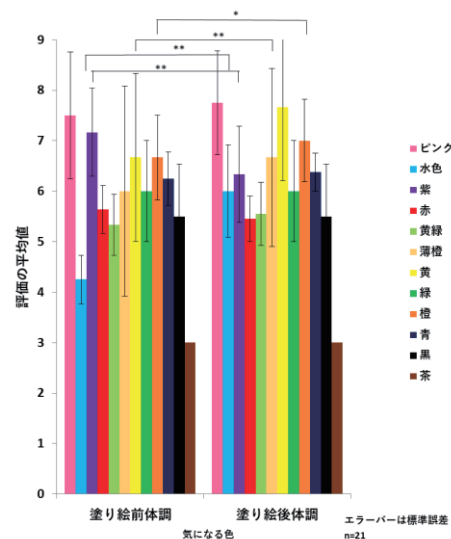


図6 一番気になる色と塗り絵前後の体調

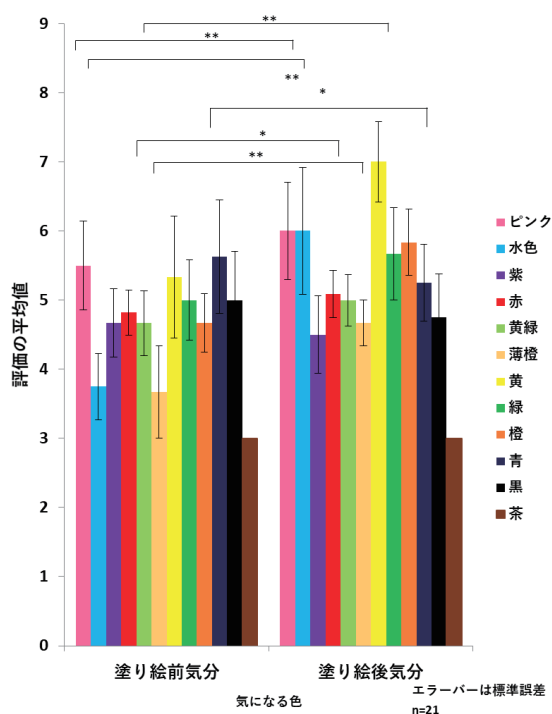


図7 一番気になる色と塗り絵前後の気分

4. 総合考察

先行研究では、抽象柄や植物柄における不安感情の低減が認められていた。しかし、本研究では、不安感情との関連ではなく、塗り絵の色選択と図柄が体調や気分へ及ぼす影響が明らかになった。異なる図柄については、植物柄以外に具象柄を計2枚使用し、体調や気分への影響に関して検討したところ、体調はやや上昇し、気分の上昇には有意差があった。図柄に関しては、人間図柄は、花や風景図柄より体調の平均値が有意に上がった。また、すべての図柄で気分を上げる効果が認められたが、3枚の中では、花図柄と風景図柄が気分へ与える効果が有意に認められた。つまり、体調をあげる場合と気分をあげる場合には異なる図柄が有効であった。このことは、高齢者施設などで塗り絵のレクリエーションを行う場合、漠然と塗り絵を提供するのではなく、意味のある選択肢を提供することが高齢者の体調や気分を上昇する可能性があると考えられる。

塗り絵の回数に関しては、本実験では、被験者に3枚の塗り絵を連続して塗ってもらったが、1回目の塗り絵前後の気分へ与える影響が2、3回目と比較して強かった。その理由としては、一番塗りたい塗り絵を選択してもらったことや1回目なので疲労が少ないということがいえるかもしれない。

また、塗り絵を行った際に、最初に塗った色や塗り絵を行った後の鑑賞で一番気になる色と体調や気分への影響を検討した結果、色によって影響が異なることが明らかになった。最初に塗った色と体調の関係では、最初に塗った色が、紫と黒、薄橙を選択した場合は、塗り絵後は、塗り絵前と比べて平均が有意に下がった。薄橙に関しては、人間の顔の色に使用されることが多いので、図柄と関係した分析が必要であるが、紫と黒という明度が低い色を使用していることが体調を下げる可能性は、子供の絵で紫を使用すると病的な状態であるという結果と一致は考えられるだろうか。一番気になった色と気分に関して、青が塗り絵前と比較して平均が有意に下がっている。最初に塗った色の紫と気になった色の青の中には、青み成分があるということが共通しており、塗り絵に最初に塗った色や一番気になった色が無意識に体調を下げることに関係する可能性が示唆された。

今後は、図柄の要素などをさらに検討し、体調や気分のみならず、塗り絵の色と図柄が感情に与える影響を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 浅利篤: 原色子どもの絵診断事典, 描画心理学双書 (1998) 50-51
- 2) 伊藤 宗親, 西尾 彰泰, 北川 裕美, 佐々木 恵理: むり絵によって不安は低減するのか? Research bulletin, Information and Multimedia Center Gifu University (2013) 30(1) 62-65
- 3) Judy Eaton and Chrisine Tieber: The Effects of Coloring on Anxiety, Mood, and Perseverance. Journal of the American Art Therapy Association 34(1) (2017) 42-46
- 4) Nancy a.Curry& TimKasser: Can Coloring mandalas Reduce Anxiety?. Journal of the American Art Therapy Association 22(2) (2005) 81-85
- 5) 昆野照美, 柿山浩一郎: 色相選択の心理的要因とアクティビティの関係, 札幌市立大学 修士論文 (2019)

子供の発達段階における色彩感覚と配色・デザインの特徴

Characteristics of the color sense and the color scheme/design at the developmental stages of children

浅野 (村木) 千恵

Chie Muraki Asano

北海道教育大学

Hokkaido University of Education

大山 結加

Yuka Ohyama

北海道教育大学

Hokkaido University of Education

佐々木 貴子

Takako Sasaki

北海道教育大学

Hokkaido University of Education

浅野 晃

Akira Asano

関西大学

Kansai University

Keywords: 発達段階, 色彩感覚, 配色デザイン, 色彩環境, カラーユニバーサルデザイン.

分析した. さらに, これらの調査結果から得られた知見が, 教育現場における様々な生活場面・空間の快適な色彩環境を構築に活用可能な指標となることも本研究の目的としている.

1. はじめに

これまでの我々の研究において, 色の配置を含めた色の理解と把握能力, 経験や表現能力も考慮に入れた, 子供たちの発達段階や性別などと「色彩感覚」との関連性を明らかにするための手法を検討してきた¹⁾. それらを踏まえ, 最近, 子供たちの色覚形成に関わる要因には成長過程での知覚経験, 心理的要因による色の嗜好性, さらに個人の色覚特性が深く関わっている^{2) 3)}ことを考慮しながら, 「カラーユニバーサルデザイン」を目指す学校教育の現場の環境づくりのための調査を行っている.

本研究では, 小学生から大学生までの年齢層を対象にした調査から, それぞれの発達段階における色彩感覚と配色・デザインの特徴について, 生活環境による感覚的な経験 (知覚経験) との関係性を考慮しながら明らかにした. なお, 本研究の調査では, 昨年の研究と同様の iPad による塗り絵を用いた調査手法を採用している. また, 本研究に用いる図案は, なるべく先入観を持たれにくい抽象的な図案を採用している. そのため, 色を配置しながら, 各々のイメージを意図して構築したものと考え, その結果をデザインの特徴として

2. 予備調査について

昨年の我々の研究で用いた曼荼羅型図案 (円の中に模様やパターンを描いたもの) を基にしながら, 本研究では, 子供達の色覚感覚や配色・デザイン性を調査するため, 自由な発想を引き出すことのできるような新たな 4 種類の図案 [曲線 (順方向), 曲線 (逆方向), 直線 (順方向), 直線 (逆方向)] を考案した. この中から, 最終的に本調査で使用する図案 1 つに絞るため, 大学生を対象に, 以下の 2 段階の予備調査を行った.

第 1 段階: Google Forms で作成したアンケートを実施し, 図案を見た時にイメージするものの名前や思い浮かぶ言葉と, 記入までに要した時間を回答してもらった. その結果, 曲線型よりも直線型の方が抽象的・幾何学的であるということが明らかとなったため, 図 1 に示すような直線型の 2 種類に絞り, それぞれの名称を図案 a, 図案 b とした.

第 2 段階: iPad を用いた塗り絵調査とこれに関するアンケートを実施した. 使用したアプリは ibis Paint X, 色彩パレットは昨年の研究でも提案された 113 色を採用し, 図 2 に示すような

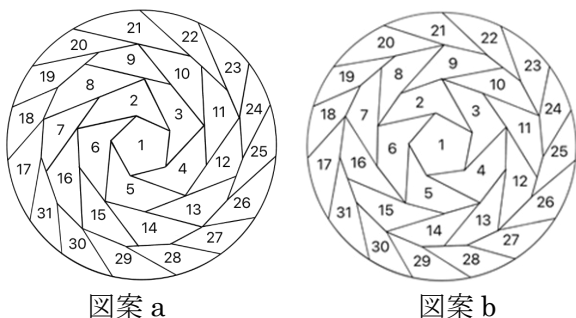


図 1 予備調査段階で候補とした 2 つの図案 (最終図案としては図案 b を採用)



図 2 塗り絵に用いたオリジナル色彩パレット

色記号を各色に付した。なお、塗り絵時間は2分間に制限した。その結果、図案aの方が色塗りの際にイメージが先行しやすいと回答した人の割合が高かったため、本調査に用いる最終図案は図1の図案bに決定した。

3. 本調査の実施および結果・考察

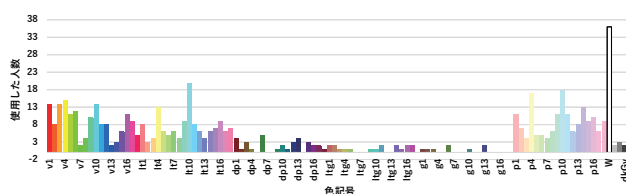
(1) 調査対象者および調査期間について

北海道教育大学附属函館小学校の5年生63名、北海道教育大学附属函館中学校の3年生103名、北海道教育大学札幌校の2年生21名の計187名（男95名、女92名）に対し、令和2年10月～12月にかけて本調査を実施した。なお、予備調査のアンケート結果を参考にし、本調査における塗り絵時間は3分間に変更した。本調査の結果の解析にあたっては、指定したパレット色以外の色を作って塗ってしまったなど集計対象外を除いた計180名（男92名、女88名）を有効回答としてデータ解析の対象とした。

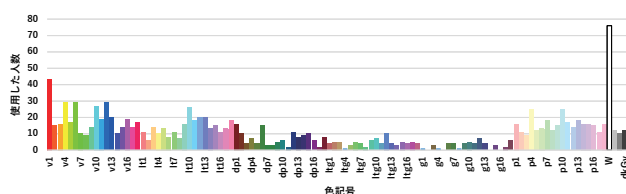
なお、昨年度の研究においては北海道教育大学附属札幌小学校・中学校を対象として調査を行っているため、その結果を本研究の結果との比較・考察に用いた。

(2) 発達段階別の頻出色に関する結果・考察

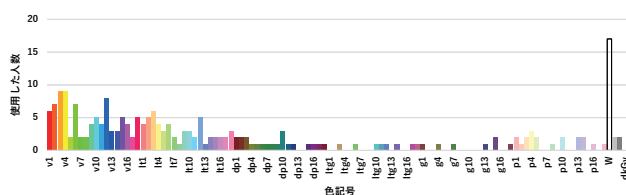
塗り絵に使用したパレットの各色を使用した人数について、発達段階別にグラフにまとめたものを図3①～③に示す。



①小学生：各色の使用人数



②中学生：各色の使用人数



③大学学生：各色の使用人数

図3 発達段階別の頻出色について

この結果から、本研究のオリジナルパレットの色をPCCS表色系上の近い色相とトーンに当てはめて表し、発達段階別の頻出色相と頻出トーンとしてまとめて分析したものを図4①～③に示す。この分析から、小学生の頻出色相はシアン系統、黄色系統、赤系統であり、頻出トーンは主に明清色グループであることがわかった。中学生においては、頻出色相は小学生と同様である一方、トーンに関しては中間色や暗青色が出現しており、小学生よりも分散しているとわかった。大学生では、色相は分散し、トーンは他の発達段階で顕著に頻出していたp（ペール）の頻度が少ないことが明らかとなった。

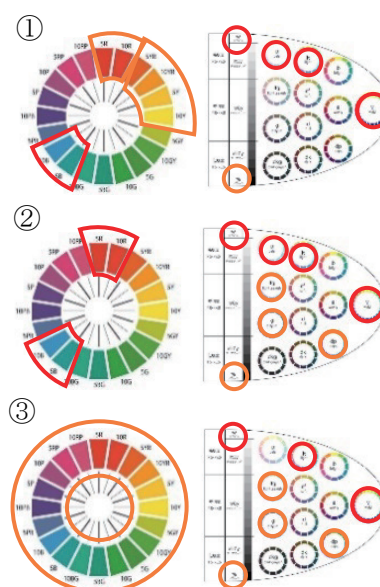


図4 頻出色相と頻出トーン

①小学生 ②中学生 ③大学生

(3) 配色・デザインの特徴～クラスター分析を用いて

塗り絵の図案に対する色の位置データとCIE L*a*b*値に対し、データ間距離にWard法を適用した階層型クラスター分析を行った。その結果を樹形図として図5に示す。

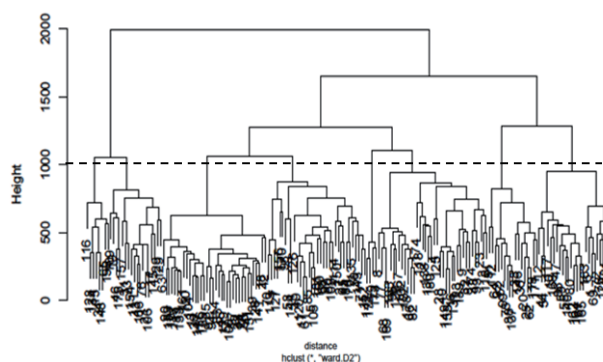


図5 塗り絵図案の位置データとCIE L*a*b*値に対する階層型クラスター分析結果（Ward法）

この結果から、Height=1000 のレベルで分割した場合の 8 クラスターに注目し、各クラスター出現した発達段階ごとの割合をまとめたものを図 6 に示す。第 2 クラスターは全ての発達段階で多く出現するが、小学生は第 5、中学生は第 3、大学生は第 1、2 クラスターで最も多く出現した。一方、小学生は第 8、大学生は第 6 クラスターで全く出現しないことが分かった。そこで、クラスター毎に配色・デザインの傾向を比較した結果、色相・トーンに加え、発達段階ごとに配色・デザインの傾向にも違いがあることが明らかとなった。

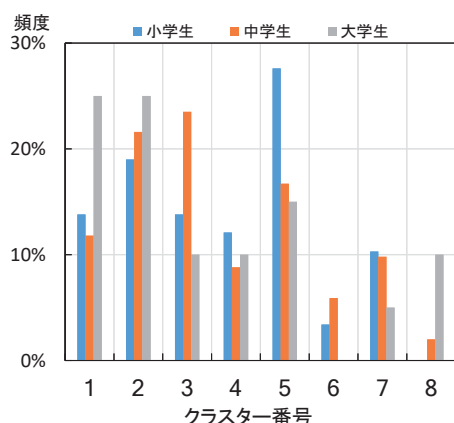


図 6 各クラスターに出現した発達段階ごとの割合

4. 教育現場の色彩環境に対する提案

日常生活の様々な場所や施設には、色覚の多様性を持つ子供たちにとって識別しにくい配色が施されている空間や標識が存在する⁴⁾。これは「カラーユニバーサルデザイン」に配慮されているはずの現在の学校現場においても同様の課題が残されており、学習が妨げられるという問題点が指摘される。こうした問題点を少しでも軽減し、全ての子供が学習しやすいように、教材や教具、掲示物などの配色やデザインを構成する必要性がある。そこで、教育現場の環境構築のための提案を以下のように行う。

- (1) 地域で独自の嗜好性が認められる色がある場合、これを取り入れる。誘目性の高い色の場合、日常的に意識させたい提示物などに取入れる。
- (2) 配色で区別しにくくなる色の場合、デザインを工夫して視認性を上げる。例えば、明度に差をつけて組み合わせたり、色の周囲を縁取ったりして、境界を明確にする。
- (3) 小学生は、昨年と同様に青系統の色相が好まれる傾向にあったため、これを教材・教具などに取入れる。ただし、配色デザインはシンプルにする。
- (4) 中学生は、中間色を取入れつつ調和に配慮し

た配色でサインにする。あえて不調和な配色を好む思春期の子供のための色彩環境とする。

- (5) 大学生は、「トーン・オン・トーン配色」や「トーン・イン・トーン配色」を取り入れたり、アクセントカラーを効果的に使用したりといった配色デザインの基本に則った色彩環境を薦める。

5. おわりに

小学生前後の年代では、色彩感覚を形成する過程で、生活の中でよく目にする色の影響が大きいが、発達段階が上がっていくにしたがって、色相・トーンの両方においても次第に興味の幅が分散していくことが明らかとなった。さらに、小学生は個人間において配色・デザイン傾向に顕著な相違点がありみられず、どの塗り絵の結果も似通ったデザインを行っていた。これに対し、中学生はデザイン性において非常に多様な結果が見られたが、これは、思春期を迎え独自の感性や嗜好をもち始めることが関係していると考えられる。大学生は、配色のパターンにはそれほど多様性がない一方で、個人が使用する色の種類が多い傾向があり、グラデーションなどの何らかの規則性を見出した配置を行っていたということが明らかとなった。

本研究では、上記のような結果と考察を踏まえた上で、生活の中で使用する色がどのように組み合わせ、デザインすることが効果的であるのかという視点から、教育現場の環境に対し、5つの提案を行った。また、本研究を通し、子供たちの発達段階によって、空間の配色やデザインの方法を適切に選択し、生活の色彩環境をより快適に構築する必要があることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 浅野(村木)千恵, 大場友貴, 佐々木貴子, 浅野晃: 子どもの発達段階と色彩感覚に関する研究～iPadを用いた塗り絵を通して～, 日本色彩学会誌, 44, 3 supplement (2020) 279-282.
- 2) 跡部禮子: 環境としての色彩—豊かな社会のクオリティオブライフとしての色彩—第2回 豊かな環境づくりに色彩効用, 日本建築仕上学会, Finex 4(10) (1992) 20-27.
- 3) 斎藤晴美, 浅野陽子, 渡辺昌洋, 岡嶋克典: 色覚特性による配色印象の違い, 日本色彩学会誌, 34 (2010) 56-57.
- 4) 水野谷倅子, 西出和彦: 子どもが長時間滞在する空間の色彩デザインに関する研究—医療施設小児科病棟における色彩計画の現状調査より—, 日本色彩学会誌, 33 (2009) 50-51.

ファインダーを想定した文字情報表示の可読性の検討

Legibility of Characters in Finder Display

茂木 修一	Shuichi Mogi	宇都宮大学	Utsunomiya University
舘野 舜介	Shunsuke Tateno	宇都宮大学	Utsunomiya University
佐藤 美恵	Mie Sato	宇都宮大学	Utsunomiya University
石川 智治	Tomoharu Ishikawa	宇都宮大学	Utsunomiya University
阿山 みよし	Miyoshi Ayama	宇都宮大学	Utsunomiya University

Keywords: 情報表示・周辺視野・視認性・輝度・色

1. はじめに

カメラのファインダー（以降本研究でのファインダーとはミラーレス一眼レフカメラに搭載されている EVF (Electric View Finder) を指す）や、XR 機器（以降 HUD (Head Up Display) や HMD (Head Mounted Display) 等を総称した機器を XR 機器と記載する）では、主として画面辺縁部に文字やピクトグラムの情報表示を表示する場合が多い。撮影しようとする画像の構図確認やコンピュータで作成された CG の内容理解と同時並行で情報を正しく取得できるために、文字情報の視認性や可読性研究は重要である。無彩色および有彩色文字刺激の可読性に関しては多数の既往研究がある^{1)~6)}。また、周辺視野の色知覚の低下についての研究がいくつか報告されている^{7,8)}。

しかしながらカメラのファインダーや XR 機器などへの応用を鑑み、画像と重畳して表示された文字情報を、そちらに視線移動して読んで良いという条件での研究はあまりない。本研究では、主としてファインダーでの文字表示を想定し、画像辺縁部に提示された文字情報の可読性に対する文字色、輝度、提示場所の影響を明らかにすることを目的とする。

2. 実験

2. 1 実験装置

本研究で用いた実験装置を図1に示す。被験者の 400mm 前方に提示刺激用のディスプレイ (Yoyokit mon-101) を設置し、視野を画面だけに制限する黒色フードで覆ったものを使用した。被験者は顎台により頭部を固定し、左眼に眼帯を装着して、実験には右眼を用いた。装置の観察側末端にはアイカップが装着されており、被験者はそこから内部をのぞき込んで画面を観察した。カメ

ラは明所視環境で使用されることも多いので、実験室の室内照明を点灯した条件で行った。右眼の周辺視野には部屋の環境も入る。被験者の右目直近での鉛直面照度が 600lux、水平面照度が 760lux であった。

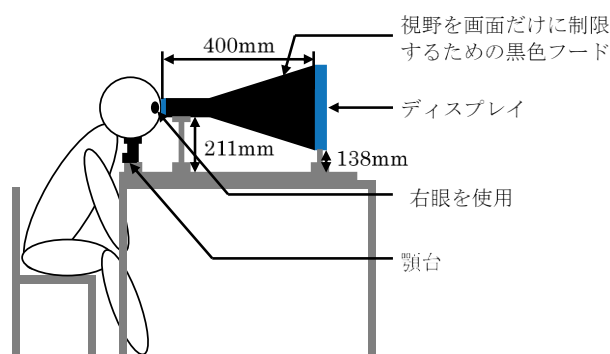


図1 実験装置

2. 2 実験刺激

無彩色文字における文字輝度の影響を調査する輝度影響実験と色文字に対する画像の色の影響を調査する画像色影響実験を行った。輝度調査実験の実験刺激の一例 (coffee) を図2に示す。

提示場所は画面の上辺と下辺の左・中央・右の6か所で行い、文字刺激は英数字を組み合わせた5文字を表示した。文字のフォントはArialを用い、文字サイズは視角で高さ 0.86° に相当するサイズで表示し、刺激の提示時間を 250ms とした。

輝度影響実験の背景画像は全体的にほぼ無彩色の cat、cheese、coffee の3パターンで、画像の上下端に黒帯領域を設け、そこに文字刺激を提示した。画像の平均輝度は $90 \sim 110 \text{ cd/m}^2$ である。文字の色は無彩色で、輝度は 5、10、30、 160 cd/m^2 の4段階である。

画像色影響実験の背景画像は全体的にほぼ白、黄、緑、赤、多色（各々 white、yellow、green、red、colorful と呼ぶ）の5パターンである。なお white は輝度影響実験の coffee と同じ画像で

ある。画像の平均輝度は 20 (red) ~110 (white) cd/m^2 である。黒帯領域はなく、各画像上に文字を提示した。文字色は灰、黄、緑、赤の 4 色で、文字輝度は $30\text{cd}/\text{m}^2$ である。



図2 提示場所と輝度影響実験の刺激の例

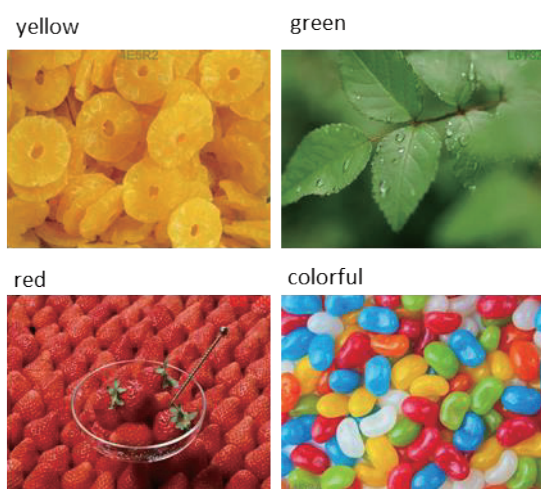


図3 画像色影響実験の背景画像の例

2. 3 実験手順

図3に実験手順を示す。まず被験者を $55\text{cd}/\text{m}^2$ の均一なグレー画面に順応させた。次に固視点が 250ms 提示された後にフェードアウトする。そこで被験者の注意を集中させるために 400ms のピープ音が鳴り、続いて 6 か所のいずれかに文字刺激が 250ms 提示される。被験者は提示された場所に視線を動かして読み取れた文字を回答する。

いずれのセッションにおいても練習試行を実施し、練習終了後に本試行に入った。練習試行は

画像色影響実験で 10 試行、輝度影響実験で 3 試行を行った。

本試行では、輝度影響実験が文字輝度 4 段階、背景画像 3 パターン、提示場所 6 か所、1 条件につき 3 回なので、1 被験者あたり 216 試行であった。画像色影響実験では文字色 4 色、背景画像 5 パターン、提示場所 6 か所、1 条件につき 1 回なので、1 被験者あたり 120 試行を行った。

輝度影響実験における文字刺激の輝度、提示場所、背景画像、画像色影響実験におけるは文字色、提示場所、背景画像はランダム順である。

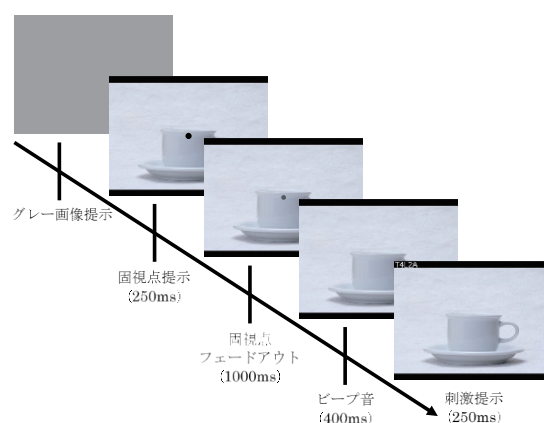


図4 実験手順

2. 4 被験者

被験者は 20 歳代の男性 5 名女性 5 名の計 10 名で行った。全員色覚正常者であった。

3. 実験結果

3. 1 成績の算出方法

正答率は正解文字列と回答文字列の文字とその順番がそれぞれ一致していた場合を正答とし、1 試行毎に正答率を算出した。例えば、5 字の文字列を提示し、1 文字正答が正答率 20% に相当し、5 字すべて正答した場合その試行の正答率は 100% とした。

また、文字列は見えたが 1 文字も読み取れない場合を「読めない」応答すなわち正答率 0% とし、文字列が見えなかった場合を「見えない」応答として記録した。

3. 2 輝度影響実験の結果

図5に輝度影響調査実験結果の例を示す。場所別では最も好成績の上中央と最も成績の悪かった上右の結果で、横軸は文字輝度、縦軸は全員の平均正答率である。標準誤差が示されているが、最大で 0.053 なのでシンボル内で見えない点が多い。一般的に可読性は背景との輝度コントラストに対してプロットされることが多いが、本研究で

は黒い帯状の背景上に提示し、背景輝度はほぼ 0 だったので、横軸は文字輝度とした。文字輝度の増大につれて正答率は急激に上昇する傾向である。他の 4 か所の結果もほぼ同様であった⁹⁾。

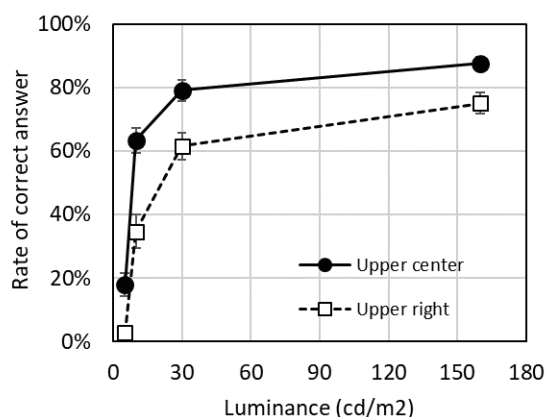


図5 輝度影響調査実験 正答率

3. 3 画像色影響実験の結果

画像色影響実験においても上中央は成績が良く、上右は成績が悪い傾向が表れた。その2か所での背景画像色別での各色文字の正答率を図6に示す。

全体的に上中央より上右の方が正答率が低い結果となった。同じ提示場所を比較した場合、背景色と文字色の関係については、red 画像での赤文字正答率の顕著な低下と green 画像での緑文字の正答率低下がみられた。red 画像と green 画像の平均輝度は各々18~38cd/m²と26~41cd/m²で文字輝度と近いので、画像色の影響が表れたと考えられる。一方で、白画像と黄画像での平均輝度は各々95~114cd/m²と48~55cd/m²で文字輝度より高く、輝度コントラストの寄与により画像色の影響が表れなかったと考えられる。

4. まとめ

輝度影響実験の結果から、十分な可読性には30cd/m²以上が必要であることが示された。

色文字による画像色影響実験では、文字色が赤と緑で、各々red 画像上と green 画像上で正答率の低下がみられた。全文字色について、文字色と文字近傍領域との色差の影響を検討する必要がある。

両方の実験結果において、提示場所の影響がみられ、上下とも中央が高く右が低い成績となった。画像観察時での視線移動では left bias があるとの研究^{10,11)}が報告されているので、サックードや注意の方向特性との関係を検討する必要がある。

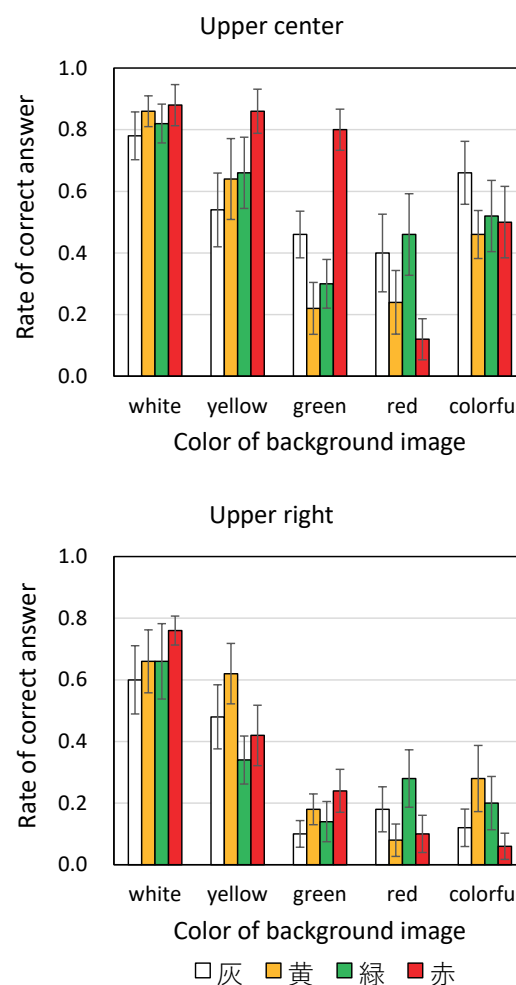


図6 文字列の提示場所・色ごとの結果

参考文献

- 1) GE. Legge, DG. Pelli, GS. Rubin, MM Schleske: Psychophysics of reading—I. normal vision, *Vision Res.* 25(2) (1985) 239-252.
- 2) GE. Legge, GS. Rubin: Psychophysics of reading. IV. Wavelength effects in normal and low vision, *J. Opt. Soc. Am. A.* (1986) 3(1) 40-51.
- 3) 舟川 政美: 文字の可読性に関する実験的研究, *照明学会誌.* 84(11) (2000) 785-792.
- 4) 舟川 政美: 色コントラストと可読性に関する実験研究, *照明学会誌.* 84(11) (2000) 799-808.
- 5) 小西裕也, 原直也: 有彩色文書の読みやすさに対する明視要素としての等価輝度対比の特性, *照明学会誌.* 92(11) (2008) 787-793.
- 6) M. Ayama, H. Ujike, W. Iwai, M. Funakawa, K. Okajima: Effects of contrast and character size upon legibility of

Japanese text stimuli presented on visual display terminal. *Optical Rev.* 14(1) (2007) 48-56.

- 7) M. Sakurai, M. Ayama, T. Kumagai: Color appearance in the entire visual field: color zone map based on unique hue component, *J. Opt. Soc. Am. A.* 20(11) (2003) 1997-2009.
- 8) S. Mogi, M. Sakurai, T. Ishikawa, M. Ayama: Color Appearance of small stimuli presented in central and near peripheral visual fields, *Color Res. Appl.* (2021). in press. doi:10.1002/col.22610
- 9) 舘野 舜介, 茂木 修一, 石川 智治, 佐藤 美恵, 阿山 みよし: 周辺視野における高視認性情報表示に関する研究, 電子情報通信学会 HIP 研究会. (2020) 10-14.
- 10) T. Foulsham, A. Gray, E. Nasiopoulos, A. Kingstone: Leftward biases in picture scanning and line bisection: A gaze-contingent window study, *Vision Res.* 78 (2013) 14-25.
- 11) JP. Ossandón, S. Onat, P. König: Spatial biases in viewing behavior, *Journal of Vision.* 14(2) (2014) 1-26.

有彩色 LED 照明が在室者の色知覚に与える影響

Effect of chromatic LED lighting on color perception

戸倉三和子
松本亜希子

Miwako Tokura
Akiko Matsumoto

山喜産業株式会社

YAMAKI SANGYO co., Ltd.

Keywords: 有彩色 LED, 色度, 色知覚

1. はじめに

筆者らは有彩色光が色の見えに与える影響の基礎的な知見を得ることを目的とし、有彩色光下での色票の見え方に関する実験^{1)・2)・3)}を行った。これらの実験では、同系色の色票を比較する場合、同系色の光色下では違いが分かりにくくなる傾向があることが示唆され²⁾、有彩色照明下で提示された色票の知覚色は xy 色度図上の位置とは異なり、色票の色と一致する傾向があることを示した³⁾が、色票と背景との対比の影響や照明の分光なども考慮する必要がある。

そこで、対比の影響を小さくするために、背景を黒色とした対象物を離れてみた場合の知覚色に関する被験者実験を行った。また、有彩色蛍光灯とは異なり、明確な主波長を持つ有彩色 LED を用いた。

2. 実験方法

実験は2020年10月23日から11月30日に帝塚山大学11号館11201教室内の実験室で行った。被験者は21~22歳の男子10名、女子10名の計20名で、一人ずつ行った。本報では、被験者の知覚した色(知覚色)について報告する。

図1に実験ブースの配置概要を示す。実験ブースは実験室内に横並びに3つ配置し、各実験ブースは幅1060~1300mm、奥行2600mm、高さ2370mmで、天井は白、対象物の背景となる壁と台およびブース間のパーティションは黒、床はナチュラルのフローリング仕上げとした。各ブースの対象物上部に有彩色LEDのスポットライト、被験者手前に天井照明を設置した。対象物用のスポットライトは赤・青・緑の3色を設定し、天井照明は電球色(2790K、Ra86)でそれぞれ調光できる。図2に分光放射照度計(MK350N)により

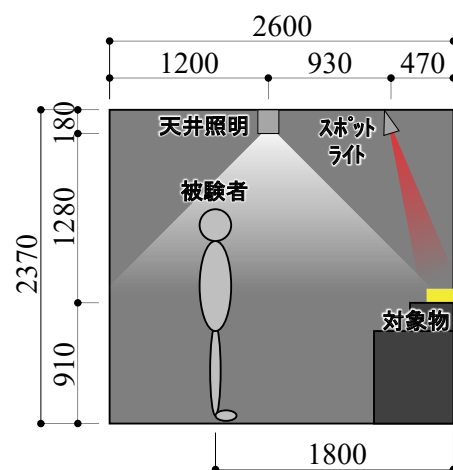


図1 実験ブースの配置概要

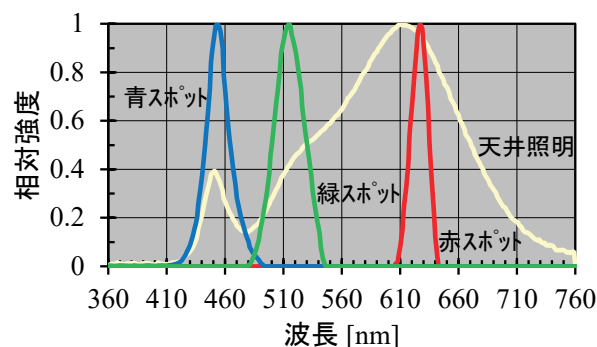


図2 実験に用いた照明の分光分布

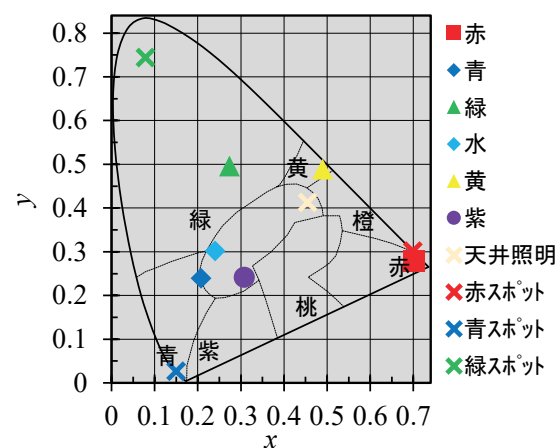


図3 実験に用いた対象物の白色LED下の色度

測定した3色のスポットライトおよび天井照明の分光分布を示す。各色彩色の主波長は赤:627nm、青:454nm、緑:515nm、天井照明(電球色)のピーク波長は612nmである。

被験者は条件ごとにブースを移動し、1800mm離れた対象物を見ながら評価用紙に記入する。対象物は赤・青・緑・水色・黄色・紫の6色、スポットライトは赤・青・緑の3色、天井照明は消灯・点灯の2種類を設定し、合計36条件をランダムに提示した。図3に色差計(TES-135 PLUS)により測定した白色LED光下での対象物の色度および分光放射照度計(MK350N)により測定した3色のスポットライトと天井照明の色度を示す。図中の破線は各色のおよその範囲を示したものである。各対象物の色度はおおむね色度図の各色の範囲にあることがわかる。

対象物の知覚色については、主たる色の色名により詳しい説明を加えて記述(例:黒っぽい赤、くすんだ緑など)するように指示した。

3. 有彩色LED下での対象物の色度と知覚色

図4に赤色対象物の6条件の照明下での色度を示す。プロットの中心の色が対象物の色を示している。プロットの枠線が照明条件を示しており、線の色がスポットライトの色、線の種類が天井照明の消灯(実線)/点灯(破線)を示している。凡例ではスポットライトの色に天井照明が点灯している場合は「+」を加えて示す。図3の白色光下では赤色の範囲にあったが、赤色スポットライト下では黄色や白に近い位置にあり、青色スポットライト下、緑色スポットライト下では緑や青の範囲にある。

図5に赤色対象物の6条件の照明下での知覚色を示す。知覚色については物体色(白色光下での対象物の色)、物体類似色(対象物の色に類似した色、対象物が赤の場合なら橙やピンクなど)、無彩色、照明色(スポットライトの色)、照明類似色(スポットライトの色に類似した色、スポットライトが緑の場合なら黄緑など)、その他の6種類に分けて示す。スポットライトが赤色の場合、物体色が多く、スポットライトが青色・緑色の場合、天井照明が消灯している場合は無彩色や照明色が多く、天井照明が点灯している場合は物体色や物体類似色が多いことがわかる。

図6に青色対象物の6条件の照明下での色度を

示す。赤色スポットライトで天井照明が消灯している場合は黄色付近だが、他の5条件では青色の範囲にある。図7に青色対象物の6条件の照明下での知覚色を示す。スポットライトが青色の場合と赤色で天井照明が点灯している場合、物体色が多く、赤色スポットライトのみの場合は照明色および照明類似色が多く、スポットライトが緑色の場合は照明色が大きい。

図8に緑色対象物の6条件の照明下での色度を

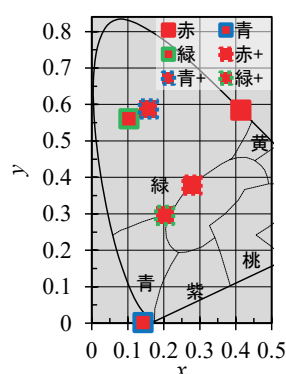


図4 照明6条件下の赤色の色度

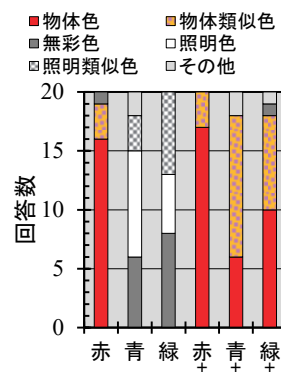


図5 照明6条件下の赤色の知覚色

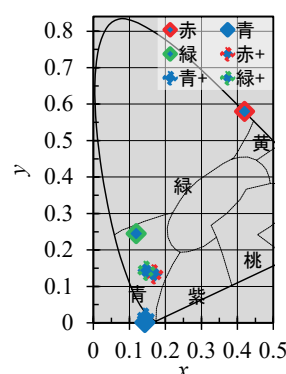


図6 照明6条件下の青色の色度

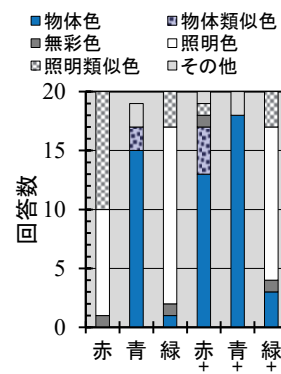


図7 照明6条件下の青色の知覚色

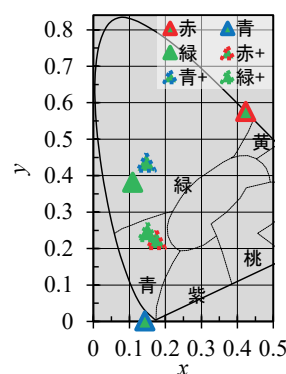


図8 照明6条件下の緑色の色度

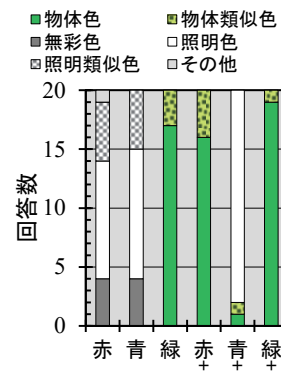


図9 照明6条件下の緑色の知覚色

示す。赤色スポットライトのみの場合および青色スポットライトのみの場合、図4の赤色対象物、図6の青色対象物と同じような位置にある。図9に緑色対象物の6条件の照明下での知覚色を示す。スポットライトが緑色の場合と赤色で天井照明が点灯している場合は物体色が多く、スポットライトが青色の場合と赤色スポットライトのみの場合では照明色が多い。

図5、図7、図9を比較すると、対象物の色と同じ色のスポットライトの場合と赤色スポットライトで天井照明が点灯されている場合は物体色と知覚されるが、それ以外の場合は照明色と知覚されることが多い傾向がある。

図10に水色対象物の6条件の照明下での色度を示す。図6の青色対象物と同様、赤色スポットライトで天井照明が消灯している場合は黄色付近だが、他の5条件では青色の範囲にある。図11に水色対象物の6条件の照明下での知覚色を示す。赤色スポットライトで天井照明点灯の場合は無彩色・紫色系の知覚色が多く、それ以外の5条件は物体色・物体類似色が少なく、照明色・照明類似色が多い。

図12に黄色対象物の6条件の照明下での色度を示す。天井照明が消灯している場合の3条件が離れ、点灯している3条件が近くにある。図13に黄色対象物の6条件の照明下での知覚色を示す。天井照明がない場合は照明色が多く、天井照明がある場合は物体類似色が多い。赤色スポットではオレンジ、青色スポットではゴールド、緑色スポットでは黄緑が知覚色として多く上がっていた。

図14に紫色対象物の6条件の照明下での色度を示す。赤色スポットライトで天井照明が消灯している場合は黄色付近だが、他の5条件では青色付近にある。図15に紫色対象物の6条件の照明下での知覚色を示す。図11の水色の場合同様、赤色スポットライトで天井照明点灯の場合を除き、物体色・物体類似色が少なく、照明色が多い。

図11、図13、図15を比較すると、図11の水色は物体色と知覚されることが少なく、図13の黄色は物体類似色と知覚されることが多い。

図4～15を比較すると、赤色スポットライトと青色スポットライトで天井照明が消灯している場合、どの対象物でも色度図上のほぼ同じ位置にあり、知覚色も一致している。天井照明が消灯している場合はスポットライトの色に知覚される

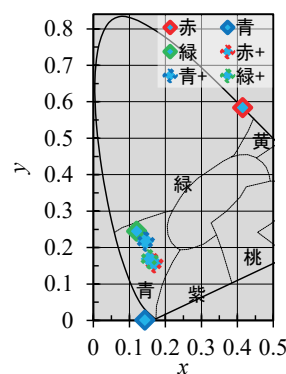


図10 照明6条件下の水色の色度

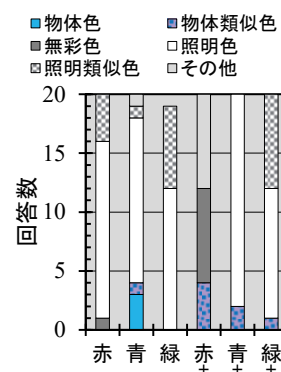


図11 照明6条件下の水色の知覚色

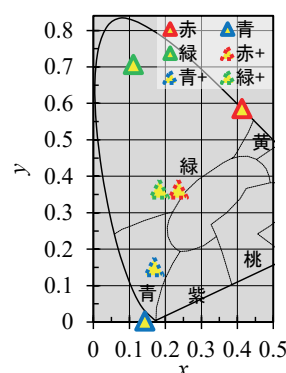


図12 照明6条件下の黄色の色度

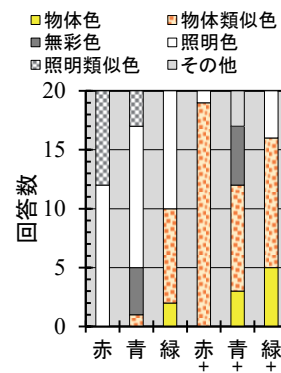


図13 照明6条件下の黄色の知覚色

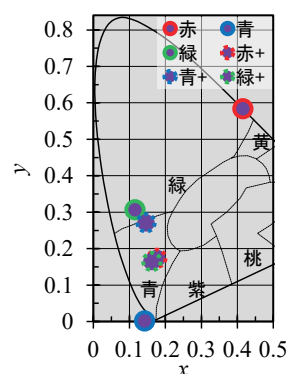


図14 照明6条件下の紫色の色度

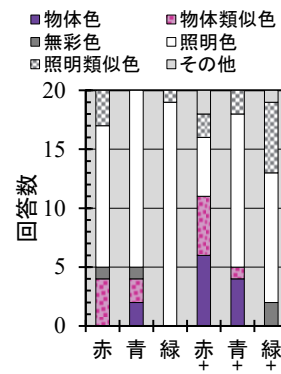


図15 照明6条件下の紫色の知覚色

ことが多い。天井照明が点灯している場合は対象物の色とスポットライトの色との組み合わせによって知覚色が異なっていた。対象物が赤・青・緑の場合は物体色が多く、黄色の場合は物体類似色が多く、水色・紫の場合は照明色が多い。

前回の実験³⁾では多くの色票が白色光下での色票の色と知覚されていたが、今回の実験では知覚色に照明色の影響がより強く出ていると考えられる。その要因としては、背景を黒としたことにより対比の影響が小さくなったことと、LEDを

用いたことの両方が考えられる。

4. まとめ

有彩色 LED 照明下で黒背景の対象物を離れてみた場合の知覚色に関する実験を行った。有彩色 LED 下の対象物の色度と知覚色は必ずしも一致しなかったが、有彩色蛍光ランプ下で白色背景の場合に比べ、照明光の色の影響を強く受ける傾向が見られた。

【参考文献】

- 1) 藤原舞：室内色および照明色が在室者の心理的・生理的反応に与える影響、帝塚山大学居住空間デザイン学科卒業研究、2016 年 3 月
- 2) 戸倉三和子：有彩色照明が在室者の色の見えに与える影響、日本色彩学会誌、第 43 巻、第 3 号、pp.107-110、2019 年
- 3) 戸倉三和子：有彩色照明が色度と在室者の色知覚に与える影響、日本色彩学会誌、第 44 巻、第 3 号、pp.145-148、2020 年

色度情報付与による光沢感増大効果はなぜ生じるのか？

What mechanisms mediate the increase in perceived gloss by adding chromaticity information?

小泉和人 Kazuto Koizumi 東京工業大学
渡辺侑真 Yuma Watanabe 東京工業大学
永井岳大 Takehiro Nagai 東京工業大学

Tokyo Institute of Technology
Tokyo Institute of Technology
Tokyo Institute of Technology

Keywords: 光沢知覚, 色度, H-K 効果.

1. はじめに

ヒトは物体を見たときに容易にその光沢感を判断することができる. この光沢知覚のメカニズムを明らかにする研究は多いが, そのほとんどの研究では輝度情報の役割に注目しており, 色度情報の役割はあまり注目されていなかった.

しかし, 色度情報も光沢感に影響を与えることが徐々に示されてきており, 物体画像に有彩色の色度を付与すると光沢感が増大する場合が多いことが報告されている. 例えば, 岡嶋ら¹⁾は, 色度が異なると光沢感も異なること, さらに光沢感が色度による明るさ知覚の違いと相関することを示した. このような, 同じ輝度をもつ色であっても色度により知覚される明るさが異なる現象は Helmholtz-Kohlraush (H-K) 効果²⁾と呼ばれる. 光沢知覚研究で主に注目されていた輝度情報は知覚的には明るさ感に対応するため, 色度によって H-K 効果が生じ, それにより知覚される明るさ感が上昇することで光沢感が増大したと解釈できる. また, Hanada³⁾は, 物体表面の鏡面ハイライトとそれ以外の領域との色度の差 (色度コントラスト) が, 色度情報付与による光沢感増大効果に寄与している可能性を示唆した. 具体的には, 鏡面ハイライトとそれ以外の領域の色度が同じ場合よりも色度コントラストがある場合の方が, 光沢感が強く知覚されることが報告されている.

このように, H-K 効果と色度コントラストについてはそれぞれ光沢感を増大させる可能性があるという報告がなされているが, これらの研究ではどちらか一方の効果についてしか考慮されていない. 多くの光沢物体上では, H-K 効果と色度コントラストが同時に生じるにも関わらず, これらの要因の複合的な影響については未知のままであり, 色度情報による光沢感増大効果を生じさせるメカニズムには不明な点が多い.

そこで, 本研究では, H-K 効果と色度コントラストを中心に, どのような要因が色度情報による光沢感増大効果を生み出すかを明らかにすることを目的とし, 様々な色度条件を持つ刺激画像の光沢感を計測する心理物理実験を行った.

2. 実験方法

2.1. 作業仮説

実験刺激は無彩色画像に有彩色の色度を付与することにより作成するが, この際に H-K 効果と色度コントラストがそれぞれ強く生じるような 2 種類の色度付与方法 (彩色条件) を用いた. 各彩色条件の詳細は後述するが, H-K 効果が強く生じる条件を全体条件, 色度コントラストが強く生じる条件を拡散条件と呼ぶ.

各条件の特徴を踏まえると, H-K 効果が光沢感増大効果に強く寄与するのなら全体条件において, 色度コントラストが強く寄与するのなら拡散条件において, 色度付与により光沢感がより増大するはずである. すなわち, 彩色条件の違いに着目して彩色による光沢感増大量の比較を行うことで, H-K 効果と色度コントラストのどちらがより強く寄与しているかを明らかにすることが可能となる.

2.2. 被験者

実験には 20 歳代の男性 5 名と女性 1 名の計 6 名が参加した. 全被験者は視力または矯正視力が正常であり, また石原式色覚異常検査表により色覚が正常であることが確認された.

2.3. 実験環境

実験は暗幕で覆われた暗室内で行われた. 実験は PC (HP Pavilion Desktop 595, OS:Ubuntu 18.04.5 LTS) で統制され, MathWorks MATLAB と Psychtoolbox3 を用いてプログラムを作成・実行し, 刺激呈示や被験者応答の取得を行った. 刺激呈示には有機 EL ディスプレイ (SONY TRIMASTER

EL PVM-A250) を使用した。また、刺激の輝度・色度をディスプレイ上に正確に再現するために、色彩輝度計 (ColorCAL2) と分光放射輝度計 (specbos1211-2) を使用してキャリブレーションを行った。実験中、被験者は頭部を顎台で固定され両眼自然視でディスプレイを観察した。

2.4. 実験刺激

実験で使用する刺激はコンピュータグラフィックスソフトウェアを使用してレンダリングし、その後 MATLAB による画像処理で色度を変える彩色処理を行うことで作成した。多様な刺激画像を用いて実験を行うため、表 1 に示す 6 種のパラメータを設定した。以下に刺激作成の過程とパラメータの詳細を記す。

表 1: パラメータの詳細

パラメータ	詳細
形状	bunny, dragon, blob
照明	面光源, 環境照明
表面粗さ	0.05, 0.1, 0.2
拡散反射率	0.1, 0.3, 0.5
彩色条件	全体条件, 拡散条件
色相 (degree)	gray, 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315

レンダリング

刺激画像に使用されている物体の形状や面光源の位置といった環境のジオメトリは Blender2.79 を使用して設定した。その後、Mitsuba2⁴⁾ を使用して照明、表面の粗さ、反射特性を設定してレンダリングをした。この際、BSDF として roughplastic を使用し、鏡面反射率を 1.0 に設定した。また、彩色処理の際に、拡散反射成分と鏡面反射成分の色度を別々に操作するため、拡散反射成分のみの画像と鏡面反射成分のみの画像をそれぞれ作成した。

彩色処理

レンダリングされた拡散反射成分のみ、鏡面反射成分のみの画像それぞれの色度を MATLAB 上で設定し、それらの XYZ 三刺激値を加算して最終的な刺激画像を作成した。

色度の付与は均等色度図の一つである $u'v'$ 色度図上で行われた。実験で使った色度は無彩色 1 種類 (gray), 有彩色 8 種類の計 9 種類であった。実験で用いたディスプレイにおける白色点の $u'v'$ 色度 ($(u', v') = (0.188, 0.438)$) を実験刺激の無彩色点と定義した。有彩色 8 種類は、

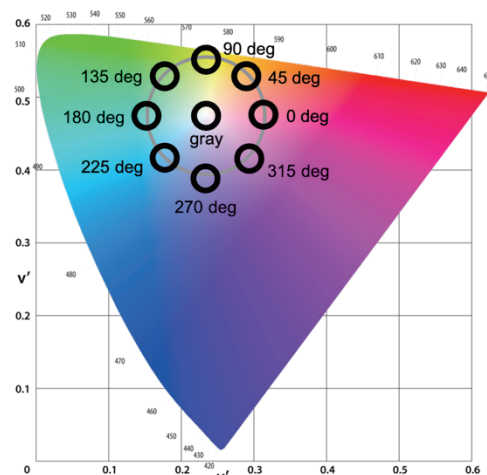


図 1: $u'v'$ 色度図上における選択された色度の位置

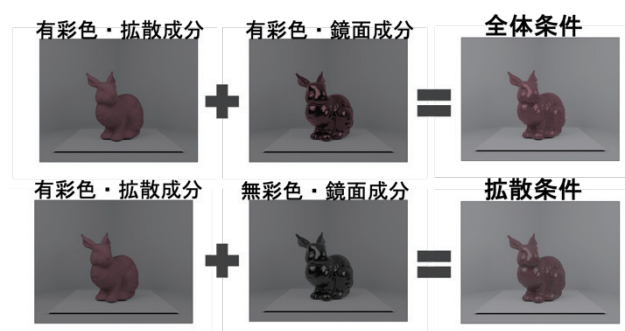


図 2: 各彩色条件の彩色の様子

無彩色点を中心とし、 $u'v'$ 色度図上の 0 degree から 45 degree 間隔で 8 方向の色相にある色度で設定した。選択された色度の $u'v'$ 色度図上での位置を図 1 に示す。

彩色条件には全体条件と拡散条件の 2 種類があった。図 2 に各彩色条件の彩色の様子を示す。全体条件とは、拡散・鏡面反射成分のどちらにも有彩色の色度を付与する彩色条件である。一方、拡散条件とは、拡散反射成分のみに有彩色の色度を付与する彩色条件である。

彩色条件の違いにより、全体条件と拡散条件の色度には異なる特徴が見られる。全体条件では鏡面ハイライトに色度が強く付与されるのに対し、拡散条件では鏡面反射成分に彩色をしないため、鏡面ハイライト領域の色度が全体条件に比べて無彩色に近くなる。そのため、全体条件では鏡面ハイライト領域で H-K 効果が強く生じ、拡散条件では鏡面ハイライト領域とそれ以外の領域との間に色度コントラストが生じる。

2.5. 実験手続き

実験はサーストンの一対比較法に基づいて行われた。被験者は呈示された 2 枚の刺激画像 (刺激対) のどちらの画像の物体において光沢感をより強く感じたかをテンキーにより回答した。1 試

行の流れを図3に示す. 刺激対として, 色相以外のパラメータが全て同じで色相のみが異なる2枚の画像を用いた.



図3: 1試行の流れ

2.6. 解析

被験者の応答結果は, 刺激間の勝敗表としてまとめられ, サーストンの一対比較法のケースVモデルに基づいて選好尺度値を求めた. この選好尺度値を被験者の光沢知覚量の指標とした.

3. 結果

図4と図5に結果の一例(形状:bunny, 照明:面光源, 粗さ:0.1, 拡散反射率:0.3)を示す. 図4は全体条件, 図5は拡散条件の結果を示す. いずれの図も, 横軸は色相を, 縦軸は光沢感(選好尺度値)を示す. この光沢感は無彩色刺激に対する値が0になるようプロットされている. エラーバーは, リサンプリング回数10000回のブートストラップ法により求められた95%信頼区間を示す. 有彩色に関して塗りつぶされているプロット点は, 無彩色よりも有意に光沢感が大きいことを示している. この有意差の検定はリサンプリング回数10000回, 有意水準5%のブートストラップ検定により行われ(片側検定), 有意水準はHolm法により補正された. なお, 本実験における有意差の検定は, 以降もすべて同様のブートストラップ検定により行われた.

全体条件と拡散条件のいずれにおいても, 色度を付与することによって無彩色よりも光沢感が強くなった. その他のパラメータ条件においても同様の結果が得られており, これらの結果は先行研究^{1), 3)}と一致していた.

有彩色付与による光沢感増大効果の大きさの指標(効果量)として, 有彩色8色の選好尺度値の平均値と無彩色の選好尺度値の差を求めた. 効果量は統計的に有意に正であった. さらに, 彩色条件, 拡散反射率ごとの効果量を図6に示す. 横軸は拡散反射率, 縦軸は効果量を示し, 左半分は全体条件, 右半分は拡散条件の結果を示す. 青点は色相を除いた各パラメータの組み合わせ108種の刺激それぞれの効果量を, 赤点は彩色条件, 拡散反射率ごとの効果量の平均値を示す. 破線は彩色条件と拡散反射率以外のパラメータが同じ刺

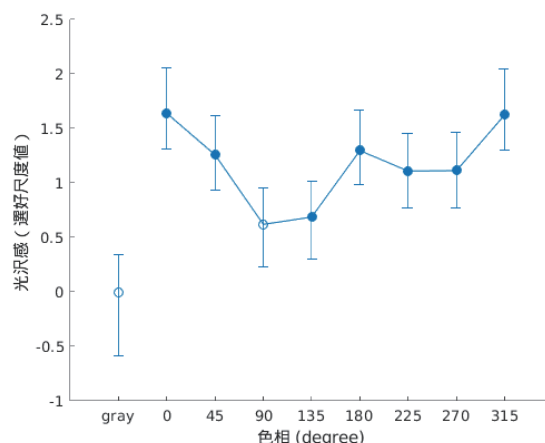


図4: 全体条件における光沢感

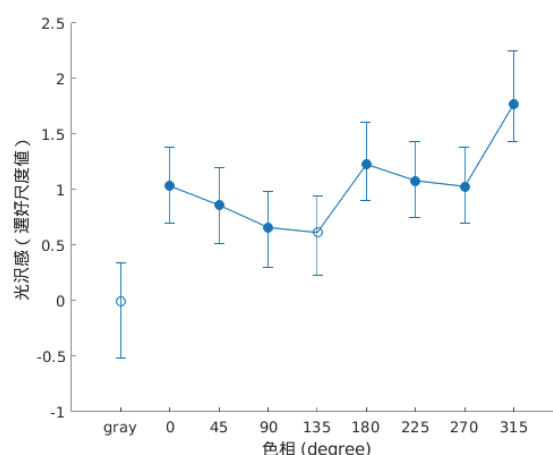


図5: 拡散条件における光沢感

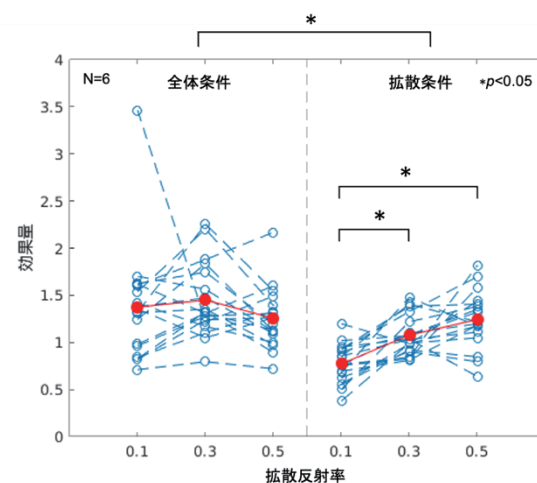


図6: 彩色条件, 拡散反射率ごとの効果量

激の結果を結んだものである.

まず, 彩色条件間の違いに着目すると, 全体条件の方が拡散条件よりも効果量が大きく, その差は統計的に有意であった. 次に拡散反射率の影響に着目すると, 全体条件においては拡散反射率の間で効果量に統計的有意差はなかった. 一方, 拡散条件においては拡散反射率が0.1と0.3の間, 0.1と0.5の間で効果量が有意に異なり, 拡散反

射率が大きい方が効果量が大きかった。

4. 考察

全体・拡散条件のどちらにおいても、有彩色色度を付与することにより無彩色刺激よりも知覚される光沢感が増大した。作業仮説を踏まえると、この結果は、H-K 効果と色度コントラストの両方が光沢感増大効果に寄与している可能性を示している。これは、それぞれ先行研究^{1),3)}による報告と一致している。

それでは、H-K 効果と色度コントラストによる光沢感増大効果への相対的な寄与はどのようになっているであろうか。どちらがより光沢感増大効果に強く寄与しているかを明らかにするために、以下では彩色条件間、拡散反射率間、色相間の違いに着目して結果を改めて確認する。

4.1. 彩色条件間の比較

図6より、全体条件の効果量は拡散条件の効果量よりも有意に大きかった。これは、色度コントラストよりもH-K 効果が光沢感増大効果に強く寄与することを示唆している。

4.2. 拡散反射率間の比較

図6より、拡散条件において拡散反射率の増加に伴い効果量は大きくなった。この原因を明らかにするために、拡散反射率の増加に伴うH-K 効果や色度コントラストの変化を、拡散条件の刺激について調べる。

各物体についてハイライト領域とハイライト周辺の領域を輝度に閾値を設定することで簡易的に定義した。まず、これらの領域の平均彩度を求めたところ、拡散反射率の増加に伴いハイライト領域の彩度は高くなっていた。H-K 効果は彩度が高いほど強くなることが知られている²⁾ため、拡散反射率とともにハイライト領域におけるH-K 効果も強くなったと考えられる。一方、色度コントラストとして二つの領域の平均彩度の差を求めたところ、拡散反射率の増加に伴い色度コントラストが小さくなっていた。これらより、拡散条件においては、色度情報による光沢感増大効果に、H-K 効果が強く寄与しているのなら拡散反射率の増加に伴い効果量は大きくなり、色度コントラストが強く寄与しているのなら効果量が小さくなるはずである。

実験結果では、図6に示されるように、拡散反射率の増加に伴い効果量が大きくなったことから、色度コントラストよりもH-K 効果が強く寄与していると考えられる。

4.3. 色相間の比較

図4と図5に示される通り、色相により知覚される光沢感は異なっていた。H-K 効果の大きさは色相により異なることが知られている²⁾ため、H-K 効果が強く寄与しているのなら色相間の光沢感変化が大きくなると考えられる。一方、本実験で比較した有彩色の刺激は色相が異なっているにもかかわらず等しかったため、色度コントラストは色相間で変化していないと考えられる。そのため色度コントラストが強く寄与しているのなら色相間で光沢感変化がないと考えられる。

実験結果では、どちらの彩色条件においても色相間で光沢感が異なっていたためH-K 効果の寄与がより強かったと考えられる。しかし、色相による光沢感の変化と、色相によるH-K 効果の変化の相関係数は平均0.42程度であり、色相による光沢感の違いはH-K 効果だけで説明できるわけではなく、他の色情報処理も考慮する必要があるはずである。

5. おわりに

本研究では、色度情報による光沢感増大効果がどのような要因で生じるかを明らかにすることを目的として実験を行った。彩色条件間、拡散反射率間、色相間のいずれの観点における比較結果も、H-K 効果が強く寄与する場合に予想される結果と一致していた。これらの結果は、色度情報による光沢感増大効果には、色度コントラストよりもH-K 効果が強く寄与することを示唆している。

今後の課題として、H-K 効果の寄与を輝度情報により代替表現できるかを検証すること、実物体のような自然な色分布を持つ刺激でも同様の結果が得られるかを検証することが挙げられる。

参考文献

- 1) 岡嶋 克典, 高瀬 正典: 色の光沢感と明るさ知覚の関係, 映像情報メディア学会誌 54 (2000) 1315-1318.
- 2) Nayatani, Y: Simple estimation methods for the Helmholtz-Kohlrausch effect, Color Res. Appl. 22 (1998) 385-401.
- 3) Hanada, M: Difference between highlight and object colors enhances glossiness, Percept. Mot. Ski. 114 (2012) 735-747.
- 4) Nimier-David, M., Vicini, D., Zeltner, T., and Jakob, W: Mitsuba 2: A retargetable forward and inverse renderer, ACM Transaction on Graphics 38(6):203 (2019).

複数の色で構成されたシーンにおける視認性 —文字色が視認性に及ぼす影響—

The Influence of Colors for a Word Discoverability

細淵みつき Hosobuchi Mitsuki 実践女子大学
榎 究 Kiwamu Maki 実践女子大学
瀧山楓 Takiyama Kaede 元実践女子大学

Jissen Women's University
Jissen Women's University
Jissen Women's University

Keywords: 発見時間, 視認性, 文字色

1. はじめに

色の目立ちについては、「誘目性」、「視認性」、「可読性」といった言葉で表現される特性について、これまでも研究が為されている。乾¹⁾は誘目性を「目的を持っていない人に対する人の目の引きやすさ」、視認性を「出現が予測されていたものに対して、存在が目認められやすい性質」、また可読性を「観察している文字の読みやすさ」と紹介している。本研究で扱う色の目立ちは、このうち「出現が予測されていたものに対して、存在が目認められやすい性質」に当たるものなので視認性と捉えることになるが、これまで研究されてきた視認性とは若干異なり、街中の看板群から、予め調べておいた店の看板を見つけるといったシチュエーションでの見つけやすさ、つまり「多数の視対象候補の中で存在が目認められやすい性質」を扱う。

とは言え、こういった様々なデザイン要素が複雑に絡み合った現実に近い状況で、色の効果を抽出するのは難しい。今回は、上記テーマでの研究の端緒として、白背景に2色の文字群で構成された単純なサンプルを用いて、色の効果を探った。

2. 3文字で構成される名前の探索実験

図1は、実験で使用した画像の一例である。実験では、ひらがな3文字で構成される名前を呈示した後、図1のような2色の文字で構成されるサンプルを呈示し、呈示した名前を発見するまでの時間を計測した。この発見時間を「多数の視対象候補の中で存在が目認められやすい性質」の反映と見なす。名前を1つ挙げておくことで文献²⁾に記載がある視野の中に、ただ1つ存在するという条件、予め出現が予想される状

況を作り出していることになる。

2-1. 実験概要

2-1-1. 呈示サンプルの作成

背景色を図2の白(W)とし、白以外の18色を2つずつ組み合わせた呈示サンプルを作成した。

まず、長方形のサンプル画面を縦横共に5つに区切った25個のエリアに区分したファイルをAdobe Illustratorを用いて作成した(図3)。視



図1 実験に使用した呈示画像の例

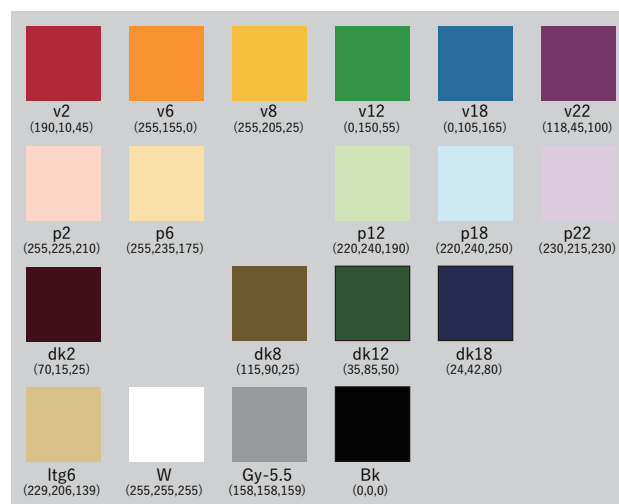


図2 呈示サンプルの構成色

線が集まりやすい四隅と中央を除いた 20 エリアに、インターネット上の名前ランキングを参照して収集したひらがな 3 文字の名前を男女 40 個ずつ計 80 個を配置した。その時、それぞれの名前が 20 のエリアに 1 回ずつ出現するように 20 枚のレイアウトを用意し、それぞれのレイアウトで、各エリアの左から 1 番目と 3 番目の色を色 1 で、2 番目と 4 番目を色 2 で塗るというように塗り分けた。

彩色は、図 2 の白 (W) 以外の 2 色の組み合わせとなり、 $18 \times 17 = 306$ パターンとする。その他、1 色時の視認性を確認するために、すべての文字色を統一した 18 パターンも作成したので、作成した呈示画像は合計 324 枚となった。

2-1-2. 実験手順

実験は、暗室内のカーテンで囲まれた W:2.4m × D:2.4m × H:2.4m のブース内に設置されたモニター (EIZO CX271-CN: 表示領域 W:597mm × H:336mm) に、1 枚ずつ画像を呈示して実施された。サンプルの呈示と発見までの時間計測にはオープンソースの実験環境アプリケーション Psychopy を使用している。

実験では、見つけて欲しい名前をモニターに呈示し、その後作成した画像を呈示する。被験者には名前を見つけた所で space キーを押してもらい、画像呈示からの経過時間を記録していく。これを 324 回繰り返す。5 回の短い休憩を含め、所要時間は 90 分程度であった。

実験協力者は、18 ～ 22 歳の女子大学生 20 名である。

2-2. 実験結果

2-2-1. 文字色が 1 色の場合

表 1 の左端に 1 色の文字で構成された呈示サンプルの 20 名の発見時間中央値を示している。一見して分かるのは、背景色である白 (W) との明度差が大きいほど発見時間が短いという単純な傾向は見られないということである。発見時間の長い下側 1/3 に、明度に大きな違いのある dk トーンもあれば p トーンもあり、最も明度差が大きい Bk も 8.8 秒と中位に留まっている。画面上での輝度 (Y) を計測し、発見時間との相関を計算したところ、0.13 を示すに留まった。これまで「出現が予測されていたものに対して、存在が目にも認められやすい性質」としての視認

	はるま ゆい つむぎ	かなた たくみ ひなの	ゆいと しおり	ひかり ななせ みさと	
ゆうな りつき かなと	あきと とうま のぞみ	あおと あな ももか	はやと たける すみれ	ゆいか えいた あおい	つばさ ほのか ひろき
かなな そなた たいが	りくと はるな あやと		ひまは あらた ゆうと	ひより さおり くるみ	ゆうま ひろと ひろと
そうし けいた ゆずは	あさひ いちは ななみ	えいた ゆづき なざき	かいと やまと いおり	あいら みゆき かえで	こはる いづき ゆうき
	こうた そうま こはる	みさき いづき さくら	はると あいら さくら		

図 3 呈示サンプルの名前配置エリア

性は、周囲との見分けが付く距離といった指標に基づいて明度差との関連が言われてきた訳であるが、多色の中での「目にも認められやすい性質」としては、背景との明度差を設けるという方略は相応しくないとえよう。

実際には、トーンの影響はそれなりに大きいようだ。今回のデータに於いて、v トーンは発見時間が 8.6 秒以下と短く、dk トーンは 8.5 秒以上と長めである。p トーンについては色相の影響が大きく、p2,6 については 7.7 秒以下であるが、p12,18,22 は 8.8 秒以上であり、大まかには色相の暖寒が関係していると言えそうである。無彩色については、Gy-5.5, Bk 共に 8 秒台と中間的な値を示した。

2-2-2. 文字色が 2 色の場合

(1) 発見時間の長短

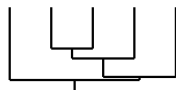
表 1 に、文字色が 2 色の場合の発見時間の中央値を示す。発見対象の文字の色を縦、組み合わせた文字の色を横に取っており、横方向に見て行くと、当該色の発見時間の長さが見て取れる。なお、類似傾向の色同士が近傍に位置することで解釈を容易にすることを意図し、表 1 の文字色は、クラスター分析^{注1}結果に基づいて文字色の順番を並べ替えると共に、文字色ごとに 4 つのクラスターを設定している。

組み合わせとしては 3.3 秒～ 18.7 秒まで分布したが、発見対象色毎の発見時間の平均は 7.0 ～ 11.7 秒に分布している。すべての色の組み合わせの中央値の平均を算出すると 9.6 秒となったが、この値は 1 色の時と大きくは変わらない。

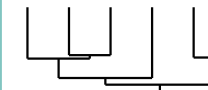
C1 に属する v2,Bk,dk18 は、多くの組み合わせにおいて発見時間は 9.6 秒より短い。もっとも誘目性の高い色である「赤」に優位性があると

表1 発見までに掛かった時間の中央値

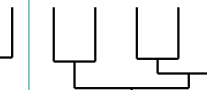
1色		組み合わせの文字色																					
色	発見時間	2色		v2	v18	dk8	dk12	p2	v8	v12	dk2	v22	p12	p18	v6	p6	ltg6	dk18	Bk	p22	Gy-5.5	平均	
v6	4.9	発見対象の文字色	v2		5.7	7.3	8.9	10.1	7.5	7.5	7.8	8.6	7.8	5.5	5.3	8.1	11.2	6.4	10.6	12.5	7.5	8.1	
v22	5.8		Bk	13.3	8.3	10.7	9.6	9.6	8.4	6.5	6.9	6.9	6.0	4.3	3.9	10.0	5.7	4.8		15.6	9.4	8.2	
v12	7.1		dk18	8.3	8.8	6.0	5.2	6.0	4.8	5.9	6.1	10.8	7.0	6.5	8.4	6.1	6.5		10.0	4.8	7.2	7.0	
p2	7.4		v6	9.2	13.3	11.0	11.2	9.7	7.2	6.4	9.5	6.5	9.8	10.0		13.2	14.2	16.4	18.7	12.7	9.0	11.0	
p6	7.7		dk8	12.4	13.3		14.5	13.9	8.8	8.3	5.3	4.6	9.1	8.0		11	12.7	11.0	9.0	9.8	7.0	7.5	9.8
v8	7.9		Gy-5.5	8.6	12.1	11.9	10.6	6.1	5.5	10.5	6.9	4.2	6.9	7.0		9.9	9.8	12.0	12.1	10.4	8.3	9.0	
Gy-5.5	8.1		v8	10.2	9.7	6.1	10.4	3.8		9.3	14.6	11.7	6.5	10.1		6.7	7.4	14.4	10.9	8.7	5.2	5.1	8.9
v18	8.4		p18	13.8	12.5	8.8	12.0	13.0	14.6	11.6	14	12.3	9.4		10.1	9.5	11.4	8.5	8.8	7.4	10.2	11.1	
dk8	8.5		dk2	12.2	7.9	5.6	6.6	8.8	10.6	8.3		8.8	6.9	8.4		10.7	6.5	10.7	10.0	8.6	7.7	10.5	8.8
dk2	8.5		dk12	11.1	7.0	6.4		10.7	9.1	10.1	13.3	13.4	8.7	8.0		12.0	11.3	8.7	8.0	10.3	7.4	7.0	9.6
v2	8.6		v22	9.8	9.9	9.5	9.1	14.3	9.5	11.3	8.9		12.6	15.6		8.6	6.1	7.9	12	3.3	7.8	11.0	9.9
Bk	8.8		p22	11.4	10.8	9.7	13.2	8.3	9.3	8.2	10.4	17.6	14	10.1		9.5	5.8	10.9	8.9	10.0		10.3	10.5
p12	8.8		ltg6	14.1	10.7	9.8	10.3	10.2	10.1	5.8	8.8	11.5	15.6	12.9		11.5	9.6		10.0	9.1	4.2	8.2	10.1
ltg6	9.3		v12	7.6	14	14.4	10.4	13.7	10.4		8.8	8.0	7.9	6.6		4.6	5.7	6.8	7.4	10.7	5.9	4.0	8.6
p22	9.9		v18	14.4		11.8	12.1	7.5	8.3	12.1	11.6	9.4	10.5	11.7		9.4	6.9	7.2	6.9	10.4	8.7	4.5	9.6
dk18	10.5		p2	11.0	11.1	10.5	16.1		11.1	12	14.3	10.1	12.6	6.8		6.8	7.8	7.0	7.8	7.6	11.0	8.2	10.1
dk12	11.1	p6	11.3	11.0	9.2	10.4	13.5	10.4	13.0	11.8	14.0	11.6	11.0		5.4		14.4	14.5	12.2	10	14.6	11.7	
p18	15.1	p12	6.8	11.6	10.4	11.7	11.3	8.2	12.8	13.7	13.5		14.7		13.0	11.4	14	8.1	7.3	13.6	16.0	11.7	
平均	8.7	平均	10.9	10.4	9.3	10.7	10.0	9.0	9.4	10.2	10.1	9.6	9.2		8.6	8.7	10.3	9.5	9.8	8.8	8.8	9.6	



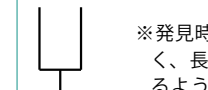
C*1



C*2



C*3



C*4

※発見時間が短いほど赤を濃く、長いほど青が濃くなるようにグラデーションを施している。

※表外に、2色時のクラスター分析で得られたデンドログラムを付加している。

いうことは、1色の場合には中位であったことと
考え併せると、誘目性の高さにより組み合わせ
た色より目が行きやすいことが関連していると
推察される。同様に1色の場合には中位～下位
に位置していた「黒」「ダークブルー」に優位性
があることは、これらが背景色である白との明
度差が最も大きい色であることから、他色より
もコントラストの面で優位にあることとの関連
を示唆している。

一方、C4に属するp6,p12は、多くの色との
組み合わせで9.6秒以上の値を示している。また、
平均が10秒以上となった発見対象文字の7色
にpトーンの5色がすべて含まれていることか
ら、他色と組み合わせることにより、薄い色
に目が行きづらくなる効果が生じたと考えられ、
ここでも、背景色との明度差が関わっている可
能性を指摘できる。

C2はv6とdk8というY～YR系の中・低明度
色と中灰色Gy-5.5で構成されている。これらは、
C*2とC*4の色との組み合わせで発見時間が短

く、C*1とC*3の色との組み合わせで長い。C*3
については、dk18とBkというすべての色に対
して強いと判断された色以外は、v6, p6, ltg6と
いうYR系の3色である。YR系の色には、何ら
かの共通性があるのかもしれない。

C3では、C*4以外にC*3との組み合わせで発
見時間が短いことが多いが、そこに属する色に
明確な傾向を見いだすことは難しい。

(2) 構成する2色とも発見時間が短い組み合わ
せ

カレンダーソフトでの発見しやすさなどを考
えると、2色の一方が発見時間が短くても、もう
一方が長いのでは不都合である。両方が短い組
み合わせが存在するのか探ることにした。

表2は、組み合わせた文字のどちらもが平均
である9.6秒より短い組み合わせを表している。
縦・横の色の順番は同一であるので、左上が空
白、右下の三角形の領域に○が集中しているの
は、上から下（もしくは左から右）に向かって、
多くの色と組み合わせても発見が速いという性

表2 双方の構成色共に、発見しやすい組み合わせ

		組み合わせの文字色																		個数
		p6	v18	dk12	ltg6	p22	p18	p2	Gy-5.5	v6	p12	dk2	v22	v2	dk8	v8	v12	Bk	dk18	
発見 対象 の 文 字	p6																			0
	v18																		○	1
	dk12																		○	1
	ltg6																○	○		2
	p22															○	○		○	3
	p18														○			○	○	3
	p2																	○	○	3
	Gy-5.5													○		○				3
	v6													○	○		○	○		4
	p12													○		○		○	○	4
	dk2													○		○		○	○	4
	v22													○	○			○		4
	v2																	○		5
	dk8																			5
	v8																			6
	v12																			6
Bk																			7	
dk18																			9	
個数		0	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	7	9	

質を持つことを表していると言える。

v トーン、dk トーンは、v18 と dk12 を除けば下側の 10 個に入っているのに対し、p トーンの色はすべて上側の 10 個に入っている。トーンの影響が大きいと言えよう。ltg6 も上から 4 番目であるし、薄い色は組み合わせた色より目立ちづらくなりがちなのが効いている。

3. おわりに

3-1. まとめ、ディスカッション

3 文字の名前を 80 個の候補から発見するという課題を実施した。その結果、名前を同一の色とした場合、v トーンの色で発見時間は短く、dk トーンで長く、p トーンは色相の暖寒で差が出た。発見時間を認められやすい性質と考えた場合、大まかには誘目性に当たる性質が関与していると考えられる。

一方、2 色とした場合はそれと異なり、v2, Bk, dk18 を発見する場合短く、p6, p12 を発見する場合は長いとの結果が得られた。その他の色に於いて、色相とトーンの影響は、どちらかが強く出ることがあり、定式化は現段階では難しそうであった。なお、2 色の組み合わせで、どちらの色も発見しやすいものは、主にトーンの影響を受け、v トーン、dk トーンの色で多くなる傾向が見られた。

このように、これまでに検討されてきた視認

性と、多色の中での視認性は異なる可能性が見えた。本論文では、「出現が予測されていたものに対して、存在が目認められやすい性質」という定義の下で、どちらにも視認性という言葉を与えてきたが、英単語を当てはめるとすれば、visibility と discoverability 辺りが適当であろうか。日本語としても、別の名称を与える必要があるかもしれない。

3-2. 今後の課題

今後は、色相とトーンの効果が入り交じっている所を分離する為に、色の組み合わせを増やした実験の実施が考えられる。また、カレンダーソフトや、看板のある街並みなど、現実性があるところで実施すると、必ずしも高彩度色の看板としなくとも、発見しやすいものにできるといったことを見いだせる可能性も期待できる。

注釈

注 1) 表 1 の空白となっている部分に平均値である 9.6 秒を代入してクラスター分析を実施しているため、クラスター結果は参考である。

参考文献

- 1) 乾正雄. 建築の色彩設計, 鹿島出版会, 1976
- 2) 日本色彩学会編. 新編 色彩科学ハンドブック【第 3 版】, 東京大学出版会, 2011

日本人大学生における「2020年」を色で表現に関する調査

A survey of Japanese University students on the expression of “2020” in Colors

裴 湖珠

Hojoo Bae

信州大学大学院

Shinshu University

Keywords: 2020, 色彩心理, 色彩嗜好, 感性情報

1. はじめに

感情の表現では「色」は感情の言語的な表現を視覚情報として伝達する媒体でもある。自分の先行研究は、日本語の表現単語で「わくわく」を選択し、「わくわく」感が持っているイメージを色で表現するときどのような色彩と形で表現されるのか、国別、地域別に差は現れるのか等々文化の違いを調べ共通点と相違点を調べた。この研究の目的としては、機械的な産業が発達すればするほど人に対する研究が必要であり、人間の感性を知る研究が重要で本来持っているわくわく感が持つ感情の普遍的で客観的に表す資料を提案する事であった。2017年から研究を進めていく中で2020年(令和2年)は、世界的に大きな変化をもたらした年であった。特に社会的不安要素として「COVID-19」は最も私たちの生活に多く変化をもたらした。トラウマティック・ストレス学会誌第18巻、第1号の資料では以下のように述べている。「COVID-19が人々に与える打撃は計り知れない。心理的・社会的・経済的打撃は、精神疾患、自殺、ドメスティック・バイオレンス、小児や高齢者への虐待の増加につながるであろう。そして、差別・中傷に対する心的影響、悲嘆の課題も死者増加に従い、より深刻化することが懸念される。」[重村淳, 高橋晶, 大江美佐, 黒澤美枝, 2020, p: 7] 本研究の目的には色を用いることで2020年の捉え方を包括的に探ることができる研究で視覚情報とは異なる画像的なものと関連しているかどうかはまた、肯定的な言語を色で表現したときの結果とどのような関係性を持っているのかについて比較研究をしてみた。イメージする色が言葉でも年でも連想する場合にはどのような色で表現し、どのような傾向をもたらすのかを調べてみた。

2. 実験・分析方法

分析の対象としては、日本の長野県に所在する学校の学生を中心にアンケート調査をした。

2.1 対象者

男性: 110名・女性: 220名 総合 330名

2.2 対象者年齢

18歳~24歳まで

2.3 色鉛筆&紙

色の選択理由には一般的に使う12色の色鉛筆を選択した。使用した12色は①赤色 (Red=RD), ②ピンク色 (Pink=PK), ③黄色 (Yellow=YE), ④オレンジ色 (Orange=OR), ⑤水色 (Light blue=LB), ⑥青紺色 (Prussian blue=PB), ⑦黄緑色 (Apple Green=AG), ⑧緑色 (Sap Green=SN), ⑨茶色 (Venetian Red=VR), ⑩濃い茶色 (Van dyke brown=BN), ⑪白色 (White=WT), ⑫黒色 (Black=BK) であり、今後色は図の中での表記はカラー英語表記の省略(2文字)及び数字で表記をする。

使用した色鉛筆: Uni water color 12 MITSUBISHI PENCIL

(801, 824, 807, 813, 826, 847, 851, 870, 867, 890, 876, 899番を使用)

参考: https://catalog.mpuni.co.jp/index_h5.html#201

紙: A4サイズの無彩色紙を使用

2.4 調査実施期間

2020年12月

2.5 アンケートの質問項目

(1:性別 2:年齢 3:職業 4:現住所 5:「わくわく感」を絵で描いて下さい。6:「わくわく感」色を下の□に1番目から3番目まで塗って下さい。7:「2020年」としたら連想する色を下の□に1番目から3番目まで塗って下さい。(塗るが出来ない場合色の番号で教えてください。)の項目で調べる。

3. 分析結果

3-1. 人数の総合的に一番選ばれた色

総合的に一番選ばれた色は「黒色」であった。上位3つは、①「黒色 28%」②「赤色 24%」③

「白色 14%」であった。無彩色（男性は 48%，女性は 32%）が多くを占めることが明かになった。

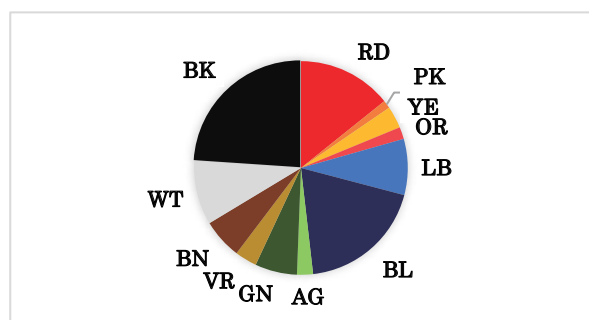


図1 人数の総合的に一番選ばれた色

3-2. 性別

性別で一番多く選ばれた色は男性が「黒色」，女性は「青色」であった。男性の場合，上位3つは，①「黒色 28%」②「赤色 24%」③「白色 14%」で，女性の場合は①「青色 24%」②「黒色 22%」③「水色 11%」④「赤色 10%」であった。男女共に，無彩色（男性は 48%，女性は 32%）が多くを占めることが明かになった。特に，無彩色の傾向は，女性より男性のほうが圧倒的に多かった。

表1 色と性別の人数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
男	26	0	4	2	4	11	2	5	4	6	15	31	110
女	21	4	7	4	24	52	6	16	7	14	17	48	220

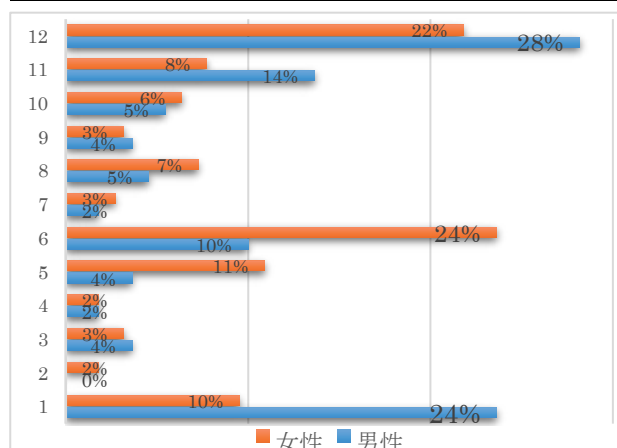


図2 色と性別の%率

3-3. 選んだ色順

3色を順番で塗るようにお願いした事で男性の場合は「⑩濃い茶色—⑪白色—⑫黒色」が5人，「⑫黒色—⑪白色—⑥青紺色」が4人，「①赤色—⑫黒色—⑪白色」が4人一致した。

3-4. 色相と関係

今回の調査では色の三属性では色相を基にして分析を行った。しかし，やはりトーンにも関係をもたられていることが分かる結果が示されている。有彩色では，赤色は男性に，青色は女性に

多く見られた。理由としては，マスコミに露出された「新型コロナウイルス」の視覚的な映像により，赤色とオレンジ色を連想するケースが多く，女性の場合はそのまま見える視覚情報ではなく，感情的な表現で暗く濃い色を選択することが多かった。

「ワクワク」感での研究でも男性と女性の表現方法の差が見られた特徴を，ここでも再確認することができた。男性の場合は，視覚に認識した形の色で表現する傾向が多く，女性の場合は物体ではなくイメージ的な色を選択する傾向が多いことが分かった。今回、無彩色と低彩度，低明度の色が選択された理由で社会的な理由が反映されていると推測ができる。ワクワク感という肯定的なテーマでの研究では暖色で高彩度，高明度が多く選択された事に比べて 2020 年のイメージでは比較できる用事が多い結果になった。

4. 考察

今回のアンケート調査では，日本人の大学生を中心に調査をしたが，今後は一番近い国である韓国の学生を対象にして調査する予定で日韓の若者に「2020 年」を思い浮かべる色に対して共通点や異同点を調べて，両国の理解を深めていく資料を念頭に研究を深めていくこと課題にする。

参考文献

- 1) 大森のどか，和田由美子：色彩嗜好と色彩の心理効果の性差，健康科学大学紀要第5号，p67-76, 2009
- 2) 木村敦，和田有史，野口薫：感情効果の類似が形と色の調和的關係に及ぼす影響，デザイン学会 52 巻 6 号，p1-8, 2005
- 3) 木村敦：形能色彩の心理学的属性と感性効果についての検討，日本心理学会 第 66 回大会発表論文集，2002
- 4) 裴湖珠：「わくわく」感を色彩で表現する事に対する研究，日本色彩学会誌，42 巻 3 号，2018
- 5) 裴湖珠，佐々木千加：「ワクワク」感を描画色彩表現に関する研究-日韓大学生の比較-，日本色彩学会誌，43 巻 3 号，2019 p178
- 6) 裴湖珠：「ワクワク」感の色彩描画表現に関する研究-日中大学生の比較-，日本色彩学会誌，44 巻 3 号，2020
- 7) 重村淳，高橋晶，大江美佐，黒澤美枝，COVID-19（新型コロナウイルス感染症）が及ぼす心理社会的影響の理解に向けて，トラウマティック・ストレス，18 巻 1 号，p1-8 2020. 6
- 8) カラー英語表記の省略（2 文字）参考：
https://w-memo.com/color_3/

顔の肌明るさ感に関わる画像特徴を見出す心理物理学的逆相関法 -ノイズの種類の影響に着目して-

Psychophysical reverse correlation methods to extract image features related to facial skin lightness perception -effects of noise types-

永井 岳大 Takehiro Nagai 東京工業大学
岡田 拓也 Takuya Okada 東京工業大学
小曾根 千穂 Chiho Kosone 東京工業大学
西野 顕 Ken Nishino 花王株式会社
沖山 夏子 Natsuko Okiyama 花王株式会社

Tokyo Institute of Technology
Tokyo Institute of Technology
Tokyo Institute of Technology
Kao Corporation
Kao Corporation

Keywords: 顔印象, サブバンドコントラスト, PS 統計量, 心理物理学的逆相関法.

1. はじめに

ヒトは顔の視覚情報から性別, 魅力度など様々な情報を得ている. 画像特徴と顔印象の関係に関する研究は長年行われており, 例えば, 唇の色と肌の明るさ感の関係¹⁾など多くの報告がある. このような顔印象に関わる画像特徴を調べる手法の一つに心理物理学的逆相関法(以下, 「逆相関法」と記す)がある. 逆相関法では, 画像にランダムなノイズを付加した際の知覚変化を統計的に解析することで, 知覚と相関する画像特徴を調べる. 逆相関法には, 顔画像のような, 知覚に影響する画像特徴について明確な仮説を立てることが難しい場合が多い自然画像に対しても, 事前仮説を必要とせず実験できるという大きな利点がある.

しかし, 従来の逆相関法では得られる結果に制限が生じる恐れがある. 従来の逆相関法でノイズとしてよく用いられるホワイトノイズやピンクノイズは, 様々な空間周波数成分を含むため画像を多様に変化させうる一方で, 画像特性やヒトの視覚特性が考慮されずにピクセルごとに輝度値を単に加減算するため, 画像の一次統計量(平均輝度)以外の特徴変化に乏しい. そのため, 研究対象とする課題によっては, 抽出される画像特徴が一次統計量に偏る可能性が十分考えられる.

ところで, ヒトの初期視覚視野では, 平均輝度だけではなく, コントラストや方位などの情報が明示的に表現されていることを考慮すれば, それらを直接操作するノイズの方が逆相関法への適用した際の知覚変化への影響が大きく望ましい

可能性がある. そこで本研究では, 視覚系の特性を考慮したノイズを用いた逆相関法を提案し, 顔肌の明るさ感を課題として, 実験から抽出される画像特徴に, 逆相関法で用いるノイズによりどのような違いが生じるかを検討する.

2. 提案手法で用いるノイズ

本研究では, 1. サブバンドノイズと 2. PS 統計量ノイズを用いた 2 種類の逆相関法を提案する. 以下に, それぞれのノイズの概要を示す.

2.1. サブバンドノイズ

ヒトの初期視覚野では網膜像が空間周波数サブバンド情報に分解される. そこで, 顔画像を空間周波数サブバンドに分解し, 局所的にコントラストを増減させるノイズを用いることにした. 具体的な刺激生成手順は以下の通りである.

まず, 元の顔画像の輝度成分を, FIR フィルタを用いて 5 種類のサブバンド画像に分解する. 合わせて, これらのサブバンド画像に対して空間的にランダムに強調・減衰を行う「ノイズ強弱パターン」を作成する. このノイズ強弱パターンは, 顔画像と同じ大きさのホワイトノイズに対して, ローパスフィルタを適用することで生成された.

次に, サブバンド画像のコントラスト変調を行う. このコントラスト変調は各サブバンド画像とそれに対応するノイズ強弱パターンをピクセルごとに乗算することで実現する. これにより, ノイズ強弱パターンのピクセル値が正であると, そのピクセルのサブバンドコントラストを強調, 反対に負であると減衰させることになる. このコントラスト変調された画像をサブバンドノイズと呼び, サブバンド数である 5 種類作られた.

最後に、サブバンドノイズと原画像の輝度成分を足し合わせた後に、原画像の色度と合成することで、刺激画像を作成した。これにより、周波数サブバンドごとにランダムな位置のコントラストが増減された画像が作成される。サブバンドノイズにより作成された刺激画像の例を図1に示す。

2.2. PS 統計量ノイズ



図1 サブバンドノイズから生成された刺激画像の例



図2 PS 統計量ノイズから生成された刺激画像の例

PS 統計量とは Portilla & Simoncelli (2000) ²⁾ によって提案された高次画像統計量である。PS 統計量は、対象となる画像を様々な空間周波数・方位成分にピラミッド分解した結果に基づいて計算される、異なる空間位置、方位、空間周波数間の相互相関や、各方位・周波数における自己相関など、多数の統計量から構成される。自然画像と PS 統計量を一致させるように合成したランダム画像は、その自然画像と類似した印象を持つことが知られている。さらに、PS 統計量により表現される画像特徴は、ヒトの V1 や V2 といった初期視覚領野での画像表現に対応することが示されている ³⁾。そこで、PS 統計量に基づいたノイズ画像を作成することにする。

提案手法では、5 種類の空間周波数、6 カテゴリからなる、全 30 種類の PS 統計量を用いる。なお、これらの各 PS 統計量はそれぞれ、空間位置や方位などが異なる多数の統計量から構成される。その上で、顔画像から抽出した PS 統計量を、ホワイトノイズ画像の PS 統計量と線形に合成することによって、「統計量ノイズ」と呼ばれる刺激画像に付加するノイズ画像を作成する。

具体的なノイズ画像生成手順は以下のとおりとなる。はじめに、顔画像の Y (輝度) 成分と、それと同じ大きさのホワイトノイズ画像のそれぞれから、PS 統計量を算出する。次に、PS 統計量のうちいずれか 1 種類に関して顔画像由来の統計量とホワイトノイズ由来の統計量を線形加算する。その後、この線形加算後の PS 統計量を目標としてテクスチャ合成を行った。このテクスチャ合成では、元の顔画像の輝度成分を初期値と

して逐次計算を行い目標とした PS 統計量を持つ画像を作成した。その結果、PS 統計量のうち 1 種類のみがホワイトノイズ由来のものに近づいた画像が得られる。この画像と元の顔画像の輝度成分との差分を「PS 統計量ノイズ」と呼ぶ。PS 統計量ノイズはピクセルごとに正負両方向の値を持つ画像であり、統計量の種類によって周波数、方位、コントラストなどが異なる。この手続きを、全 PS 統計量に対して行ったため、統計量ノイズは全部で 30 種類作成された。

最後に、サブバンドノイズと同様に、ノイズ強弱パターンにより 30 種類の PS 統計量ノイズと原画像の輝度成分を足し合わせ、その後に原画像の色度成分と合成することで、刺激画像が生成された。PS 統計量ノイズにより作成された刺激画像の例を図2に示す。

3. 実験方法

本研究では、ピンクノイズ、サブバンドノイズ、PS 統計量ノイズの 3 種類のノイズから作成された画像を用いて、顔の肌明るさ感に関する心理物理実験を行った。実験手続きはノイズによらずほぼ同様であったため、以下にまとめて記載する。

3.1. 被験者と実験装置

ノイズの種類ごとに異なる被験者 4~5 名ずつが実験に参加した。全員が 20 歳代の大学院生であり、視力または矯正視力は正常であった。

実験刺激は、簡易暗室内に設置された液晶ディスプレイに呈示された。被験者の頭部はディスプレイとの視距離が 57 cm となるように顎台で固定され、両眼で刺激を観察した。被験者は応答にテンキーを用いた。また、実験の手続きは全て MATLAB と Psychtoolbox3 により制御された。

3.2. 実験刺激

全ての実験刺激は 4 種類の顔画像に基づいて作成された。これらの顔画像はいずれも 2 名の女性の顔画像の平均顔として作成されたものであった。これら 4 種類の顔画像に対し、ピンクノイズ、サブバンドノイズ、PS 統計量ノイズのいずれかを適用して実験刺激画像を作成した。なお、いずれのノイズにおいても、刺激は試行ごとにランダムなノイズに基づき生成された。

3.3. 実験手続き

実験は、サーストンの一対比較法に基づいて行われた。各試行では、ディスプレイ中央に同じ顔

画像に同種のノイズを適用して作成された2枚の刺激画像が左右に並べて呈示された。被験者は「左画像と右画像のどちらの肌がより明るく見えるか」を判断し、テンキーを用いて二肢強制選択により応答した。

1つのセッションでは、4種類の顔画像それぞれに対し25試行ずつ、計100試行が行われ、同一種類のノイズのみが用いられた。各ノイズの種類ごとに、20セッション（計500試行×4顔画像）の実験を行った。なお、この試行数は、従来の逆相関法において各被験者が数千試行を行っていた従来研究よりも少ない試行数であった。

3.4. 解析

解析方法は大きく分けて2種類であった。ここではその概略を述べる。1種類目は単純な加算平均を用いる手法である。この手法では、被験者が「より明るい」と応答した画像群（明応答群）と、応答されなかった画像群（暗応答群）について、単純に輝度画像やノイズ強弱パターンを加算平均する。明応答群と暗応答群の加算平均画像を比較することにより、被験者が肌明るさ判断に用いた画像の部位や、被験者が明るい肌と判断する際の顔の特徴を定性的に可視化することができる。

2種類目は、刺激画像統計量に基づくロジスティック回帰分析を用いる手法である。この手法では、まず実験の各試行において用いられた顔画像刺激から画像統計量を抽出する。例えば、顔画像を目や鼻などのパーツに分割あるいはメッシュ状に分割することで、局所的な画像統計量を算出することができる。続いて、それらの画像統計量を説明変数、被験者の応答（右と左の画像のうちどちらの肌が明るく知覚されたか）を説明変数としたロジスティック回帰分析を行うことにより、回帰モデルの決定係数や各画像統計量の回帰係数から、顔画像統計量と肌明るさ感判断の対応関係の強さを求めることができる。

4. 実験結果1：単純加算平均

ピンクノイズ実験では、単純に明応答画像群と暗応答群のノイズ画像の試行間平均を求め、その平均画像について明・暗応答群間で差分を算出した。その結果を図3に示す。差分値が正の（明応答群の輝度が高い）ピクセルを赤で、負のピクセルを青で示し、顔画像に重ねてある。この図では、額や頬がわずかに赤っぽく、それらの領域の輝度に基づいて被験者が応答した傾向が伺えるものの、明確な傾向を見出すのが困難である。

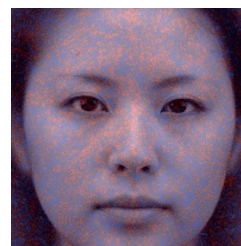


図3 ピンクノイズ刺激の加算平均

同様に、サブバンドノイズ実験においても、ノイズ強弱パターンについて同様な解析を行った。ノイズ強弱パターンは5種類の空間周波数バンドに対して別々に作成されたため、それぞれの空間周波数バンドにおいてノイズ強弱パターンを明応答群、暗応答群の刺激画像間で平均し、その差分を算出した。例として2バンドについての結果を図4に示す。この図でも、差分が正の（明応答群でコントラストがより強く強調されている）ピクセルを赤で、負のピクセルを青で示している。目元の領域が赤くなっていることから、目元の明瞭さやコントラストが肌明るさ知覚に影響する可能性を見出すことができる。

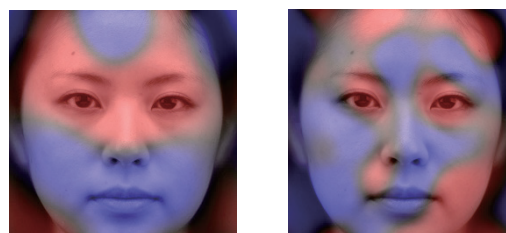


図4 ノイズ強弱パターンの加算平均
(サブバンド周波数：左 13.5 cpi, 右 26.9 cpi)

5. 実験結果2：ロジスティック回帰分析

ピンクノイズ実験とサブバンドノイズ実験においては、目、鼻、頬などの13種類の顔パーツ領域を定義し、各領域内での平均輝度とサブバンドコントラストを説明変数としてロジスティック回帰分析を行った。その結果、ピンクノイズ実験の結果では、頬や額の平均輝度の回帰係数が大きかった。これは、ピンクノイズ実験では、肌の物理的輝度に基づいて肌明るさが判断されたという真つ当な知覚戦略を示唆している。一方、サブバンドノイズ実験では、図4から予想されるように目周辺のコントラストの回帰係数が大きかったが、それに加え鼻や眉のコントラストの係数も大きかった。しかし一方で、平均輝度の回帰係数は顔領域によらず非常に小さかった。

一方、PS統計量ノイズ実験では、顔画像を8×8のメッシュに分割した上で各メッシュ内の平

均輝度とサブバンドコントラストを画像統計量として算出した。その回帰係数をカラーマップとして可視化した結果を図5に示す。赤色が正（統計量と肌明るさ感が正に相関）、青色が負の係数を示す。この結果では、ピンクノイズ実験とサブバンドノイズ実験と共通した特徴が見て取れる。例えば、頬と額の平均輝度、鼻や目の低周波サブバンドコントラストが肌明るさ感と正に相関した。一方、高空間周波数のサブバンドコントラストが肌明るさ感と負に相関するというPS統計量実験に独自の傾向も見られた。

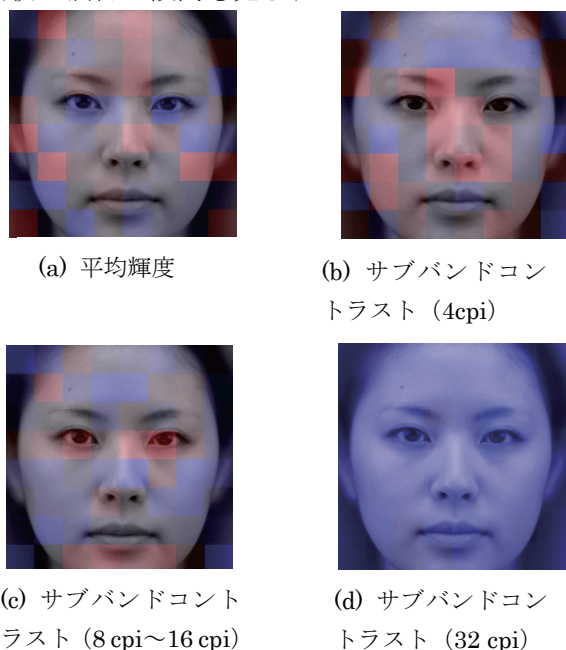


図5 PS統計量ノイズ実験の回帰係数

6. 考察

ピンクノイズ実験では、肌の平均輝度のみが肌明るさ感と相関した。これは、ピンクノイズでは主に局所的な平均輝度が加減算されるのみである上に、実験課題も肌明るさ感という平均輝度に直結しやすいものであったことが原因であろう。一方、サブバンドノイズ実験では、目などのパーツのコントラストが肌の明るさ感と相関した。この錯視的な相関は、瞳の輝きが肌の明るさ感に影響することを示した従来研究⁴⁾とも整合しており、妥当な結果と言える。また、目だけではなく鼻や眉など他のパーツのコントラストも肌明るさ感と相関しており、顔印象に関わる新たな画像特徴の発見につながる可能性がある。これらの結果は、ピンクノイズを用いた従来手法のみでは肌印象に関わる画像要因を取り逃す可能性があり、それに対しサブバンドノイズを用いる手法が相補的な役割を有することを示している。

さらに、PS統計量ノイズを用いた実験からは、ピンクノイズ実験における肌平均輝度の効果とサブバンドノイズ実験における目元や鼻筋のコントラストの効果が一挙に抽出できていることがわかる。これはPS統計量が単純線形フィルタやそのエネルギーなど様々なレベルの情報処理を含んでいることに起因すると考えられる。ただし、PS統計量で刺激を生成したにも関わらず、解析が単純画像統計量に依拠していたため、高次統計量の役割を検討するためには解析にもう一段の工夫が必要となるだろう。

7. おわりに

本研究では、顔印象に関わる画像特徴について、逆相関法から従来よりも多様な特徴を抽出することを目指して、サブバンドノイズとPS統計量ノイズを用いる逆相関法を提案し、顔の肌明るさ感と関連する画像特徴の抽出を試みた。その結果、従来手法であるピンクノイズを用いた逆相関法では肌平均輝度の影響しか抽出できないのに対し、サブバンドノイズやPS統計量ノイズを用いることで、顔パーツのコントラスト等による錯視的な肌明るさ感との相関関係を抽出できた。顔画像のような自然画像の知覚に関わる画像特徴を見つけるスクリーニング手法として、本研究で提案したヒト視覚系の特性に基づく逆相関法は有用な手法である可能性があるだろう。

参考文献

- 1) Y. Kobayashi, S. Matsushita, and K. Morikawa: Effects of lip color on perceived lightness of human facial skin, *i-Perception*, 8, 4, (2017) 1-10.
- 2) J. Portilla, and E. P. Simoncelli: A parametric texture model based on joint statistics of complex wavelet coefficients, *International Journal of Computer Vision*, 40 (2000) 49-71.
- 3) J. Freeman, C. M. Ziemba, D. J. Heeger, E. P. Simoncelli, and J. A. Movshon: A functional and perceptual signature of the second visual area in primates, *Nature Neuroscience*, 16 (2013) 974-981.
- 4) K. Nishino, N. Okiyama, T. Imai, and Y. Inoue: Discovery of dramatic makeup effects by eyelash curling based on psychophysical techniques -sparkling eyes are fascinating-, 第83回 SCCJ 研究討論会 (2018).

コーヒーカップの色が消費者の心理に及ぼす影響 ～ペール・ビビッド・ダークトーンおよび無彩色の場合～ Psychological effect of the color of the coffee paper cup for the customer

富田圭子	Keiko Tomita	近畿大学 農学部	Kindai University
田中里枝	Rie Tanaka	近畿大学 農学部	Kindai University
橋本京佳	Kyoka Hashimoto	近畿大学 農学部	Kindai University
安岡美総	Misato Yasuoka	近畿大学 農学部	Kindai University

Keywords: おいしさ、コーヒーカップ、紙コップ
消費者

1. はじめに

コーヒーは世界中で多くの人々に親しまれている飲料である。コーヒー需給表をみると、日本の国内コーヒー消費量は、1996年に約35万トンであったのに対し、2019年には約45万トンにも増加している¹⁾。さらに、2002年と2018年のコーヒーの1人1週間当たりの飲杯数を比較すると、前者・後者の順に10.03杯・10.62杯と上昇している。内訳をみると、インスタントが4.29杯・3.92杯、レギュラーコーヒーが3,22杯・3.69杯、リキッドが0.74杯・1.54杯、缶コーヒーが1.77杯・1.47杯であり、時代により嗜好に変化が生じている¹⁾。さらに、飲用場所をみると、喫茶店やコーヒーショップの飲杯数に年次変化はほとんどみられないが、家庭、レストラン・ファストフード、職場・学校、その他（自販機・乗物等）の杯数が増加しており、特にその他の項で増加率が高かった¹⁾。この増加原因のひとつが、コンビニエンスストア（CVC）等のカウンターコーヒーの利用拡大であり、大手CVCが展開するセブンカフェの売上杯数をみると、2013年1月の約4.5億杯から2018年の約11億杯と2倍以上に増加している。このように、テイクアウトで、いつでもどこでも持ち歩いて楽しめるスタイルは、現代人

の嗜好に合致しているといえる。

一方、食器は料理の衣装であるといわれるように、おいしさを演出する重要なアイテムであることから、飲物の味や香りとパッケージの色との関係が、調査・報告されている²⁾。しかし、テイクアウトコーヒーのディスプレイカップの色彩研究はほとんど見られない。コーヒーは苦味、甘味、酸味といった味に加え、香り、コク、キレ等といった多様な味わいをもつ飲料であり³⁾、コーヒブレイクという言葉にみられるように、気分転換等を促す飲物であることから、より快適なコーヒライフを演出するための色の可能性を明らかにする必要があると考えられる。昨今では、SDGsの推進を図る為、脱プラスチックによる紙カップへの移行が積極的に進められているが、材質の工夫から一歩進め、おいしさの演出を行うための色の特徴を明らかにすることを目的に調査を行うこととした。

2. 方法

(1) 試料画像作成

デジタル一眼レフカメラ（Nikon B700）を用い、ホワイトバランスを昼光色に設定し、24色（pale:2,8,10,12,18,22, vivid:2,5,8,10,12,18,22, dark:2,8,10,12,18,22, Bk,Gy:3.5,5.5,7.5, W）の配色カード（日本色研:PCCS Harmonic Cards 201）をD65条件下（標準光源装置 Macbeth Judge II（X-rite 製））で撮影した。撮影した配色カードを、LCD画面上に投影し、カラーチェッカー（X-rite 製）と adobe photoshop elements 2018 を用いて、RAW補正を行った。その後、色彩輝



図1. 紙コップ
(色変換前画像)

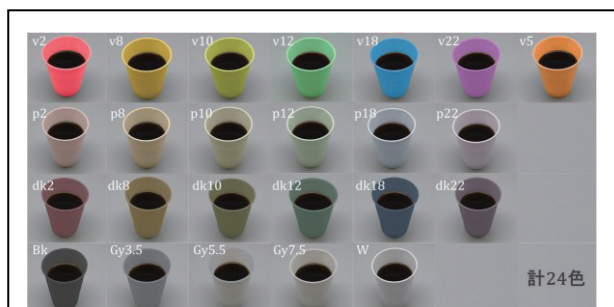


図2. 調査に用いた24色のコーヒーカップ画像

表1 因子分析結果

形容詞対	1	2	3	4
おいしそう - まずそう	0.913	0.102	0.271	0.229
好きな嫌いな - 嫌いな	0.909	0.083	0.260	0.146
購買意欲のわく - 購買意欲のわかない	0.881	0.112	0.293	0.191
健康な - 不健康な	0.789	0.114	0.033	0.247
うまい味のある - うまい味の無い	0.757	0.232	0.280	0.430
スタイリッシュな - 野暮ったい	0.647	0.025	0.388	-0.301
フルーティーな - フルーティでない	0.026	0.821	-0.383	0.297
華やかな - 質素な	-0.023	0.788	-0.044	0.162
甘味ある - 甘味のない	0.109	0.784	-0.444	0.447
季節感ある - 季節感のない	0.383	0.642	-0.016	0.311
濃い - 薄い	0.316	0.017	0.811	0.109
渋みある - 渋みのない	0.089	-0.460	0.680	-0.132
苦味ある - 苦味のない	0.074	-0.641	0.673	-0.236
コクのある - キレのある	0.176	0.231	0.027	0.853
温かい - 冷たい	0.470	0.443	0.038	0.703
累積寄与率 (%)	31.5	54.1	62.6	69.3
固定値	4.723	3.399	1.276	1.004
α 係数	0.903	0.782	0.649	0.567

度計(CS-160, KONICA MINOLTA)で色度座標を測定した(A 値)。次に、市販の紙コップにブラックコーヒーを注ぎ(図1)、配色カードと同様 D65 下で撮影した後、LCD 画面上に投影し、adobe photoshop elements 2018 を起動して、フィルターの palette chagecolor を用いて紙コップ部分のみを 24 色に色変換し、色度座標を測定した (B 値)。A 値と B 値の差が 5% 以下になるまで調整し、24 色の紙コップ画像を作成した(図2)。尚、作成した画像上のトレイの色と配色カードの色は目視でも確認した。

(2) 紙コップの色彩印象調査の方法

2020 年 9 月～10 月にかけて、女子大学生 30 名 (21.4±0.7 歳) を対象にアンケート調査を行った。調査内容は属性、色の好み、飲食後経過時間、コーヒーに関する調査(嗜好度・摂取頻度・飲用理由等)、不定愁訴(5 件法)および 21 形容詞対を用いた 7 段階 SD 法によるトレイの色のイメージ調査等からなる。まず、(1)で作成したコーヒーカップ画像を LCD 上に 1 枚ずつ投影し、個々のコーヒーカップごとの印象調査を行った。尚、LCD 画面上部にはカバーをかけ、部屋の蛍光灯照明が直接画面にあたらないようにした。画面上のコーヒー画像の縮尺率は 140%、調査した部屋の照度・温度・湿度はそれぞれ 350±8.35 lx、23.9±1.8 °C、61±13.0 %であり、喫食室にふさわしい条件であることを確認した。

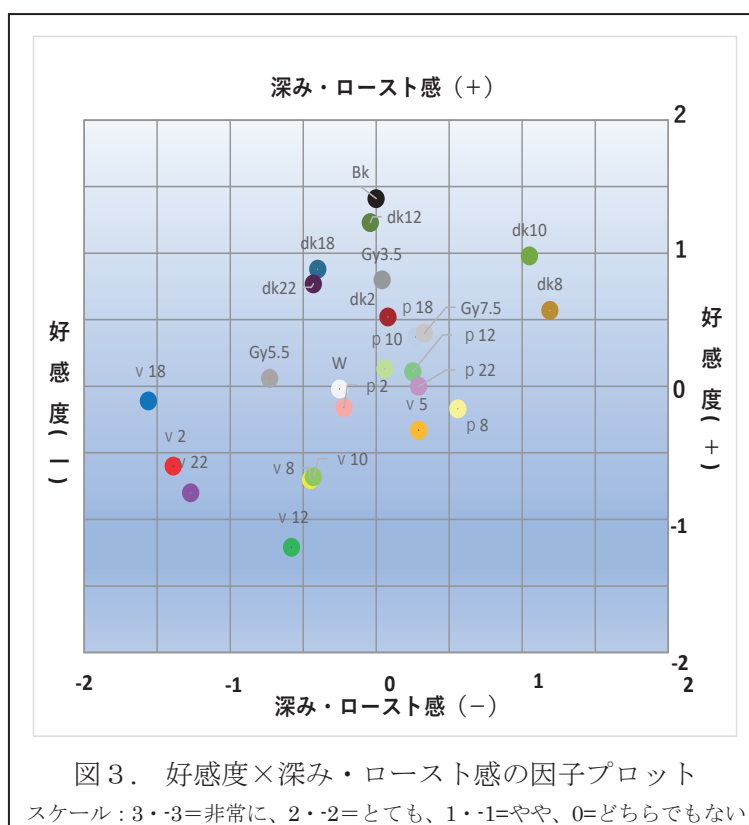
3, 結果および考察

21 形容詞 7 段階 SD 法の調査で得られた結果をイメージプロフィールに示したところ、「おいしそう」「購買意欲のわく」「リラックスできる」「温かい」において、dk8 が 24 色中最高評価であることが示された。「苦味のある」では dk12 が、「集中できる」では dk10 が高評価であることが示された。

形容詞対を因子分析に供したところ、4 因子が抽出された(表1)。第1因子を好感度、第3因子を深み・ロースト感と称し、因子プロットを作成したところ(図3)、深み・ロースト感の評価が最も高かったのが Bk、好感度が最も高かったのが dk8 であったが、深み・ロースト感、好感度共に高評価であったのは dk10 であった。色相別に評価すると、黄色・黄緑の評価が高く、トーン別では、dk、p トーンが高評価であった。無彩色の黒やグレーは「苦味のある」「集中できる」等で高評価であった。紙カップの色を変えることにより、コーヒーの印象が異なることが示唆された。

4, 参考文献

- 1) (一社) 日本コーヒー協会統計資料
- 2) 大谷貴美子ら: 缶飲料のデザイン色が各種感覚特性に与える影響—日韓の女子大生を対象として—, 日本色彩学会誌 (2000), 24(4), 223-231
- 3) 圓尾修三, 広瀬幸雄: コーヒーの風味を探る+風味表現用語集(2009), 旭屋出版



着色文字の記憶における色の嗜好性の影響 (第2報)

Effects of Color Preference on Memorization of Color Text (2)

東 吉彦 Yoshihiko Azuma 東京工芸大学
小倉未咲 Misaki Ogura 東京工芸大学

Tokyo Polytechnic University
Tokyo Polytechnic University

Keywords: 色の嗜好性, 着色文字, 記憶の定着性, 再認実験.

1. はじめに

2021年4月より学校教育法の一部が改正・施行され, 学習者用デジタル教科書のみを使用する授業が認められるようになった. デジタル教科書では, 学習者が文字や背景の色を変更したり, マーカーで文字に着色することができる. 着色された文字や単語の記憶の定着が, 使用される色に依存することは知られているが¹⁾, 学習者の色の好みによって異なるかどうかは明らかではない.

我々は先行研究において, 異なる色で着色された刺激文章を用いて記憶再認実験を行い, 色の嗜好性の記憶定着への影響を調べた²⁾. その結果, 有意差は認められなかったものの, 6割の被験者で最も好きな色の方が記憶定着率が高く, 被験者により嗜好性の影響が異なる可能性が示された.

本研究では, 実験課題の内容, 着色方法などの実験条件を変更して同様の実験を行った.

2. 実験

実験は予備実験と本実験に分けて行った. 予備実験では刺激に用いる文章の選定と呈示時間の最適化を行い, 本実験で, 着色された刺激文章を被験者に黙読してもらい, 記憶再認実験により記憶の定着効果を評価した.

2-1 刺激文章の選定と呈示時間の最適化

刺激文章には予備知識の影響が少ないように歴史, 化学, 哲学など様々な分野の文章から適当な範囲を選んで用いた. 最適な呈示時間を決めるため, 20代の大学生3名に紙に印刷された文章を2回黙読してもらいその時間を測定, 最大値よりやや長めの2分40秒を呈示時間として定めた. 黙読回数を2回としたのは1回では記憶が難しいと考えたためである.

次に, 刺激文章の難易度を揃えるため, 10種類の候補となる文章を紙の印刷物で用意し, 大学生5名に黙読してもらい, 穴埋め問題に回答してもらった. 約5割の正答率を得た5種類の文章を本実験で用いる刺激文章に選定した.

2-2 呈示刺激と呈示媒体

刺激文章は, デジタル教科書で特定の範囲を強調する際の使い方に倣って, 図1のように単語や語句を5色のカラーマーカーで4箇所ずつ着色した. 着色に用いた色は, Webセーフカラーにおける基本色の赤・黄・緑・青・紫の5色である. それらのカラーコードは赤:#ff0000, 黄:#ffff00, 緑:#008000, 青:#0000ff, 紫:#800080で, これら5色を, 透過率60%で文字に着色した(図2).

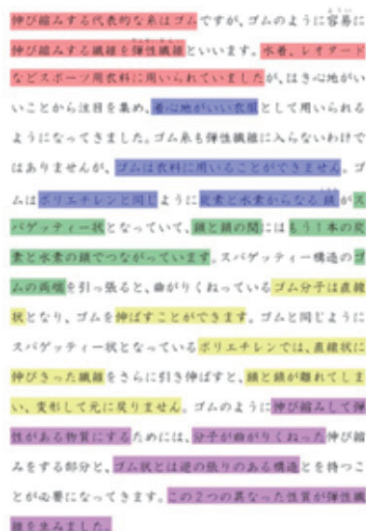


図1 実験に用いた刺激文章の例



図2 着色に使用した5色

刺激文章の呈示にはタブレット端末(Apple iPad Air2, 解像度 2048×1536 画素)を用いた。教科書を想定し、文字の書体には HGS 教科書体を使用した。文字の大きさは 16 ポイントで視距離 60cm から観察したときの文字の高さは視野角で 0.38 度であった。1 ページあたりの文字数は 460~466 文字であった。後述の実験環境において、刺激文章をタブレット端末に呈示したときの文字とカラーマーカの輝度および xy 色度座標を分光放射計 SR3 (トプコン) により測定した結果を表 1 に、CIE-xy 色度図にプロットした結果を図 3 に示す。

また、記憶の定着性を調べるため、着色された箇所からキーワードを 2 つずつ選んで空欄に置き換え、穴埋め型の問題用紙を作成した。

表 1 文字とカラーマーカの測色値

	輝度 (cd/m ²)	xy 色度座標 (x, y)
白(背景)	177.0	0.306, 0.323
黒(文字色)	2.3	0.291, 0.300
赤	81.5	0.398, 0.327
黄	159.6	0.364, 0.425
緑	92.3	0.306, 0.392
青	67.9	0.237, 0.206
紫	72.4	0.308, 0.269

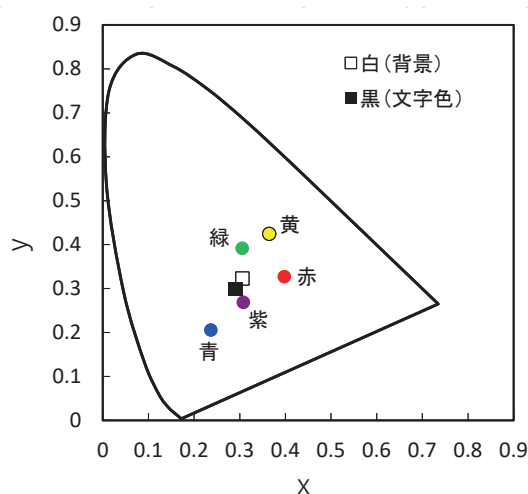


図 3 文字とカラーマーカの xy 色度座標

2-3 実験環境

実験には暗室内に設置された図 4 の観察ブースを用いた。照明光(蛍光灯)の色温度は 5000K, ブース内の照度は, 学校環境衛生基準(照度 500[lx]~1000[lx])を満たすようブース床面で 720[lx]とした。タブレット端末は, 画面に照明光が映り込まないように観察ブース内に斜めに立て掛けて設置した。端末の垂直面照度は 460[lx]であった。



図 4 観察ブースとタブレット端末の配置

2-4 実験手順

明室において被験者の視力をオートビジョンテスターAT-1000 (エイテック) で測定した後, 以下の手順で実験を進めた。

- ①被験者は観察ブースの置かれた薄暗い部屋に入り, 観察ブース前の椅子に着座し, 実験者より実験の説明を受けた。この間の約 3 分間, 被験者は環境の明るさに目を慣れさせた。
- ②被験者は刺激文章を 2 分 40 秒間黙読し, 内容を記憶するように努めた。
- ③次に 2 分 40 秒の回答時間内で問題用紙の空欄に該当する単語を回答用紙に記入した。
- ④終了後, 1 分間の休憩を取った。
- ⑤次の刺激文章に対して, ②から④の手順を繰り返した。
- ⑥全ての刺激文章に対する作業が終了した後, 実験で用いた 5 色について好きな順番を回答用紙に記入した。

なお, 刺激文章の呈示はランダムな順番とした。実験には, 色覚正常な両眼視力 0.7 以上の 20 代の大学生男女合計 17 名が参加した。

3. 結果

図 5 に各被験者の問題正答数を示す。グラフの色はカラーマーカの色を表す。被験者によって正答数にかなりバラツキが認められる。各色の問題数は 10 問ずつで, 色別に被験者間の平均正答率をまとめた結果を図 6 に示す。色によって多少正答率は異なり, 特に赤と紫の間では危険率 5% で有意差が認められた。

次に, 好きな色の順位 1 位と 5 位に挙げた色の回答者数を図 7 に示す。好きな色 1 位は青が 3 分の 1 強で最も多く, 5 位では紫が半数近くで最も多かった。

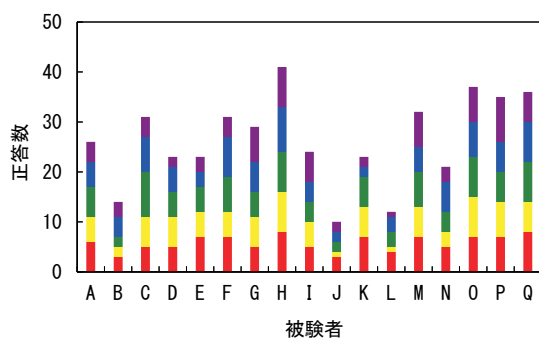


図5 各被験者の問題正答数

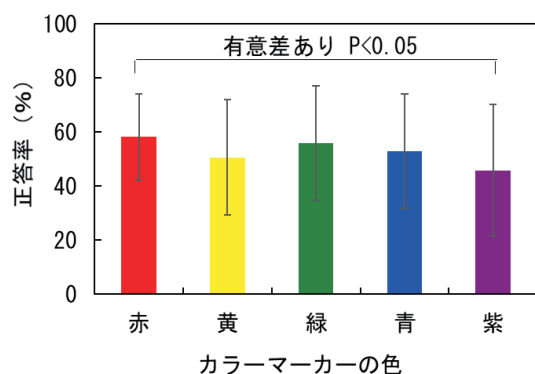


図6 色別の被験者間の平均正答率 (誤差棒は標準偏差を示す)

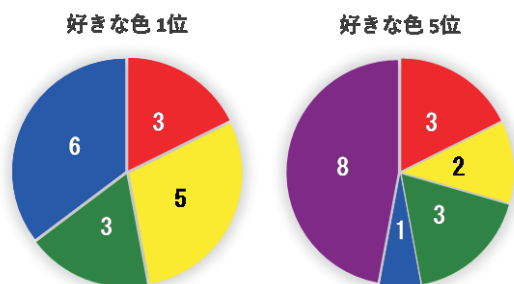


図7 好きな順位1位と5位の色の回答者数

図8には被験者ごとに、好きな色1位と5位の色の正答率を比較して示す。この図において1位の色が5位の色よりも正答率が高かった被験者は5名で、逆に5位の色が1位の色よりも正答率が高かった被験者は8名であった。

図9には順位1位の色と5位の色における全被験者間での平均正答率を比較して示す。順位1位の色の平均正答率は55.3%、5位の色は57.1%で、グラフからもわかるように、差はほとんどなく、t検定の結果、統計的有意差は認められなかった。

前報²⁾では、記憶定着性の評価に用いた穴埋め問題において、ページ内での空欄の場所によって正答率に有意な差が認められ、後ろの方で正答率が低くなる傾向があった。そこで、今回も場所により正解率に差があるのかを調べた。

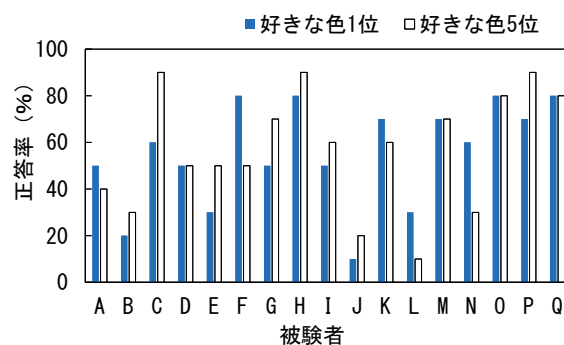


図8 各被験者の好きな色1位と5位の色の正答率の比較

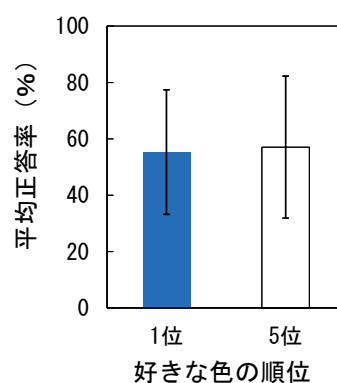


図9 好きな色1位と5位の色の平均正答率

図10のように刺激文章の着色場所を5つのブロックに分けたときの各ブロックの平均正答率を図11に示す。前報と同様に、前の方で正答率が高く、後ろの方で正答率が低くなる傾向が示されている。Bonferroni法による多重比較を行った結果、Block1とBlock2, Block4, Block5 およびBlock3とBlock5との間では危険率1%で有意差が認められた。また、Block3とBlock1, Block4との間で危険率5%での有意差が認められた。

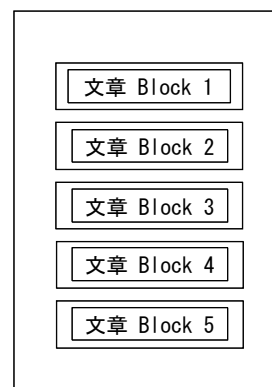


図10 刺激文書の着色場所の関係

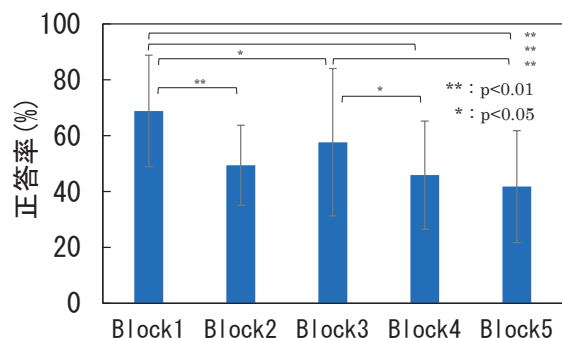


図 11 刺激文書の場合と平均正答率

4. 考察

図 9 の結果で示されるように、好きな順位 1 位と 5 位の色の平均正答率にほとんど差がないことから、色の嗜好性が着色文字の記憶の定着性に差をもたらすほどには影響しないと考えられる。また、好きでない色が記憶に定着されにくいことを示す結果も示されてはいない。むしろ、自身の嗜好と異なることで印象に残り、記憶に定着し易い可能性も考えられる。そこで好きな順位と平均正答率の関係を求めた。結果を図 12 に示す。興味深いのは、順位 1 位と 5 位以外の色では平均正答率が若干低くなり、特に 3 位の色で最も低くなったことである。統計的な有意差は確認されなかったが、このことは、特に好きでも嫌いでもない色は、記憶に残りにくい可能性を示しているように思われる。

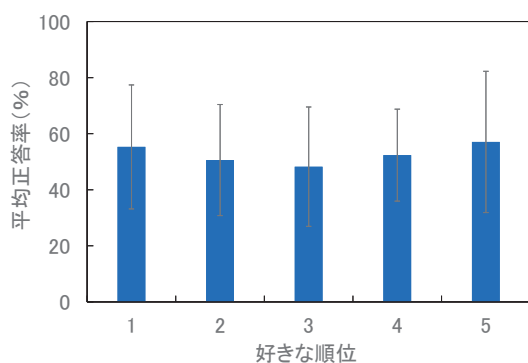


図 12 好きな色の順位と平均正答率の関係

また、カラーマーカーの色がページ内の場所であり、各色の着色場所も刺激文章によって変わり、全ての場所で 1 回ずつ使用されている。したがって、色による着色場所の偏りはないので、図 10 で示されたカラーマーカーの色による違いや、図 11 の着色場所による違いは、特定の色に起因するものではないと考えられる。

ところで、前報では、文字自体の色を変えて実

験を行ったが、今回はカラーマーカーの色を変えて実験した。好きな順位 1 位と 5 位の色での正答率の比較では、いずれも有意な差は認められなかったものの、今回は好きな順位 1 位の色の方が正答率が高い被験者が半数を越えていた点が異なる。前回の条件では文字の色によって背景との輝度コントラストが異なるため、明るい背景に対しては輝度の低い青の方がコントラストが高くなるので、可読性の点で有利になる。好きな色についても青を 1 位に挙げた被験者が半数近くいたため、今回は可読性の高さが記憶により効果的にきいた可能性もある。これに対して今回は、文字自体もカラーマーカーで着色しているが、背景（カラーマーカー）との輝度コントラストは青が最も低くなるので、可読性の点では不利になる。にもかかわらず、図 6 で示されるように記憶へのマイナスの影響は大きくは現われていない。むしろ、カラーマーカーによる着色効果が記憶の定着に寄与したと考えるのが妥当と思われるが、その検証には非着色部分との比較が必要であろう。

5. まとめ

文章中の着色文字の記憶に対する色の嗜好性の影響について、記憶再認実験を行って調べた。その結果、色の嗜好性の記憶定着性に対する有意な効果は認められなかった。しかしながら、中間的な嗜好順位の色で、記憶の定着率がやや低い傾向が示された。このことは、嗜好順位の高い（好きな）色と嗜好順位の低い（嫌いな）色は記憶に定着されやすく、あまり意識されない色は、相対的に記憶に定着されにくい可能性を示唆していると考えられる。

参考文献

- 1) C. Kuhbander, B. Spitzer, S. Lichtenfeld and R. Pekrun: Differential binding of colors to objects in memory: Red and yellow stick better than blue and green. *Frontiers in Psychology*, 6 (2015) 1-11.
- 2) 小倉未咲, 小杉翔太, 東 吉彦: 着色文字の記憶における色の嗜好性の影響, 日本色彩学会誌 44(3), (2019) 174-176.

橋梁色彩と時代性_2020 年隅田川復興橋塗替竣工から考える Bridge Color and The Values of The Times - A Study of The Bridges of The Great Kanto Earthquake Reconstruction Repainted in 2020

杉山朗子 Akiko Sugiyama 日本カラーデザイン Nippon Color&Design research institute
研究所 inc.

Keywords: 隅田川, 橋梁色彩, 復興橋梁, 時代性

1. はじめに

2020 年(2019 年度) 隅田川復興 5 橋の塗替えが竣工した. やや下流の永代橋及び清洲橋も同じ期間内に塗替えが実施されている. 塗替えにあたっては兩岸の墨田区及び台東区の景観審議会や景観デザイン支援関係者, 区民などによるシンポジウムが開催されるなど周辺の関心が集まり, 検討委員会も実施されるなど, 管理者だけでなく関心の高まりが注目された事案であった. 橋梁は竣工時の土木技術の粋を集めた構造物として, 構造やデザインが検討されている. そのため, 色彩も時代の価値観に即しているようであり, 高度成長期は赤が用いられた事例が多かったり, 公害が問題視された時代には自然環境に配慮した色が使われたりなど, 時代ごとの特徴も見られた.¹⁾ そこで筆者も関わった色彩検討事例も参照しながら 2020 年現在隅田川に架かる橋梁色彩を例として, 時代の影響について考察する. 現状把握としては, 2014 年に環境色彩研究会で行なった隅田川中流域橋梁色彩測色調査²⁾と新旧比較を行うのを手始めに, 東京港の入口となっているレインボーブリッジ及び新設された築地大橋などの色彩の測色を行う. さらにそれらの色彩の選定方針について探る. これら東京都の主要な河川景観の一つである隅田川の橋梁の色彩を参考に, 景観色彩における時代性について考察し, 今後の色彩計画に望まれる点について検討する.

2. 隅田川中流域橋梁群の色彩の現状

(1) 関東大震災 5 橋の塗替結果

東京都では架橋地点の荒川区, 墨田区, 台東区の 3 区の景観担当者, 橋梁工学, 景観土木, 景観色彩等の専門家で構成する委員会を開催し, 復興 5 橋の塗替え方針検討を行い, 各橋の色彩を決定し, 2020

年春に竣工を迎えた. 測色値は 2014 年の日本色彩学会環境色彩研究会復興橋中心の調査と 2020 年塗替完了後に筆者が行った調査結果を示す.

(2) 復興橋の代表的 2 橋の塗替え

永代橋は当時「帝都の門」と言われたように東京で最初に出会う橋であった. 近代橋梁技術の粋を集めて大正 15 年(1926), 清洲橋昭和 3 年(1928)竣工である. 現在ツインゲートとして 2000 年土木遺産, 2007 年には重要文化財に認定されている貴重な橋梁である. 架橋地点は中央区と江東区で, 検討委員会が開かれ, 擦り出し調査で塗替え経緯の確認も実施し, 塗替えの色が決定された. 検討時に使われていた色と類似の色での塗替えとなっている.³⁾ 2020 年時点の測色でみると塗替後の永代橋の色彩は, 2014 年の調査時に白化していた部分の色に類似である. 長年親しまれたトーンを選択したといえそうである. 清洲橋は, 明度彩度ともに低くなっている. また 2014 年当時はやや紫みを感じる色相—6.25PB であったが, 2020 年は 2.5PB で青みが強まった



図1 2014 年以前の 5 橋概観⁴⁾

表1 中流域復興5橋測色値新旧比較一覧

橋梁名	部位	2014年 測色数値 ¹⁾	2020年 測色数値	
白髭橋	上部アーチ	N8	N7.2	石
	照明	5G7/1	5BG3/1.5	
	高欄	5G7/1	5G5/1	
	地覆	N8	N8	
	橋桁	N8	N7.2	
	橋脚	5Y6/0.5	—	
吾妻橋	分離柵	—	5G5/1	石
	照明	5R4/13	2.5Y6/1	
	高欄	5R4/13	7.5R3/4	
	地覆	N4	N4	
	橋桁	5R4/13	7.5R3/4	
	下部アーチ	5R4/13	7.5R3/6	
駒形橋	橋脚	5Y6/0.5	5Y6/0.5	石
	分離柵	—	10YR5/0.5	
	上部アーチ	2.5PB4/9	10B4/4	
	照明	2.5PB4/9	N5	
	高欄	2.5PB4/9	N7.2	
	地覆	N3	N3	
厩橋	橋桁	2.5PB4/9	10B4/4	石
	橋脚	5Y6/0.5	2.5Y7.5/1.5	
	上部アーチ	7.5GY5.5/4	5G5/2	
	照明	7.5GY5.5/4	5G5/2	
	高欄	7.5GY5.5/4	5G7.5/0.5	
	地覆	N7.5	N7.5	
蔵前橋	橋桁	7.5GY5.5/4	5G5/2	石
	橋脚	5YR6/0.5	5YR6/0.5	
	分離柵	7.5GY5.5/4	5G7.5/0.5	
	照明	2.5Y7/12	2.5Y5.5/1	
	高欄	2.5Y7/12	2.5Y7/1	
	地覆	N7.5	N7.5	
永代橋	橋桁	2.5Y7/12	2.5Y7/1	石
	下部アーチ	2.5Y7/12	2.5Y7/5	
	橋脚	5Y6/0.5	—	
	石柱	—	2.5Y8/1	
	分離柵	—	2.5Y7/1	

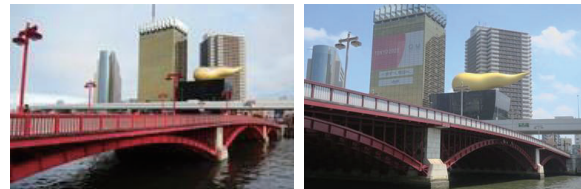
表2 土木遺産2橋測色値比較一覧

橋梁名	部位	2014年 測色数値 ¹⁾	2020年 測色数値	
永代橋	上部アーチ	2.5PB7.5/3	2.5PB8/3	石
	高欄	5PB8.5/0.5	5Y8/0.5	
	地覆	2.5Y6/2	2.5Y8/1	
	橋桁	2.5PB7.5/3	2.5PB8/3	
	分離柵	—	5Y8.5/0.3	
清洲橋	主塔	6.25PB5/6	2.5PB4/5	石
	高欄	6.25PB5/6	2.5PB4/5	
	地覆	2.5Y7.5/1	2.5Y7.5/1.5	
	橋桁	6.25PB5/6	2.5PB4/5	

塗替後を見ると蔵前橋は橋脚と明度が類似の為、アーチの形状の明快さがなくなったり、吾妻橋の高欄のパネルの白色は検討時には触れてはいなかったなど、今後の討議の参考になるであろう。



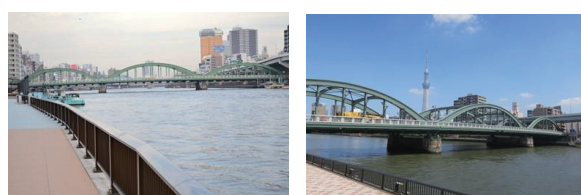
白髭橋 2014-2020



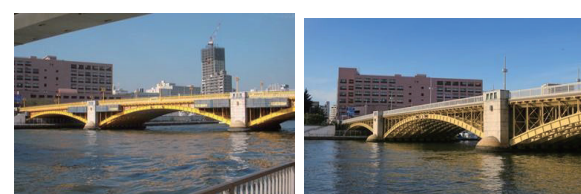
吾妻橋 2014-2020



駒形橋 2014-2020



厩橋 2014-2020



蔵前橋 2014-2020



永代橋 2014-2020



清洲橋 2014-2020

図2 各橋概観新旧比較一覧

3. 平成時代の中流域復興5橋の色彩検討

平成26年(2014)東京都から墨田区へ隅田川橋梁塗替の計画が伝えられた際⁵⁾に、区の景観計画の色彩範囲から逸脱するため景観審議会の検討議題となった。対岸の台東区でも、以前より橋梁の色彩ワークショップ⁶⁾などが開かれ、周辺との調和重視の意見が挙がっていた。そのような動きを受けて、墨田区及び台東区の景観審議会及び景観アドバイザーらが所属していた景観関連団体等の共催によって、2回にわたるフォーラム⁷⁾が開催された。隅田川橋梁の関東大震災復興橋梁群研究者の基調講演を中心に、都市計画、土木、建築、色彩等の専門家らの多様な視点からの意見交換と提案が行われた。2回とも150名以上が参加し、隅田川橋梁への関心の高さが改めて認識された。その後、東京都では中流域復興5橋の架橋地点である荒川区、墨田区、台東区の3区の景観担当者、橋梁工学、景観土木、景観色彩等の専門家で構成する委員会を開催し、復興5橋の色彩検討に取り組み、2020年春に竣工を迎えた。復興5橋の委員会では、創建時の色彩復活の検討もされたが、昭和57年から策定された長期計画をベースに昭和63年にまとめられた「著名橋の整備検討委員会報告書」⁸⁾に示された方針を踏襲した結果となった。色彩に関して①美しい橋②環境との調和③個性ある橋を挙げており、個性の点では地域性、歴史性、物語性、橋名連想などを示し、総じてランドマーク化の方向だと述べている。また群としての統一もあるとしている。地域特性や橋の個性からふさわしい色相を決定。日本の伝統的な色を使い、落ち着いた色彩で統一を図る、とされていた。また、群と配色という参考例としてパステルカラーの色相グラデーションを勧めている。昭和63年(1988年)はバブル期に差し掛かり、パステルカラーも広まっていた。そういった時代状況も景観色彩の考え方に影響していたであろう。2015年の隅田川中流域復興橋の検討委員会では、昭和の成長期の東京都の方針を踏襲した色彩が選定された。2011年の隅田川ルネッサンス推進協議会でも隅田川をにぎわいの創出を掲げており、2020年には東京オリンピック・パラリンピックも予定され、「にぎわい」という方針が優先されたものと思われる。

4. 東京港入口～下流域の橋の現状と経緯

河口付近の橋梁については2014年に調査を行っていない。2021年の現状記録である。グレー系及び、やや明度の高い色が特徴的である。ここでは

隅田川河口の代表的3橋を見てみよう。

表3 隅田川河口付近の橋梁の色彩測色値一覧

橋梁名	部位	測色値
レインボーブリッジ 平成5年(1993)竣工	タワー 桁他 アンカレッジ	N9 N9 N8.5
築地大橋 平成30年(2018)竣工	橋桁 アーチ 高欄 親柱 端柱 分離柵 照明柱下部 照明柱上部 地覆	5PB8/1(青みのN8) 5PB7.5/0.5 N2.5(青緑系) N3.5(黒御影) N7.2 青みのN4.0 5G4.5/0.5 5G7/0.5 2.5PB 3.5/1.0
勝鬃橋 昭和15年(1940)竣工	上部アーチ外側 上部アーチ内側 高欄 中央部高欄 橋脚 分離柵 分離柵土台	N7(メタリック) N7.5 N5.5 黄みのN7.5 N8 N7 N2.5

(1) レインボーブリッジ

昭和時代最後の橋
昭和62年(1987)着工
平成5年(1993)竣工



図3 レインボーブリッジ

基本理念を①日本の入口・東京の玄関となる橋 ②東京のシンボルとなる橋 ③未来の東京をリードする橋 ④都民にとって親しみやすい橋 ⑤時代を象徴する構造物となる橋として、新しさ・モダンさ、優しさ・上品さ・爽やかさのある色が提案され、白N9が採用された。イメージワードとして・シンボル性・未来性・人間性があげられている。⁵⁾ アンカレッジ部分はN8.5で、2021年の測定も同様であり、同色によるメンテナンスが継続されていることが窺われる。計画及び着工時期はバブル前の経済好調期であり、東京都の新しい都市像・未来を意識した明るいトーン、機能性・新技術への期待を感じさせるニュートラルカラーの選定となったといえよう。一方、歩行デッキ部分には賑やかさや楽しさを感じさせる多色相を取り入れ、その後の隅田川橋梁の多彩さを思わせる。計画から施工まで基本理念を完遂できたと報告されている。色検討の方法論の記録は残されており、この時期から色彩への意識が感じられる。

(2) 築地大橋 平成30年(2018)竣工

環状2号線全線開通に伴い、2018年に築地大橋が竣工、隅田川に久しぶりに新橋が登場して注目された。平成最後の橋である。デザインコンセプト「22世紀にも建設意図が伝わる橋」として、勝鬨橋に見劣りせず、勝鬨橋に調和するなどのポイントを挙げている⁹⁾。平成20年度(2008年)委員会では「若干青みの入った白系」と決定。その後平成24年(2012年)現地での船舶からの視点からの検討で5B7.5/1の当初案より明るい5B8/0.5に決定という詳細まで記録されている。白系と記載されているが、現地での測色では「青みの明灰色」が確認された。都市の未来像を考慮し、結果として、平成時代の都市化が進んだ東京のグレイッシュなカラーの代表例となった。



図4 築地大橋

(3) 勝鬨橋 昭和15年(1940)竣工

現在は開かずの橋となっているが、その機能や形状は独特で隅田川を代表する橋である。色彩については、グレーが継続されているが、現在はテクスチャがメタリック、高欄はやや黄みを帯びたグレーなど濃淡が取り入れられている。



図5 勝鬨橋

5. その他昭和時代の事例

(1) 新大橋 昭和52年(1977)竣工

昭和時代の代表といえる新大橋。現代にふさわしい軽快な形式を重視したとされている。さらに・旧橋の歴史的シンボルイメージを損なわない・機能的な近代美の象徴・隅田川筋著名橋の中にあって新しい世代のシンボル・生まれ変わる市民的な橋という基本理念があげられている。¹¹⁾ 昭和時代の鮮やかな傾向の一例であろう。



図6 新大橋

6. 管理者の異なる橋梁の事例

東武鉄道隅田川橋梁は、吾妻橋の上流に位置し、復興橋に携わった田中豊設計として有名である。2020年にウォーキングデッキでスカイツリーと繋げ多く



図7 東武鉄道
隅田川橋梁

の人に楽しんでもらう目的で整備が行われた。色はスカイツリーにちなんでスカイツリーホワイトが選ばれたそうである。2021年の測色値ではB系N8.5であった。青白いため、やや周辺からは目立つ白系である。

7. まとめ

代表的な橋梁だけの比較であったが、それぞれ時代のシンボルとなるようにという語句が多く見られ、昭和はにぎやかさや目立ちを意識、昭和から平成にかけては未来の都市イメージ、平成後半ではさらに未来の技術像に合う色彩が検討されていたようである。橋梁の色彩はそれぞれの時代の経済動向、価値観などの影響がみられるといっていよう。また、点としての検討だったのが、自治体が景観計画を取り入れた後は、流域という線的な観点や、現地で周辺を見て調整するといった地域景観への配慮、さらには歴史への配慮が強まってきている傾向がみられた。隅田川には国道や鉄道など管理者が異なる橋梁が多いが、今後は全体を考慮し検討される事が求められると思われる。特に中流域復興5橋の次の塗替時期は、竣工100年を越え歴史的価値も高まり、さらに色彩についての関心が強まることが予想される。歴史文化、環境、生活観の変化等をさらに考慮し、再検討されるのが望ましいと感じる。橋梁の色彩は検討時の記録だけでなく、塗替経緯や塗替後の結果の記録なども、きちんと残されることを要望しておきたい。

参考文献

- 1) 色彩から見た橋梁の時代による変化；杉山朗子 2019日本土木学会景観：デザイン研究会
- 2) 環境色彩研究会隅田川中流域色彩調査2014
- 3) 高木千太郎；これでよいのか専門技術者第55回/道路構造物ジャーナルNET
- 4) 隅田川と橋-水の東都の今昔散歩；東京今昔町あるき研究会2013溪流社
- 5) 墨田区景観審議会資料；平成27年度隅田川中流部著名橋色彩検討委員会検討資料抜粋2015
- 6) 台東区景観セミナー蔵前橋の色；平成21年度
- 7) JUDI都市環境デザイン会議「第1回及び第2回都市デザイン交流会フォーラム」
- 8) 「著名橋の整備検討委員会報告書」東京都昭和63年
- 9) 地域イメージを活かす景観色彩計画2008；日本カラーデザイン研究所編；学芸出版社
- 10) 隅田川橋梁（仮称）の形式検討と景観設計橋梁と基礎2014-4；松井ら大日本コンサルタント
- 11) 東京都道路橋梁課佐藤次郎：虹橋No.18.日本橋梁建設協会

景観計画における色指定型景観誘導に関する研究

～全国的な傾向と地域性に着目した分析～

A study of color-designated landscape guidance in landscape plans

-Analysis focusing on national trends and regional characteristics-

大口 梨子 Riko Oguchi 中設エンジニア株式会社 CHUSETSU Engineering Co., Ltd.
高瀬 咲 Saki Takase (株)地域計画建築研究所 Architects,Regional Planner

加藤 美子 Yoshiko Kato 啓新高等学校 Keishin High School
& Associates,Kyoto

Keywords: 景観計画, マンセル値, 色彩制限, 地域属性分類, 色指定型景観誘導

1. 背景・目的

景観計画とは本来、地域の個性を生かした景観形成の誘導を目的としている。しかし、実際に地域性を調査し、規制に反映させている自治体は少ない。特に色彩基準に関しては、近隣の自治体の規制を踏襲する等、類似した規制に着地したものが多い。一方で、地域性を生かした景観誘導を実施する自治体も少数ながら存在し、その傾向を明らかにすることは他の自治体にとって有効だと考えられるが、2020年現在の全国的な動向を調査した論文はない¹⁾。

本研究では景観計画の色彩基準に使用されているマンセル値に着目し、とりわけ、特定の色を明記している「色指定型景観誘導」に着目する。「色指定型景観誘導」とはマンセル値が付与された「推奨色」が記載された色彩基準とし、「推奨色」とは、景観計画内に色票とマンセル値が付されているものと定める。さらに景観計画内では対象範囲を定め、区域ごとの制限が存在する。その特性を示しているものを「地域属性」と定める。地域の固有性を生かした「色指定型景観誘導」の推奨色を分析することにより、地域性が強く含まれ、景観誘導効果があると仮定し、今後の景観計画策定に寄与することを目的とする。このため、以下の通りに論を進める。第一に、景観計画に設定されている区域の「地域属性」による「推奨色」を分析する。第二に、「色指定型景観誘導」の推奨色を類型化し、その傾向を分析する。

2. 調査概要

2-1 調査対象と分析内容

景観計画を策定している景観行政団体（以下、行政団体）604行政団体中、マンセル値規制の色彩基準を設定している417行政団体を対象に、地域属性別の色彩分析と評価を行う。

また、マンセル値規制に加えて「色指定型景観誘導」を行う36団体について色彩基準及び推奨色について分析し、色彩基準の策定経緯とその景観誘導効果を調査する。

2-2 区域別調査

景観計画には全域が対象の制限と、対象範囲を定めた区域ごとの制限が存在する。どのような区域で色彩制限が行われているか調査した。行政団体がより重点的に景観形成を推進する目的で詳細な規制を定める景観重点区域は140計画で定められており、399区域であった。これら市町全域を対象の制限を全域、重点区域以外の制限区域を一般区域とし、内訳を示す（図1）。

区域名	景観計画策定団体		推奨色提示団体	
	区域数	団体数	区域数	団体数
全域	273	225	10	7
重点	399	140	36	9
一般	838	210	98	21

図1 全国の行政団体の区域分類

2-2 地域属性分類調査

区域の説明の文言から、一般区域、重点区域の特徴ある地域属性を10種類に分類した（表1）。

表1 地域属性分類

地域属性	定義
全域	景観形成の方針に「一律」「全域」などの文言が記載されている、または区域一体に均一の規制がかけられているもの。
商業・中心	景観形成方針に「商業」「業務」「店舗」「賑わい」「都心」などの文言が記載されている。または区域総面積の2分の1以上が近隣商業地区、商業地を占めるもの。
住居	景観形成の方針に「住宅地」「住居」などの文言が記載されているもの、または区域総面積の2分の1以上が住居地区及び準住居地区を占めているもの。
川	景観形成の方針に「河川」などの文言が記載されているもの、景観形成に河川が中心要素として成しているもの。
幹線	景観形成の方針に「幹線道路」などの文言が記載されているもの、沿道地区計画、景観形成道路が指定されている地域。
工業	景観形成の方針に「工業地」などの文言が記載されているもの、工業地域・準工業地域または地域総面積の2分の1以上が工業地帯を占めるもの。
海	景観形成の方針に「海」「海岸」「港湾」「漁港」などの文言が記載されているもの、または臨海地域の総面積の2分の1以上が住居地区及び準住居地区を占めているもの。
山	景観形成の方針に「山」「山間」「山並み」「里山」「奥山」「自然環境」「自然公園」などの文言が記載されているもの、地域総面積の2分の1以上が山間を占めるもの。
農業・緑	景観形成の方針に「田園」「農地」「農村」「農用地」「公園」「緑地」などの文言が記載されているもの、地域総面積の2分の1以上が山間を占めるもの。
歴史	景観形成の方針に「神社仏閣」「歴史」「史跡」などの文言が記載されているもの、風致地区、伝統的建造物群保存地区、歴史的風土の特別保存地区、または地域総面積の2分の1以上が地域固有の歴史・文化が継承されているもの。

3 「色指定型景観誘導」について

「色指定型景観誘導」を行う36団体を以下に示す（表2）。

表2 色指定型景観誘導を行う36行政団体

地方	自治体数	市町村名
北海道・東北	3	旭川市、黒松内町、札幌市
関東	19	さいたま市、草加市、横須賀市、海老名市、秦野市、小田原市、藤沢市、綾瀬市、江東区、港区、杉並区、台東区、荒川区、品川区、府中市、高崎市、足利市、栃木市、千葉市
中部	5	輪島市、白馬村、長泉町、富士宮市、中津川市
近畿	2	交野市、橿原市
中国・四国	4	奈義町、広島市、津和野町、東温市
九州・沖縄	3	久留米市、太宰府市、小値賀町

3-1「色指定型景観誘導」を行う団体における「推奨色」に関する分析

色彩基準内において、色票の下にマンセル値を付することで表現される特定の何色かを「推奨色」と定義する。例として広島市の推奨色を提示する(図2)。

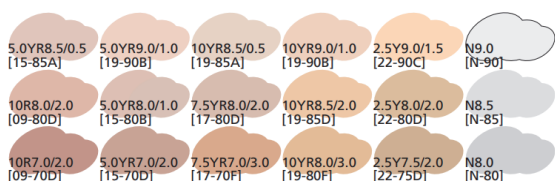


図2 推奨色の例(広島市)

3-2 地域属性別での分析

10色相別にマンセル値の平均値を、10種類の地域属性別に分析した推奨色の色数は以下の通りである(図3)。

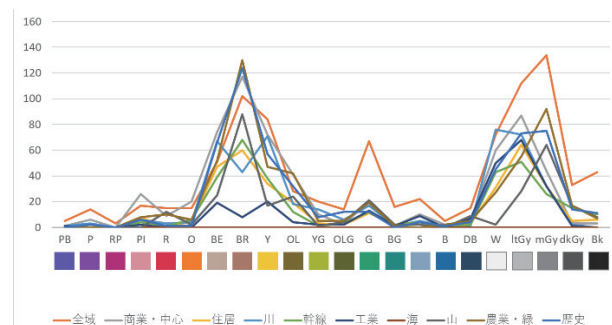


図3 地域属性別に見た推奨色の色数

最も多く使用されている色相としてYR・Y系の近似色が使用されている。農業・緑ではYR系が1最も多く推奨されている。これは田園、畑、樹木等の色彩を考慮していると考えられる。また、ニュートラルカラーは、全ての地域属性で使用頻度が高くなっている。これは外壁・屋根色において害のない色として有効であるためと考えられる。「全域」においては、ニュートラルカラー、YR、Gの順に使用頻度多くなっている。

3-3 色数で分類した色票の分析

「色指定型景観誘導」を行う行政団体の殆どは1～5区域で1～500色を保持しているが、突出する団体も存在する。極端に多い色数を示している場合、固有性を反映する意図で推奨色を定めていないと考え、より景観コントロールの意図が感じられる20色以上100色未満の団体を分析した。該当する団体を赤枠で示す(図4)。分析結果から、上記の11団体は「集中型」・「中間型」・「分散型」に分類

することができる。と明らかになった。

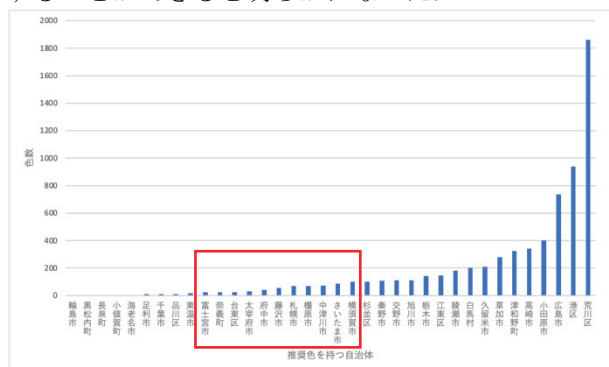


図4 自治体ごとに見た推奨色の色数

以下に定義の内容を示す。「集中型」とは10色相中、5色相以内の推奨色が使用されているもの。「中間型」とは10色相中、6～8色相の色相が使用されているもの。「分散型」とは10色相中、9色相以上使用されているものである。20色以上100色未満の団体では「集中型」と「分散型」のみであった。

「集中型」に該当する7行政団体について分析する(表3)。使用範囲が最も広い団体は、色相は、さいたま市のR-G、彩度は橿原市の1.0～5.0都なっている。奈義町は町内全域に推奨色が提示されている。中津川市は使用可能色相がYRのみで、彩度が0.2～3.0と低彩度が提示されている。このように色相と彩度を詳細に誘導することで、行政団体が地域特有の景観形成を図ろうとしている。

表3 集中型7行政団体の推奨色一覧表

集中型自治体							
	奈義町	台東区	太宰府市	府中市	橿原市	中津川市	さいたま市
区域数	1	5	2	3	7	1	4
色数	23	25	32	42	70	73	87
色相数	3	6	2 + N	3	3 + N	1	5 + N
色相	R-Y	R-GY・P	YR・Y	YR-GY	YR-GY	YR	R-G
彩度	0.5-3.0	0.5-4.0	1.0-4.0	0.5-4.0	1.0-5.0	0.2-3.0	0.5-2.0
明度	2.0-9.0	3.0-7.0	2.0-7.0	5.0-9.0	5.0-7.0	2.0-9.0	4.0-9.0

「分散型」に該当する4行政団体について分析する(表4)。使用可能な最高彩度は6.0までの中彩度までとなっているのに対して、明度は、2.0～9.5の広範囲での使用を許容している。推奨色の色相と明度の許容範囲を幅広く設定し提示することで選択肢を広げ、彩度の使用範囲を詳細に誘導することにより、景観誘導を図ろうとしている。

表4 分散型4行政団体の推奨色一覧表

分散型自治体				
	富士宮市	藤沢市	札幌市	横須賀市
区域数	1	6	1	1
色数	22+N 8.5	55	70	99
色相数	10+N	10	9+N	9+N
色相	R-RP	R-RP	Rなし	Rなし
彩度	0.5-5.0	1.0-5.0	0.5-6.0	0.5-6.0
明度	2.0-8.5	6.5-9.5※	2.0-9.0	4.0-9.0

※5YR3.5/2のみ3.5

次に、「分散型」である富士宮市、藤沢市、札幌市、横須賀市について、推奨色における色相ごとの彩度を示し、分析する(図5～8)。

富士宮市は、各色相満遍なく推奨色が指定されている。彩度5.0以下の色相が外壁使用可能で、

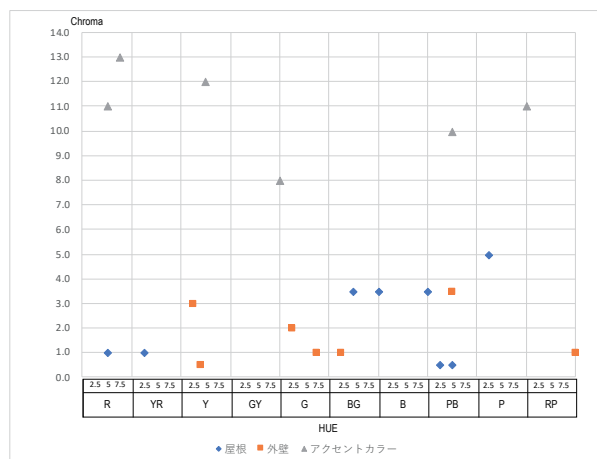


図5 推奨色の彩度(富士宮市)

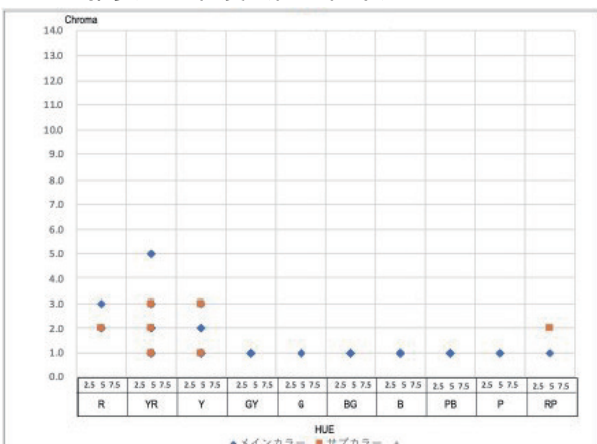


図6 推奨色の彩度(藤沢市)

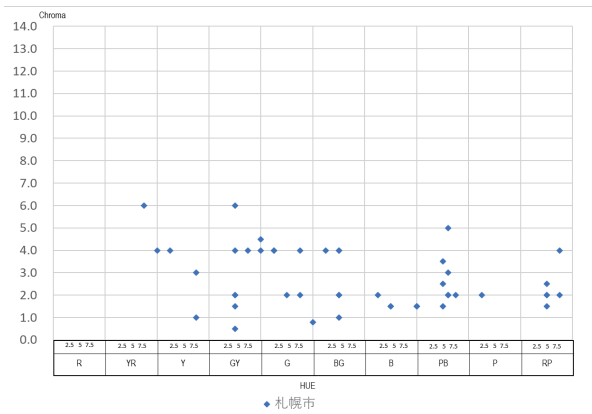


図7 推奨色の彩度(札幌市)

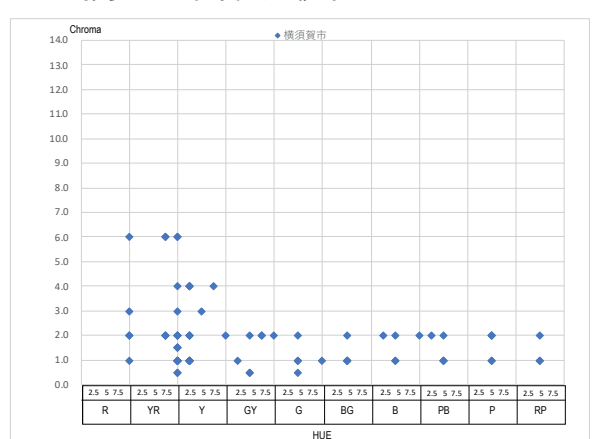


図8 推奨色の彩度(横浜賀市)

彩度 8.0 以上の 6 色相はアクセントカラーである。

藤沢市は、色相 R,YR,Y, とりわけ YR において多く推奨色が指定されているとともに、全色相に対しても推奨色を指定しており、全国的な動向を踏まえつつ、色相の多様性も尊重しているといえる。

札幌市は、「向こう三軒両隣」の考えに基づき、周辺環境を阻害しない様、推奨色は最高彩度 6.0 に設定され、低彩度から中彩度に抑えられている。R 系の色相は無く YR も 1 色相のみ設定されていることから、YR 系を多く推奨する全国動向に対し、特徴ある色相が設定された推奨色といえる。また、1 色相ごとにオリジナルの色相名が記載されている。

横須賀市は、推奨色は Y,YR 系が最高彩度 6.0 となっており樹木系の色彩に寛容である。一方で GY~RP の最高彩度は 2.0 と低彩度に設定され、建築物等が景観を阻害しないように配慮されている。

4. 「色指定型景観誘導」における景観誘導効果と策定経緯について

WEB アンケート(回答率:21/36 件)とヒアリング(11/21 件)を行った。WEB アンケート及びヒアリングにて多くの団体が策定経緯に関して詳細不明とする結果であった。加えて、推奨色がどの程度景観に使われているか数える団体はなく、景観誘導への有効性は証明できなかった。(表 5,表 6)

表5 ウェブアンケートの質問項目

WEB アンケート質問項目
推奨色を定める理由、策定にあたり測色の有無、(測色有と回答自治体に対して) 測色の方法、協力のあった団体・個人、景観計画策定年度以降の新規届け出において推奨色が使用されている割合、(測色無と回答自治体に対して) 測色を行わなかった理由、測色を行わずどのように推奨色を定めたか、景観計画策定年度以降の新規届け出において推奨色が使用されている割合

表6 ヒアリング質問項目

ヒアリング質問項目
推奨色を定めている理由、(全対象自治体回答項目) なぜ測色をしたのか、新規届け出中推奨色使用割合、複数の推奨色が指定されている場合に最も使用割合が高い色彩、推奨色を使用した建物の用途・立地、測色以外で推奨色策定の理由となったもの、(測色有と回答自治体に対して) 測色の手法、どのような地区を測色したか、建物以外で測色の対象となったもの、測色で抽出した色をどのように推奨色に反映させたか、推奨色を定めていて良いと感じていること

5. まとめ

全国のマンセル値規制には暖色系に寛容な傾向にあり、マンセル値規制に加え推奨色の提示を行う「色指定型景観誘導」は 36 団体で行われており、規制で高彩度を抑制し、推奨色で地域の固有性を反映させるバランスの取れた色彩基準であるといえる。推奨色について分析すると、全国類型の範囲内で代表色の提示にとどまる団体もある一方で、推奨色に地域固有性が現れ、景観誘導の意図が示される団体もあり、地域固有の景観誘導に寄与していると考えられるが、推奨色の策定経緯や意図については継承されていない行政団体が多く、効果についても有用な結果は得られなかった。

本研究により景観計画の地域の固有性を活かした景観誘導の手法を提示することができた。今後、策定・改定される景観計画において地域の固有性が反映されることを望む。

参考文献

- 1) 加藤美子, 景観計画におけるマンセル値を用いた色彩制限の研究-274 市町村の景観計画を対象として-, 日本色彩学会誌. 2018. vol42. no. 3. pp. 151-154
- 2) 国土交通省景観ポータルサイト <https://mlit.go.jp> (最終確認日: 2021 年 4 月 15 日)

建築設計に必要な色彩知識に関する一考察

A Study on Knowledge of Color for Architectural Design

萩原 京子 Kyoko Hagiwara サンスター技研(株) Sunstar Engineering Inc.

Keywords: 建築設計, 色彩, 建築士試験.

1. はじめに

建築士の免許を得るための建築士試験の内容はこの職責を果たすために必要な知識, 経験を問われるものである. 構造, 法律, 設備, 施工など多義にわたる内容に色彩関連の設問も含まれている. 色彩関連の知識も建築士が職責を果たすために必要な知識と認識されていることになる. そこで過去の建築士試験に出題された色彩関連の設問を調査し, 建築設計に必要な色彩知識を考察するための一助にした.

2. 研究の方法

(1) 調査範囲

公益財団法人建築技術研究普及センターのホームページに「過去の試験問題等」として掲載されている2013年から2020年までの一級建築士および二級建築士の学科の試験(以下建築士試験)を調査範囲とした.

(2) 学科の試験の形式

学科の試験は一級建築士・二級建築士ともに「〇〇に関する次の記述のうち, 最も不適当なものはどれか.」という形式である. 表1と表2に試験科目と問題数を示す.

表1 一級建築士の科目と問題数

科目	問題数
学科 I (計画)	20 問
学科 II (環境・設備)	20 問
学科 III (法規)	30 問
学科 IV (構造)	30 問
学科 IV (施工)	25 問

選択肢各 4 / 合計 125 問

表2 二級建築士の科目と問題数

科目	問題数
学科 I (建築計画)	25 問
学科 II (建築法規)	25 問
学科 III (建築構造)	25 問
学科 IV (建築施工)	25 問

選択肢 5 / 合計 100 問

3. 色彩関連設問の出題状況

(1) 色彩関連の設問

調査範囲の建築士試験で色彩関連の設問の出題状況を表3と表4に示す. 表中, ●は, 「色彩に関する次の記述のうち, 最も不適当なものはどれか.」という設問, ○は, 選択肢に色彩関連の内容を含むものである.

一級建築士試験においては, 調査期間中「色彩に関する設問」が学科 II (環境・設備) に毎年1問ずつ出題されている. 色彩関連の内容を含む選択肢については, 学科 I (計画), 学科 II (環境・設備), 学科 III (法規) に出題例がある.

二級建築士試験においては, 学科 I (建築計画) において「色彩」または「色彩と照明」に関する問題が出題されてる. また, 学科 I ~ 学科 IV において選択肢に色彩関連の内容を含むものの出題が見受けられる.

表3 一級建築士試験での出題状況

	I		II		III		IV		V	
年	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
2020	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
2019	-	1	1	1	-	2	-	-	-	-
2018	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
2017	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
2016	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
2015	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
2014	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
2013	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-

表4 二級建築士試験での出題状況

	I		II		III		IV	
年	●	○	●	○	●	○	●	○
2020	—	2	—	—	—	—	—	—
2019	1	2	—	1	—	—	—	2
2018	—	2	—	—	—	—	—	—
2017	—	3	—	—	—	—	—	1
2016	1*	2	—	—	—	—	—	—
2015	1*	1	—	—	—	1	—	—
2014	—	3	—	—	—	—	—	—
2013	—	1	—	—	—	—	—	—

*「色彩と照明に関する次の記述のうち、最も不適当なものはどれか。」

4. 色彩関連設問に出題される色彩知識

(1) JIS に定義されている色彩用語

JIS Z8105 「色に関する用語」に定義されている用語から、a) 主に測光及び材料の光学特性に関する用語から、5語、b) 主に測色に関する用語から、6語、c) 主に視覚に関する用語から11語出題されている。表5に出題された用語を示す。

表5 JIS Z8105 に定義されている用語の出現数

番号	用語	一級	二級
1003	分光分布	2	—
1005	分光視感効率, 比視感度	1	—
1007	輝度	1	5
1027	反射率	3	2
1028	視感反射率	1	—
2019	加法混色	1	—
2020	加法混色の原色	1	—
2022	減法混色の原色	1	—
2042	色度	3	1
2078	色温度	5	6
2095	演色評価数	—	3
3002	表面色	1	—
3003	開口色	1	—
3011	明度	9	7
3023	彩度	6	5
3025	マンセル表色系	3	4
3033	明所視	3	—
3034	暗所視	1	—
3042	グレア	1	5
3044	色対比	—	1
3047	同化効果	2	—
3051	視認性	1	1

JIS の物体色の色名 (JIS Z 8102) や JIS の安全色 (JIS Z 9103) に関する選択肢も出題されている。

(2) その他の色彩用語

JIS Z8105 「色に関する用語」に掲載されていない色彩用語としては、色の恒常性(一級, 1回), 誘目性(一級, 2回), 色の面積効果(一級, 1回), 記憶色(一級, 1回), アクセント効果(一級, 1回), ジャッド (D. B. Judd) の色彩調和の秩序性の原理(一級, 1回), シュレーダー邸(一級, 1回)がある。

(3) バリアフリーと色彩

高齢者や弱視者・色覚障がい者に配慮した配色に関するサインに関する選択肢も3例出題されている。以下にその選択肢を示す。

○サインの色彩は、高齢者、弱視者、色覚障がい者等に配慮して、「黄と白」、「赤と緑」等の色の組合せを用いないことが望ましい。<2018 一級>

○病院の階段において、色彩の調和を図るため、段鼻に設けた滑止めと踏面は類似の色のもとした。<2015 一級 正解肢>

○高齢者を対象とした施設において、非常時に円滑に避難できるように、白地の施設の見取図に黄色で避難路を示した。<2014 二級 正解肢>

(3) 建築関連法規と色彩

高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律施行令“12条(階段)三 踏面の端部とその周囲の部分との色の明度、色相又は彩度の差が大きいことにより段を容易に識別できるものとする。”が選択肢に出題されている(一級, 1回)。

また景観法に関する選択肢も出題されている。

5. まとめ

ローマ時代のウィトルウィウスによって提唱された建築の三大要素は「強・用・美」である。過去の建築士試験では、多数の色彩関連の設問・選択肢が出題されている。それも建築設計に必要な色彩知識である。「用」に関する色彩の設問・選択肢がほとんどである。

建築の「強」、「美」に関する色彩知識を検証してゆきたい。

参考文献

- 1) ウィトルウィウス著/森田慶一訳注: ウィトルウィウス建築書, 東海大学出版部(1979)。

黒色とファシズム

Black and Fascism

日高杏子 Kyoko Hidaka
難波阿丹 Anni Namba

芝浦工業大学
聖徳大学

Shibaura Institute of Technology
Seitoku University

Keywords: 黒色, ファシズム, 制服, プロパガンダ, 黒シャツ隊.

1. はじめに

本稿は黒色とファシズムとの関わりについて色彩文化研究の視座から検討する。ナショナリズムの表象としての黒色の印象と文化背景を描写することが目的である。戦間期イタリアとイギリスにおける「黒シャツ隊」(伊: Camicie Nere, 英: Blackshirts)を、黒色を与える印象とその社会的表現の事例として挙げる。

黒色が包含する2重の意味—厳粛さと邪悪さが、これら黒シャツ隊を社会で際立たせたことを、著書「Men in Black」(1)でイギリスの小説家・批評家で、ケンブリッジ大学で教鞭をとるハーヴェイ(John Harvey)が指摘した。ハーヴェイの説を踏まえ、2重の意味が印象を強めていく社会背景を分析していく。

2. ファシズム

(1) イタリアファシズム

ブリタニカ百科事典の「ファシズム」の項には、次のように記されている。(2)

ヨーロッパ初のファシスト指導者であるベニート・ムッソリーニは、党名をラテン語のファスケス(fascis)からとった。ファスケスとは、古代ローマで刑罰の象徴として使われていたニレやカバの棒(通常は斧が入っている)の束のことである。

ファスケスが示すように、権威と刑罰がファシズム体制の特徴であった。また、束ねるファスケスの形から、民族的結束も象徴していた。イタリアの政治指導者であったムッソリーニ(Benito Amilcare Andrea Mussolini, 1883-1945)は、初

めは社会主義思想の持ち主であった。しかし、第一次世界大戦中に祖国イタリアのために戦うためにムッソリーニは志願し、国家主義者(ナショナリスト)へ傾いていった。

ムッソリーニが1919年に結成した民兵組織は「黒シャツ隊」と呼ばれ、名称通りに黒いシャツを制服として着た。この黒シャツ隊は、19世紀の国家統一の運動にちなんで生まれている。分かれた都市国家群として成り立ってきたイタリア半島で、1843年にガリバルディ(Giuseppe Maria Garibaldi, 1807-1882)が国家統一を成し遂げた。イタリア王国誕生の際に「赤シャツ隊(La camicia または giubba rossa)」と呼ばれた、コチニールで染めたシャツを着た愛国者組織が立役者となった。ファシスト集団である黒シャツ隊の概念は、この赤シャツ隊の制服から影響を受けた。同じ色の制服を着ることで生まれる全体主義的な連帯感が育まれた。



図 1922年10月、ナポリで開催されたファシスト党会議。中央が黒いシャツを着て、櫛をかけたムッソリーニ

Illustrazione Italiana, 1922, n.45

ファシズムはデザイン性を重視し、特にロゴやファッションをプロパガンダとして用いることが特徴である。ファシズム体制のイタリアは、音楽、芸術、スポーツ、デザインを国家的に保護し

ながら、同時に視覚・聴覚・ファッションなどの要素にファシズムのプロパガンダとしての役割を担わせた。(3)人々の五感に訴え、思想を植えつけようとしていた。

(2) イギリスファシスト連合

1930年代には、ヨーロッパ全体にファシズム的思想が拡がり、イギリスへも「黒シャツ隊」は波及した。ナチスドイツとイタリア・ファシスト政権に影響され、モズレー(Sir Oswald Ernald Mosley, 1896-1980)が1932年、イギリスにおけるイギリスファシスト連合(the British Union of Fascists' =BUF)を形成した。モズレーは、イタリアの黒シャツ隊に倣い、BUFの民族防衛隊は黒い制服を着ていた。

BUFは党機関紙、出版物、パンフレット、宣伝ポスター、演説などを通じ、近代的なプロパガンダ、政治宣伝を行ったという評価もある。(4)



図 1934年、ブリストルでファシストたちに敬礼されるモズレー

国家を暴力で変えるという思想が、無政府主義である。多彩色が象徴する多民族国家とは逆に、黒一色は民族の純血性を強調する効果があったとハーヴェイは論じている。(4)ハーヴェイは、黒色のシャツをまとふことの愛国意識とエリート意識、さらに無政府主義を表象する色彩が「黒色」であった。黒を用いた理由は、無政府主義の旗の色が黒色であった。この無政府主義と黒色の始まりは定かになっていない。

体制と反体制が両方共、黒色をまとったことについて、徳井がイタリアの黒シャツ隊に関して論じている。(5)ナチスドイツのヒトラー親衛隊SS

も黒色の制服を着ていたが、これは普ルシア王国の親衛隊、ドイツ騎士団の伝統に基づく黒色ともいわれている。

3. 未来派とデザイン

ファシスト宣言が、1919年に宣言され、イタリアは軍国主義に傾いていった。このファシスト宣言の内容に大きく関わったのが、未来派(Futurismo)という前衛思想である。破壊と暴力で国家を変えるという思想が、イタリアの未来派で支持された。技術の発達と同時に戦争を美化する極端な思想であったが、プロダクトやファッションデザインの発展に、この未来派の思想が貢献している面がある。

4. 考察・おわりに

元々無政府主義の色彩として、黒色が使われていた。ファシズムには、芸術や技術、デザインの発達という面があるが、しかし、社会を暴力的に威圧する政権を形づくっていた。権威と同時に、暴力や刑罰という2つの面を持つ制服の色彩として、黒色は、ファシズムのプロパガンダに使われた。

本研究は、JSPS 科研費 18K11965 (基盤研究C)「近代イギリスにおけるデザインのための色彩規格とナショナリズムの研究」による。

参考文献

- 1) J.ハーヴェイ, 太田 訳: 黒服, 研究社, (1997) 374-396
- 2) Soucy, R. Fascism. Encyclopedia Britannica. (2020, November 4). <https://www.britannica.com/topic/fascism> (参照 04-11-2021)
- 3) 牧野: ファシズム体制下におけるイタリアの映画政策, 静岡文化芸術大学大学院文化政策研究科修士論文 (2012) 4-8
- 4) J. Drábik: Spreading the faith: the propaganda of the British Union of Fascists, Journal of Contemporary European Studies, 25:2, (2017) 211-225, DOI: 10.1080/14782804.2016.1219846
- 5) <https://www.brh.org.uk/site/articles/wwii-upper-class-protected-british-fascist-leader-mosley-while-supposedly-fighting-fascism/> (参照 04-11-2021)
- 6) 徳井: 黒の服飾史, 河出書房新社 (2019) 235

21世紀のファンタスマゴリア：空間投影人物像における色補償 Phantasmagoria in the 21st Century: Color Compensations in Spatial Projection of Human Figures

都竹 隼輔 Syunsuke Tsuzuku 芝浦工業大学
三木 学 Manabu Miki 株式会社ビジョナリスト
日高 杏子 Kyoko Hidaka 芝浦工業大学

Shibaura Institute of Technology
Visionarist Co.,Ltd
Shibaura Institute of Technology

Keywords：空間投影，ファンタスマゴリア，ペッパーズゴースト，色補償，背景色。

1 はじめに

1.1 研究目的

遠方の人と映像画面を通じて会話をする機会が増加している。また、AIなどの技術の進歩も加わり、今まで人間が行っていた受付や案内などの作業は人物像を投影したAI対話システムにとって変わろうとしている。映像投影デバイスと方法の多様化が現在急速に行われているのである。その反面、映像を媒介にするコミュニケーションは、非言語メッセージ量が減少してしまうため、対面時に比べ違和感をもってしまう。映像とのより良い対話体験には、物理的な対面時と同じように、「話し相手、本人がそこにいる」という印象を与えることが重要であると考えられる。

そこで、本研究ではペッパーズゴーストの技術を応用し、人物像を空間投影する。その際に「本人がそこにいる」という印象を人物像の背景色、投影先の色、周囲の照度からの色補償の観点から実現することを目指す。本研究における実験では、周囲の照度が明るい時、暗い時の両者から人物像が見えやすい背景色を検討し、高照度下でも人物像が見えやすい背景色、距離、投影先の色の要素の相関を模索するものである。

本研究は次のように構成される。まず、第1章では本研究目的、先行研究、独自性について述べ、第2章では検討する技術について述べる。第3章では、実験計画について述べ、第4章では実験結果とその考察を記す。第5章では実験結果のまとめ、今後の展望について述べる。

1.2 ファンタスマゴリアとペッパーズゴースト

ファンタスマゴリアとは、19世紀以前から行われていた、マジックランタン(幻燈)という投影装置を用いた見世物である。室内にスモークを焚き、

そこにマジックランタンによって投影した亡霊の映像をレンズの調節や、装置の移動によって拡大、移動させ、あるいは突然出現させる見世物であった。煙幕に投影された映像は空中に浮かびあがりながら明滅し、恐怖感をあおる音楽やナレーションとともに観客を驚かせるものだった。この技術を用いた様々な演目がフランス革命後の騒乱のさなかにあった世紀末のパリで大流行した。

この興業は各地で模倣者や追従者をうみ19世紀にはヨーロッパ全土でファンタスマゴリアに類似の興行や演目が広まった。(1)

ペッパーズゴーストとは、1862年にヘンリーダークスが考案した「ダークスのファンタスマゴリア」を改良した、劇場などの使用される視覚トリックである。ウエストミンスター大学の講師であったジョン・ペッパーが名前の由来である。

板ガラスと特殊な照明技術を用いて、実像と板ガラスに写った虚像を重ねて見せることで、効果を発揮する。舞台上の仕組みとしては、観客から見えている舞台のほかに、もうひとつの隠された舞台が用意される。隠された舞台の壁、床、天井は光を反射しないよう黒く塗られており、観客と舞台のあいだに45度の角度で板ガラスが設置されている。隠された舞台が暗いときには、板ガラスを通して本来の舞台のみが見えている。ここで、隠された舞台にいる人物にスポットライトを当てると、板ガラスに反射して人物の虚像が出現し、観客に見えるようになる。板ガラスの存在に気付いていない観客には、舞台に突然「幽霊」が登場したように見える。(2)

このペッパーズゴーストの技術は古典的ではあるが非常に効果的な演出方法であり、現在では、ディズニelandの「ホーンテッドマンション」や、「マジカルミライ」という初音ミクのコンサートやPerfumeのライブなどにも使用されている。この手法は一番の魅力は、極めて融通が利く部分にある。

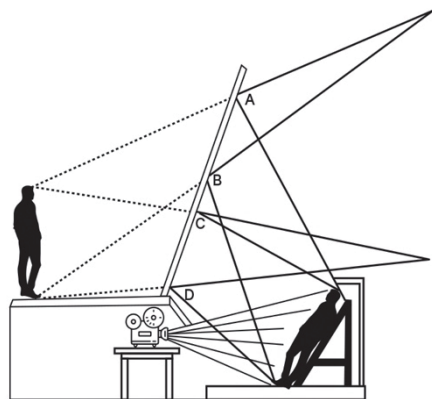


図1 ペッパーズゴーストの仕組み (3)

投影するプロジェクタやスクリーンのサイズ、種類に縛られることなく、自由な表現が可能であり、ステージのような大きなものから卓上の小さな機器までこの手法で空間に映像、虚像を投影することができる。(4)

本研究では、この利点に注目し、iPad をプロジェクタとし、作例である人物像の静止画を空間投影する。

1.3 先行研究

映像を介してのコミュニケーションは、非言語メッセージの量が少なくなり、対面時の場合と比べて違和感が生じてしまう。対面時とオンライン時でのコミュニケーションの印象の違いを少なくすべく、高品質の映像、音声の出力が必要と記載されているが、それは、使用される製品に依存し、使用者本人だけでは解決することができない内容であった。

郭ら(慶応義塾大学院)の研究ではオンライン時でも非言語メッセージの量の減少を防ぐことができれば違和感を少なくできるという考えのもと、赤、緑の背景色、被験者の画面から近い、遠いという距離の違いを設定した実験環境のもと、事前に用意したイラストの説明をしている際の被験者の頷きの回数の変化を観測した。

郭らの研究では、非言語メッセージ量を増加させる対話の要素として、「距離感」と「背景色」という2つの要素があることが分かった。背景色が緑の場合、相手にリラックス効果を与えるため、被験者に落ち着きを与え、特に男性の場合、頷きの回数による非言語メッセージが2割増すことが分かった。また、男女ともに、情報の発信者の距離を遠くに設定することでジェスチャーなどの非言語メッセージが近い時に比べて3割増加することが分かった。(5)

1.4 本研究の独自性

本研究の最終目的は「話し相手、本人がそこにいる」という印象を与えることである。しかし、ペッパーズゴーストの手法を用いて映像を投影した際、投影先の素材や色、コンテンツ内の人物像の肌の色、距離感、背景色、周囲の照度によって映像が観測者へ与える印象は変わってしまう。より「実在している」というような印象を与えられる要素を色補償の観点から模索する。

投影した人物との会話体験を再現するために郭らの研究結果である、「背景色」と「人物の距離」を参考にした。しかし、「そこにいる」という印象を与えなかったため、判例の背景色は投影先の背景に溶け込む必要があると考えた。事前に赤、青、緑、黄、白、黒の7色を背景色とし、投影したところ、白、黒の方が投影先の背景に溶け込んでいる印象を得ることができたため、背景色には5段階に分けたグレースケールを用いた。

投影機器と投影する映像コンテンツについては、PC、映像通信サービスにおけるリアルタイムに動く人物像ではなく、iPad と背景を単色に変更した静止画の人物像を作例として使用した。

2 検討する色補償の範囲

投影時の環境下で見せたい色になるようにコンテンツ作成時に色を補正することを「色補償」という。映像を投影するときにおいて、観測者に受けとれる色は、投影機先の素材や色、また周囲の照度などの影響によって、本来とは異なった色に見えてしまう。このような色補償という観点から、本研究では投影する人物像が「投影先の背景に実在している」、「表情がしっかり見える」という部分が実現できる背景色と照度と距離を色補償の観点から実験で評価する。

3 実験環境

実験環境としては、アクリル板を70度に、iPad を20度に設置して判例を投影した。このように設置した際に投影された映像は観測者と平行に映し出される。投影先の色を白、黒の2色、周囲の照度を高照度、低照度のそれぞれの組み合わせを設定した。また、それぞれの状況下において、各背景色において投影された人物像が「見えやすい」、「見えにくい」の対になる評価を5段階に分け、被験者の直観から評価してもらった。

アンケートの被験者は17名、性別が男性52.9%、女性47.1%、年齢は20歳64.7%、21歳29.4%、22歳5.9%であった。

本実験は、背景色を変化させたことによる「見

えやすさ」の違いを測ることを目的としており、実験前に各被験者に対し、色覚検査を行い、正常と判断で方にのみにアンケートに答えてもらった。また、各照度下の実験に移る際には明順応、暗順応ができるよう1分間の猶予を与えた。

実験前に実際に人物像をアクリル板へ投影した際、観測地によって見え方に若干の違いが確認できたため、正面から見えるよう1回の実験は1名の被験者が投影する人物像と対面できるよう行った。

実験の環境についてまとめたもの、高照度下(図2)、低照度下(図3)の実験の様子を以下の表と図に示す。

表 1: 実験環境のまとめ

照度	明るい	暗い
	350~ 370lux	10~ 20lux
場所	室内、芝浦工業大学芝浦キャンパス教室内、北側窓際の机	
距離	50 cm	
投影した映像の高さ	1 m	
視点から映像までの距離	50 cm	
使用した背景色	White, 25%, 50%, 75%, Black	
人物像の明るさ	Adobe Photoshop の自動トーン補正, 自動コントラストを用いた補正	
投影先の色	黒	白
アクリル板の設置角度	70°	
タブレットの設置角度	20°	
プロジェクタ	iPad Pro	
画面の大きさ	10.5 インチ	



図 2 実験環境 (高照度)



図 3 実験環境 (低照度)

4 実験結果

4.1 計測結果

実験の結果から、映像コンテンツの背景色、周囲の照度、投影先の色の3つの要素が人物像の見えやすさに関係していることが分かった。

(1) 照度について

全体的に、高照度下よりも、低照度下の環境のほうが、人物像が見えやすい傾向があった。しかし、映像コンテンツの背景色が25%グレーの場合は大きな違いは見られなかった。

(2) 投影先の色について

全体的に白よりも黒に近い色のほうが、人物像が見やすいという傾向があった。また、見えやすさについては、投影先の色と人物像の距離にも関係性があることが分かった。背景色が黒色、人物像の距離が遠いほうが圧倒的に見えやすいという意見があったが、投影先が白色に近くなると、人物像が近いほうが見えやすいという傾向があった。本実験では、投影先の色と人物像の背景色が

一致している方が、人物像が見えやすいという仮説のもと行ったが、背景色が白、黒の場合は投影先が黒のほうが見えやすいという結果を得ることができた。一方で、段階的に分けたグレーの場合はすべて、白へ投影したほうが見えやすいという傾向が見ることができた。

(3) 背景色について

白、黒の方が見えやすい傾向があることが分かった。黒色の場合、高照度の場合でも、他の色に比べて見えやすい傾向がある。また、高照度下で人物像の距離が遠い場合、「どちらかといえば見やすい」が41.2%の割合があるため、映像を空間投影した際に、本人が実在しているという印象を与える組み合わせは、背景が黒色、人物像の距離は遠くの組み合わせのみ、可能性があることが分かった。グレーを段階的に分けたが、特に違いは見ることができなかった。しかし、白、黒のように極端な色の場合のみ高照度時でも、「どちらかといえば見やすい」という評価を得ることができた。以下の表に見えやすい傾向が確認できた組み合わせを示す。

表 2：見えやすい組み合わせ

照度	投影した板の背景の色	人物像の距離	コンテンツの背景色
低照度	白,黒	遠い	黒
低照度	黒	近い	白
高照度	黒	近い	白
高照度	黒	近い	50%グレー
高照度	黒	遠い	黒

4.2 考察

背景色がグレーなどの淡い色の場合、人物像の肌や服の影など色と淡い色の場合、背景色と人物像の肌や服の影の色と同化してしまい、見えづらくなっていると考えられる。そのため、全体的に人物像に対しての立体感が薄くなってしまい、本人の顔がより大きく見える近い距離に設定したほうが見えやすくなったと考えられる。

本実験の結果から、人物像の「見えやすさ」に対する要素は、背景と人物との色の対比が大きいと考えられるため、背景色には25%、75%グレーなどの判別しづらい色は適していないことが分かった。また、アクリル板に投影する際、反射の問題で映像はぼやけて見えてしまうため、淡い色ではより周囲と同化してしまいやすい。

一方で、人物像との対比関係にある色を投影先の色、背景色を使用し、組み合わせれば、高照度下でも人物像が見えることが分かった。今回はグレースケールで行ったが、彩度が暗い色を使用すれば効果が見込める結果を得ることができるかもしれない。

5 おわりに

今回の実験で、「見えやすさ」は人物像と周囲の色の対比が重要とわかったため、投影する人物像の服装の色も変化させても違った結果を得られる可能性がある。

投影する板の厚さと色の変化も検討する。今回使用した厚さ5mmのアクリル板では、反射後の位相が大きくずれるためより薄いものを使用すること。また、板自体を暗めの色のモノに変更すると良い結果が得られることが期待できる。

今後の展望としては、さらなるリアリティの向上を考えている。本実験では、静止画を投影したがうなずきや、挨拶の動作などの動作を加えた動画映像を投影したいと考えている。

参考文献

- 1) 大久保 遼: 映像のアルケオロジー: 視覚理論・光学メディア・映像文化. 青弓社 (2015)
- 2) Link Fang. 「ペッパーズゴースト」, <https://ja.linkfang.org/wiki/%E3%83%9A%E3%83%83%E3%83%91%E3%83%BC%E3%82%BA%E3%83%BB%E3%82%B4%E3%83%BC%E3%82%B9%E3%83%88>, (参照 2021-04-09)
- 3) COMONS. 「Science of Pepper's Ghost illusion」
<https://cosmosmagazine.com/physics/the-science-behind-the-pepper-s-ghost-illusion/>, (参照 2021-04-09)
- 4) IT media PC USER. 「誤解だらけの「ホログラム」 それっぽい映像表現との違いは?」, https://www.itmedia.co.jp/pcuser/articles/1606/19/news008_2.html, (参照 2021-04-09)
- 5) 郭 智洋, 当麻 哲哉: 画面越しの距離感と背景色による非言語的メッセージの伝達量を向上させる映像対話環境のデザイン. 慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科 (2014)

色彩と霊的イメージ：映像装置の技術的發展と情動の観点から

Colors and the Images of Ghosts

: From the Perspective about Technical Development of Moving Image Apparatus and Emotion

難波阿丹

Anni Namba

聖徳大学

Seitoku University

日高杏子

Kyoko Hidaka

芝浦工業大学

Shibaura Institute of Technology

Keywords: 霊的イメージ, 痕跡, 情動, 霊媒, オーブ.

1. はじめに

本報告では、心霊写真・動画において霊的イメージの「情動」を区分する色彩のトーン分類枠組と、映像装置の技術的發展との関連性を理解したい。従来、心霊写真・動画は、霊的なオブジェクトと機械の接触面である「インターフェイス」上で、人間の目には写らない霊的イメージを顕現するとされ、その「情動」に様々な読解が施されてきた。

例えば、1860年代以降、リンカーンの幽霊を撮影したことで著名なアマチュア写真家ウィリアム・H・マムラー (William H. Mumler) の、亡くなったいとこの人影を写したセルフポートレート写真 (図 1) に見られるように、目が感知する範囲を超えて感受力を持つ写真によって、幽霊の物象化がなされている。



図 1 ウィリアム・マムラーの心霊写真

写真の処理過程が、霊媒が幽霊と交信する行為と相同的に論じられる例として、トム・ガニング (Tom Gunning) の論考「幽霊のイメージと近代的顕現現象」では、写真がスピリチュアリストの媒介行為を引き継いでいるとの言及がなされる。

写真の処理過程が霊媒の役割を引き継ぐと、心霊写真における媒介装置の役割は字義通りのものになってしまう。恐らく、写真とスピリチュアリストたちの顕現現象とが最も深く結び付いているのは、高感度な媒体 [= 霊媒] という発想においてなのだ。[略] 現存する心霊写真には、レンズやカメラすら用いずに撮られたとされるものもある。デヴィッド・ダギッドとマジ・ドナヒューの主張によれば、自分たちは感光版を手で握っただけであり、二つの敏感で受容的な媒体、つまり一つは霊的、もう一つは写真的な媒体、これらが接触しさえすれば、そこに隠れていたイメージが浮かび上がってくるのだった(1)。

写真と霊媒は、イメージの媒介装置の役割を共有する。霊媒の行為を代替する写真が、感光版において、人間の目には写らないものを写し取ることが期待される。そして、隠れていた霊的イメージの顕現は、霊的な媒体と写真機械の接触面、写真でいうならば、感光版という「インターフェイス」上で展開される現象としても想定されている。霊的イメージは、物理的な「接触」を通して、その痕跡を残す。写真は、霊的イメージのインデックス(2)となり、時には怨霊や悪霊の思念が残存していると考えられ、霊障を呼ぶ媒体として、それ自体が供養の対象となることもあるのだ(3)。

本報告では、心霊写真・動画のインデックス的性質を念頭に、それらを、色調から幽霊を判定する装置として検討する。これまで心霊写真・動画は人びとの霊的想像力を刺激してきた。その技術的要件の移行によって、霊的イメージの色彩と情動

がどのように紐づけられるかが、本報告の焦点となる。

2. 霊的イメージの色調と情動判定

図像学や分類学における霊体の区別は盛んになされてはいるものの、幽霊の色調を扱う心霊研究は少なく、幽霊の色彩は、無彩色が前提とされる。アーサー・コナン・ドイル (Arthur Conan Doyle) は『妖精の出現』において、色スペクトルの外界に位置する霊的イメージについて以下のように論じる。

私たちは、私たちの色スペクトルを作り出す境界の内部で対象を見るが、この境界の両側には、私たちが使用していない無限の振動が存在している。短かすぎたり長すぎたりする振動を放出する物質によって構成された存在を想像してみると、私たちが自らの波長を高めるか、相手の波長を落とすかしないかぎり、それらが目に見えることはないだろう。このようにして自らを調整して他の波長に合わせる能力を備えているのが霊能者 (clairvoyant) なのであって、私が知るかぎり、他の人には見えないものが見える人がいるのは、科学的には何ら不可能なことではない(4)。

ドイルは、人の目に映らない存在が、私たちの感知する色スペクトルの外部で振動を発していると論じる。霊的イメージの波動は人間の感受可能な色調としては発現されえず、その波長に合わせる能力を持つ霊能者のみに顕現するという(5)。

しかしながら、1935年にイーストマン・コダック社によってカラーフィルムが開発され、カラー写真が急速に浸透した1960年代以降、色彩を持つ幽霊が登場する。例えば、イギリスの精神物理研究機構 (the Institute of Psychophysical Research) のセリア・グリーンとチャールズ・マックリーリー (Celia Green and Charles McCreery) が1968年から1974年にかけて集めたインタビュー記録では、幽霊を見たという1800人のうち、二分の一あるいは三分の二の人々が、髪や衣服などに部分的に色のある幽霊を目撃したとされる。

報告されたところでは、二分の一から三分の二の視覚的幽霊たちが、何かしらの方法で色づいていた。例えば、彼らは特定の色の衣服を着た、あるいは、ある陰影のある髪を持つ何

者かを表象していたという。思い出させる人物は黒と白か、もしくはモノクロームのどちらかで出現する(6)。

また、写真や動画に映り込む水滴や光球を「オーブ (Orbs)」と呼ばれる意識体と捉え、色彩でその善悪や情動を解釈する試みもなされていく(7)。青、緑色のオーブは、神聖性や幸運を伝える一方、赤色は生霊や怨霊の怒りの表示、霊からの警告だとされる。その上、白色のオーブは森林の精霊、紫色のオーブは高貴な霊、黒色のオーブは怨霊を指示するという説もある(8)。

善霊や悪霊を区分する指標、あるいは幽霊の情動の表出として、心霊写真・動画の色調について様々な解釈がなされているが、部分的な統一は見られるものの、多くが霊能者や心霊研究家の個人的見解に留まっている点は否めない。いずれにしろ、写真・動画はカラーへと移行することで霊媒としての力能を増し、幽霊の情動を判定する装置として機能する可能性が示唆される。

3. 心霊アプリと霊的想像力

昨今は、スマートフォンの普及により、霊現象を撮影する「心霊アプリ」も登場している。例えば、「心霊たんち機 Plus」、「Ghost Observer」、「幽霊カメラ」、「呪顔」、「靈感診断」等である。幽霊探知アプリ「心霊たんち機 Plus」は、カメラを起動して場の霊波動を測定し、霊波値が付加された写真や動画を保存する(図2)。



図2「心霊たんち機 Plus」の霊波値付加画像

また、「Ghost Observer」では、画面下のレーザーで幽霊の場所を探知し、実際に幽霊の写真を撮影することが出来る(図3)。幽霊は種別、年齢が記載され、幽霊語を翻訳するオプションも設けられる。



図3「Ghost Observer」で撮影された幽霊

「Ghost Observer」で撮影される幽霊、および、それを取り巻く景色がモノクロームである点は、今日的な写真・動画技術の進歩にも関わらず、依然として幽霊のイメージが白黒の濃淡に支配されていることを物語っている。幽霊は高画素カメラでも鮮明に捉えられず、幅広い情動と色彩のスペクトラムを有する感情的に豊かな存在ではないという前提が、私たちの霊的想像力を根深く規定しているのだ。

しかしながら、防犯用赤外線カメラ等の技術進化により写真・動画が精度を増し、暗闇でも鮮明なカラー撮影が可能になれば、カラフルな幽霊が出現し、その種類や情動が色別に細かく判定可能かもしれない。そして、「ポスト・ヒューマン」とは、人間の知覚可能領域を超え幽霊を可視的に捉える知覚を備えた人間ということもできるだろう。霊媒たる写真・動画技術の進歩に伴い、人間の霊的な想像力の更新もまた、迫られているのである。

本研究は、JSPS 科研費 18K12232 (若手研究)「古典映画期における観客のアテンション管理—グリフィスの映像アーカイブを中心として」による。

参考文献

- 1) トム・ガニング「幽霊のイメージと近代的顕現現象—心霊写真、マジック劇場、トリック映画、そして写真における不気味なもの」望月由紀訳、長谷正人／中村秀之編訳『アンチ・スペクタクル—沸騰する映像文化の考古学』東京大学出版会、2003年、195頁。
- 2) 「写真とは、(他の論者もそうしているように)チャールズ・サンダース・パースの用語を使用すると、第一にアイコン、つまり類似性の運搬体であり、第二にインデックス、すなわち過去の出来事によって残された痕跡であるという、二重の身分をもっている。」同上、181-182頁。
- 3) 超常現象研究家であり、1970年代の心霊写真ブームの火付け役となった中岡俊哉は、「心霊写真に写っている地縛霊や浮遊霊が、何か災いを起こす可能性があるかを鑑定して、もし霊障を起こすような写真であるならば、その写真の供養も、考えなければいけない。」としている。中岡俊哉『心霊写真の神秘』永岡書店、1994年、23頁。
- 4) ヴィクトリア朝期の絵画における妖精のように、霊的イメージが多彩な色彩を帯びてイメージされる場合もある。Arthur Conan Doyle, *The Coming of the Fairies*, Pavilion Books (1992) p. 7 (アーサー・コナン・ドイル『妖精の出現—コティングリ—妖精事件』井村君江訳・解説、あんず堂、1998年。)。浜野志保『写真のボーダーランド X線・心霊写真・念写』青弓社、2015年、144頁にも、「霊視における「振動理論」」として、不可視の存在が写真に映ずるドイルの解釈について同一箇所と言及がある。
- 5) 浜野、156頁。
- 6) Celia Green and Charles McCreery, *Apparitions*, Institute of Psychophysical Research (1975), p. 156.
- 7) 下記のサイトを参照。「青・緑・赤・白などの色別！心霊写真のオーブの意味」<https://uratte.jp/posts/sinrei-syasin-iro-obu>、「オーブは心霊写真？オーブの色別種類8つと意味を徹底解説」<https://spicomi.net/media/articles/501>
- 8) 「The Different Colors of Ghost Orbs and Their Meanings」https://paranormal.lovetoknow.com/Ghost-Orbs_Different_Colors

チベット絵画の色・色材・色名および色彩調和論と不調和論

Tibetan Painting and of its Colors, Materials,
Terminology, Color Consonance and Dissonance

木本晴夫

Haruo Kimoto

名古屋市立大学

Nagoya City University

Keywords:

チベット, 絵画, 色彩, 色材, 色名, 色彩調和.

はじめに

色, 色材, 色名などについて, 世界各国で古今から多くの研究と開発がなされている. 本研究では, チベット絵画の色, 色分類, 色材, 色名, 混色理論, 色系統, 色彩調和論・不調和論などについて述べる. 併せて, 色彩調和論において西洋との対比をする. 色彩調和論は, 西洋では物理学の手法に基づいて混色や色彩コントラストなどを論じたものが多いが, チベット絵画では色, 色系統, 色彩調和・不調和を家族関係などになぞらえて論じている. チベット絵画の色彩論は色が示す意味作用に基づいている. 一方, 西洋ではアリストテレスやニュートンなどに見られるように, 色は物理・数理的な観点から論じられることが多い.

チベット絵画は仏教絵画が主である. 仏教絵画はチベットのほかに, 中国の敦煌・莫高窟壁画を始め, 広く, インド, 中国, モンゴル, ネパール, ブータンなどで, 寺院を始め, 一般家庭でも飾られている. 仏教信仰の厚い地域では絵画として仏教絵画が主要な位置を占める. 本研究は, チベット人デウマルゲシェの著した美術理論書クンセルツンギ・レリム^[1]に基づいている.

第1章 研究の背景・現状・目的

研究の背景: 日本の仏教は主に大乘仏教である. 本研究では大乘仏教の流れを汲むチベット密教の仏画であるタンカの色彩に着目し, 研究対象とする. タンカはチベット密教の軸装仏画で, 主として岩絵の具を用いて描かれる. 日本の仏画と比較すると, 彩画は闊達で, 着彩は豊かである.

チベット絵画の色材, 彩色技法についての著作は代表的なものとして, དེའུ་དམར་དགེ་བཤེས་ (デウマルゲシェ) 著の ཀུན་གསལ་ཚཱ་གྱི་ལས་རིམ་ (クンセルツンギ・レリム)^[1]が有る. クンセルツンギ・レリムの日本語訳は彩画工程明鏡である. 同書はチベット仏教絵画の美術理論書である. その内容は, 色材, 色分類を始め, 混色理論, 色彩調和論など幅広い. 本研究報告は同書に基づいて, チベット仏教絵画の色彩について考察した結果を述

べる. また, この書に書かれているチベット色彩調和論と西洋色彩調和論との対比も試みる.

同書の著者はチベット人デウマルゲシェ (1725(1727)-没年不詳, 僧侶, 医師, 美術評論家) である. 同書はチベット絵画の彩画技術について詳述している. 全 32 章である. 第 1 章では顔料を作る色材について, 第 2 章では基本となる色の種類・数について述べ, 以下の章で, 色の分類, 色材の加工方法, 着彩方法, 凹凸, 明暗の出し方, 漆塗りの方法, 開眼作業での決まりごと, そして, 作画・作像の失敗例, 功德などに至るまで述べている. 特に, 第 8 章では混色方法について, 第 14 章では色の族系統(族系), 第 15 章では色彩調和論, 第 16 章では色彩不調和論について述べている. 本研究では主としてこれらの章に基づいて考察する.

研究の現状: チベット絵画の色彩研究は以下のようである. 小野田俊蔵は, チベット絵画での色材と混色理論について, 前記のクンセルツンギ・レリムに基づいて種々の考察を発表している^{[2][3][4][5]}. D. P. Jackson らは, チベット軸装仏画タンカの色材と彩画技法についての調査結果を幅広く述べている^[6]. 羅秉芬はクンセルツンギ・レリムを中国語に翻訳し出版している^[1]. 長野泰彦^[7]はチベット色彩語彙の構成分析と語彙の発展段階的分析を行っている. 語彙分析のために Berlin & Key の BCT(Basic Color Terms)を参考にしつつ, 長野独自のチベット基礎色彩語彙論を述べている.

研究の目的: 本研究ではこれらの研究を踏まえてチベット絵画の色, 色名, 混色理論, 色彩調和論・不調和論について考察する. また, チベット色彩調和論と西洋色彩調和論の対比をおこなう.

第2章 チベット絵画

チベット絵画では, チベット密教の仏画であるタンカが主要な位置を占める. タンカはチベット仏教寺院には必ず有り, 家庭でも軸装して飾られている. 寺院などでは, 年に一回の儀式のときにタンカの開帳が有る. 開帳されるタンカは非常に大きく, 大きいものでは, 縦 20m, 横 10m のものも有る. 日本の仏画とタンカは仏画として源は同一である. 図 1 にタンカの例を示す.



図1 タンカ(チベット軸装仏画)の例

第3章 チベット絵画の色・色材・色名

タンカを着彩するに先立って色材を混色して種々の色を作る。色材は、(1)素材の観点から、(2)基本色の観点から分類される^[6]。以下に示す。

(1)色材の分類として、**素材に基づく分類**は以下の9分類である。土性色材、岩性色材、水性色材、火性色材、樹木色材、草木色材、花性色材、骨性色材、宝石色材^[5]。

チベット仏教絵画の**基本色**は、白、黄、赤、青、緑、黒の6色、または、これらに橙、紫の2色を加えて8色ともされている^[1]。これらの基本色を混色して種々の色を生成する^{[3][4]}。

(2)色材の分類として、**基本色(6色+2色)による分類**は次の8種類である^{[1][4][5]}。白色色材：鹹土(かんど、塩分を含む土)、白土など、黄色色材：砒石雌黄、雄黄など、赤色色材：朱、臙脂など、青色色材：藍銅鉍、インディゴなど、緑色色材：マラカイト(緑)、混合緑など、黒色色材：墨など、橙色色材：黄丹など、紫色色材：紫石英など。

色名は159色である^[1]。チベット密教仏画で使われる色名には、概念としての色名と、色の材料である色材名が混在している^[5]。概念としての色名は青、黄、白、赤などであり、色材名は実際に使われる色(絵の具、顔料)の名前である(例：群青、緑青、朱、黄丹、臙脂、雌黄、藍、白亜など)。筆者としては、次のように考える。つまり、概念としての色名はおおまかな概念であり、色そのものではない。いわば、指標、分類のようなもので抽象的である。色材としての色名は具体的な固有の色である個々の絵の具、顔料の名前である。BCTは概念としての色名であると考ええる。

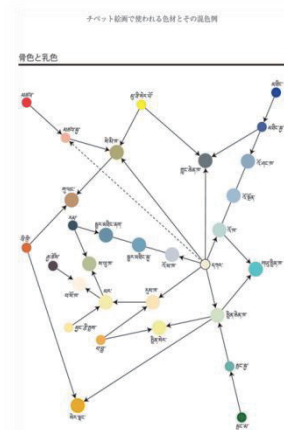
本研究では、これらの159色をチベット伝統色名と呼ぶ。この伝統色名の中には、個々の物に対して、赤みがかったとか、黄みがかったとかとして、赤、黄などの概念的な色名と組み合わせて色名を作ったものがある。使いたい色のイメージを考えて、それに対して概念的な色名と具体的な物

の名前とを組み合わせるイメージを表す色名を作り、実際に色を混色して、その色を作っていく。

チベット伝統色名は以下の通りである^[1]。特徴としては、人肌色、肝臓色、肺色など、人体・臓器に関する色名が多い。チベット医学の影響と思われる。大部分の色名が特徴的である。肝臓色、白肝臓色、紫肝臓色、黄肝臓色、黒肝臓色、肺色、黄肺色、紫肺色、青肺色、身色、赤身色、黄身色、青身色、血赤色、大血赤色、乳白色、乳緑色、乳青色、動物身色、白動物身色、赤動物身色、黄動物身色、暗動物身色、青動物身色、牛皮色、黄皮色、黒皮色、紫皮色、あひる色、あひる赤栗色、あひる赤橙色、蜂蜜色、象牙色、大象色、玉色、大玉色、灰玉色、白玉色、藍玉色、緑玉色、天然玉色、カワセミ緑青玉色、自在天黄、死体色、大死体色、骨色、龍骨色、大雲色、玉雲色、煙色、青煙色、赤黄火色、靱色、バター色、油黄色、倍黄色、陶器色、薄陶器色、白黄銅、紅黄銅、硫黄色、焼鉄色、黒鉄色、紅鉄色、ラピスラズリ色、白精鍊銅、黄精鍊銅、精鍊銅、紅精鍊銅、ブロンズ色、栗色、黄檗花色、チョウジ花黄色ほか。

第4章 混色理論

色の種別は基本色と支分色とされている。基本色は第3章で述べた。これらの基本色から混色によって支分色を作る。その方法を体系化したものが混色理論である。絵師はタンカを描くたびに混色をするので混色理論として明確にしておくことが重要である。混色例を図2に示す。図2から分かるように、基本色に対して混色理論を系統的に適用して種々の支分色を生成する。これらの色は彩画のために生成された一連の色彩であり、色が相互に関連していて有機的な色システムになっている。これらの色を使って、仕上げた絵の色味は結果的に全体的に調和感を持っていると考える。これに対してRGB表色系は物理的属性に基づく無機的な色システムである。

図2 混色の例, 小野田俊蔵^[4] から引用

第5章 色系統・族

デュマルゲシュは「顔色的族系」として色を人間社会になぞらえて系列化している^[1]。父系の色、母系の色、どろぼうの色、その他を提唱している。

「色の始まりと系譜は人のそれと似ている」としている。以下に例を示す^[1]。

例：藍色、黒色は色の中では父である、絵のどの部分に塗っても威厳と光彩を放つ。緑色は叔父である。どのような色と出会ってもその色のためになり、その色にとって有益である。これらの色は父系に属する。多くのことに使って良い。白色は色の母である。複合色はすべて彼女から生まれている。砒石の黄色はどろぼうである。画面全体に沢山塗るのは害があるが益は無い。例えば白色と出会うと双方が汚染される。紅色は盗賊である。塗った全ての場所で独り占めをする。隣の色から盗んで更に美しい。紫色は色の武官である。塗ると紅色を弱める、つまり、塗ったところにおいて盗賊(紅色)を殺す。褐色は祖母である。どこに塗っても適合して、隣の色をピカピカさせて鮮明にする。ピンクは浮世を捨てた尼のように、戒律を守って他の色と何の関係もない。おばあさん(褐色)が尼さん(ピンク色)に出会うのは、亡霊のたたりのようなものだ、彼女(おばあさん)自身は綺麗ではないし、それに相手(尼さん)もだいなしにする。青灰色は乞食である。多すぎると画面を汚くする。浅緑は放蕩息子である。彼に会うと損害を受ける。金色の条紋は月である。それが登ることによって夜は昼に変わる。

第6章 チベット色彩調和論・不調和論

チベット色彩調和論は色彩調和・不調和を色の意味作用の観点から述べている。意味作用には協和(Color Consonance, 色彩調和)と不協和(Color Dissonance, 色彩不調和)とが有る。

色彩調和については次のように述べている。

「色が調和するかしないかは、社会で人と人、或いは物と物とが相互に調和するかしないかと同じである」、「調和は虹が登るようで、調和しないのは仇敵が出会うようなものだ」^[1]。色彩調和を人間社会、動物社会や自然になぞらえている。

調和の例は次のようである。紅と黄の組み合わせは師と弟子だ。黒と白の組み合わせは主人と召使だ。紅と紫の組み合わせは父親と長兄だ。藍と白の組み合わせは叔父と甥だ。白と紅の組み合わせは夫と妻妾だ。白と黄の組み合わせは長年の友達だ。白と緑の組み合わせは姉弟だ。紅緑は母(紅)と弟(緑)だ。藍と紅の組み合わせは女系のいとこ関係(女系いとこ)だ。淡黄色と緑の組み合わせは姉妹だ。黄と黒の組み合わせは女系の甥と叔父だ。納戸色(greyish blue, 中国語訳は藍灰)と

褐色の組み合わせは兄弟だ。納戸色(藍灰)と濃い藍の組み合わせは母と子だ。青緑色(ひすいのような緑)と浅緑色は父と子だ。青緑色と混ざりの無い藍色の組み合わせは父と父方のいとこだ。淡黄色と混ざりの無い黄色の組み合わせは友達である。淡黄色と黒色の組み合わせは弱兵だ。

色彩不調和について述べる。デュマルゲシュは色彩不調和について次のように述べている。「色が不調和とは仇敵と出会うようなものだ。色が互いに不調和だともう一方の色を覆い隠してしまったり、画面の光沢度に影響を与える」、「赤は他の色を押しつけてしまう」など^[1]。色彩不調和を考察して個々の例について整理したものは、筆者の知る限りではあるが、世界的に例は無い。

不調和の例：黄と白の組み合わせはメリハリがなくぼんやりしている。藍と緑の組み合わせは泥棒だ。何か隠れている感じが、迷彩の感じである。藍と黒の組み合わせは区別が出来ない。緑と黄の組み合わせは病人に似ている。緑と黒の組み合わせは死人に似ている。浅い藍と浅い緑の組み合わせは埃(ほこり)ひと山だ。紅と黒の組み合わせは暗黒である。紅と紫の組み合わせは暗い影である。玉緑色(濃い緑)と青緑色(ひすいのような緑)は一对である。玉緑色(濃い緑)と藍色の組み合わせはともに強くてヤマイヌとオオカミの出会いである。紫色と黒色の組み合わせは敵または強盗の内輪もめである。金色と黄色の組み合わせはお互い様で、効能・効果は少しも無い。

チベットの色彩調和論・不調和論ではイメージが「合う、合わない」ではなく、「色または色の組み合わせがどのような意味作用や相互作用を作り出すか」、「どのように調和しているか、どのように不調和であるか」を述べている。着目すべきことは「意味作用において調和・不調和しているか」である。調和は「相互に協和する調和」(色彩の作用で正の効果を生む。つまり互いに馴染んで存在している)であり、不調和は「相互に不協和(色彩の作用で負の効果を生む。落ち着かない、不安である。つまり相互に馴染んだ存在でない)である」と考えられる。

第7章 各国での色彩調和の考え方及び対比

チベット絵画の色彩調和論：色彩調和を家族関係や、人間・動物世界などでの調和、不調和(より具体的に言えば、協和、不協和)になぞらえている^[1]。また、色を父性色、母性色などとして分類している。例えば、白を母系の色として、白はいろいろな色と混色が可能で多くの色を作ることが出来るとしている。出来上がった色は子息色である^[2]。チベット絵画の色彩論は色彩調和において、色の意味・作用、色の関係を人間関係など

になぞらえて考えている。つまり、色彩を人間社会に照らして論じている。また、調和に加えて、色彩不調和を論じていることも特徴である。

日本の色彩調和：日本では古来、かさねの色目として宮中で着装する単(ひとえ)や女房装束の衣の配色集を作っている。満佐須計装束抄^[8](平安時代、作者は源雅亮)、女官飾鈔^[8](室町時代、作者は一条兼良)、曇華院殿装束抄^[8](室町時代、伝聖秀尼宮)など。これらの配色集では個々の配色に草花の名前を付するとともに、四季のいつごろに着用するかを示している。例えば、次のようである。「雪の下：白(白)・同・紅梅(蘇芳)・淡紅梅(淡蘇芳)・同より淡く・青」。「雪の下」は雪の下の紅梅の略、五節(大嘗祭、新嘗祭のころ、おおむね11月末)より春まで着用する^[8]。かさねの色目では、個々の配色に四季折々の草花の名を付けて、配色を四季の変化に対応させている。日本の色彩調和は自然に基づいていると考える。「雪の下」の色標^[8]を図3に示す。

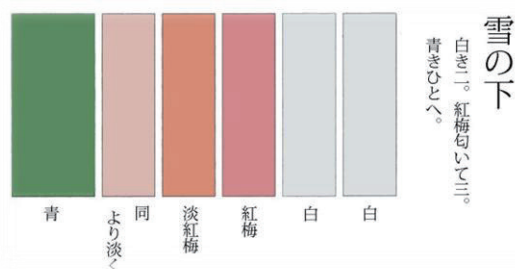


図3 「雪の下」の色標^[8]

西洋色彩調和論：西洋ではアリストテレス以来、多くの色彩調和論が提唱されている^[9]。本稿では、ヨハネス・イッテンの色彩調和論を取り上げる。イッテン(スイス、1888~1967)は芸術家、理論家、教育者で、バウハウスで色彩論担当だった。イッテンは独自の12色の色相環上の位置関係での調和を提唱した^[10]。この独自の12色の色相環の中には基本的には白、黒は無い。2色調和(ダイアッド, dyads)として反対の位置にある補色は調和する。3色調和(トライアッド, triads)として正三角形、二等辺三角形の位置関係の色は調和する。4色調和(テトラッド, tetrads)として正方形や長方形の位置関係の色は調和する。5色調和(ペンタッド, pentads)として三角形に白と黒を加えたもの、6色調和(ヘキサッド, hexads)として四角形に白と黒を加えたもの、などである。図4にトライアッドとテトラッドの構造を示す^[10]。イッテンは調和配色を示しているが、個々の配色には名前は付されていない。そして、色の意味作用の記述はない。また、白色、黒色はダイアッド、トライアッドには無い。

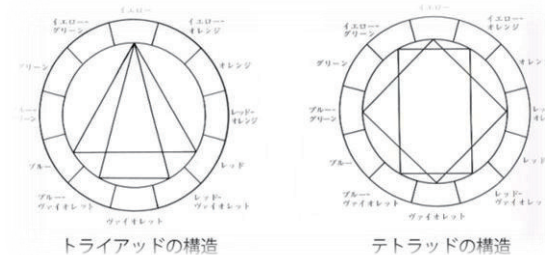


図4 トライアッドとテトラッドの構造^[10]

西洋色彩調和論は、幾何学や物理学などの数理的手法に基づいて論じられることが多い。科学者や芸術家が色相環を使って、三角形や四角形などの規則性によって色彩調和や色彩コントラストを論じた。調和やコントラストでは合う・合わないを決めるが、意味作用としてどのように合うか・合わないかまでは踏み込んで論じない。

参考文献

- [1] དེའུ་དམར་དགེ་བཤེས་ (デウマルゲシェ：原著者), རྣ་གསལ་ཚཱ་གྱི་ལས་རིམ་ (クンセルツンギ・レリム(原著題名), 彩绘工序明鉴(中国語訳題名), 彩画工程明鏡(日本語訳)), 西藏佛教彩绘彩塑艺术(藏汉文对照), 门拉顿珠, 杜玛·丹增彭措 著, 罗秉芬译注, 中国藏学出版社出版发行, 第3章, 第8章ほか, 2005
- [2] 小野田俊蔵, チベット仏画の色材, 国立民族学博物館研究報告別冊, Vol. 18, pp. 359-372, 1997
- [3] 小野田俊蔵, チベット絵画における異種のブラウンーデウマルゲシェの混色理論ー, 佛教大学宗教文化ミュージアム研究紀要, No. 8, pp. 11-23, 2011
- [4] 小野田俊蔵, チベット絵画で使われる色材とその混色例ーデウマルゲシェの色材知識(ベージュとアイボリー), 佛教大学宗教文化ミュージアム研究紀要, No. 9, pp. 1-22, p. 4ほか, 2013
- [5] 小野田俊蔵, チベット絵画の色材と配合の知識, アジア仏教美術論集 中央アジア, Vol. 2, チベット, pp. 423-435, 中央公論美術出版, 2018
- [6] D. P. Jackson, J. A. Jackson, Tibetan Thangka Painting: Methods & Materials 2nd ed., Snow Lion, Boston & London, 1988
- [7] 長野泰彦, チベット語の色彩語彙, 国立民族学博物館研究報告, Vol. 5, No. 2, pp. 409-438, 1980
- [8] 長崎盛輝, かさねの色目, 京都書院, 1988
- [9] 色彩文化研究会, 配色の教科書, パイ インターナショナル, 2018
- [10] ヨハネス・イッテン, 大智浩(訳), ヨハネス・イッテン 色彩論, pp. 72-74ほか, 美術出版社, 1999

素数と色彩調和論 (3)

Prime number and Color harmony theory

太田 哲 Satoshi Ota

洋画家

Western-style painter

キーワード: 2個組素数, 黄金比対称性, 9次元(空間), 対(つい), 超ひも理論.

1. はじめに

「黄金比の美」を2個組素数の言語に置き換えて, 数理的な分析を進めている. ゴッホ作品の色彩的輝きが, 彼の「黄金色技法 (補色・黄金色・類似色)」に因ること, 色空間と素数空間が等価であること, 虹の6色に6個の黄金比が対応していること等をこれまでに発表した.1) 2)

本稿は, その続編で, 新たに得た知見を述べる.

2. 素数と素数組

図1にRH零点と素数の分布を示す.3) 1)

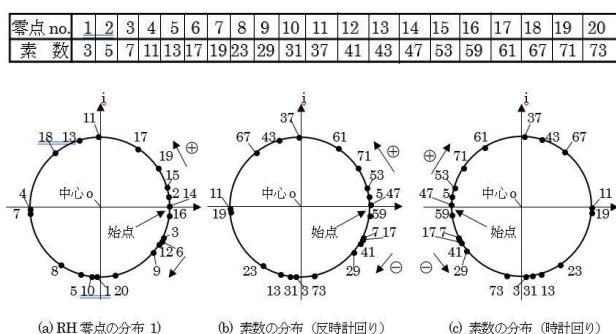


図1 RH 零点と素数の分布

図1(a)はRH(リーマン予想)の解である零点20個の分布で, (b)と(c)図は, 零点を素数に置き換えたもので, 左右反転の関係にある.

次に, 素数組27個 (普通20, 双子7個) を作り, 中心角度 θ_c を測って一覧表にしたのが, 表1「素数空間と色空間の比較」である. 素数空間と色空間が等価であることが一目で分る.2)

2.1 半円対称性と鏡像対称性

半円対称性と鏡像対称性の関係をM&S (ムーンスペンサー) のグラフを使って説明する.

図2(a)は, 色彩調和論のグラフで, 図(b)(c)(d)は, 色三原色, 光三原色, 黄金比の対称性の図で, 上段が鏡像対称性, 下段が半円対称性の関係の図である. 光/色三原色を「光₂対称性」, 黄金比を加えて三つの場合は「光₃対称性」と呼称する.

表1 素数空間と色空間の比較

no.	素数空間			色空間			備考
	素数組	好き嫌い	角度 θ_c	PCCS(10色)	M&S色調和(10色)		
1	3-3	両嫌い	0°	同一色	同一調和	○	
2	3-5	両嫌い	+102°	中差色相	第二不調和	○	
3	3-7	片嫌い	+67°	中差色相	第二不調和	○	
4	3-11	片嫌い	-84°	中差色相	第二不調和	○	
5	3-13	両嫌い	-13°	隣接色相	第一不調和	△	△ ₅
6	3-17	両嫌い	+65°	中差色相	第二不調和	○	
7	3-19	片嫌い	-83°	中差色相	第二不調和	○	
8	3-23	片嫌い	-30°	類似色相	類似調和	○	
9	3-29	両嫌い	+53°	中差色相	第二不調和	○	
10	3-31	片嫌い	-3°	同一色	同一調和	△	△ ₁₀
11	3-37	両嫌い	-173°	補色色相	対比調和	○	
12	3-41	両嫌い	+63°	中差色相	第二不調和	○	
13	3-43	片嫌い	-160°	補色色相	対比調和	○	
14	3-47	片嫌い	+96°	中差色相	第二不調和	○	
15	3-53	両嫌い	+109°	中差色相	対比調和	○	色の三原色(+)
16	3-59	片嫌い	+87°	中差色相	第二不調和	○	
17	3-61	両嫌い	+151°	対照色相	対比調和	○	光の三原色(+)
18	3-67	片嫌い	-137°	対照色相	対比調和	○	黄金比(+)
19	3-71	片嫌い	+128°	対照色相	対比調和	○	
20	3-73	両嫌い	+15°	隣接色相	第一不調和	△	△ ₂₀
(2)	3-5	両嫌い	+102°	中差色相	対比調和	○	3-5-7
21	5-7	両嫌い	+35°	類似色相	類似調和	○	(三つ子)
22	11-13	両嫌い	+71°	中差色相	第二不調和	○	
23	17-19	両嫌い	-148°	対照色相	対比調和	○	光の三原色(-)
24	29-31	両嫌い	-56°	中差色相	第二不調和	○	
25	41-43	両嫌い	+138°	対照色相	対比調和	○	黄金比(+)
26	59-61	両嫌い	+63°	中差色相	第二不調和	○	
27	71-73	両嫌い	-112°	対照色相	対比調和	○	色の三原色(-)

(注1) no.1-20(普通素数組), no.21-27(双子素数組), 基底素数: 3, 5, 11, 17, 29, 41, 59, 71.
(注2) 本稿では θ_c の符号は時計回りを(+)で表記しており, 図1(b)と図1(c)に対応している.
(注3) ○: 一致, △: 多少問題今後留意.

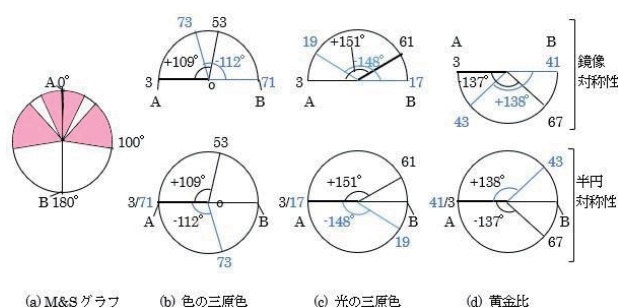


図2 半円対称性と鏡像対称性

鏡像対称性は, 点対称性又は空間反転対称性と呼称されることが多い.4) 1)

2.2 素数組のグループ分け

表1と図2から, 素数組の特徴を次に示す.

(1) 素数組には, 非対称性と対称性がある.

- (2) 非対称性は単独型,対称性は色三原色,光三原色,黄金比があり,都合4グループに分かれる.
 (3) 図2(d)鏡像対称性は,下に凸で,特異的である.
 以上をまとめて,表2に示す.

表2 素数組は4グループ

対称性	非 対 称 性		対 称 性				合		
素数分類	① 単 独 型	数	②色三原色	数	③光三原色	数	④黄金比	数	計
no.と 素数組	①(3-3) ~ ④(3-47)	14	⑤(3-53)	2	⑦(3-61)	2	⑧(3-67)	2	
	⑥(3-59)	1	⑦(71-73)	2	⑨(17-19)	2	⑩(41-43)	2	
	③(3-71) ~ ⑥(11-13)	4							
	⑦(29-31) ⑧(59-61)	2							
計		21		2		2		2	27

(注) 素数組(普通と黄金比)の関係は: ⑧(3-67)=①(3-67), ⑫(41-43)=④(41-43).

表2の四つのグループ①②③④は,互いに別ものと考えられるから,夫々固有の2次元空間を占有するものとする。(図3参照)

2.3 素数空間の次元

図1(a)のRH零点の分布に関する式を示す.³⁾²⁾

$$J(x) = Li(x) - \sum Li(x^\sigma) \log 2 + \int_x^\infty \frac{dt}{t(t^2-1)} \log t \quad (2)$$

$$\sigma = 1/2 + ti \quad (3)$$

式(3)の実数部と虚数部を次の様に解釈する.

- (1) 実数部の $1/2$ は,現実3次元の中の半周.
- (2) 虚数部の t は,虚の2次元の素数組27個.

以上から,次の仮説を掲げる.

<仮説2>

素数空間は,現実3次元空間内に虚の2次元を3つ配置する,計9次元空間である.

2.4 素数空間の構造

<仮説2>の空間構造を図3に示す.

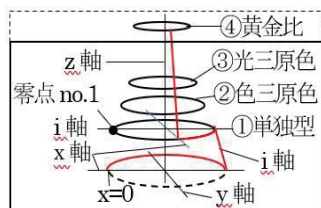


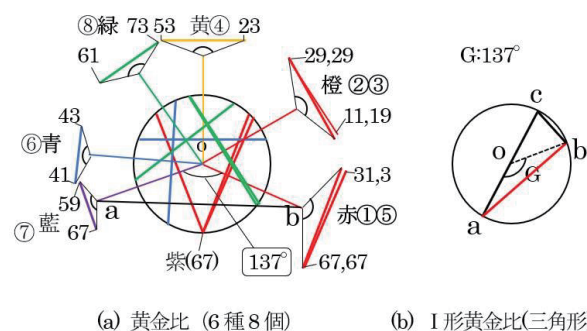
図3 素数空間の三面立体構造

①単独面に相当する図1(c)の「3(零点 no.1)」を,複素2次元座標共々 $\pi/2$ 回転させ,最下面に重ねると「 $x=0$ 点」に重なる.図3の実線枠内は,①②③の6次元と現実の3次元で,合計9次元になる.但し,④黄金比の2次元は,9次元(実線枠)の外.又,①単独面は,色相環対応であるとする.

3. 黄金比が形成する多角形 (I型,II型,III型)

黄金比角 $G(137^\circ)$ を有する多角形を調べる.

図1(c)から得られた6種8個の線分を「黄金比」と呼称し,風車形図形の図4に示す.²⁾



(a) 黄金比 (6種8個) (b) I形黄金比(三角形)

図4 黄金比6種8個と三角形

図4(a)は,オストワルト色相環に対応し,風車の羽根は,虹の6色と6種の黄金比の一致を示している.図(b)の ab が各色の波長に対応している.そして, $\triangle oab$ (二等辺三角形)を「IA型」, $\triangle abc$ (直角三角形)を「IB型」と呼称する.

次に,仮説3を掲げる.

<仮説3>

虹の6色に対応する6種の黄金比が存在する.

3.1 黄金比I型 (三角形)

6種8個の黄金比から,IA型とIB型の三角形を作成して,図5に示す.

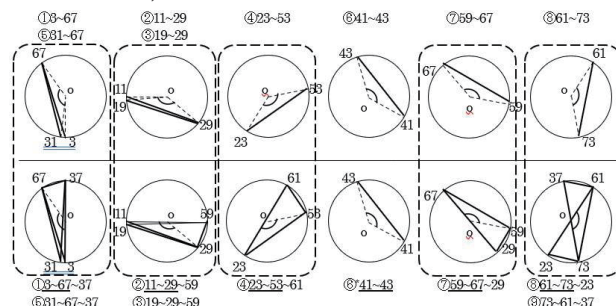


図5 IA型(上)とIB型(下) (共に6種8個)

図5の点線で囲ったIA型とIB型が対を成す.

ここで,IA型の $\triangle oab$ の「o」に対応する素数が無いことに気づく.IA型の導入を前提とするから,本稿では,これに,素数の「2」を充当することとする.それを仮説として掲げておく.

<仮説4>

素数空間に於いて,黄金比角(137°)二等辺三角形の頂角に「2」を充当する.

3.2 黄金比II型 (四角形) とIII型 (五角形)

図4(a)から「黄金比」を夫々2個抽出して,四角形と五角形を作る.但し,五角形は星形の図形で表示.図形の記号は,(1):種別,a:順番,①②:黄金比,(61~11):架空(赤い点)線,で,図の上部に記載する.

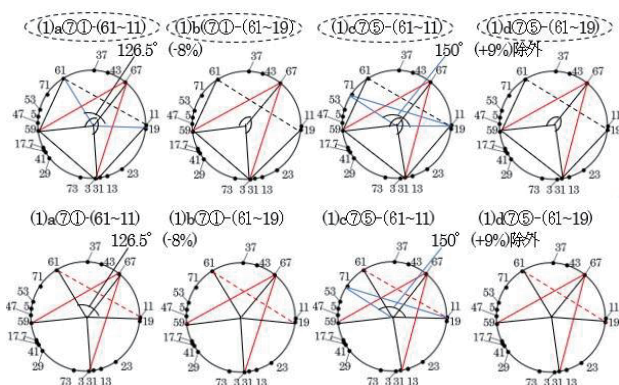


図6 II型(上)とIII型(下)多角形の一例

以上, I A 型, I B 型, II 型, III 型の多角形の数を調べたところ, 表3に示す結果を得た.

表3 黄金比多角形の型と数

多角環の型	I A 型/I B 型	II 型	III 型
種数と個数	6 種 8 個	8 種 15 個	10 種 24 個

表3から, 多角形の数 N と角数 n との間に, 次式の関係があると考え.

$$N = n^2 - 1 \quad (4)$$

以上から, 次の仮説5を掲げる.

<仮説5>

素数空間の黄金比8個から出来る多角形の数 N と角数 n の間には, $N = n^2 - 1$ の関係がある.

(注) 黄金比多角形を「多角環」と名付け, 式(4)を, G 環則の式と呼称する.

4. 「黄金比」の使用状況と「対」

II 型とIII 型は多角環形成に, 黄金比が2個「対」で使われている. その使用状況を表4に示す.

表4 「黄金比対」の使用状況

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
①									①④, ①⑤, ①⑥, ①⑧ 4
②									②③, ②⑥, ②⑦, ②⑧ 4
③									③⑥, ③⑦, ③⑧ 3
④									④⑤, ④⑦ 2
⑤									⑤⑥, ⑤⑧ 2
⑥									⑥⑦ 1 (+)
⑦									16 対
⑧									

■: 使用済12対 (II 型, III 型)

表4の□印が使用済で, 残りが16対ある. この16対の「黄金比対」は, G 環則 $N = n^2 - 1$ に従わず独立的振る舞いをする. I A 型と区別して「I C 型」と名付ける. I C 型図形, 16対中の4例を図7に示す. 図形と言っても「二本線」だけである.

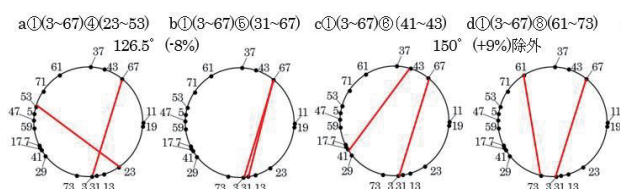


図7 対を成すI C 型の一例

以上, 5 種類 I A 型, I B 型, I C 型, II 型, III 型の図形は, 全て「対」を構成している. (表5参照)

表5 黄金比, 全5型の「対」の形成

型	形状	角数	G 環則	黄金比数	形成数	備考
I C 型	二三形	3	外	2[対]	16	図7
I A 型	二三形	3	内	1[対]	8	図5
I B 型	直三形	3	内	1[対]	8	
II 型	四角形	4	内	2[対]	15	図6
III 型	五角形	5	内	2[対]	24	図6
合計					71	

(注) G 環則内: $N = n^2 - 1$ に従う意.

これ等, 「対」に因る排他性は, 「パウリの排他原理」に通底すると考える. 仮説6を掲げる.

<仮説6>

- ① 「対」を成す黄金比は, 排他的に振る舞う.
- ② 黄金比の二三形と直三形は, 「対」を成す.

5. 「超ひも理論」と「素数色彩調和論」の比較

「超ひも理論」のループ状ストリングも「I 型, II A 型, II B 型, HO 型, HE 型」の5型がある. 5)₁6)₁

本稿の黄金比を原理とする展開を「素数色彩調和論」と名付けた上で, 「超ひも理論」と比較する. それが, 表6である.

表6 超ひも理論と素数色彩調和論の比較

「超ひも理論」	型	ボソンの型	I 型	HO 型	HE 型	II A 型	II B 型
特徴	黄金比対	開放型	直交型	左右対称型	左右対称型	左右対称型	左右対称型
条件	黄金比対	V 字	90°	$x \leq \pm 13^\circ$	$x \leq \pm 30^\circ$	$x \leq \pm 30^\circ$	$x \leq \pm 30^\circ$
図形特徴	(図7)	(1)abcd	(6)ab	(2)b (3)a	(2)acd (3)b	(4)h (9)a (10)ab	
データ							
計	40	16	4	2	9	5	4
型	I C 型	I A 型(二三形)	I B 型(直三形)	II 型(四角形)	III 型(五角形)		
G 環則	非G 環則						

(注) <条件>は, 素数色彩調和論独自の設定である.

5.1 「超ひも理論」5)₁6)₁との類似性

表6の上辺は, 「超ひも理論」の5つの型とその特徴である. 「素数色彩調和論」の5つの型は, 表5のI C 型(16)とIII 型(24)を選んで比較した.

超ひも理論の規範は「対称性」で, 素数色彩調和

論の規範は「黄金比」である。規範の相違から、5つの型ごとの対応比較はできなかった。しかし、表6の図形からは、類似性を感じることができる。

(1) 超ひも理論では、開いた対称性または、双対性を示すI型が、素数色彩調和論では、表6のIC型とIA型に対応しており、合計20個(=16+4)の当該図形を得ている。

(2) HO: hetero orthogonal で、ヘテロな直交行列。HE: hetero exceptional group で、対称性との記載とは別に、本稿独自の「黄金比対」の視点で読み解いて、11個(=2+9)の当該図形を得た。

(3) 同様に、II型、III型は、対象変形図形を「右/左」寄りに分けて、9個(=5+4)の当該図形を得た。

(4) 超ひも理論の「ひも」は、本稿の場合には無い。強いて言えば、多角環の一边が「ひも」に見えることもあるかも知れない。

6. 多角環の姿形

「素数色彩調和論」の黄金比多角環を模式図の形で、図7に示す。

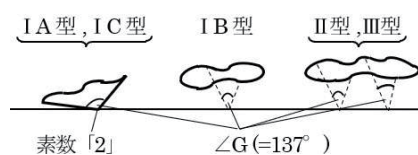


図7 多角環の姿形 (5つの型)

左側扇の要(頂点)に素数「2」が対応している。横に伸びる線(プレーンに相当)に「2」が繋がっている。一方、IB型、II型、III型は、線から浮いて、「2」で繋がっている。(5)₂ (6)₂

仮に、「2」と横線が繋がる結合定数tがあるとすれば、多角環の角数nに比例すると考えて、4)₂

$$t_{IB} : t_{II} : t_{III} = 3 : 4 : 5 \quad (5)$$

と、表すことが出来る。これを仮説として掲げる。

<仮説7>

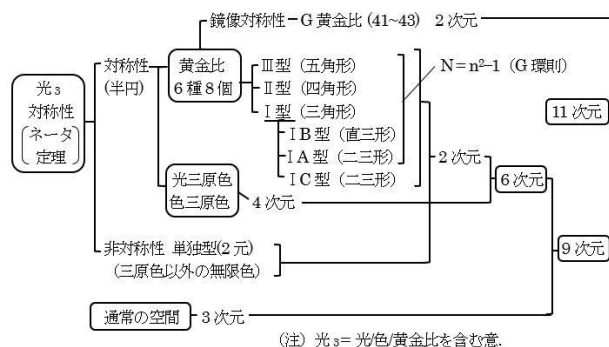
素数空間の多角環の結合定数tは、少なくとも3個あり、 $t_1 : t_2 : t_3 = 3 : 4 : 5$ で、ある。

7. 素数空間の次元

これまでのことから、素数空間の次元を想定してみた。それが、図8である。

(1) 光₃は、光/色/黄金比の対称性を含む意味で、「素数色彩調和論」の基本原理に関わると考えられ、「黄金比対称性」を今後も、注目する必要があると考える。

(2) 特に、黄金比(137°)のIA型(二三形)



(注) 光₃= 光/色/黄金比を含む意。

図8 黄金比に基づく素数空間の次元構成

が、I型、II型、III型すべての多角環にコアとして含まれていることから、「黄金比」が超対称性の有力な候補であることが予想される。

(4) 「6次元、9次元、11次元」は、「超ひも理論」にも出て来るキーワードで、別な視点から出発しているこれら両理論が、同一の結果に到達した様に見える、実に興味深い。

(5) 図8から、光と色で満たされた6次元、「黄金比の美」の2次元を模索するゴッホやセザンヌらが傑作を練り上げる現実3次元空間の中、時間の1次元を加えた12次元の世界が、昔も今も続いていると言えるのではなかろうか。

8. まとめ

「素数色彩調和論」の原理が、「黄金比対称性」であるとする予感が増している。

最初は、ゴッホ作品の傑作の根拠を探ることが目的であったが、素数を介することで「超ひも理論」の一端に触れるに至ったことが不思議でならない。分野と実力を超えた大胆な試論であると、自認している。

文献について思い違いや、本稿内容に誤りがあるかも知れない。その節は、ご容赦とご教授を頂きたい。

9. 参考文献

- 1) 太田哲, ゴッホ格言と黄金比: CSAJ 画像色彩研究会, March.14(2020)
- 2) 太田哲, 素数と色彩調和論: CSAJ KENTAI Conference, Dec.12(2020)
- 3) John Derbyshire 著, 松浦俊輔訳, 素数に憑かれた人々: 日経BP社, Nov.27(2009), 1)386, 2)380
- 4) 小林富雄, 超対称性とは何か: 講談社, Mar. 20(2016), 1)35, 2)151
- 5) 竹内薫, 超ひも理論: 講談社, Dec.1(2007), 1)110, 2)113~119
- 6) 夏梅誠, 超ひも理論への招待: 日経BP社, Jun. 23(2008), 1)204, 2)213~229

仮性同色表における背景のノイズと認識の違い

The background noise in the Pseudoisochromatic test

笠井一樹	Kazuki Kasai	工学院大学	Kogakuin University
坂本 隆	Takashi Sakamoto	産業技術総合研究所	AIST
市原恭代	Yasuyo G. Ichihara	工学院大学	Kogakuin University

Keywords:色覚, CUDO, P型D型色覚, C型色覚 カラーユニバーサルデザイン, 仮性同色表

1. はじめに

この研究は2型2色覚者(以下CUDOによるD型, 以下C型P型についても文献¹参照) 本人による石原表の研究である。石原表には図1に示したようにP, D型に読みやすく, C型に読みにくい表が存在する。しかし, この表は多数派には確かに読みにくいが必ずしもP, D型に読みやすいとはいえず, 色覚外来を持つ眼科医の中にもこの表に効力に疑問をもつ者もいた。P型あるいはD型に読みやすくC型に読みにくい表は石原表のみにあり他にはほとんどみられない。自分に読めない表を作るのは難しいのでこの研究にはC型とP, D型の相互協力が必要である。

ここではこの表を作例することにより, この表の有効性とPあるいはD型のみに見える世界があり得るのかをノイズという観点から検証する。

2. 目的

仮性同色表においてノイズのような円が存在している。この円の意味を調べ, ノイズの有効性及び色認識に与える影響を調査すること, カラーユニバーサルデザインの更なる発展, そして一昔前まで差別的だった色覚異常の新たな価値観の調査を目的に研究する。

また, 個人的な目標として実験者自身がD型強度色覚としてC型に比べて少数の色覚特性だが, 前述の色覚特性を利用して自分にしかわからないデザインを作成することで少数派の新たな価値を見出すことも目標とした。

3. 実験

3.1 実験概要

実験刺激として模写した仮性同色表を2種類に加え, 仮性同色表の内部デザインを変更した図を8種類作成し, 前述の図をノイズの量によって4種類のパターン計34種類の仮性同色表を被験者に掲示し, 何の文字が見えるか・認識しやすさはどの程度かを回答してもらった。また, 仮性同色表の呈示順番をランダムにすることで回答の予測が難しくなるように実験を行った。

3.2 実験準備

始めに実験者自身がD型強度色覚ということを変更して検査した。検査方法としてパネルD15とAnomaloscope Neitz OT-2を使用した。



図1 石原色覚検査表 第20表

3.3 実験刺激

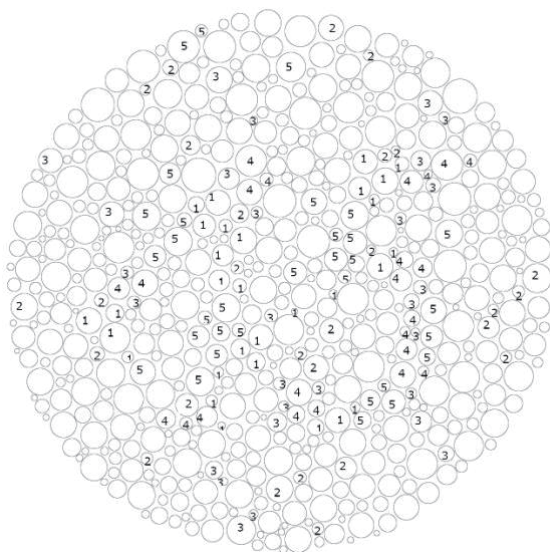


図2 作例方法

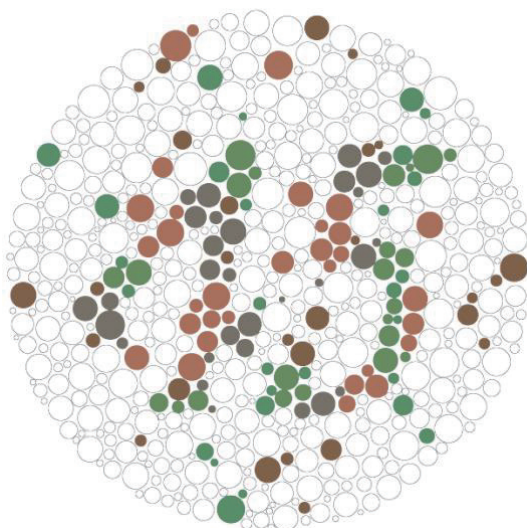


図3 作例方法

3.3.1 仮性同色表（石原色覚検査表）の模写

石原色覚検査表を模写することで自作に必要なフォーマットを確保した。模写した表は第20表（図1）を模写した。第20表はP・D型色覚だと「45」に見えC型色覚だと認識しにくい表になっている。模写はスキャンを使用した。模写の手順として

A) 円配置を取得した図を作成する

B) 背景ではない配色の円を数値でグループ化する

C) 内部デザインを構成する円を配色する

配色の色グループは5色だと感じたため

5グループとした。図3

D) 背景を2色で色を付けて完成

配色は実験者自身が肉眼で同一だと感じた色を使用した。

3.3.2 実験被験者

被験者色覚	人数	P-D型色覚者	全被験者
P型強度色覚	7	計15名	計65名
D型強度色覚	8		
C型色覚	50		

3.3.3 実験におけるノイズレベルの作り方

図4 背景色のノイズレベル 図5（次ページ続き）

ノイズレベル0	背景色1のみを背景に使用	
ノイズレベル1	背景色1と2を背景に使用、2は連続した形でランダムに配置	
ノイズレベル2	ノイズレベル1に加え、配色1~5を各2個ずつ計10個ランダムに配置	

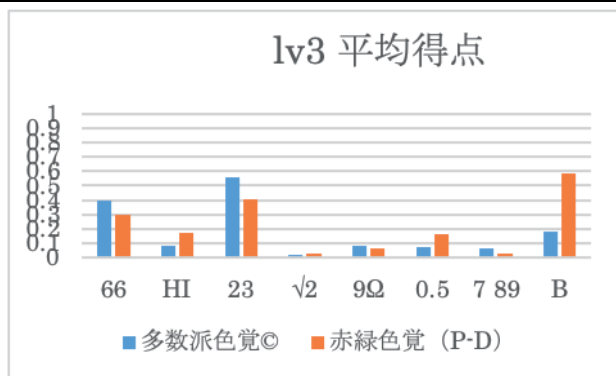
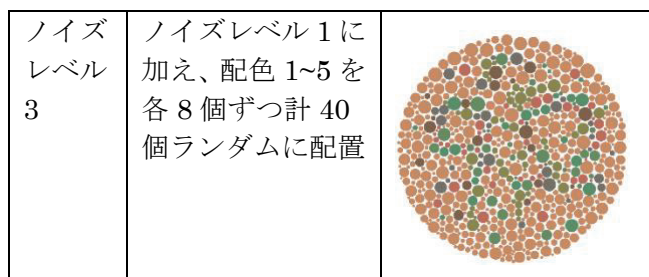


図6 ノイズレベル 3 各刺激別平均点

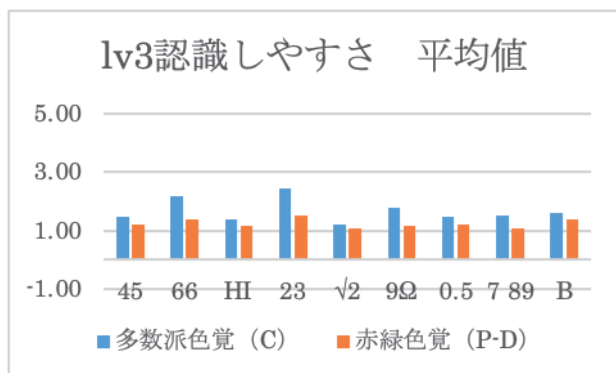


図7 ノイズレベル 3 各刺激別認識しやすさ平均

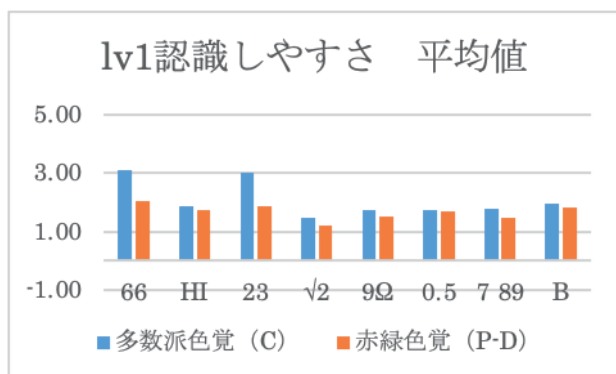


図8 ノイズレベル 2 各刺激別認識しやすさ平均

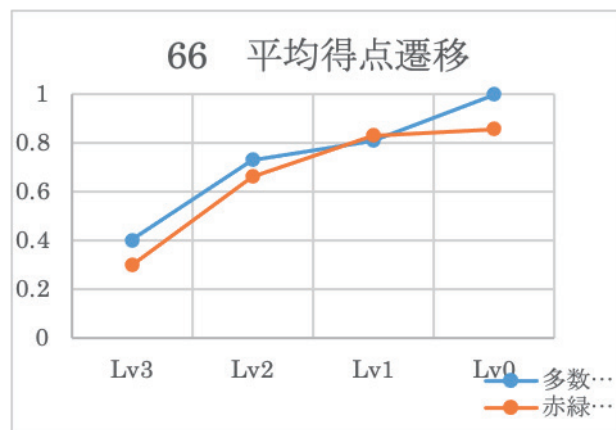


図9 レベルごとの平均得点遷移

4. 結果と考察

グラフ内の配色は青色が C 型色覚 (多数派色覚)、オレンジ色が P-D 型色覚 (少数派色覚) となっている。平均値を表したグラフと内部デザイン別に平均点のレベルによる推移を表したグラフを示す。

図6を見ると全体的に平均点が低く、ノイズの量によって認識力に影響が出ていることがわかる。「66」や「23」の2桁の数字で配置も通常通りの内部デザインは平均得点が高く認識力が他の内部デザインに比べあまり必要ないと考えられる。

「HI,05,B」の3種類は P-D 型色覚者の平均点の方が高くなっている。これらの刺激はアルファベットや0が混じっており予測があまりしにくいという共通点がある。しかし「9Ω」は同様の特徴だが C 型色覚の点が高くノイズレベル3の時点では P-D 型色覚者の色認識力が高い断定することは難しい。前述の内「B」に関しては P-D 型色覚者の得点が非常に高い特徴がある。

図7の認識しやすさについては P-D 型色覚者の平均点のほうが上であった「B」を含めてもすべての刺激で C 型色覚者の認識しやすさが上になっており、P-D 型色覚者は仮性同色表が見えなかったという経験などから実際に見えているが自信が低くなっているのではないかと考えられる。図6よりノイズレベル2の図9と比べ C 型色覚はあまり変化しておらず全体的に僅かに平均得点が増している程度で、配色円のノイズが無くなくてもあまり色認識に影響がないと考えられる。それに反して P-D 型色覚では「789,05,√2,HI,66」など多くの刺激で平均得点が高くなっていると分かる。これにより背景のノイズが2色であってもランダムな配色円が無くなることで内部デザ

インを認識する割合が非常に向上すると分かった。認識しやすさはあまり変化せず、どれもC型色覚のほうが高く、P-D型色覚はノイズレベル2に比べ得点が高くなったにも関わらず認識できているという確信はあまり無いと考えられる。図8のLv0を見るとノイズが無い刺激の平均得点のグラフだが、ノイズが無くなることで全体的に飛躍的に得点が向上しており、今までの得点はノイズによって認識が妨げられていたと分かる。ノイズレベル1までと比べC型色覚は非常に認識率が増えており、「66,HI,23」に関しては全員が正答をしている。他にも今まで平均点が低かったものが大幅に高くなっている。しかし「√2」の刺激に関してはP-D型色覚の点は上がっているがC型色覚の平均点はあまり向上しておらず配置の特殊さから認識するのが難しく、さらに√という文字は予測できないので明確に認識しないと回答出来ないからではないかと考えられる。前述の理由より平均点が少し高いP-D型色覚は明確に認識できた被験者が存在したと考えられる。図9の認識しやすさでは平均得点同様全体的に大幅に向上している。だが、P-D型色覚はノイズレベル1の時と比べて向上してはいるが大幅ではなく平均値が3.0を超えるものがほぼ存在していない。

5.今後の展開

今回の実験はコロナウィルスという世界的情勢もありwebページ上のgoogleアンケートフォームで行った。実験の条件に媒体の指定はなかったためPCでの回答やスマートフォンの回答など幅広く存在しており、環境も固定していない。これらによって表示される色は多少変動するので条件を指定する・オフラインで実験を行うなど正確性の高い実験を行うことが課題となる。

また、実験刺激の内部デザインやノイズのランダム配置に加え正解・不正解・半分正解の基準などは独自で定めたため有効性がどの程度存在するのかという課題も存在する。

実験刺激を作る際参考にした石原色覚検査表は年齢や性別によって結果が変化するようなものではないため被験者として20~70代までと年齢を制限しなかったが若者と高齢者によってノイズ関連の認識率の差が存在するのかといった疑問も浮かんた。

他にも今回はP型強度とD型強度及びC型色覚を対象に研究したが、D型強度とD型弱度にフォーカスを合わせた実験や配色を赤緑ではなく

青関連の配色にする・オリジナルの配色を作成・使用して刺激を作成するなどの今後の展望も見られる。

現実の世界では通常の風景や標識を見る際の視界に木や壁の模様など多くのノイズがP-D型色覚者の平均得点が高くなったと考えられる。これによりノイズ色が存在していると色の認識力が高いと仮定できる。木が多い中で特定の虫を見つけるといった今回の実験環境に似た状況ではP-D型色覚者の色認識力が高いと推測できる。

「√2」や「B」といった配置が複雑及び予測が難しい内部デザインは文字を明確に認識することで回答できると説明してきたが、これらの内部デザイン刺激ではP-D型色覚者の平均得点が高く、P-D型色覚者は内部デザインをパーツだけで認識して予測回答するのではなく全体を認識していると考えられる。色覚異常として昔まで差別的であった色覚特性でもC型色覚よりもデザインを認識する能力が向上する状況があると示せた結果になった。P-D型色覚のような少数派色覚の新たな価値観を見出す1つの結果になった。

6.おわりに

D型本人による石原表(C型に読みやすくP,D型に読みやすい表)の制作¹⁾は、人間の色覚が何に適しているのか、また何に適していないのかを表していて興味深い制作である。かつて本研究室ではP型本人による同テーマの研究²⁾があり、PとD揃っての研究となった。

色覚は非常に微妙なところがあり、例えば混同色線にまたがる色であれば混同しがちであるが、少しずれば多数派には殊更変わらない色でも明確に異なる色となる³⁾。この研究で行ったノイズの作り方はまだ段階に整合性が低く未熟である。しかしこのようなまだらの背景に浮かぶターゲットの形を読むことが色覚にとって重要であり色覚の面白さをよく表している。

参考文献

- 1) 笠井一樹 仮性同色表における背景のノイズと認識の違い 2120年度工学院大学卒業論文
- 2) 森田修平 少数派色覚のための新しい色覚検査表のデザイン 2013年度工学院大学卒業論文
- 3) Tomohiro Ikeda; e.a., "Color Universal Design -Analysis of Color Category Dependency on Color Vision Type (4) ", SPIE-IS&T. The International Society for Optical Engineering 8652(865216),p.1-8

色彩画像の感性評価に対する彩度変化の影響

—多様な色覚者群での比較—

Effect of Metric Chroma on KANSEI Evaluation of Color Images -Comparison between various types of color vision-

阿山 みよし Miyoshi Ayama

大古場 稔 Minoru Ohkoba

石川 智治 Tomoharu Ishikawa

宇都宮大学

宇都宮大学

宇都宮大学

Utsunomiya University

Utsunomiya University

Utsunomiya University

Keywords: 色弱, 色彩画像, 彩度変化, 感性評価

1. はじめに

先天性色覚異常者は正常者に比べて色弁別能が低いが, 物体色のカラーネーミングは顕著に低下しないなど, 彼らの色彩認知特性は多様で, かつ単純ではない^{1,2)}. 色弱者の色覚シミュレーションや画像強調は種々提案されているが^{3,4)}, 感性評価の研究は少ない⁵⁾. 本研究では, 色覚バリエーション用画像変換への基礎研究として, 彩度変化が画像全体としての感性評価にどう影響するのかを調べることを目的とする.

2. 実験

風景, 食物, グラフの3種11枚の画像を用い, 原画像彩度(各ピクセルのC*)を100%として約50~150%まで6種用意した. 風景から autumn と sakura, 食物から blueberry, グラフから CUD, paper, purple を図1に示す. C*の拡大/縮小度合いを本研究では彩度変換率と呼ぶ. ディスプレイでの表示画像の測色値からの彩度変換率は画像ごとに異なる.



図1 刺激画像の例

評価語対は風景群では「色が薄い-色が濃い」, 「汚い-きれいな」, 「嫌いな-好きな」, 「不自然な-自然な」, 食物群ではこれらに「まずそうな

ーおいしそうな」を加えた. グラフ群では「色が薄い-色が濃い」「色の区別がしやすい-色の区別がしにくい」, 「資料としての印象が良い-資料としての印象が悪い」である.

被験者には6種の彩度の画像を同時に提示し, 画面下部に提示される評価語対に対して7段階での主観評価を行うよう指示した(1試行という). 画像 autumn での提示刺激例を図2に示す. 1試行が終わると灰色画面(N5相当)を3秒間呈示し, 次の試行に移る. 画像の種類, 評価語対はランダム順で提示した.

被験者は, 1型及び2型の先天性色覚異常者(各男性12名)と色覚正常者(男性12名と女性6名)である.

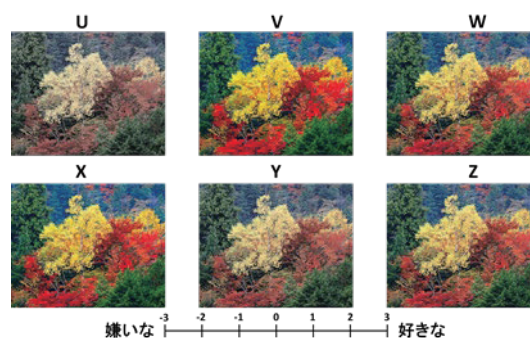


図2 刺激提示画面の例. 画像は autumn

3. 結果

評価語対「色が薄い-濃い」の結果は, 全画像・全被験者群で, 彩度変換率につれて評価値は単調増加となり, 個人間および色覚特性群間で同様の傾向となり, 色覚型×画像×彩度変換率での分散分析でも色覚型による有意差はなかった⁶⁾.

一方, 他の評価語では大きな個人差と色覚群間での相違がみられた. 図3に2型被験者群の autumn 画像での評価語対「不自然な-自然な」の結果を示す. どの被験者も概ね単ピーク形ではあるが, ピークすなわち評価値最大となる彩度変換

率は人によって異なる。このようなデータの場合、彩度変換率固定で平均値をとると群間の相違が不明確になる⁶⁾。そこで本研究では各被験者での最大評価値になる彩度変換率に注目した。図3は12名の2型被験者全員の評価結果で、顕著な個人差がある。点線、実線、破線は100%, 109%, 127%で最大値となる被験者の結果である。各々3名, 5名, 5名である。複数個所で最大値となる場合は両方をカウントした。

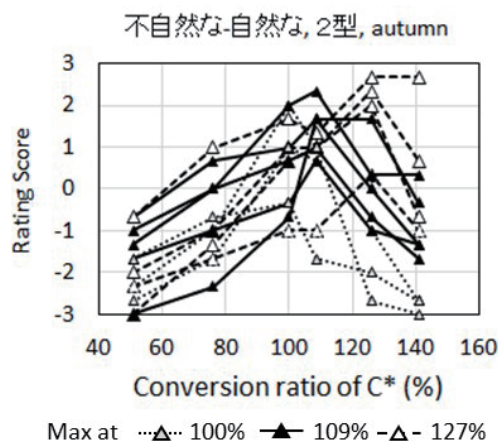


図3 2型被験者群の「不自然な-自然な」評価の結果。Autumn画像。

図4(a)は、autumn画像での「不自然な-自然な」評価において、各彩度変換率で評価最大値を示した被験者数を色覚タイプ別にプロットしたものである。色覚正常群は同人数で比較するために男性被験者のデータのみである。原画像よりやや彩度を低下させた76%で評価値最大となる人が多い。これに比べて、1型と2型の色覚者群は大半が100%以上で評価値最大となった。この傾向は他の画像でも同様で、図4(b)は風景と食物の画像8枚の結果を統合したものだが、autumn画像の結果と類視している。1型・2型色覚者には色覚正常者に比べてわずかに彩度強調を施した画像をより自然だと評価する人が多い。

またグラフ画像群では、1型と2型被験者群で各々別の画像で、彩度が増大しても「色の区別のしやすさ」評価が向上しない画像があった。

4. まとめ

1型および2型色覚者は彩度変化画像群に対して正常者とほぼ同様に色彩画像の「色の薄い-濃い」を判断するが、美醜、好ましさ、自然さの判断は同じとは言えない。1型および2型色覚者における色彩画像の感性評価向上に過度な彩度強調は不要であるが、画像や目的に応じた適度な

彩度強調が必要である。また低彩度同系色組み合わせは、特にグラフ表示では避けるべきである。

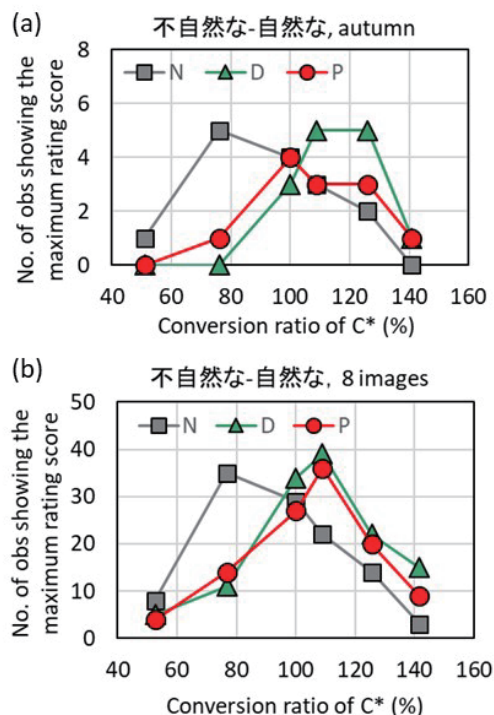


図4 彩度変換率と最大評価被験者数の関係。(a) autumn画像, (b)風景と食物画像8枚

謝辞

本実験を実施するに際し、カラーユニバーサルデザイン機構のご協力に感謝の意を表します。

参考文献

- 1). Leo M. Hurvich: Color Vision, Sinauer Associates (1981) 222-269
- 2). V. Bonnardel: Color naming and categorization in inherited color vision deficiencies, Visual Neuroscience 23 (2006) 637-643
- 3). H. Brettel, et al.: Computerized simulation of color appearance for dichromats, J. Opt. Soc. Am. A 14 (1997) 2647-2655
- 4). CIE 240 Enhancement of Images for Colour-Deficient Observers (2020)
- 5). Y. C. Chen et al.: Preference for color enhanced images assessed by color deficiencies, Color Res. Appl. 39-4 (2014) 37-38
- 6). M. Ayama, et al.: Color image evaluation of congenital color deficient and normal color vision observers, Proceedings of LIM2020 (2020)15-18

メラニン・ヘモグロビン増減による肌色変化が 色素斑の目立ちに与える影響

Effect of skin color change due to melanin and hemoglobin increase/decrease on the appearance of pigment spots

高橋 亜香音 Akane Takahashi 千葉大学大学院
融合理工学部
溝上 陽子 Yoko Mizokami 千葉大学大学院
工学研究院

Graduate school of Science and
Engineering, Chiba University
Graduate school of Engineering, Chiba
University

Keywords: 色素斑, ヘモグロビン, メラニン, 肌の色, 目立ち

1. はじめに

肌の状態は健康さの指標だけでなく顔の印象にも繋がっており¹⁾, 色素斑の有無は魅力の評価において重要な要素である²⁾.

色素斑とは、肌の一部が変色する皮膚疾患の一種である。主に 30 代以上の女性を中心に好発する傾向があり、特に褐色で境界が明瞭な斑点については肝斑とも呼ばれる³⁾。色素斑が発生する原因としては性ホルモンや副腎皮質ホルモンの分泌の変化、紫外線などの慢性的な物理的刺激³⁾、肝臓や卵巣の働きの低下、精神的動揺、妊娠⁴⁾が挙げられる。様々な原因によってメラノサイトが活性化し、肌の基底層を中心としてメラニン顆粒が局所的に増加することで色素斑が発症するとされる³⁾。

大塚ら⁵⁾によって、色素斑の個数や面積、濃度、位置といったパラメータが色素斑の目立ちを決定づけることが示された。また、Hirose et al.⁶⁾によって、肌の血液量が色素斑の視認性に影響を及ぼすことが示された。しかし、それぞれのパラメータと目立ちとの関係を定量化するには至っていない。高橋ら⁷⁾は、肌をヘモグロビンあるいはメラニン増減による色変化方向に変調させた場合の評価を行い、色素斑の濃度、肌の色の両方が色素斑の目立ちに影響を及ぼすことを示した。とくに、肌の色は多様であるため、肌の色と色素斑の目立ちをより多くの条件下で検証する必要があると考えられる。

2. 目的

本研究では、色素斑の濃度およびベースとなる

肌の色が目立ちに与える影響を明らかにすることを目的とする。色素斑の色をメラニン増減方向に変調させ、肌の色をヘモグロビンおよびメラニン増減方向、また同時に双方向に変調させたときの色素斑の目立ちについて検証する。

3. 本研究での肌の変調方法

本研究では、肌の赤みを決定づけるヘモグロビンと肌の黄み、黒みを決定づけるメラニンによる色変化に対する色素斑の目立ちを定量化する。肌の色素成分量の変化による色変化の再現には、Maeda et al.⁸⁾によって提案された 9 層構造のモンテカルロシミュレーションに基づくメラニン・ヘモグロビン変調の分光反射率と LAB 値⁹⁾を使用した。Xiao et al.¹⁰⁾によって求められた日本人女性、中国人女性の肌色分布を図 1 に示す。肌色をより現実に近い色にするため、 $L^*a^*b^*$ それぞれの分布の最小値・最大値に収まる色度範囲で顔色変調を行った。

図 2 に示すように、メラニン量、ヘモグロビン量をそれぞれ変化させたときの CIELAB 値を使用した。顔色をメラニン方向に変調させた LAB 値を Melanin (水色シンボル)、ヘモグロビン方向に変調させた値を Hemoglobin (赤シンボル) とする。メラニン量とヘモグロビン量が同時に増減する変調で取る値を M+H+ (青白抜きシンボル)、メラニン増加/減少時にヘモグロビン量が減少/増加する変調で取る値を M+H- (桃色白抜きシンボル) とする。また、色素斑はメラニン顆粒の活性化により発生するものであるため、本実験では女性の顔画像から抽出した色素斑の平均 LAB 値を中心とし、メラニン方向に 7 段階変調させた。図 2 では Pigment (黒四角シンボル) とする。

本実験では、顔画像の肌色部分および色素斑画像の平均 LAB 値を目的の値にシフトさせること

で、色の変調を実現させた。

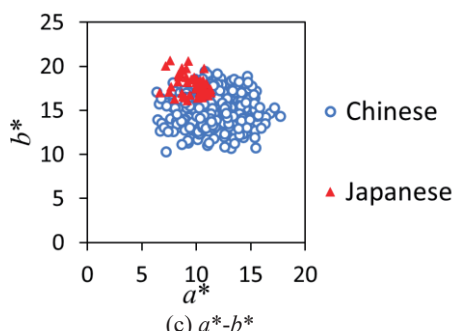
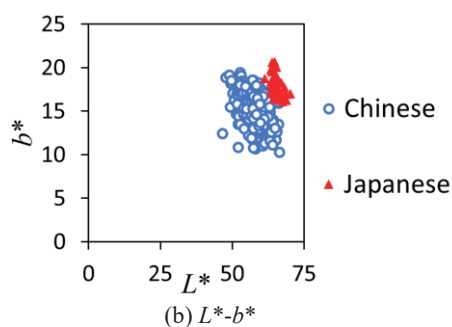
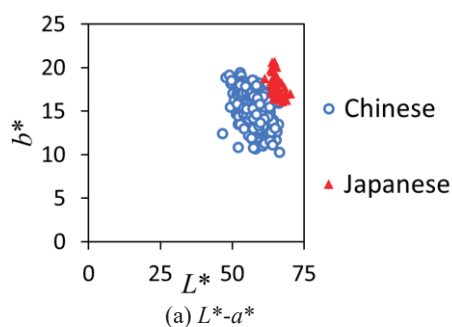


図1 日本人女性・中国人女性の肌色分布

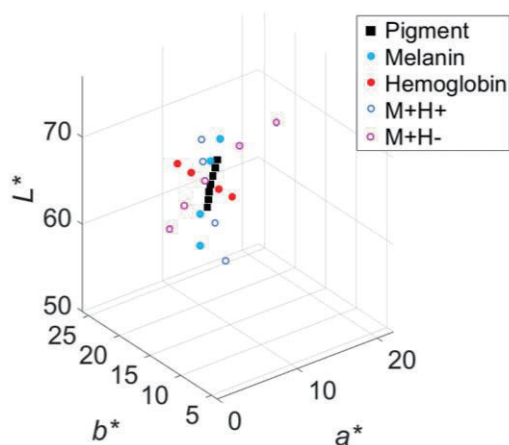


図2 顔色変調に用いる LAB 値

4. 実験

4.1 実験刺激

図3に示した色素斑1個が頬の上部に位置する顔画像を基準刺激とする。肌色にそれぞれ5段階のメラニン変調（以降M変調）、ヘモグロビン変

調（以降H変調）、M+H+変調、M+H-変調を加えた。色素斑には図4に示すように7段階のメラニン変調を加え、変調した色素斑と顔画像を合成したものを図5に示すような比較刺激とした。全ての比較刺激について、基準刺激に対してどれほど目立つかを評価した。

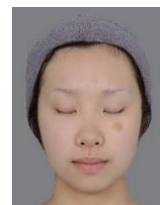


図3 基準刺激



図4 変調を加えた色素斑

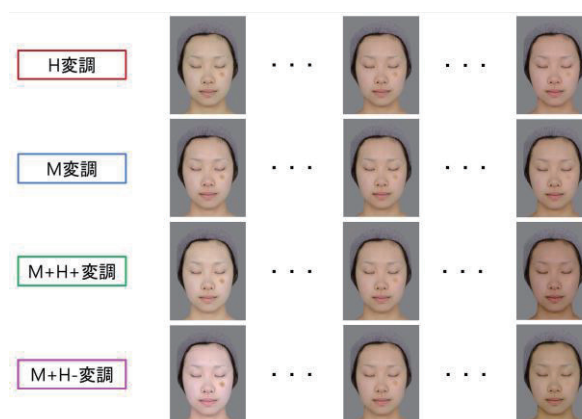


図5 比較刺激の一例

4.2 被験者

標準色覚検査表SPPを用いて色覚正常であると判断された6名の被験者（うち女性1名）を対象として実験を行った。

4.3 実験環境

実験は暗室ブース内で行った。図6に実験環境を示す。ブース内に刺激呈示用モニター（EIZO CG 247）、応答用キーボードを設置した。視距離は顎台を用いて60 cmに固定した。

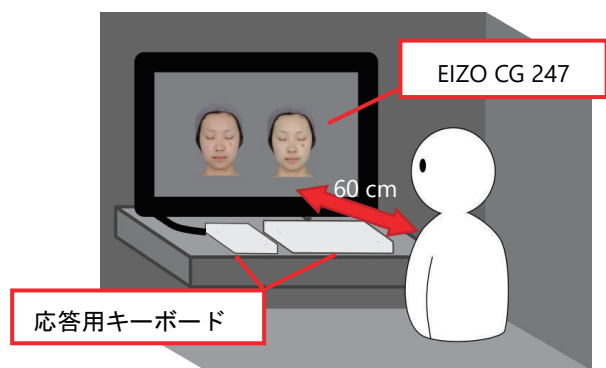


図6 実験環境

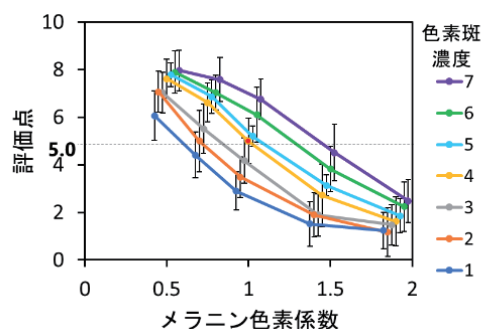
4. 4 実験手順

はじめに暗順応を3分間行い、マンセル値 N5に相当する背景色を2秒間呈示した。その後、左右に配置した実験刺激2枚を2秒間呈示した。このとき、左側を基準刺激、右側を比較刺激とした。刺激呈示後、N5相当の背景を呈示した。

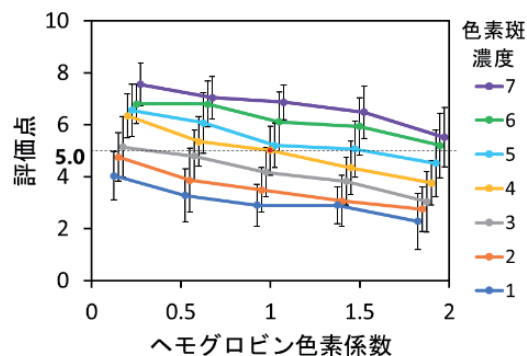
このとき、被験者はマグニチュード推定法を用いて色素斑の目立ちを評価した。基準刺激の色素斑の目立ちを5としたとき、比較刺激の色素斑の目立ちを、0（目立たない）から10（目立つ）で評価し、キーボードで応答した。応答後、次の実験刺激が呈示され、これを全ての比較刺激の評価が終わるまで繰り返した。基準刺激は常に同じ画像であり、比較刺激はランダムに呈示した。全ての刺激の評価が終わるまでを1セッションとし、各被験者につき5セッションずつ行った。

5. 結果

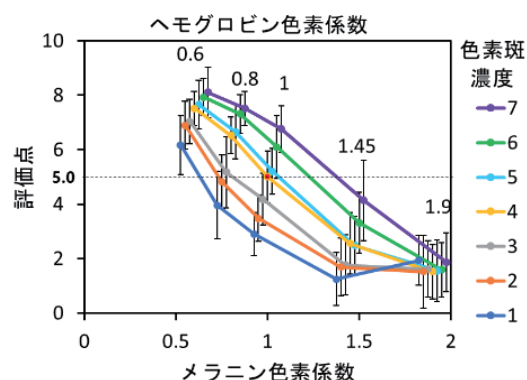
図7に実験結果のグラフを示す。縦軸が評価点の全被験者の平均、横軸がモンテカルロシミュレーションによって算出されているヘモグロビン・メラニン色素係数、凡例が色素斑の濃度レベルを示す。色素係数とは、基準画像のメラニン量、ヘモグロビン量を1としたときの係数を示す。ここで、標準偏差を見やすく表示する都合上、色素斑濃度4の系列を基準とし、それぞれの系列を横軸方向の前後に0.025ずつ移動させて表示する。



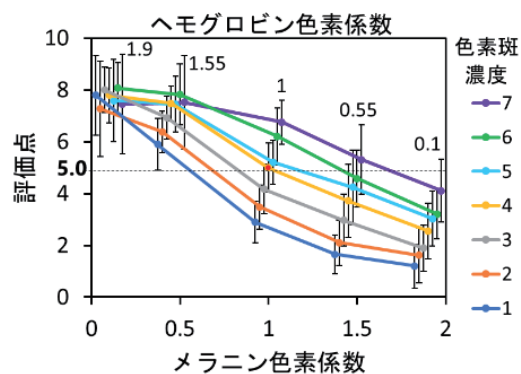
(a) M 変調



(b) H 変調



(c) M+H+変調



(d) M+H-変調

図7 色素斑の目立ちの評価結果

6. 考察

図7(a), (b)を比較すると、H変調の方が色素係数の変化に対する評価点の変化が少ない。図2のヘモグロビン、メラニンの色度を比較すると、H変調は色素斑の色度に対して a^* 、 b^* の差が大きく、 L^* の差が小さい。一方、M変調は色素斑と同方向に変調しているため a^* 、 b^* の差が小さく、 L^* の差が大きい。このことから、色素斑の目立ちに対して a^* 、 b^* の寄与が少なく、特に L^* の差、つまり明度差の寄与が大きいことが考えられる。

肌と色素斑の色差・明度差と評価点の平均値の相関係数を図8に示す。いずれの変調においても

明度差と比較したものの方が高い相関が得られており、ここでも明度差が目立ちに与える寄与が大きいことが示唆されている。

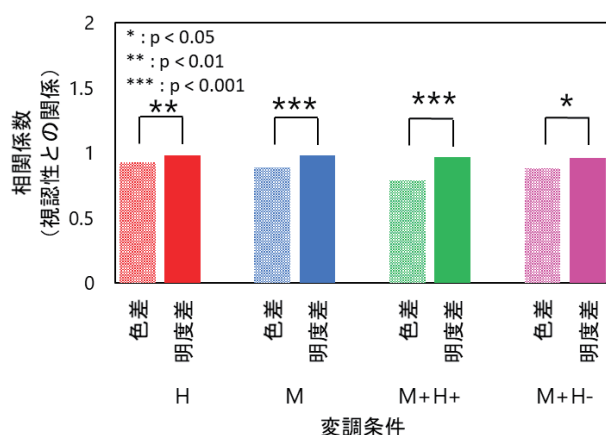


図8 色差・明度差と評価点の相関係数

一方、図と地の明度差が小さいものでも色明度差により視認性が上がることが知られている。例えば、斎藤ら¹¹⁾の文字色の実験については、文字色と背景色の明度差が小さいものでも色が異なると視認性が高くなることが分かっている。この関係は肌における知覚においても成り立つ可能性が推測される。

ただし、本実験では、顔画像・色素斑画像ともに色むらが少なく、比較的均質な刺激を使用している。また、日本人女性の肌に対する評価を行ったものである。チークや雀斑等で肌の色分布が異なる場合や、さらに幅広い範囲の肌色に対しても同様の傾向が得られるかについては、今後検証が必要である。

7. 結論

本研究により、色素斑の濃度、肌の色の両方が色素斑の目立ちに影響を及ぼすことが示された。肌色との色差や明度差が大きくなることで視認性が高くなることが明らかになった。本研究においては、視認性への影響は肌と色素斑の明度差が、寄与が大きい可能性が示唆された。

参考文献

- 1) I. D. Stephen et al., "Color and Face Perception", Handbook of Color Psychology (A. J. Elliot et al.), p.585-602, 2015.
- 2) 谿雄佑, "肌の魅力に関する意識構造の年代間, 性別間比較", コスメトロジー研究報告, Vol.26, p.135-140, 2018.
- 3) 清水宏, "あたらしい皮膚科学 第3版", 中山書

店, 2018.

4) 安田利顕, "美容のヒフ科学", 南山堂, 1997.

5) 大塚理子, 溝上 陽子, 矢口 博久, "顔画像における色素斑の分布が目立ちに与える影響", 日本視覚学会 2019 年冬季大会, Vision, 31, p.28-29 (2o03), 2019.

6) M. Hirose, S. Toyota, N. Tsumura, "Evaluating visibility of age spot and freckle based on simulated spectral reflectance distribution and facial color image", Optical Review, Vol.25, Issue 1, p.1-9, 2018.

7) 高橋亜香音, 溝上陽子, "顔画像における肌色の違いが色素斑の目立ちに与える影響", 日本色彩学会令和2年度研究会大会 色彩科学系5研究会 合同発表研究会, 日本色彩学会誌, 44, Supplement 65-68, 2020.

8) T. Maeda, N. Arakawa, M. Takahashi, Y. Aizu, "Monte Carlo Simulation of Spectral Reflectance Using a Multilayered Skin Tissue Model", Optical Review, 17 (3), p.223-229, 2010.

9) 濱田一輝, 溝上陽子, 菊池久美子, 矢口博久, 相津佳永, "肌画像における肌色の弁別特性", 日本色彩学会誌, Vol. 42(2), p.50-58, 2018.

10) Kaida Xiao, Medical Imaging : Imaging and reproduction of skin.

11) 斎藤大輔, 斎藤恵一, 納富一宏, 斎藤正男, "標準リンク色と背景色の視認性評価", バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, Vol.8 (1), p.107-113, 2006.

先天性色弱者における色相環知覚

—相違度判定実験と色覚モデルによる推定—

Hue Circle Perception of Color Vision Deficiencies -Difference-scaling experiment and Estimation by Color vision model-

大古場 稔	Minoru Ohkoba	宇都宮大学	Utsunomiya University
石川 智治	Tomoharu Ishikawa	宇都宮大学	Utsunomiya University
比良 祥子	Shoko Hira	鹿児島大学	Kagoshima University
大塚 作一	Sakuichi Ohtsuka	国際高等専門学校	International College of Technology, Kanazawa
阿山 みよし	Miyoshi Ayama	宇都宮大学	Utsunomiya University

Keywords: 色弱、色覚、色空間、MDS

1. はじめに

すべての人に識別しやすい快適な色を提供することを目的としたカラーユニバーサルデザインの考え方が世の中に広がっている。人口の多くを占める一般色覚者(CNO: Color Normal Observer)は様々な色を見分けられるのに対し、特に、1型、2型色覚の先天性色弱者(CDO: Color Deficient Observer)は赤と緑の区別が難しい。このような色覚の人は、日本では男性で人口の約5%、女性で0.2%に及ぶ[1]。CDOの色の見え方に関しては様々なシミュレーション方法が報告されている[2-4]。また、色知覚を疑似体験するだけでなく、識別性や嗜好性を向上させるために、カラーイメージングの分野では、色補正、エンハンスメント、再カラー化などの試みが数多く提案されている[5-8]。これらのシミュレーションは、L錐体やM錐体の消失や分光感度の変化により、赤緑反対色過程の信号が弱まるか消失するという色覚モデルに基づいており、画像補正はそれを補償する工夫を施したものである。しかしそれらのモデルがCDOの色の見え方の実際の個人差をうまく説明できるかどうかはまだ示されていない。色弱の度合いについては、強い2色覚から弱い3色覚まで、大きな個人差が存在することが広く知られている[9]。さらに、色命名レベルでのバリエーションはより複雑である[10-16]。

色を見て物を判断する際には、1色毎の色の判断より相対的な色の違いで判断する状況が多くある。CNOおよびCDOが色の相違をどのように認識しているかを理解し、各々の知覚的色空間の構成を検討することは、カラーユニバーサルデザインにとって重要な課題である。

この視点からは、ShepardとCooperの研究[11]は興味深い。彼らは、類似度判定実験からMDS(Multi-Dimensional Scaling)で表現されたCNOの知覚的色空間が、マンセルカラーシステムの色相環に近い円形になるのに対し、CDOの色空間は黄や青紫で曲がる凹型になることを示した。しかし、1型および2型の被験者群の平均値に基づく形状しか示しておらず観測者毎の知覚的色空間のばらつきについてはINDSCAL(Individual Differences SCALing)による、軸に対するWeightしか議論がなされていない。

本研究では、CNOとCDOの個人毎の知覚的色空間の相違を定量的に表現することを目的とする。そのためにShepardとCooperの研究[11]と類似の実験を行った。本研究ではこれを相違度判定実験と呼ぶ。得られた実験結果に基づき、個人差の定量的な比較方法とこれまでに報告されている色覚メカニズムに基づくモデルを検討した。

2. 実験

実験では、表1に示すマンセル表色系の高彩度と中彩度の10基本色を使用した。本研究では、高彩度色の結果についての分析とモデリングを報告する。

表1：実験に用いた色票のマンセル値

Label	マンセル値	Label	マンセル値
R	5R 4/14	BG	5BG 4/9
YR	5YR 6.5/14	B	5B 4/8
Y	5Y 8/14	PB	5PB 4/12
GY	5GY 6.5/10	P	5P 4/11
G	5G 4.5/10	RP	5RP 4/12

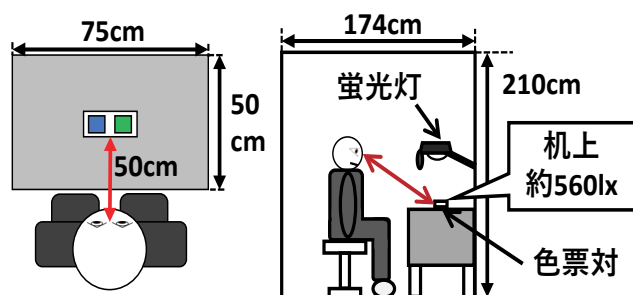


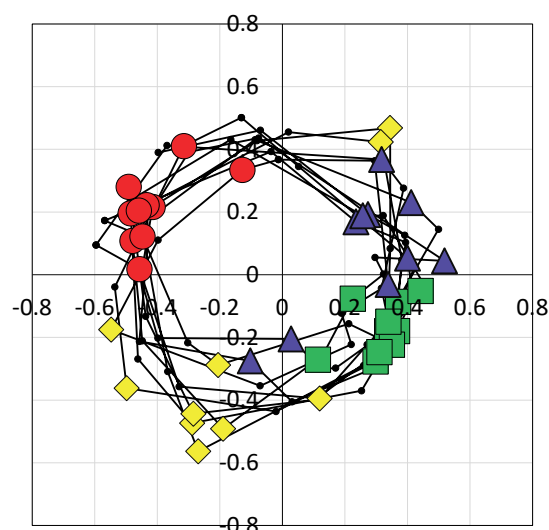
図1：実験環境

観察対象として、10色から2色を選ぶ全組み合わせ、つまり45枚の色票対カード（以降カラーカードと呼ぶ）を用意した。1枚のカードは10.0cm×5.0cmで、色の領域は2.5cm×3.5cm、2色は2.5cm離れて横に並置されている。マンセル表色系N5相当の布を敷いた机の上にカードを提示し、被験者に知覚的相違度を1（非常に近い）、2（やや近い）、3（どちらでもない）、4（やや遠い）、5（非常に遠い）の尺度で評価させた。観察時の視距離は約50cmである。蛍光灯（CCT:5000K）で照明し、机上照度は560lxであった。また、カラーカードの実験に加えて、文字による色名のペアを使って同様の相違度判定実験を行なった。この場合は、カラーカードを観察者に見せていない。その結果は別報[16]に示した。高彩度のカラーカードを使った実験の被験者は、CNO10名、CDO1型10名、CDO2型10名である。観察者は全員、石原チャート、パネルD-15、アノマロスコプを用いて色覚型を事前に検査した。

3. 結果

2回の試行の平均から得られた相違度判定実験の結果を、ユークリッド距離を用いた非計量MDSで分析した。図2にその結果の一部を示す。(a)、(b)は各々CNO、CDO1型10名の結果を同一のグラフに示している。3次元でのMDSを行ったが、図2は第1軸 vs 第2軸平面の結果である。MDSの計算の特徴より、同一軸内の正負は等価であるため、グラフを見やすくするため第2軸の正側に赤のプロットが来るよう、第2軸のプラス、マイナスを決定した。CNOでは全員マンセル色相環に似た円環状となり、第1軸方向にRとGが位置している。CDO1型では各1、2名を除いては赤と緑が近い凹型の形状となり、第1軸方向にYとPBが位置する結果となった。CDO2型も図2(b)と類似した結果となったが、CDO2型のほうがU型よりV型に近い分布となった。

(a)CNO



(b)CDO 1型

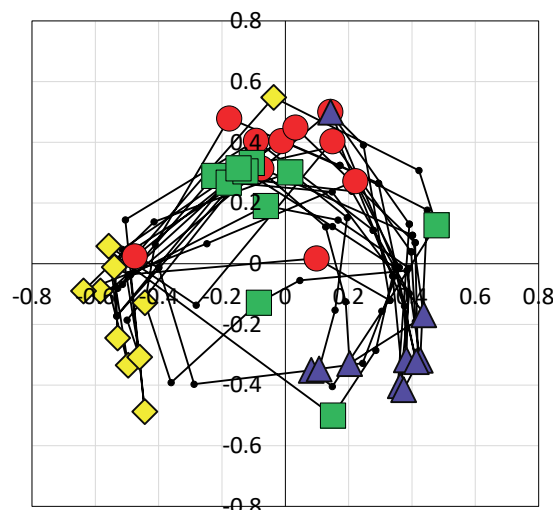


図2：高彩度刺激におけるMDSの結果

(a) CNO、(b)CDO1型、R、G、PB、Yをそれぞれ○、□、△、◇で示してある。

4. 考察

4.1 Distortion Index

図2に示すようなMDSの形状に見られる違いを比較するために、MDSの円形配置からの歪みの度合いを定量的に表すDistortion Index (DI) ((1)式)を提案した。

$$DI = \pi (d_{\max}^2) / 4S \quad (1)$$

ここで、Sは個人のMDSにおける10色の位置を結線した時に線で囲まれた面積で、 $d_{\max}$ はプロッ

トされた点間の最も遠い距離である。DI は、MDS の構成が円の場合には 1 となり、円から外れると増大する。全観測者の DI 値を表 2 に示す。CNO の DI 値は 1.2~2.1 であるのに対し、CDO の DI 値は 1 型で 1.4~15.4、2 型で 1.3~14.7 となっており、CDO の MDS 配列の形状が大きく変化していることがわかる。

表 2 : 全員の Distortion Index 値

CNO		CDO			
		1 型		2 型	
Obs.	DI	Obs.	DI	Obs.	DI
N10	1.3	P8	1.4	D10	1.3
N15	1.3	P7	2.0	D13	1.6
N17	1.4	P9	3.5	D11	2.9
N20	1.4	P10	3.6	D9	3.3
N32	1.4	P4	4.9	D17	5.0
N13	1.5	P5	5.9	D18	9.9
N11	1.6	P14	5.9	D8	11.3
N12	1.7	P3	7.4	D14	12.9
N14	1.8	P15	8.0	D7	13.9
N16	2.1	P11	15.4	D12	14.7

4.2 知覚的色相環シミュレーション

色覚モデルに基づいて、CNO と CDO の MDS の形状推定を試みた。まず各色弱者の錐体分光感度をノモグラムでの波長シフトにより推定した。シフト量については、MDS の結果の R と G のプロットの距離に反比例するように波数の変化量を決めた。1 型の人々の L 錐体の分光感度関数は M 錐体分光感度側へ、2 型の人々の M 錐体の分光感度関数は L 錐体側へシフトする。シフト後の錐体分光感度を用い、観察条件下での色票の測色値と矢口らの研究[4]で採用された輝度、赤/緑、黄/青 (L、r/g、y/b とする) の 3 チャンネルの分光感度関数を用いて、L、r/g、y/b の出力を算出した。この時、シミュレーション値と実験結果との誤差が最小となるよう個人ごとに L、r/g、y/b 重みづけ係数を付与した。次に、この重み付き (L、r/g、y/b) 色空間におけるユークリッド距離を求めた。この色空間における 2 つの色の距離を基に MDS をおこなうと、CDO の凹型を再現できない[15]。

そこで色空間内の距離 x から実験値である脳内色空間への変換に飽和関数 (式 (2)) を導入した。

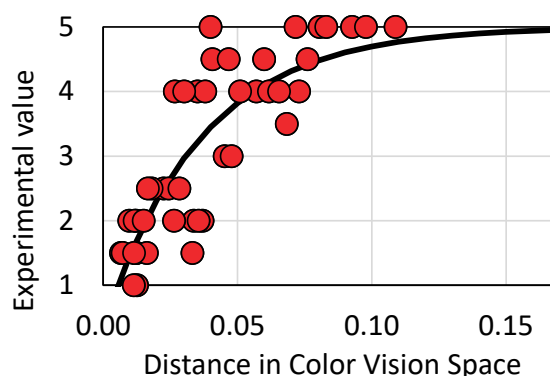


図 3 色空間の距離 vs 実験結果 (P3)

一例を図 3 に示す。個人ごとに最小二乗法により係数 α と β の最適化を行った。

$$EV = 5 - \alpha \cdot 10^{-\beta x} \quad (2)$$

ここで EV は相違度判定値、 x は重み付き (L、r/g、y/b) 色空間での色票対の距離である。各色票の EV 値が求まり、それを基に MDS を行った。図 4 に被験者 P3 の結果を示す。実験結果に近い凹型となり、飽和曲線の導入がある程度有効であることがわかる。

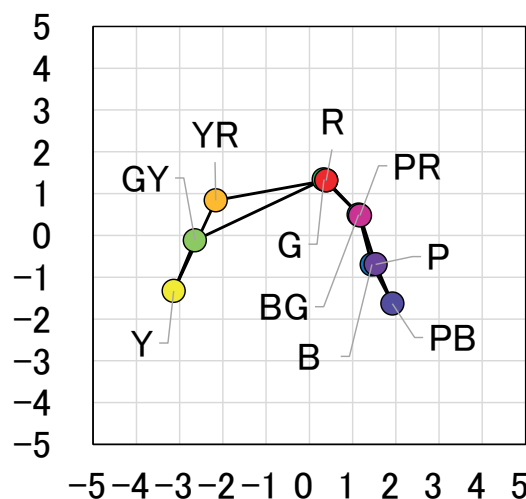


図 4 SIM からの MDS の結果 (P3)

5. おわりに

マンセルシステムの 10 基本色色票 45 組の相違度判定実験結果を MDS で分析し、CNO と CDO の知覚的色空間構成を行った。CNO ではマンセル色相環に類似した環状配置となったが、CDO では環状から凹型まで個人差が大きいことが明らかになった。円形からのずれの程度を表すために、MDS の第 1・第 2 軸平面における 10

基本色の配置に基づく歪み指数 DI を提案した。

次に、個人ごとに色覚空間 (L、 r/g、 y/b) における全カラーチップの座標を求めた。(L、 r/g、 y/b) 空間での 2 点間距離から知覚的相違度判定への変換に非線形変換を導入することで、CDO で見られた凹型の MDS 構成が得られた。この非線形変換を導入したモデルは、(L、 r/g、 y/b) と知覚的色空間との間の非線形特性に関して一つの示唆を与えるモデルといえよう。

各個人に効果的なカラーユニバーサルデザインを開発するためには、個々の MDS 構成を説明できるより適切な変換関数と、個人特性を表現する係数を求める必要がある。さらに、中彩度カラーチップのデータを解析することにより、個人の色知覚空間全体を明確にすることが今後の課題である。

謝辞

本実験を実施するに際し、カラーユニバーサルデザイン機構のご協力に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 岡部正隆、伊藤啓: 色覚の多様性と色覚バリエーションなプレゼンテーション第一回色覚の原理と色盲のメカニズム, 細胞工学 21(7) (2002) 733-745
- 2) H. Brettel, et al.: Computerized simulation of color appearance for dichromats. J. Opt. Soc. Am. A. 14 (1997) 2647-2655
- 3) G.M. Machado, et al.: A physiologically-based model for simulation of color vision deficiency, IEEE Trans Visualize. Comp. Graph 15(6) (2009) 1291-1298
- 4) H. Yaguchi, et al.: Computerized simulation of color appearance for anomalous trichromats using the multispectral image, J. Opt. Soc. Am. A. 35(4) (2018) 278-286
- 5) R. Mochizuki, et al.: Colour-weak correction by discrimination threshold matching, European Conf. on Colour in Graphics, Imaging, and Vision (2008) 208-213
- 6) Y. C. Chen, et al.: Preference for Color-Enhanced Images Assessed by Color Deficiencies, Col. Res. Appl. 39(3) (2014) 234-251
- 7) S. Hira, et al.: Hue rotation (HR) and hue blending (HB): Real-time image enhancement methods for digital component video signals to support red-green color-defective observers, J. Soc. Info. Disp. 27(7) (2019) 409-426
- 8) CIE 240 Enhancement of Images for Colour-Deficient Observers (2020)
- 9) L.M. Hurvich: COLOR VISION, Sinauer Associates, Sunderland, MA, (1981) 328
- 10) D. Jameson, L.M. Hurvich: Dichromatic color language: "Reds" and "Greens" don't look alike but their colors do, Sensory Processes 2 (1978) 146-155
- 11) R. N. Shepard, L. A. Cooper: Representation of colors in the blind, color-blind, and normally sighted, Psycho. Sci. 33 (2) (1992) 97-104
- 12) G. V. Paramei: Color space of normally sighted and color-deficient observers reconstructed from color name, Am. Psycho. Soc. 7(5) (1996) 311-317
- 13) V. Bonnardel: Colornaming and categorization in inherited color vision deficiencies, Visual Neuroscience 23 (2006) 637-643
- 14) B. V. Nagy, et al.: Variability and systematic difference in normal, protan, and deutan color naming, Front. Psychol. 5, Article 1416 (2014) 11-7
- 15) M. Ohkoba, et al.: Hue circle perception of congenital red-green color vision deficiencies -experimental data and estimation using colorimetric values-, Proc. 5th Asia Col. Associ. Conf. (2019) 598-603
- 16) M. Ayama, et al.: Color representations of red-green color deficient and normal observers using color cards and color names, Proc. 5th Asia Col. Associ. Conf. (1997) 317-322

連続的に変化する色彩対比における調和と不調和

Consonance and dissonance in the continuous transition of color contrast

浅野 晃 Akira Asano 関西大学 Kansai University
 西村 菜桜 Nao Nishimura 関西大学 Kansai University
 浅野(村木)千恵 Chie Muraki Asano 北海道教育大学 Hokkaido University of Education

Keywords: 色彩対比, 色彩調和, 動的色彩変化

1. はじめに

配色の問題においては, 近縁の色の対比に調和感を感じる一方で, 色相や明度・彩度が大きく離れているときにも, 「アクセントカラー」としての調和感を感じる場合がある. 古典的な色彩調和論においても, 2色の調和関係には「類似の調和」と「対比の調和」, あるいは「同等の調和」・「類似の調和」・「対比の調和」があり, その周辺に不調和な関係がある, という考えが述べられている.

本研究では, 並べられた同色相の2色のうち一方の彩度・明度が連続的に変化していくときに, 調和感・不調和感がどのように変化するかを, 実験で調べた. パソコン画面上に, 上下に並んだ2つの長方形領域を設定した2色配色において, 両方の色相を同一とし, 一方の彩度あるいは明度を連続的に変化させて, 実験協力者に呈示した. 協力者は, 調和から不調和, あるいは不調和から調和に変わったと感じたときにマウスをクリックして, 切り替わりを記録した. 実験の結果, 古典的な色彩調和論である Moon & Spencer の調和論りでの「同等の調和」・「類似の調和」・「対比の調和」という関係から想定される切り替わり回数よりも, 切り替わり回数が少ないあることが見いだされた. また, 彩度を変化させる実験では, 彩度を下げていく場合よりも上げていく場合のほうが, 不調和と感じる彩度領域が若干広くなる傾向があることがわかった.

2. 実験手法

画面上に図1のような上下に配置された2色配色が表示され, その下側が連続的に変化する. 協力者は, 次の操作を行う.

- 色の变化により2色配色に「違和感がない」状態から「違和感がある」状態に変化したと感じ

た時点でマウスを右クリック

- 「違和感がある」状態から「違和感がない」状態に変化したと感じた時点でマウスを左クリック

色の变化が止まるまでの間に, 回数の制限なくこの操作を行う. 違和感を感じなかった場合は操作の必要はない.

一連の実験は, 簡易暗室に設置された Windows パソコンとディスプレイ (EIZO FlexScan EV3237) で行った. 画面の表示色の操作とマウスクリックの検知・記録は, Processing 言語で作成したプログラムで行った. 表示色の操作は, Processing 言語での HSB 色表示のパラメータを操作することで行った. このパラメータでは, 色相 H は 0° ~ 360° の範囲であり, 彩度 S と明度 B はそれぞれ 0% ~ 100% の範囲で表される. 実験で用いた色相は, 図2の赤・緑・青・黄の4種類である. なお, 協力者はそれぞれの実験の間で10秒間眼を閉じることとした.

実験では, 図2に示した4色を用いて, 2色配色の2つの領域を同一色相とし, 明度と彩度を変化させた. 2色配色のうち, 上側の色は, 図2のパラメータの基本色で固定した. 下側の変化する色は, 同一色相内で, 明度が下がる(100→0), 明度が上がる(0→100), 彩度が下がる(100→0), 彩度が上がる(0→100)の4パターンである. 変化にかかる時間は30秒とした. 各協力者について, 基本色のうち2色×4パターンで8通りの実験を行った. 実験では, 被験者ごとに呈示順がランダムになるように調整した.

3. 実験結果と考察

協力者は20歳代の学生12名(男性5名, 女性7名)で, 実験前に色覚検査の結果, 全員正常色覚と判断された. 赤・緑の実験に参加したのはそのう

ち7名, 黄・青の実験に参加したのはそのうち6名であった.

表1は, マウスをクリックした回数, すなわち「違和感を感じない」と「感じる」の切り替え回数の, 各協力者についての平均を, 「明度を下

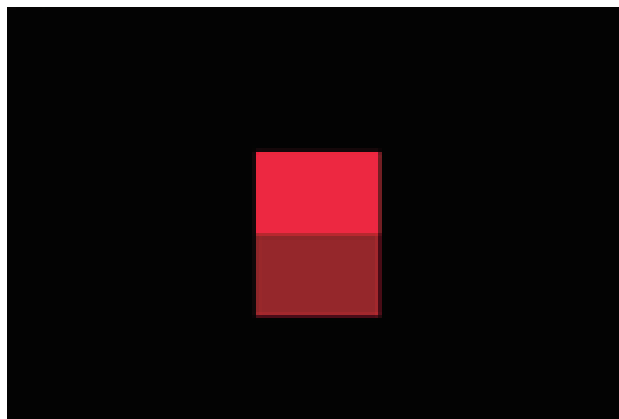


図1 2色配色の例

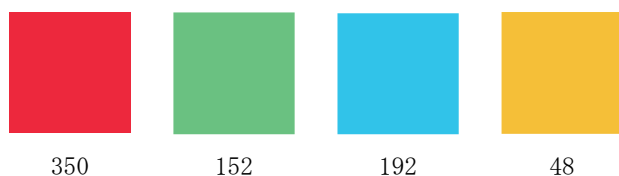


図2 実験に用いた色相 (色見本は参考). 数字は, $(H, S, B) = (H, 100, 100)$ とするときの H の値.

表1 「違和感を感じない」「感じる」の平均切り替え回数

	R	G	B	Y
明度を下げる	1.57	2.00	1.67	2.00
明度を上げる	1.71	1.29	1.66	2.33
彩度を下げる	2.29	1.43	0.83	1.66
彩度を上げる	1.43	1.00	1.17	1.00

表2 「違和感を感じた領域」の平均幅

	R	G	B	Y
明度を下げる	38.4	31.3	42.2	45.7
明度を上げる	39.4	41.9	46.5	37.0
彩度を下げる	19.6	20.9	31.3	16.5
彩度を上げる	24.7	25.9	20.7	34.8

げる／上げる」・「彩度を下げる／上げる」の各パターンについて示したものである. Moon & Spencer 色彩調和論の「同等の調和」・「類似の調和」・「対比の調和」とその間の不調和, という考えにもとづけば, 同等→(不調和)→類似→(不調和)→対比およびその逆の変化となるので, 切り替え回数は4回となる. しかし, 本実験での切り替え回数は, それよりも明らかに少ない. これは, 明度や彩度が連続して変化する場合, 人はその変化に反応しにくい²⁾ことを示している.

表2は, 明度あるいは彩度のパラメータが0→100あるいは100→0と変化するうち, 「違和感を感じる」とした領域の幅をパラメータ値で表したときの, 各協力者についての平均を示したものである. 彩度の変化については, 青の色相を除いて, 彩度を上げる時のほうが下げる時よりも, 違和感を感じる領域が若干広くなる傾向にあることがわかる. 彩度が連続して変化する場合に, 人の反応には履歴性 (ヒステリシス) がある可能性があるが, 本実験の結果は, 統計的に有意といえるほどの差ではなく, 今後の検討が必要である.

4. まとめ

本研究では, 同色相の2色配色のうち一方の彩度・明度が連続的に変化する時の, 調和／不調和感の変化を調べた. その結果, 調和／不調和の切り替え回数は古典的調和論で想定されるものよりも少ないことが示された. また, 彩度の変化について, 上げる場合と下げる場合で反応が異なる履歴性がある可能性が示された.

本実験では実験協力者数が少なく, また, 色のパラメータの変化法も厳密ではなく簡便なものであった. 今後, より厳密な実験によって, 調和感の性質を探索したい.

謝辞 本研究の一部は, 日本学術振興会科学研究費 No. 19K12692 の支援を受けた.

参考文献

- 1) 吉賀なお, 深井英和: Web 上の大規模データの解析によるMoon & Spencerの色彩調和論における「美度」の妥当性の検証, 日本色彩学会誌, 43 supplement (2019) 143-150
- 2) M. A. Cohen, T. L. Botch, and C. E. Robertson: The limits of color awareness during active, real-world vision, Proc. Natl. Acad. Sci. 117, 24 (2020) 13821-13827

音楽の多色配色化による多様性と共通性の検討

Variety and commonality of color combinations produced by music impressions

稲葉 隆 Takashi Inaba

日本カラーデザイン Nippon Color & Design Research
研究所 Institute INC.

Keywords: 音楽, 多色配色, トーン, 感情, イメージスケール.

つの大学に所属しており (大学 A: 女性のみ 133 名, 大学 B: 女性 99 名, 男性 12 名), 色彩学の講義を受講していた.

1. はじめに

音楽と色の関係を心理学的に扱った研究は多く, たとえば, メジャーコードで速いテンポの曲には彩度と明度が高く黄み寄りの色相が, マイナーコードで遅いテンポの曲には彩度と明度が低く青み寄りの色相が結びつくことなどが報告されている (Palmer, Schloss, Xu & Prado-León, 2013). また, 音楽と色の連想関係・調和関係においては色相よりもトーンの影響が大きいことも示唆された (落合・大嶺, 2016; 若田・森谷・齋藤, 2018).

そして, 音楽の印象は多色配色により視覚化される可能性も示され (山脇・椎塚, 2005), ある 1 つのピアノ曲の印象を 5 色配色で表現した実験では, 使われた色が明るいトーンの狭い域内で色相構成の違いにより多様化することが示された (稲葉, 2020). では, 多種多彩な音楽の印象を配色表現した場合には相対的に違いが差別され視覚化されるのか, あるいは, 何らかの共通性が生じるのかという問題があった.

そこで本研究では様々な音楽を多色配色により表現する課題をおこない, 色属性や配色構成などに生じる多様性と共通性を検討した.

2. 目的

いろいろな音楽が喚起する印象を直接多色配色 (5 色配色) で表現することにより, 色属性や配色構成, 配色間の類似性による分類パターンに生じる多様性と共通性について検討することを目的とした.

3. 方法

(1) 実験参加者

大学生 244 名 (女性 232 名, 男性 12 名の大学 1~4 年生) が実験に参加した. 実験参加者は 2

(2) 音楽刺激

対象とした音楽 (楽曲) は, 実験参加者自身が任意に 1, 2 曲を設定した. 結果的に, J-POP, K-POP アニメ, ロック, クラシックなど様々な音楽カテゴリーに属す楽曲が 375 曲選ばれ, そのうち重複して設定されたものが 24 曲 (2 名が重複=17 曲, 3 名が重複=4 曲, 4 名が重複=3 曲) あり, 重複を除くと計 340 曲が多色配色として表現された.

(3) 配色作成用色紙

配色作成用色紙は, Hue&Tone カラーシステムに則り作成された「新デザイントーン 130 色紙」 (日本カラーデザイン研究所製) を用いた. 色紙は B8 サイズで有彩色 120 色 (10 色相×12 トーン) と無彩色 10 色の計 130 色で構成されていた.

(4) 実験期間

実験は, 2020 年 7 月に実施された.

(5) 配色作成方法

実験参加者は, 任意に 1, 2 曲を設定しそれぞれの音楽を聴いた印象を 5 色配色で表現した. 配色は 130 色の色紙の中から選ばれた 5 色を, 縦 20mm×横 15mm の大きさにハサミで切り取り, 横一列に並べてノリで貼付してつくられた. 貼付用台紙には, 破線の矩形 (縦 20mm×横 15mm) を横に 5 つ並べた図 (縦 20mm×横 75mm) と各色の Hue&Tone 記号, 曲名, 演奏者・作曲者名, コメントの記入欄が記載されていた. 色の選定及び色の並べ方は実験参加者の自由とし, 配色作成後に, 音楽の印象や配色について自由に記述した. 配色作成と自由記述に要する時間に制限は設けなかった.

4. 結果

(1) 配色に用いられた色の属性 (色相とトーン)

実験により得られた 375 配色では、用意された 130 色の色紙のうち G/L (色相 G の Light トーン) を除く 129 色が用いられていた。そこで、用いられた色の属性 (色相・トーン) に偏りがあるかを検討した。まず、色相 (10 色相+無彩色の 11 カテゴリー) の使用度数について χ^2 検定をおこなうと、度数の偏りは有意 ($\chi^2(10) = 34.213, p < .001$) であり、暖色系の色相 R (24.8%), Y (23.9%) と寒色系の色相 PB (22.3%), B (21.9%) が多く用いられ、色相 GY (6.6%), G (6.7%), BG (8.4%) が少なかった (図 1)。

次に、トーン (有彩色の 12 トーン+ホワイト (N9.5), グレー (N9.0~N2.0), ブラック (N1.5) の計 15 カテゴリー) の使用度数について χ^2 検定をおこなうと、度数の偏りは有意 ($\chi^2(14) = 51.978, p < .001$) であり、明清色調の P トーン (15.4%), B トーン (14.5%), 純色調の V トーン (14.2%) とブラック (4.1%), ホワイト (3.7%) が多く用いられ、濁色調の Gr トーン (2.6%), Dl トーン (3.4%), Lgr トーン (3.5%), Dgr トーン (3.8%) が少なかった (図 2)。

(2) 配色の構成

配色を構成した 5 つの色がどのように選択されたかを色相とトーンの視点で検討した。小林 (1997) は、配色における効果的な色の選択方式として複数の色相が選択されたものを「色相配色」、色相を絞り明暗・濃淡を変化させたものを「トーン配色」として 2 つの方向性を示した。さらに、前者は華やかさを、後者は穏やかさを演出しやすいという特徴を述べた。そこで、本実験で得られた 5 色配色についてそれぞれで用いられた色相数とトーン数を整理することで 2 つの色の選択方式の割合を調べた (表 1)。その結果、選択された色相数は 1 色相 (1.6%) が最も少なく、4 色相 (34.9%) が最も多かった ($M=3.88, SD=1.00$)。また、選択されたトーン数は 1 トーン (2.9%) が最も少なく、4 トーン (32.8%) が最も多かった ($M=3.42 (SD=1.06)$)。色相数 4, 5 の配色を「色相配色」(表 1 の赤実線枠部分) とすると 66.9% となり、色相数 1~3 でトーン数 3~5 の配色を「トーン配色」(表 1 の青破線枠部分) と考えると 28.5% となり、「色相配色」の方が多く作成されていた。

(3) クラスタ分析による 5 色配色の分類

5 色配色を構成する色の類似性によって分類す

るために、5 色配色を構成する 130 色の単色をデータとして、クラスタ分析 (ユークリッド距離の平方・ワード法) をおこなった。デンドログラムと解釈可能性を考慮して 10 クラスタ解を抽出すると、明度が高いものから低いものまで、暖色系色相中心の構成から寒色系色相中心の構成まで相対的にトーンと色相に特徴がみられた (図 3)。

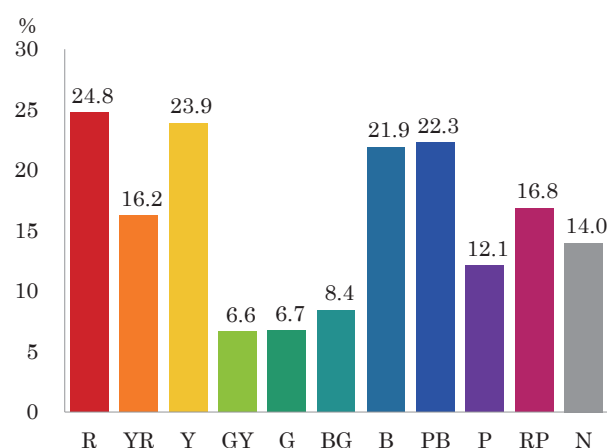


図 1 配色に用いられた色の色相と無彩色の割合 (数値は%を示す。色数合計 1875 色。)

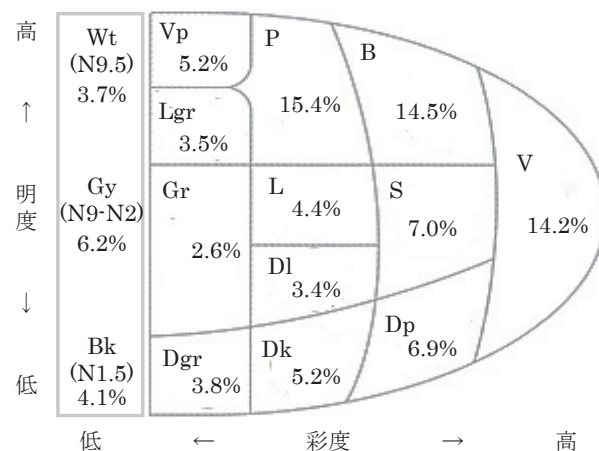


図 2 配色に用いられた色のトーンと無彩色の割合 (数値は%を示す。色数合計 1875 色。)

表 1 配色を構成した色相数とトーン数 (数値は%を示す。配色数合計 375。)

	色相数					計
	1色相	2色相	3色相	4色相	5色相	
1トーン	0.5%				2.9%	3.5%
2トーン		0.8%	3.2%	4.5%	8.0%	16.5%
3トーン		2.1%	7.2%	10.1%	11.2%	30.7%
4トーン		3.2%	8.8%	14.1%	6.7%	32.8%
5トーン	1.1%	1.9%	4.3%	6.1%	3.2%	16.5%
計	1.6%	8.0%	23.5%	34.9%	32.0%	100.0%

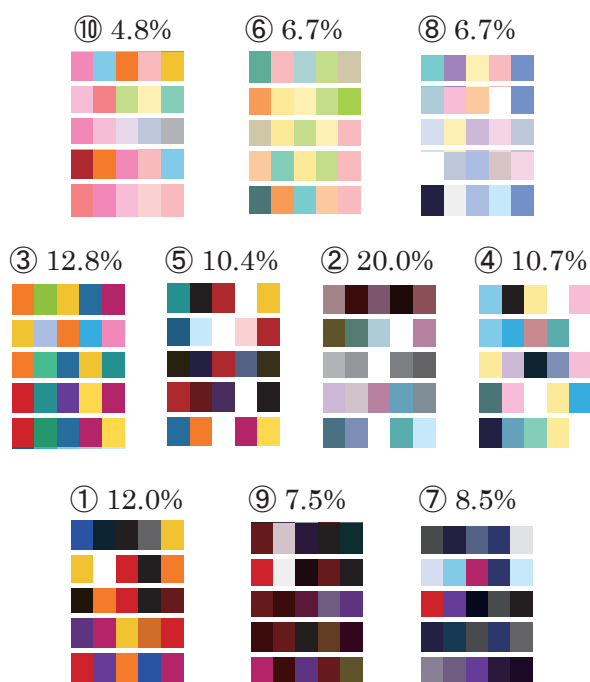


図3 クラスタ分析で得られた10クラスターの配色例各5配色（○数字はクラスター番号，数値は%を示す．配色数合計375配色．）

(4) イメージスケールによる5色配色の分類

次に5色配色を色属性・配色構成及び配色間の類似性により総合的に分類するためにイメージスケール (Kobayashi, 1981) を用いた分析をおこなった．具体的には，実験で得られた配色と小林 (1997), Horiguchi & Iwamatsu (2018) による5色配色のイメージスケール上に示された配色の色彩属性と色の配列の類似性を検討し，かつ，Warm-Cool, Soft-Hard の2軸上で配色同士の位置関係を相対的に比較してイメージスケール上に配置し，最終的に16の印象カテゴリーに分類した．その結果，クリア以外の15の印象カテゴリーに全375配色が幅広く類型化された (図4)．分類された配色数の割合をみると，カジュアルが28.0% (105配色) で最も多く，次に多いダイナミック (17.3%, 65配色) と合わせると Warm 方向に半数弱の配色が集中した (表2)．カジュアルに属す配色は純色調や明清色調の多色相で構成されたものが中心で，ダイナミックの配色は純色調と黒などの暗色によるコントラストの高い配色が中心であった．逆に寒色系の明清色と白で構成されるクリアに属す配色はなく，明るい濁色調で色相 YR~G が主に使われたナチュラルの配色などは少なかった．

5. 考察と結論

音楽 (340曲) の印象にふさわしい5色配色 (375

配色) を作成する課題をおこなった結果，全130種類の色のうち129色が用いられ，色相・トーン・無彩色が満遍なく使われた．また，クラスター分析の結果では色属性 (トーンと色相) の特徴により10タイプの異なる配色群が得られ，さらに，配色を印象カテゴリーに分類すると16種類の印象カテゴリーのうち15種類に幅広く分布した．このように多種多様な音楽の印象は多様性をもって視覚化された．

配色に多様性が認められた一方で，色属性と印象カテゴリーには偏りもみられた．配色に用いられた色の色相は暖色系 (色相 R, Y) と寒色系 (色相 B, PB) が相対的に多く，トーンでは明清色調 (B, P トーン) と純色調 (V トーン) が多く使われた．また，配色の構成では，多色相による構成 (色相配色) が，色相を絞って多トーンで構成されたもの (トーン配色) よりも多かった．このような色属性と配色構成は印象カテゴリーのカジュアル，ダイナミックに属す配色の特徴であり，刺激とした音楽が喚起した元気さ，楽しさ，華やかさ，躍動感，力強さの印象が反映されたものと考えられる．

このように異なる種類の音楽の印象が共通したトーンと配色構成により同じ印象カテゴリーの配色としてあらわされたのは，音楽自体がもつ特性 (複雑に構成された音響要素や複数の楽器による構成) によるため，あるいは，実験参加者である大学生が選定した音楽刺激の特性 (彼らの音楽嗜好性が反映された J ポップ，K ポップ，ロックなど明るくリズムカルな曲調が多く含まれたこと) によるため，という理由が考えられる．また，後者の特性によって本実験により配色で視覚化されたのは，実験参加者の音楽体験による楽曲の印象であるということもできる．そのため，音楽による印象形成と配色表現において，①実験参加者にとって既知の音楽であったことの影響，②歌詞を伴う楽曲の場合は言語情報の影響，③演奏家・歌手自身に対する印象やパフォーマンスの印象の反映，④曲によってはミュージックビデオの視覚的情報の影響といった音響条件 (聴覚情報) 以外が寄与した可能性がある．これは本研究の限界でもある．しかし，森・岩本 (2014) によると，これまで音楽と感情の研究において用いられてきたのは主にクラシック曲であったが，研究結果を現実場面に適用させるにはポップスなど広範囲な音楽ジャンルの曲を刺激に用いることが必要であるという．

そこで，今後の課題として，音響特性⇔感情⇔色・配色の関係とともに，包括的な音楽体験が

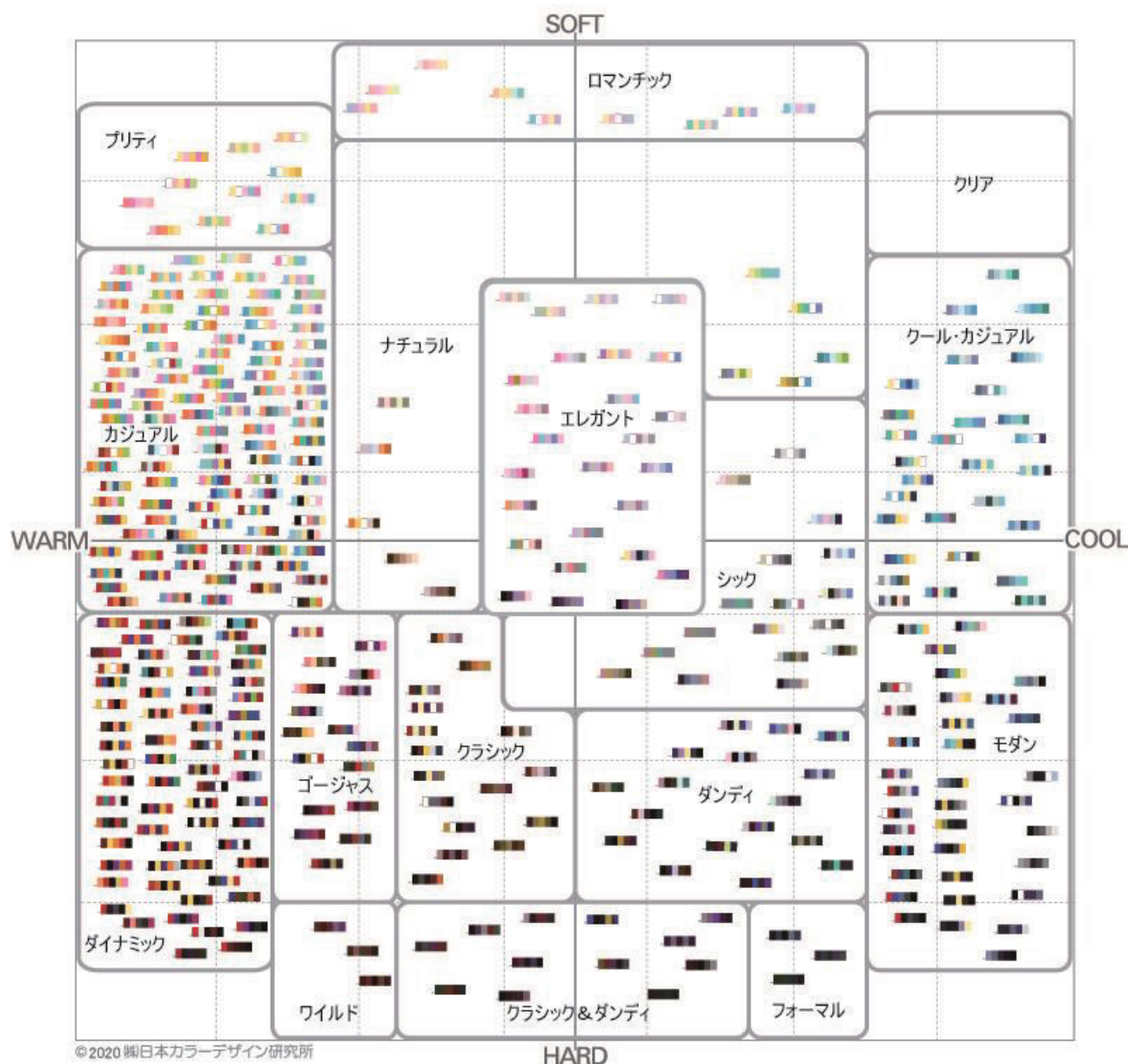


図4 5色配色を相対的に位置づけたイメージスケール (計 375 配色)。

喚起する感情について、音響特性以外の条件の寄与を含めて、配色による視覚化手法による研究を進める必要があると思われる。

引用文献

- 1) S.E.Palmer, K.B.Schloss, B.Karen, Z.Xu, L.R.Prado-León: Music-color associations are mediated by emotion, PNAS 110 no.22 (2013) 8836-8841
- 2) 落合太郎, 大嶺茉未: 音楽が時間経過や色彩感覚に及ぼす影響に関する基礎的考察, デザイン学研究 63 no.2 (2016) 71-80
- 3) 若田忠之, 森谷春花, 齋藤美穂: 色, 香り, 音楽に共通する印象次元の検討 2, 日本色彩学会誌 42 no.3 (2018) 96-99
- 4) 山脇一宏, 椎塚久雄: カラーイメージスケールを利用した音楽の特徴抽出, 知能と情報 17 no.5(2005) 615-621
- 5) 稲葉 隆: 多色配色による音楽の印象の視覚化ー1つのピアノ曲を対象としてー, 日本色彩学会誌 44 no.6 (2020) 247-257
- 6) 小林重順: カラーリストー色彩心理ハンドブックス, 講談社 (1997)
- 7) S.Kobayashi: The aim and method of the color image scale, Color Res. Appl. 6 (1981) 93-107
- 8) 森 数馬, 岩永 誠: 音楽と感情に関する研究の展開ー心理反応, 末梢神経系活動, 音楽および音響特徴一, 心理学評論 57 no.2 (2014) 215-234

色彩情報による香り表現の国際比較 その1.日本人学生の結果

International Comparison of Fragrance Expression by Color Information, Part 1. Results of Japanese Students

田代 知範 Tomonori Tashiro

山形大学

Yamagata University

(現 静岡県工業技術研究所)

若田 忠之 Tadayuki Wakata

早稲田大学

Waseda University

Chanprapha Phuangsuwan

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

山内 泰樹 Yasuki Yamauchi

山形大学

Yamagata University

Keywords: 香り, PCCS, クロスモーダル、ノンバーバルコミュニケーション。

1. はじめに

五感情報はそれぞれが単独の感覚ではあるが、互いに相互作用を持つことがよく知られている。視覚情報の一つである「色」は多くの人に共通してわかりやすいものであり、対応したさまざまなイメージを持つ。それゆえ、五感同士の相互作用において、色は重要な役割を果たし、色彩を用いて他感覚を表現することは有効な方法であると考えられる。色は、比較的多くの人に共通してわかりやすいものであるが、世界規模で考えた場合、文化や歴史の違い、気候や風土的理由などにより差異を持つことは明らかである。しかし、色彩情報による他感覚表現で成立すること、成立しないことを分類し、上手く活用することができれば、文化や言語の違いを超えた新しいコミュニケーションツールの開発に繋がる可能性は高い。

そこで本研究では、色彩情報による香り表現を対象とし、色を変数として他感覚を説明する手法を確立することを目的とした。さらに、日本とタイとの国際比較を通して、国間の差異を明らかにするとともに、文化や言語の違いを超えた新しいコミュニケーションツールの開発を目指す。

今回は、一連の研究に先立って行った日本人大学生を対象とした色と香りの印象評価実験の結果を報告する。

2. 実験方法

2.1. 香り刺激

香り刺激は、フルーツなどの一般的な香りを中心に予備調査により選出した表1に示す30種類の香料を用いた[1]。被験者には、20mlの茶褐色遮光性のスクリー管の中に入れた球形の脱脂綿に香料を染み込ませたものを呈示した。香り刺激の濃度は、嗅いだ際の強さが一定になるように

脱脂綿に染み込ませる香料の量を調整している。香料名による評価の先入観を排除するために、実験中は香料名の呈示を避け、番号での呈示のみとした。また、中和刺激としてコーヒー豆を同じスクリー管に入れたものを用意した。

表1 香り刺激一覧

番号	香料名	番号	香料名	番号	香料名
1	メープル	11	パッションフルーツ	21	ペパーミント
2	アップル	12	ラフランス	22	ローズ
3	オレンジ	13	メロン	23	ジャスミン
4	巨峰	14	レモン	24	シナモン
5	グレープフルーツ	15	フランボワーズ	25	ジンジャー
6	ストロベリー	16	ライチ	26	ハニー
7	パイナップル	17	キャラメル	27	緑茶
8	バナナ	18	アーモンド	28	サンダルウッド
9	ピーチ	19	ココナッツ	29	ラベンダー
10	ブルーベリー	20	チョコ	30	バニラ

2.2. 評価色彩情報

「色」による評価には、Practical Color Co-ordinate System (PCCS) の Tone および Hue を用いた。Tone 評価は、PCCS トーンマップを参考にした12トーン (v, b, s, dp, lt, sf, d, dk, p, ltg, g, dkg) と無彩色で評価する。Hue 評価は、PCCS 色相環を参考にした12色相 (2:R、4:rO、6:yO、8:Y、10:YG、12:G、14:BG、16:gB、18:B、20:V、22:P、24:RP) で評価する。「色」による評価は、iPod touch で動作するアプリケーション上で実施した[2, 3]。評価アプリケーションの画面レイアウトは図1に示す通りである。

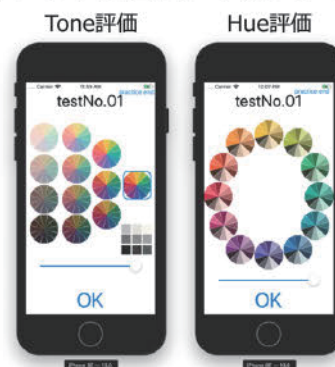


図1 評価アプリケーション画面

2.3. 評価形容詞対

「言葉」による評価には、Semantic Differential method (SD 法) を用いた。表2に示す20個の形容詞対に対し、それぞれ7段階の評定を行う。形容詞対は先行研究を参考に選出した[2-4]。

表2 評価形容詞対

番号	形容詞対	番号	形容詞対
1	甘い-甘くない	11	鋭い-鈍い
2	男性的-女性的	12	すっぱい-すっぱくない
3	あたたかい-つめたい	13	淡泊な-濃厚な
4	陽気な-陰気な	14	すっきりした-すっきりしない
5	やわらかい-かたい	15	落ち着く-落ち着かない
6	明るい-暗い	16	軽い-重い
7	好きな-嫌いな	17	澄んだ-濁った
8	美しい-醜い	18	騒がしい-静かな
9	はっきり-ぼんやり	19	動的な-静的な
10	派手な-地味な	20	緊張した-緩んだ

2.4. 実験手続き

はじめに、被験者にはランダムに香り刺激番号が呈示され、机中央に並べられたスクリー管から対応する香り刺激を選択し、その香りを嗅いでもらった。次に、SD法を使用した「言葉」による印象評価を行なった。「言葉」による評価は、紙面上で実施し、被験者は7段階の評定の中で最も適しているものを選択した。形容詞対の呈示順序および左右の並びはランダムであった。図2に「言葉」による印象評価の例を示す。



図2 「言葉」による印象評価例

「言葉」による評価に続けて、「色」による印象評価を行なった。「色」による評価は、はじめに Tone 評価、次に Hue 評価を行なった。この順番は全ての被験者で同じであった。被験者は、トーンマップまたは色相環のカラーサークルを選択し、下部のスライダーによってその大きさを調整した。つまり、被験者はカラーサークルの大きさで香りや Tone または Hue がどの程度あっているのかを表現する。図3に「色」による印象評価の例を示す。

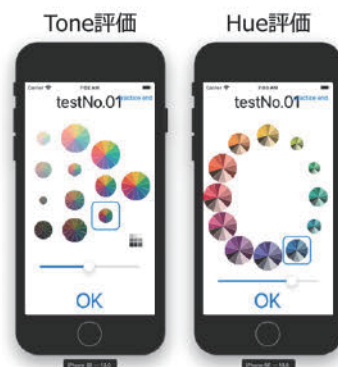


図3 「色」による印象評価例

香り刺激を嗅ぐ回数や時間、各評価のための時間に制限は設けなかった。ただし、香り刺激間には、嗅覚の疲労軽減のため、中和刺激（コーヒー豆）の香りを嗅ぎながら1分間の休憩を挟んだ。嗅覚の疲労を考慮して、1セッションで10個の香り刺激を評価した。実験は、少なくとも1時間の休憩を挟んで計3セッション実施した。21歳～24歳までの日本人大学生12名（男性11名、女性1名）が被験者として実験に参加した。

3. 実験結果および考察

3.1. 「言葉」による評価結果

図4にSD法で得られた香り刺激（メープル）に対する各形容詞対の得点を示す。シンボルは被験者12人の平均値、エラーバーは標準誤差をそれぞれ示している。香り刺激に対するSD法評価値を用いて、最尤法、プロマックス回転による因子分析を行なった。結果は表3、表4に示す。結果より、3つの因子が抽出された。

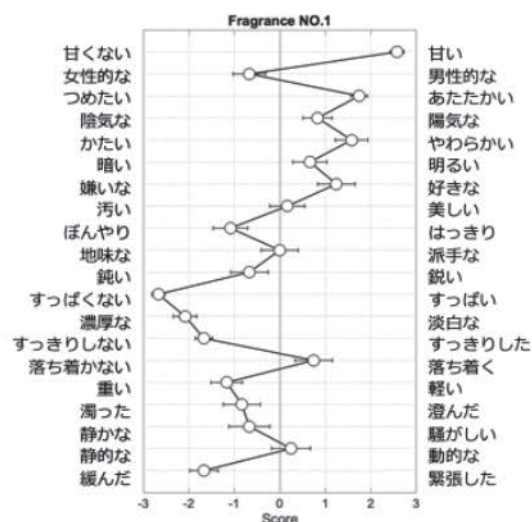


図4 SD法結果（香り刺激：メープル）

表3 因子パターン

形容詞対	Factor1	Factor2	Factor3
すっきりした-すっきりしない	0.931	0.242	0.056
澄んだ-濁った	0.924	0.301	-0.110
鋭い-鈍い	0.923	-0.008	0.096
軽い-重い	0.922	0.406	-0.173
淡泊な-濃厚な	0.888	-0.199	-0.125
はっきり-ぼんやり	0.837	0.017	0.291
あたたかい-つめたい	-0.832	0.402	0.126
すっぱい-すっぱくない	0.759	0.181	0.147
緊張した-緩んだ	0.756	-0.619	0.077
落ち着く-落ち着かない	0.208	0.972	-0.537
好きな-嫌いな	0.226	0.947	-0.069
男性的-女性的	0.216	-0.827	-0.108
美しい-醜い	0.492	0.800	-0.011
甘い-甘くない	-0.519	0.786	0.071
やわらかい-かたい	-0.614	0.780	-0.084
陽気な-陰気な	0.079	0.774	0.279
明るい-暗い	0.307	0.731	0.261
騒がしい-静かな	0.034	-0.269	0.906
動的な-静的な	-0.100	0.274	0.775
派手な-地味な	0.224	0.503	0.572

表4 因子間相関

	Factor1	Factor2	Factor3
Factor1	1.000	0.002	0.207
Factor2	0.002	1.000	0.524
Factor3	0.207	0.524	1.000

3.2. 「色」による印象評価結果

図5、図6に香り刺激（メープル）に対する各色の評価の結果得点を示す。縦軸はカラーサークルの大きさ最大値に対する比率である。棒グラフは被験者12人の平均値、エラーバーは標準誤差をそれぞれ示している。Toneに着目するとs、dp、d、dk、gなどが選択される傾向が見られた。また、Hueに着目すると、紫、赤系の評価が高く、緑、青系の評価が小さくなる傾向が見られた。

3.3. 「色」による香りのクラス分け

香りごとに、使用される色の特徴が見られたことから、ToneおよびHueの評定値を独立変数としてクラスター分析を行い、香りのクラス分けを行なった。MATLAB R2016aを使用し、距離を計算するアルゴリズムに非加重結合法、距離計量にユークリッド距離をそれぞれ用いた。結果は、図7に示すように、5つのクラスターが得られた。

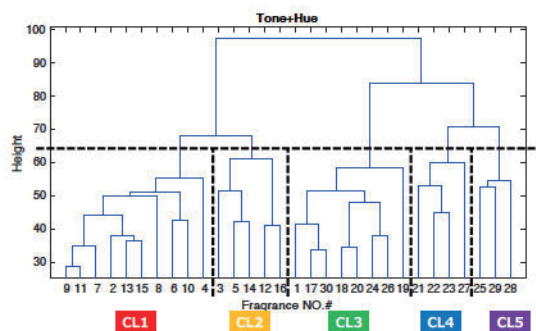


図7 クラスター分析デンドログラム

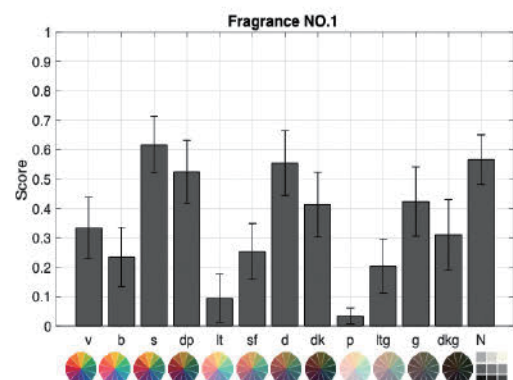


図5 Tone 評価結果（香り刺激：メープル）

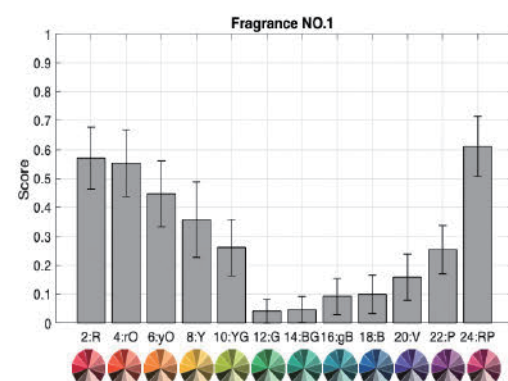


図6 Hue 評価結果（香り刺激：メープル）

3.4. 各クラスターで使用された色の特徴

各香りクラスターがどのような特徴を有するのかを明らかにするために、それぞれのクラスターの評価平均値を求めた。図8に平均Tone結果を示す。Toneで分類した香りクラスターは、同彩度を比較する時、明度が上がると評価も上がるグループ（CL1、CL2）と明度が上がると評価が下がるグループ（CL3、CL4、CL5）に大別することができる。図9に平均Hue結果を示す。CL1、CL3は赤、紫が大きく、緑、青が小さくなる傾向が見られた。CL2は黄が大きく、青、紫が小さくなる傾向が見られた。CL4、CL5は緑が大きく赤、紫が小さくなる傾向が見られた。このように、色相環の反対色における特徴が示された。図10に平均SD結果を示す。CL1とCL2は比較的ポジティブな印象を、CL4とCL5は比較的ネガティブな印象を与えることが明らかとなった。また、それぞれの香り刺激と評価因子との関係を明らかにするために、Factor1をx軸、Factor2をy軸とした図11に示す香りクラスターごとに色分けした因子得点散布図を作成した。図11中の数字は表1に示す香り刺激番号と対応している。結果は、「色」により分けられた香りは、因子分析の第一・第二因子空間上で近い位置関係を有することが明らかとなった。

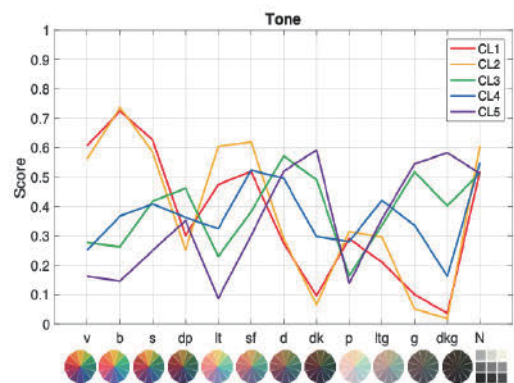


図8 クラスターごとの評価平均値 (Tone)

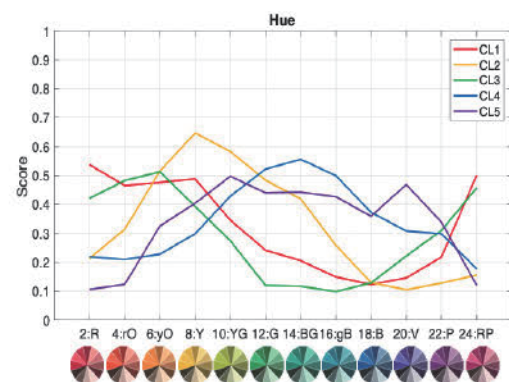


図9 クラスターごとの評価平均値 (Hue)

4. まとめ

本研究では、フルーツなどの一般的な香りに対し、「言葉」による印象評価および「色」による印象評価を行なった。「言葉」による評価の結果は因子分析による印象次元の抽出を、「色」による評価の結果はクラスター分析による香りのグループ分けをそれぞれ行い、香り刺激に対する「言葉」と「色」の評価の関係性を検討した。結果は、Tone および Hue により分けられた香りは、因子分析の第一・第二因子空間上で近い位置関係を有することが明らかとなった。

本研究の最終的な目標は、日本とタイで実験を行い、結果の国際比較を行うことである。今後は同様の実験をタイ人大学生でも行い、国間の文化差を明らかにするとともに、ノンバーバルコミュニケーションにおける色彩の可能性を模索する。

謝辞

本研究は、一般社団法人日本色彩学会学術コラージュ研究助成課題の助成を受けて行われた。

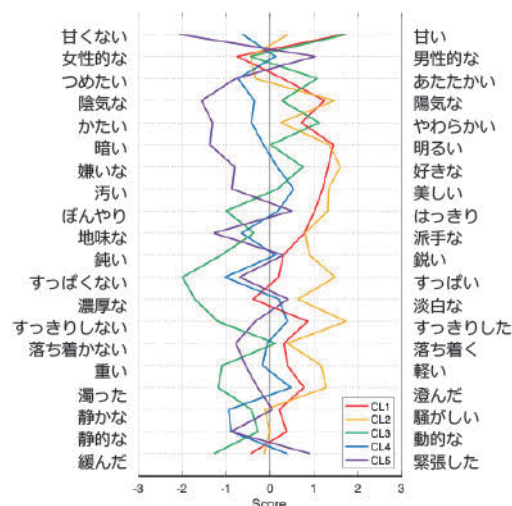


図10 クラスターごとの評価平均値 (SD 法)

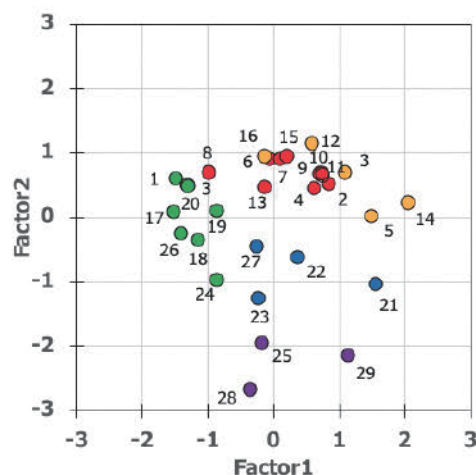


図11 因子得点散布図

参考文献

- [1] Wakata, T. and Saito M.: A study of common dimensions on the impression of color, fragrance and music, 日本色彩学会誌 41(3) (2017), 54-57.
- [2] 若田忠之, 野尻健介: 調香師を対象とした香りに対する色の調和傾向を説明変数とする香りの分類, 日本味と匂学会誌 S63-66 (2019) 97.
- [3] 若田忠之: 香りに対する調和色を用いた香りの分類, 日本色彩学会誌 43(3), (2019), 183-186.
- [4] 若田忠之, 齋藤美穂: 香りの分類における心理学的検討 -SD法を用いた印象による香りの分類-, 日本感性工学会論文誌 Vol.13 No.5 (2014) 591-601.

評定実験に基づいた PC 用カラーパレットの提案 — プレゼンテーションスライドを対象として — A Proposal of a Color Palette for Making Presentation Slides

槇 究 Kiwamu Maki 実践女子大学
 細淵みつき Mitsuki Hosobuchi 実践女子大学
 鈴木 智子 Tomoko Suzuki 実践女子大学
 山村佳奈瑛 Kanae Yamamura 実践女子大学

Jissen Women's University
 Jissen Women's University
 Jissen Women's University
 Jissen Women's University

Keywords: 色の好み, 印象評価, 物品

1. はじめに

プレゼンテーションスライド作成時に使用するカラーパレット(図1)は、色の偏りが大きく、「欲しい色が登録されていない」という不満に行き当たることがよくある。そこで、好まれるスライド、見やすいスライドの構成色を登録したパレットを作成するという基本方針に基づき、プレゼンテーション資料に適したカラーパレットを提案する為の調査・実験を実施した。

2. 様々な配色のスライドの評定 [実験1]

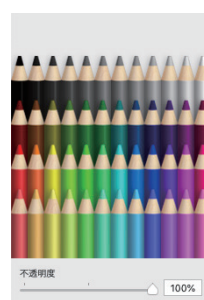
2-1. 実験概要

2-1-1. スライド配色調査

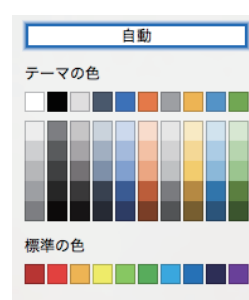
まず、Web上にアップされているプレゼンテーションスライドを検索し、調査者2名が良いと思うものを中心に、バリエーションにも配慮しつつ、スライドを収集した。加えて、実践女子大学生生活環境学科の卒業研究発表会用スライドを収集した。収集した表紙スライド(タイトル+サブタイトル)、本体スライド(タイトル+箇条書き)から調査者2名の主観で類似したものを整理した結果、表紙70枚、本体76枚となった。表紙と本体では、同じプレゼンテーションスライドから選ばれた共通の配色が30個ある。

2-1-2. 実験呈示スライドの作成

プレゼンテーションを構成するスライドとして、表紙スライドは文字がゴシック体と明朝体の2種類、本体スライドはレイアウトが異なる2種類、グラフ掲載スライド(タイトル+箇条



(1) MacOS で用いられるカラーパレット



(2) Microsoft Office で用いられるカラーパレット

図1 プレゼンテーションスライド作成に用いられるカラーパレットの例

書き+グラフ)を1種類を用意した。[図2]

それらのフォーマットに、収集したスライド146枚のタイトル、サブタイトル、箇条書きコンテンツ、その他の要素の色を各々、フォーマットの対応する要素に適用し、実験で呈示するスライドを作成していった。

図2(S1)のフォーマットには収集した表紙の70配色、(S2)と(S4)には共通の30配色、(S3)には収集した76配色を用いている。

グラフ掲載スライドには、円グラフを掲載することにしたが、その構成のバリエーションは多岐に亘る。そこで、30種類のグラフを8種類の背景色に載せたスライド8枚を作成し、スライド毎に「見やすさ」、「好ましさ」についてそれぞれ上位3つのグラフを選んでもらう予備実験を実施した。実験協力者は、20~21歳の女子大学生10名である。

選出されたグラフに1位2点、2位1.5点、3

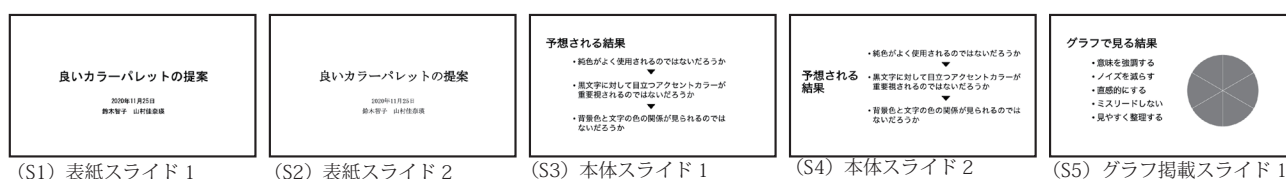


図2 実験呈示用スライドフォーマット [実験1]

位1点を与えて合計した数値を表1に示す。

6と17は多くの背景色とのペアリングで好まれている。トーン・イン・トーン配色の多色相という所に共通性がある。無難な彩色方法と言えそうである。一方、見やすさについては、14,15,17,21が多くの背景で見やすいとされていた。これらは、彩度が高めのトーン・イン・トーン配色である。見やすさが必要であれば、こういった配色を選ぶのが無難ということになる。

この結果を基に5つのグラフを選ぶことにした。それは、6, 17, 21の3つをまず選出し、それ以外の2つは好ましさの評定平均値が高いものから2つを選出するという、好ましさで見やすさの高いものを用意するが、背景による変化にも対応するという、呈示刺激数を抑えた中での折衷案的なものである。その結果、図2 (S5)のフォーマットのものは40枚となった。

2-2. 実験概要

用意した計246枚のスライドを、「見やすさ」、「好ましさ」について5段階評価してもらった。カーテンを閉めた実験室で、SHARP LC-55W35 (画面サイズ: 120.9 × 68.0 cm、画素数: 1,920 × 1,080 pixel) 上に、スライドは呈示された。実験協力者は、画面から約200cm離れた位置に座り、2尺度について評価した後、簡単なアンケートに回答した。実験協力者は、18～22歳の女子大学生23名である。

2-3. 実験結果

2-3-1. 「好ましさ」と「見やすさ」の全体的な傾向

サンプル毎の評定平均値を算出し、「見やすさ」と「好ましさ」の2軸で構成される散布図を作成したところ、右肩上がりの分布を示したので、2変数は関連が大きいと考え、呈示サンプルのフォーマット (S1～S5) 毎に、相関係数を算出

した。その結果、0.72～0.80という比較的大きな関連があることが示された。つまり、スライドフォーマットに拠らず、見やすいスライドを作成すれば好まれ、好まれるスライドを作成すれば見やすさもある程度は保障されると考えられる。また、S1とS2、S3とS4は、2尺度共に0.88～0.89という大変高い相関を示したが、両者の間の相関は0.38～0.62に留まった。その他、S1とS3では、「見やすさ」も「好ましさ」も平均で0.4程評定に違いが見られた。これらには、レイアウトの違いが関係していると考えられる。

2-3-2. 高評価のサンプルで使用されている色

S1とS2、S3とS4が類似した評定傾向を示したので、S1、S3、S5の評価傾向で代表させて解析を進めていく。

5段階評定の中央は3であるので、それより高い値として3.5を設定し、見やすさ・好ましさのどちらもそれ以上の評価となったスライドに使われている色を、S1,S3,S5に属する呈示スライドからピックアップした。そのPCCS記号(実験刺激呈示環境で、PCCSカラーチャートと見比べて同定したもの)を基に出現回数をカウントしたものを表2に示す。

集めた色は、p, lt, ltg トーンの高明度色とdk トーンの低明度色が多く使用されていた。色相としては、16,18,20という青系統の色と、2の赤、8の黄が二桁を示している。特に、文字には青系統や無彩色の低明度色が用いられ、Wやその他の高明度色と組み合わせられたものが多かった。

3. 新カラーパレットの有効性の検討 [実験2]

評価3.5以上のスライドに使用されていた68色を集め、新カラーパレットを作成した [図3]。このパレットの有効性を確認する為に、現行のカラーパレットと新カラーパレットでプレゼン

表1 「好ましさ」および「見やすさ」の評定平均値 [予備実験]

印象	背景色	呈示グラフNo.																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
好ましさ	クリーム	4.0	1.0	0.0	0.0	3.0	4.5	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	1.5	0.0	1.0	2.0	0.0	3.0	3.0	1.5	5.5	0.0	0.0	1.5	0.0	2.0	0.0	1.5	3.0	0.0	3.0
	ピンク	3.0	0.0	0.0	0.0	1.5	5.0	2.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	1.0	3.0	0.0	0.0	4.0	2.5	2.0	3.0	1.0	1.0	0.0	0.0	2.0	3.0	3.0	2.5	0.0	0.0
	灰色	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	1.0	3.5	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	2.5	1.5	4.5	1.0	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	3.5	0.0	1.0	3.5	2.0	0.0	2.0
	黒	0.0	2.0	1.5	3.5	0.0	6.5	2.0	2.0	1.5	2.0	1.0	0.0	1.0	4.0	0.0	0.0	5.0	0.0	1.5	0.0	3.0	2.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	2.5	0.0	0.0
	水色	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	5.0	1.5	0.0	1.5	1.5	3.0	0.0	0.0	2.0	0.0	4.0	3.5	2.5	0.0	1.5	2.5	2.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	2.0	3.5
	青	2.0	0.0	0.0	0.0	3.5	9.0	1.5	2.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	1.0	1.0	0.0	1.5	1.0	3.0	0.0	0.0	2.0	0.0	6.5	1.5	3.5	1.5
	茶	0.0	2.5	1.5	0.0	2.0	3.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	1.0	2.5	0.0	0.0	4.0	1.0	0.0	2.0	1.0	2.0	2.0	0.0	3.5	1.5	1.0	3.0	2.0
白	1.5	3.5	0.0	1.5	0.0	6.5	0.0	1.0	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	5.0	1.5	0.0	1.0	1.0	0.0	4.0	4.0	2.0	1.5	3.0	0.0	1.5	1.0	1.0
印象	背景色	呈示グラフNo.																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
見やすさ	クリーム	0.0	0.0	2.0	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	11.0	0.0	6.5	3.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.5	0.0	1.0	1.5
	ピンク	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	5.0	9.5	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	5.0	1.5	0.0	2.5	3.0	0.0	2.0	0.0	2.5	3.0
	灰色	3.0	0.0	0.0	2.0	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	8.5	0.0	1.5	0.0	0.0	1.0	4.0	1.5	2.0	4.0	0.0	2.0	2.0	0.0	1.5	2.0
	黒	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	1.5	4.0	2.0	1.5	0.0	0.0	4.5	9.0	0.0	8.5	0.0	0.0	1.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.5	2.5
	水色	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	2.0	0.0	1.0	0.0	3.0	1.5	0.0	0.0	4.5	8.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	1.0	0.0	0.0
	青	0.0	1.5	1.5	1.5	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	5.5	6.0	1.5	6.5	1.0	2.0	2.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0
	茶	0.0	2.0	0.0	1.5	2.0	0.0	0.0	4.0	1.0	0.0	1.5	0.0	0.0	7.0	3.0	2.0	4.0	0.0	0.0	0.0	6.5	3.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.5
白	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	1.0	0.0	2.5	1.5	0.0	0.0	1.0	2.0	3.5	7.0	0.0	5.5	0.0	0.0	1.5	5.0	0.0	2.0	2.5	1.5	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	

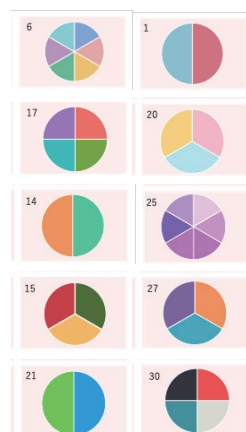


表2 「好ましさ」、「見やすさ」共に3.5以上の評価平均値を示したスライドに使用されていた色 (S1,S3,S5) [実験1]

トーン	色相													総計	無彩色	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	PCCS記号		個数	
p		1	1	7	3		2	2	3		1	1	21	W	15	
lt	4	1	1	1			1	4	3	2	2		19	Gy-8.5	2	
b	3	1	1						1				6	Gy-7.5	1	
v	1			2	1					1	1		6	Gy-6.5	0	
s					1		1	1					3	Gy-5.5	3	
dp	1		1		1								3	Gy-4.5	4	
dk	1	3		2					2	5			13	Gy-3.5	8	
dkg	2			1		1		1		1			6	Gy-2.5	3	
ltg	1	1	1	1		1	1	2		1			9	Bk	2	
sf						1	1		4			1	7			
d	1						1						2			
g					1	1			3	1			6			
合計	14	7	5	14	7	4	7	10	16	11	4	2	101	合計	38	

※ v トーンの奇数色相については、隣接する大きい方の偶数色相としてカウントした (ex. v7 → v8 としてカウント)

テーションスライドを作成して貰い、その使いやすさと出来上がったスライドの評価が高いことを確認する評価実験を実施した。

3-1. 新カラーパレットを使用したプレゼンテーションスライドの制作 [実験2 (1)]

Windows および Mac で使用されるカラーパレットのうち、最も使用率の高かった図1 (2)のカラーパレットおよび新カラーパレットを使用し、用意した11種類のフォーマットに色を入れてプレゼンテーションスライドを作成して貰った。実験協力者は、18～22歳の女子大学生8名である。所要時間は、1時間程度であった。時間を区切って制作を止めることがあったので、制作枚数は実験協力者により異なる。

3-2. 制作されたプレゼンテーションスライドの評価 [実験2 (2)]

3-2-1. 実験概要

実験2 (1) で作成してもらった150枚のスライドをモニター画面に呈示し、18～22歳の女子大学生12名に、「好ましさ」および「見やすさ」を5段階で評価して貰った。所要時間は30分程度である。

3-2-2. 実験結果

(1) 新カラーパレットと現行カラーパレットの比較

評価させた2尺度の評価平均値を表3に示す。2つのカラーパレットで作成したスライドの評価は、好ましさで平均0.04、見やすさで0.02という微差となり、新カラーパレットが現行カラーパレットよりスライドの好ましさや見やすさをアップさせる力を持つとは言えない結果となった。ただし、新カラーパレットの方が好ましさの評価が4.0以上のものは23個 [図4] と現行のもの16個より多くなった。

(2) 評価の高いスライドの特徴

表3 作成された各スライドのフォーマット毎評価平均値 [実験2 (1)]

スライド フォーマット	見やすさ		好ましさ		差分	
	a	b	a	b	見やすさ	好ましさ
(a) 表紙スライド1	3.57	3.50	3.43	3.43	0.07	0.00
(b) 表紙スライド2	3.40	3.16	3.21	3.03	0.24	0.18
(c) 表紙スライド3	3.69	3.76	3.40	3.48	-0.07	-0.07
(d) 表紙スライド4	3.13	3.25	3.01	2.92	-0.12	0.10
(e) 本体スライド1	3.24	3.44	3.03	3.14	-0.20	-0.10
(f) 本体スライド2	3.23	3.26	3.22	3.42	-0.03	-0.20
(g) 本体スライド3	3.45	3.20	3.28	3.15	0.25	0.13
(h) 本体スライド4	3.18	3.35	3.02	3.20	-0.17	-0.18
(i) グラフスライド1	3.23	3.09	3.20	3.02	0.14	0.18
(j) グラフスライド2	3.33	3.64	3.36	3.38	-0.31	-0.02
(k) グラフスライド3	3.46	3.52	3.54	3.15	-0.06	0.40
平均	3.36	3.38	3.25	3.21	-0.02	0.04

※ a: 新カラーパレット、b: 現行カラーパレット

(a)～(k)は、図4と対応している



図3 実験2で使用した新カラーパレット

新カラーパレットを使用して作成されたスライドを評価値と共に図4に示す。

全体的に見て、「好ましさ」と「見やすさ」に線形の

関係が見られたのは実験1と同様である。

評価3.5を一つの目安とすると、どちらもそれを下回る評価となったサンプルと上回るサンプルの数は、表紙(a,b,c,d)が9:11、グラフ(i,j,k)が8:7と均衡しているのに対し、本体(e,f,g,h)は11:4であり、評価が低めに出ることが分かる。

特に、文字の一部が色付いた三角形と重なるhは好ましさ3.5以上がない。また、2尺度共に3.5未満のものには、背景色が設定されているものが多く、青系統の背景のものを例外として、白抜き文字となる濃いもの、そこまでではなくとも3.5以上と比較すると色味が強いものが多い。また、背景色と文字色を同系色相とした程度では、明度差を小さめにできなさそうである。このことから、「①背景色は白とするか青系統とし、文字と背景の明度差を大きくすること」が推奨される。なお、b,c,dでは、文字と隣接する背景に十分な明度差があれば、他の領域に色が付いていることはマイナスにならないようだ。このことから、「②背景に濃い色を使用する場合には、文字から離れた枠などとする」ことを推奨する。

グラフに於いては、青系統でまとめたものを白もしくは薄いブルーに配したものが高評価であった。背景に近い薄い色のグラフは、たとえ同色相でまとめたとしても、評価は低い。このことから、「③グラフはメリハリの利いたはっきりめの色、もしくは青系統の色を使用すること」

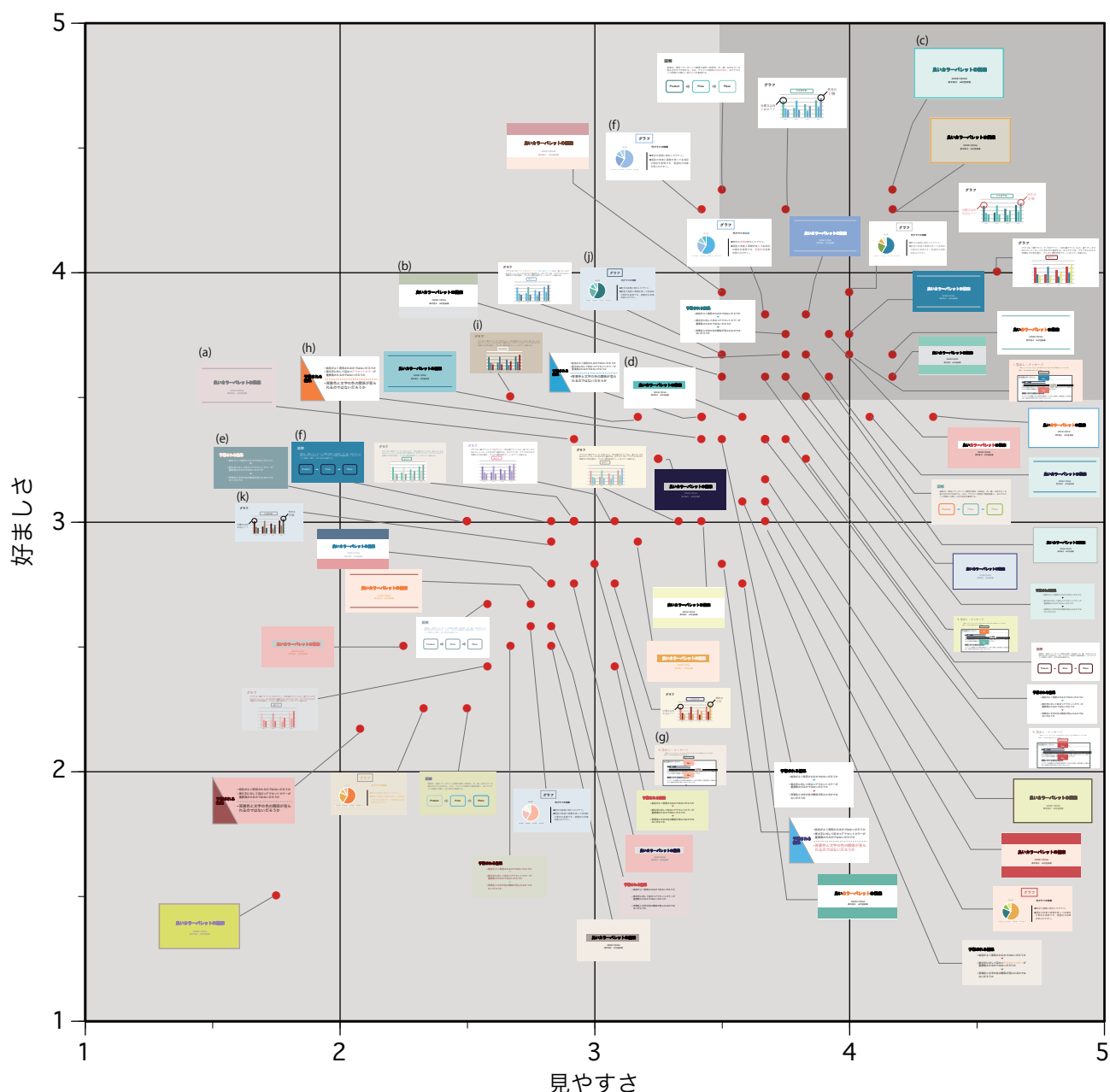


図4 新カラーパレットを使って制作されたプレゼンテーションスライドの「見やすさ」と「好ましさ」の評定平均値 [実験2 (2)]

が推奨される。

(3) 制作者の個人差

8名の制作者が制作したスライドの評定平均値を取ると、「好ましさ」と「見やすさ」に0.81の相関が見られ、評定分散も1名を除き0.2程度の小さな値であった。好ましいスライド・見やすいスライドを作る力には個人間にばらつきがあると解釈される。この個人のセンスのようなものが働く為、新カラーパレットにただけでは評価を上げることに繋がらなかったのだと考える。

(4) カラーパレットの更新

実験2 (2) において3.5以上の評価であったスライドに使用されている色を採録したカラー

パレットを作成した。図5に示す。色相は満遍なく、トーンはp,lt,dkが多くなっている。



図5 更新したカラーパレット

4. おわりに

実験2 (1) の制作者に対するアンケートでは、「色が選びやすかった。」といったポジティブなコメントが得られたが、制作物に明確な評定差は見られなかった。3. (2) に記述したようなインストラクションを豊富にすると共に、その精度を上げて行ければと思う。

プロジェクタカメラシステムを用いた実環境における 色覚シミュレーションのための環境推定

Environmental estimation for dichromatic simulation in an actual environment

小寺晴美 Harumi Kotera

立命館大学大学院

Graduate School of Information Science

情報理工学研究科

and Engineering, Ritsumeikan Univ.

篠田博之 Hiroyuki Shinoda

立命館大学

College of Information Science and

情報理工学部

Engineering, Ritsumeikan Univ.

Keywords: プロジェクタカメラシステム, 反射率推定, 色覚シミュレーション

1. はじめに

平均的な色覚を有する人には, 色覚異常者がどのような色を知覚しているかわからない. そこで, プロジェクタとカメラからなるシステムを用い, 実環境において色覚異常者の色の見えを模擬することを考える. これを実現するためには以下の段階を踏む必要がある.

- I. グレイコード投影法によるプロジェクタカメラ対応点の導出
- II. カメラおよびプロジェクタのガンマ特性推定
- III. 多色照明投影によるピクセルごとの反射率行列推定
- IV. ピクセルごとの実環境色覚シミュレーション

先行研究 [1] [2]において, 上記の I と III が実現されている.

III では, プロジェクタ RGB 入力値(r_p, g_p, b_p)とプロジェクタ投影表面を撮影したカメラ画像 RGB 値(r_c, g_c, b_c)を比較することで表面の反射率行列を推定している.

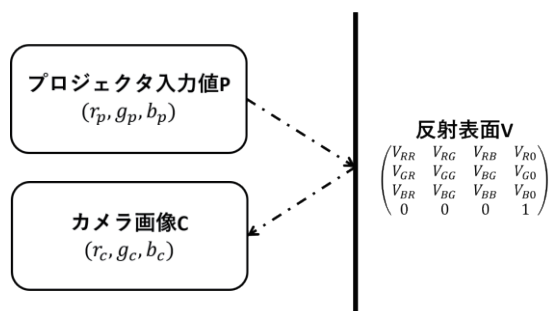


図 1. プロジェクタ RGB 入力値, カメラ画像 RGB 値, 反射率行列の関係

図 1 に示したプロジェクタ RGB 入力値及びカメラ撮影画像 RGB 値の双方の関係は, 投影表面の反射率行列を介して以下の式(1)および式(2)で表されている.

$$\begin{cases} r = \frac{R}{255} \\ g = \frac{G}{255} \\ b = \frac{B}{255} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} r_c \\ g_c \\ b_c \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{RR} & V_{RG} & V_{RB} & V_{R0} \\ V_{GR} & V_{GG} & V_{BG} & V_{G0} \\ V_{BR} & V_{BG} & V_{BB} & V_{B0} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_p \\ g_p \\ b_p \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

式(2)は一種類のプロジェクタ入力 RGB 値が一つの反射物体に照射されている状況を表している. この式を, N 個の反射物体に対して L 種類の照明光を照射し, その反射光をカメラで撮影して反射率行列を推定する状況を表現するよう拡張した式が定義されている.

L 種類のプロジェクタ RGB 入力値($r_{p_i}, g_{p_i}, b_{p_i}$)

($i = 1 \sim L$) は $3L \times 12$ の行列として以下の式(3)

に示す P と定義される.

$$P = \begin{pmatrix} r_{p_1} & g_{p_1} & b_{p_1} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & r_{p_1} & g_{p_1} & b_{p_1} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & r_{p_1} & g_{p_1} & b_{p_1} & 1 \\ r_{p_2} & g_{p_2} & b_{p_2} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & r_{p_2} & g_{p_2} & b_{p_2} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & r_{p_2} & g_{p_2} & b_{p_2} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{p_L} & g_{p_L} & b_{p_L} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & r_{p_L} & g_{p_L} & b_{p_L} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & r_{p_L} & g_{p_L} & b_{p_L} & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

N 個の反射物体に対する反射率行列は, $12 \times N$ ($j = 1 \sim N$) の行列として以下の式(4)に示す V と

定義される.

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} V_{RR1} & V_{RR2} & \cdots & V_{RRN} \\ V_{RG1} & V_{RG2} & \cdots & V_{RGN} \\ V_{RB1} & V_{RB2} & \cdots & V_{RBN} \\ V_{R01} & V_{R02} & \cdots & V_{R0N} \\ V_{GR1} & V_{GR2} & \cdots & V_{GRN} \\ V_{GG1} & V_{GG2} & \cdots & V_{GGN} \\ V_{GB1} & V_{GB2} & \cdots & V_{GBN} \\ V_{G01} & V_{G02} & \cdots & V_{G0N} \\ V_{BR1} & V_{BR2} & \cdots & V_{BRN} \\ V_{BG1} & V_{BG2} & \cdots & V_{BGN} \\ V_{BB1} & V_{BB2} & \cdots & V_{BBN} \\ V_{B01} & V_{B02} & \cdots & V_{B0N} \end{pmatrix} \quad (4)$$

L 種類の照明下で撮影された N 個の反射物体のカメラ画像 RGB 値(r_{ci} , g_{ci} , b_{ci})からなる $3L \times N$ の行列 ($i = 1 \sim L$, $j = 1 \sim N$) は以下の式(5)に示す $\mathbf{C}$ と定義される.

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} r_{c11} & r_{c12} & \cdots & r_{c1N} \\ g_{c11} & g_{c12} & \cdots & g_{c1N} \\ b_{c11} & b_{c12} & \cdots & b_{c1N} \\ r_{c21} & r_{c22} & \cdots & r_{c2N} \\ g_{c21} & g_{c22} & \cdots & g_{c2N} \\ b_{c21} & b_{c22} & \cdots & b_{c2N} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{cL1} & r_{cL2} & \cdots & r_{cLN} \\ g_{cL1} & g_{cL2} & \cdots & g_{cLN} \\ b_{cL1} & b_{cL2} & \cdots & b_{cLN} \end{pmatrix} \quad (5)$$

式(3)~(5)により, N 個の反射物体に対して L 種類の照明光を照射し, その反射光をカメラで撮影して反射率行列を推定する状況を表現することが出来る. これを, 以下の式(6)で表す.

$$\mathbf{C} = \mathbf{P}\mathbf{V} \quad (6)$$

$\mathbf{P}$ はプロジェクタで照射をする段階で指定し, $\mathbf{C}$ は撮影により与えられるので, 以下の式(7)により $\mathbf{V}$ を得る.

$$\mathbf{V} = \mathbf{P} \setminus \mathbf{C} \quad (7)$$

しかし, これらの式ではIIで述べたプロジェクタとカメラのガンマ特性を考慮しておらず, 反射率行列推定の精度に問題があった. さらに, 撮影画像上で任意の色の見えを表現するために必要なプロジェクタ照明を推定された反射率から導出し投影と撮影を行ったが, 完全には表現できていなかった. そこで, 図1で示したプロジェクタRGB値とカメラ撮影画像RGB値の関係を, プロジェクタおよびカメラのガンマ特性を考慮した以下の式(8)で表す.

$$\begin{pmatrix} r_c^{\frac{1}{\gamma_{Rc}}} \\ g_c^{\frac{1}{\gamma_{Gc}}} \\ b_c^{\frac{1}{\gamma_{Bc}}} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{RR} & V_{RG} & V_{RB} & V_{R0} \\ V_{GR} & V_{GG} & V_{BG} & V_{G0} \\ V_{BR} & V_{BG} & V_{BB} & V_{B0} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_p^{\gamma_{Rp}} \\ g_p^{\gamma_{Gp}} \\ b_p^{\gamma_{Bp}} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

ここでは, IIにおける, カメラガンマを推定する手法のみに限定して報告する. よって, 式(5)を以下の式(9)と変更する.

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} r_{c11}^{\gamma_{Rc}} & r_{c12}^{\gamma_{Rc}} & \cdots & r_{c1N}^{\gamma_{Rc}} \\ g_{c11}^{\gamma_{Gc}} & g_{c12}^{\gamma_{Gc}} & \cdots & g_{c1N}^{\gamma_{Gc}} \\ b_{c11}^{\gamma_{Bc}} & b_{c12}^{\gamma_{Bc}} & \cdots & b_{c1N}^{\gamma_{Bc}} \\ r_{c21}^{\gamma_{Rc}} & r_{c22}^{\gamma_{Rc}} & \cdots & r_{c2N}^{\gamma_{Rc}} \\ g_{c21}^{\gamma_{Gc}} & g_{c22}^{\gamma_{Gc}} & \cdots & g_{c2N}^{\gamma_{Gc}} \\ b_{c21}^{\gamma_{Bc}} & b_{c22}^{\gamma_{Bc}} & \cdots & b_{c2N}^{\gamma_{Bc}} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{cL1}^{\gamma_{Rc}} & r_{cL2}^{\gamma_{Rc}} & \cdots & r_{cLN}^{\gamma_{Rc}} \\ g_{cL1}^{\gamma_{Gc}} & g_{cL2}^{\gamma_{Gc}} & \cdots & g_{cLN}^{\gamma_{Gc}} \\ b_{cL1}^{\gamma_{Bc}} & b_{cL2}^{\gamma_{Bc}} & \cdots & b_{cLN}^{\gamma_{Bc}} \end{pmatrix} \quad (9)$$

2. 原理

機器の入力と出力の非線形性をガンマ特性と呼ぶ. 本実験において推定するカメラガンマは, カメラ受光量を入力, 撮影画像 RGB 値を出力としたときの, 入出力の非線形な関係を表す. このガンマ特性は機器固有のものであり, 機器によっては設定可能であるが設定どおりのガンマ特性を示した出力になっているとは限らないため, 使用機器ごとに調べる必要がある.

カメラが受ける光はカメラ露光時間によって変化する. そこで, カメラの露光時間を変化させながら撮影を行い, 撮影画像中の複数ピクセルにおける RGB 値を調べ, その関係からカメラガンマを推定する. カメラ露光時間と撮影画像 RGB 値の関係は以下の式(10)および式(11)で表される.

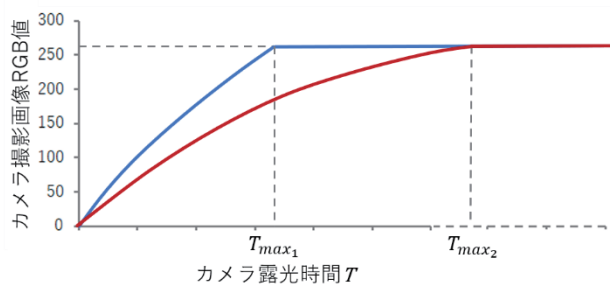
$T < T_{max}$ のとき

$$RGB = \left(\frac{T}{T_{max}} \right)^{\gamma} \quad (10)$$

$T > T_{max}$ のとき

$$RGB = 255 \quad (11)$$

T はカメラ露光時間, T_{max} は着目したピクセルにおける RGB 値が 255 に達するときの露光時間を示す. (図2)

図 2. T_{max} の例

RGB 値をカメラ撮影画像内の複数のピクセルから抽出し, 式(10)および式(11)を近似式として, 最小二乗法により各ピクセルにおける T_{max} と 1 つの γ を導出する. これにより, 実験環境下におけるカメラ露光時間と撮影画像 RGB 値の関係を最も適切に表すカメラガンマが求められる.

3. 実験

実験は暗室で行った. カメラ撮影中はプロジェクタで一定の光を照射し続け, その照明が当たる範囲に X-rite Color Checker を配置した. プロジェクタとカメラは三脚で固定し, 実験中にプロジェクタ, カメラ, 投影面の位置関係が変わらないようにした. プロジェクタは EPSON EB-W420, カメラは Basler a2A1920-51gcBAS を用いた. 投影と撮影の制御はノート PC 上で MATLAB 2019a, Image Acquisition Toolbox, Psychophysics Toolbox [3] [4] [5] により行った. 撮影時の露光時間は 0.02, 0.04, ..., 0.18 秒の 9 種類とした. 設定上のカメラガンマは 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 の 4 条件として撮影を行った. その他のホワイトバランスやゲインなどのカメラ設定は実験中に変化しないようにした.

4. 結果と考察

以下の図 3 に示す 12 点を左上とした 10×10 の領域における RGB 値を平均した値によって近似を行った.

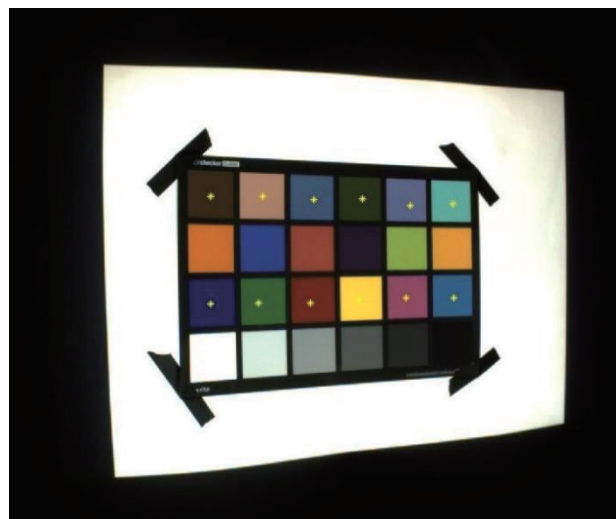


図 3. RGB 値抽出点

以下の図 4 に $\gamma_{set} = 1.0$ とした時の, 図 3 図 3 で示した領域におけるカメラ露光時間との R 値の関係を示す. マーカーは抽出した R 値の平均をプロットしたものであり, 曲線は近似結果を示す. グラフの色は色票の色に対応している.

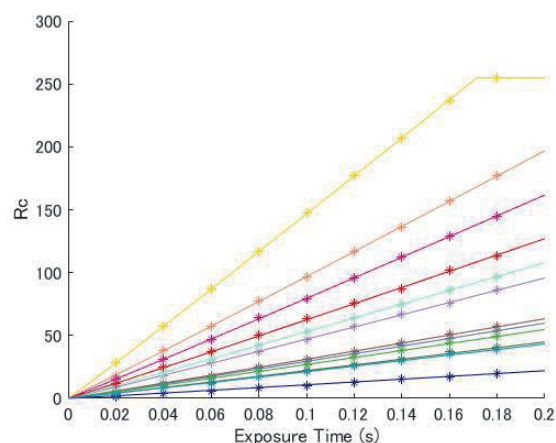


図 4. 抽出点における RGB 値の変化と近似結果

色票 red (Color Checker の 3 行 3 列目) や色票 yellow (3 行 4 列目) 色など, カメラ撮影画像内において R 値が比較的大きい色票は, 図 1 図 4 においてほかの色票に比べて縦軸の値が大きく変化している. 一方で, 色票 blue (3 行 1 列目) や色票 green (3 行 2 列目) など, R 値が比較的小さい色票は, ほかの色票に比べて縦軸の値の変化が小さいことが確認できる. このことから, 図 4 に示した曲線は, 図 3 図 3 で示した点における RGB 値とカメラ露光時間の関係を適切に近似できているといえる.

図 4 で示した曲線近似により推定された設定上のカメラガンマ γ_{set} ごとの γ_{R_c} , γ_{G_c} , γ_{B_c} の推定値を以下の表 1 に示す.

表 1. γ_{set} ごとの RGB 別カメラガンマ値

γ_{set}	γ_{R_c}	γ_{G_c}	γ_{B_c}
0.5	0.51	0.51	0.51
1.0	1.03	1.02	1.03
1.5	1.55	1.53	1.54
2.0	2.04	2.04	2.07

どの γ_{set} においても設定値と推定値の差は 0.1 以下であった。

表 1 に示したカメラガンマ推定値が適切であることを確認するため、12 個の RGB 値抽出点における T_{max} を式(10)および式(11)に代入し、グラフを描画したものを以下の図 5 に示す。

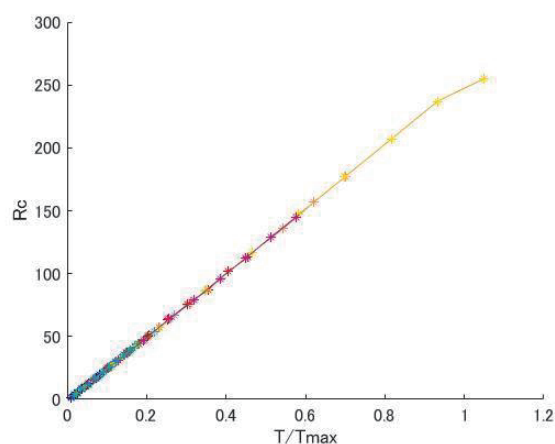


図 5. 本実験環境における R 値と露光時間の関係

図 5 において、12 本の曲線が重なって式(10)を表す曲線を描いている。このことから、12 つの抽出点すべてにおける RGB 値と $\frac{T}{T_{max}}$ の関係を最も適切に表すカメラガンマが推定されているといえる。

以上より、本手法によって適切にカメラガンマを推定できるといえる。

5. おわりに

本研究では、様々なカメラ露光時間で撮影を行い、その時の撮影画像 RGB 値の変化を調べることでカメラガンマを推定した。実験結果から、本手法によって適切にカメラガンマを推定することができたといえる。式(8)で示したように、カメラだけでなくプロジェクタのガンマも反射率推定に影響を及ぼす。よって、今後は、プロジェクタガンマの推定を行ったうえで反射率推定を行う。さらに、推定した反射率をもとにカメラ画像上で任意の色の見えを模擬し、先行研究と精度の

比較を行うことで、カメラおよびプロジェクタガンマを考慮した反射率推定の有用性を調べる。さらに、実環境色覚シミュレーションツールを実際に使用する場合、外光がある状態が想定される。本実験は暗室内で行われたため、外光がある状態でも適切に物体表面の反射率を推定できるよう改良が必要である。今後は以上の課題に取り組み、より実用的な実環境色覚シミュレーションツールの開発を目指す。

参考文献

- [1] 小寺晴美, 篠田博之, “プロジェクタカメラシステムを用いた実環境における色覚シミュレーションのための反射率推定,” 日本色彩学会第 51 回大会, 2020.
- [2] 孫斯奇, 篠田博之, “プロジェクタカメラシステムによる未知反射率表面上の 2 色覚シミュレーション,” 第 19 回 日本感性工学会大会, 2017.
- [3] Brainard, D.H., “The Psychophysics Toolbox,” Spatial Vision 10, 1997, pp. 443-446.
- [4] D. Pelli, “The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies,” Spatial Vision 10, 1997, pp. 443-446.
- [5] B. D. P. D. Kleiner M, “What's new in Psychtoolbox-3?,” Perception36 ECVF Abstract Supplement, 2007.

線形 RGB 色空間における混同色線方向の測定

Measurement of confusion-line in linear RGB color space

張 宇航 Yuhang ZHANG

立命館大学大学院情報理工学研究科

Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

篠田 博之 Hiroyuki Shinoda

立命館大学情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

Keywords: 色覚異常, ディスプレイ個体差, 色覚個人差, 色覚バリアフリー

1. はじめに

既存の 2 色覚シミュレーション[1][2]ではディスプレイ RGB 値と錐体応答 LMS 値の間の変換に XYZ を経由するため RGB-XYZ のディスプレイ校正と XYZ-LMS 変換に特定の色覚モデルの適用が必要になる. しかしユーザーの色覚には個人差があり測色機器による校正も現実的ではない.

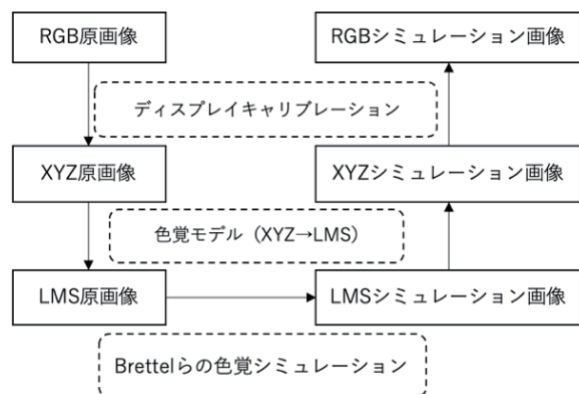


図 1. 既存の色覚シミュレーション原理[3]

そこで 2 色覚者による画像弁別実験から RGB-LMS 間の変換行列を推定する手法 (第 51 回全国大会), さらに 2 色覚シミュレーションにおける混同色線方向の射影点がディスプレイ色域内に留まるよう変換行列に応じて異なる射影面を設定する手法 (令和 2 年度研究会大会) を提案した [4][5]. 以上の手法で得られるのは RGB->LMS 変換行列の中に混同色対応しない 6 成分であった.

しかし, 提案手法を使用するには, RGB-LMS の色空間関係の測定に長時間が必要になる. そこで, 従来手法より時間が短い混同色方向測の定手法を提案した. 本研究では RGB 色空間における

2 色覚者の色弁別実験を通して RGB 空間内混同色方向を測定し, LMS->RGB 変換行列の混同色対応の 3 成分を推定する手法を提案する.

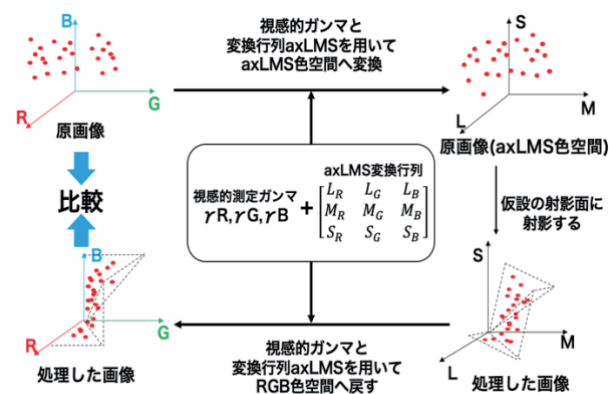


図 2. 1 型 2 色覚に向けた RGB->LMS 変換行列の測定手法

2. 原理

2.1. LMS 軸線型化の RGB 色空間

ディスプレイ RGB 色空間と錐体応答 LMS 色空間の間の変換は, 式(1)(2)に示す通り, RGB->LMS 変換行列と LMS->RGB 変換行列を用いて行われる. 以降, RGB->LMS 変換行列を axLMS と呼称し, LMS->RGB 変換行列を axRGB と呼称する. RGB 値と LMS 値の間には非線形ガンマ特性があるため, RGB 値のガンマ乗で得られる線形 RGB 値 ($R'G'B'$) に対して変換行列を適用する.

$$\begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} L_R & L_G & L_B \\ M_R & M_G & M_B \\ S_R & S_G & S_B \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R^{Y_R} \\ G^{Y_G} \\ B^{Y_B} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} R^{Y_R} \\ G^{Y_G} \\ B^{Y_B} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} R_L & R_M & R_S \\ G_L & G_M & G_S \\ B_L & B_M & B_S \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} L \\ M \\ S \end{pmatrix} \quad (2)$$

変換行列 $axLMS$ の9成分は、図3の左側に示すように、LMS色空間における $R'G'B'$ 軸のベクトルをそれぞれ表示する。変換行列 $axRGB$ の9成分は、図3の右側に示すように、 $R'G'B'$ 色空間における LMS 軸のベクトルをそれぞれ表示する。

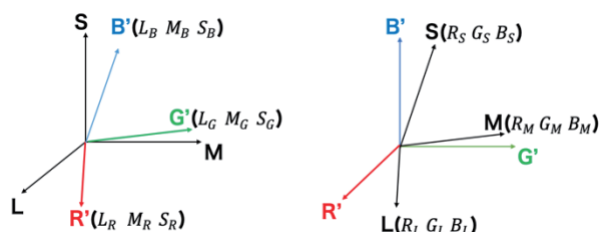


図3. LMS色空間における $R'G'B'$ 軸の方向ベクトル（左）および $R'G'B'$ 色空間における LMS 軸の方向ベクトル（右）

一般的にディスプレイのガンマ値は1ではなく非線形特性をもつ。本研究では、式(3)に示すようにに視感的に求めるガンマを用いて、仮定の LMS 軸線型化色空間 $R'G'B'$ に変換する。これにより、 $R'G'B'$ 色空間において、LMS 軸を直線として表すことができる。

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R^{YG} \\ G^{YG} \\ B^{YG} \end{pmatrix} \quad (3)$$

2.2. 混同色線方向の測定

本提案手法では、まずは石橋ら[6]の手法を用いて、実験用ディスプレイの視感的ガンマを測定する。そして、図4の様に、視感的ガンマを用いて $R'G'B'$ 色空間の中央の点 $R'G'B'0(0.5, 0.5, 0.5)$ と調整可能な点 $R'G'B'x$ を結ぶ $R'G'B'$ 色空間において直線上となる色域内のすべての色を RGB 色空間へ変換し、ディスプレイ上に呈示する（この場合 RGB は0から1の値をとるとする）。

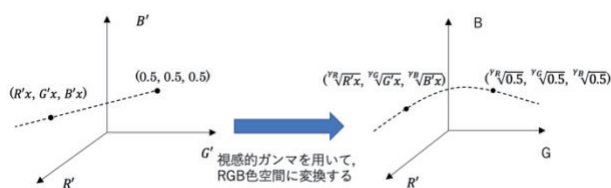


図4. $R'G'B'$ 色空間内同一直線上の色の RGB 色空間への変換

被験者（2色覚者）が、すべての色が同色に見える（混同色となる）ように $R'G'B'x$ を調整して、 $R'G'B'$ 色空間における混同色方向を測定する（図4）。このとき $R'G'B'x$ が混同色線上で移動しても、被験者である2色覚者にとっては実験画面に表示される色は変わらないので、提案手法では $R'G'B'$ 色空間における混同色線（1型2色覚者の場合はL軸）の方向、つまり R_L, G_L, B_L の比を測定することになる。

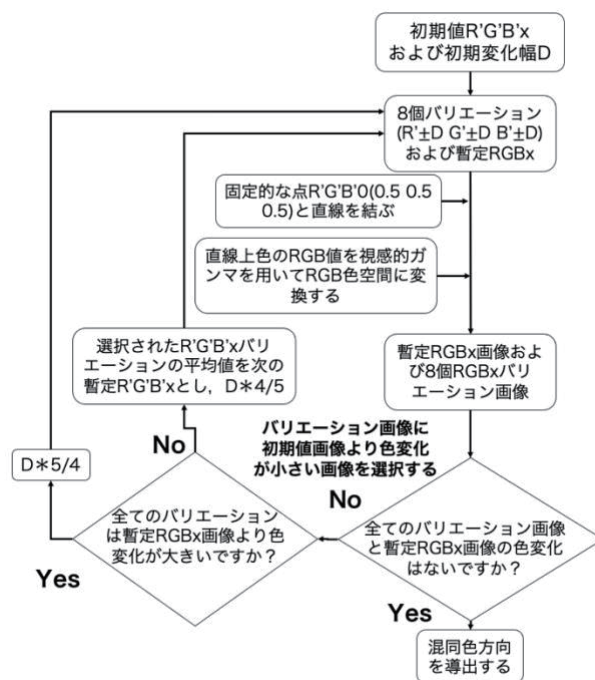


図5. 実験手順

実験では図6に示すように、暫定 $R'G'B'x$ と $R'G'B'0$ を通る直線上の色で構成される画像（暫定 $R'G'B'x$ 画像）の周囲に、暫定 $R'G'B'x$ を8種類に変化させた色を通り $R'G'B'$ 色空間でそれらの点と $R'G'B'0$ を通る直線上の色で構成される画像（バリエーション画像）が呈示される。このとき2色覚の被験者にとっては図7のように見えている。被験者は中央の暫定 $R'G'B'x$ 画像より色変化が小さいと知覚するバリエーション画像をすべて選択し、選択された画像に用いたバリエーションの平均 $R'G'B'$ 値が次の暫定 $R'G'B'x$ として設定される。この作業をバリエーションの変化量 D を $4/5$ 倍ずつ小さくしながら繰り返して $R'G'B'x$ を更新してゆく。そして実験画面に呈示されるすべての画像が同じ色になった時点で終了し、そのときの $R'G'B'0$ と $R'G'B'x$ を結ぶ直線を混同色方向として確定する。例えば1型2色覚者の場合であれば変換行列 $axRGB$ の成分 R_L, G_L, B_L の比を

確定することになる。

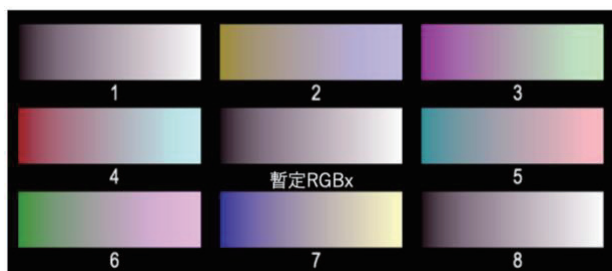


図 6. 実験画面の例 (1 型 2 色覚の場合)

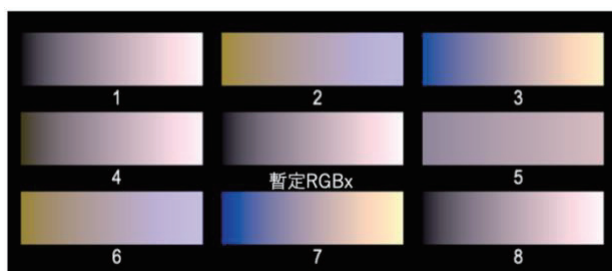


図 7. 1 型 2 色覚のシミュレーション実験画面

3. 実験

MacBookPro 2017, IpadAir3, IpadPro 2018, Hasee notebook ZX7-SP5D1 の 4 つのディスプレイを用い、Matlab と Psychtoolbox [7]-[9]を用いて色覚シミュレーションおよび刺激呈示を行った。実験は暗室で行われ、60cm の視距離で観察した。

被験者として正常 3 色覚者 1 名が、図 6 のように 2 色覚シミュレーションを施した実験用画面を観察することで擬似 2 色覚者として実験を行なった。具体的には、事前にディスプレイキャリブレーションで得た RGB-XYZ 変換関数と Smith and Pokorny の色覚モデル[10]、および Brettel らの 2 色覚シミュレーション[1]を画面全体に施して、あらかじめ設定した色覚型の 2 色覚者の見る色を再現した。今回は D の初期値を 0.15 とした。また擬似 2 色覚者の型によって初期 R'G'B'x を異なる値に設定した。すなわち 1 型 2 色覚者では(0.75, 0.5, 0.5), 2 型 2 色覚者では(0.5, 0.75, 0.5), 3 型 2 色覚者では(0.5, 0.5, 0.75)とした。

4. 結果と考察

令和 2 年研究会大会において画像弁別実験を通して RGB->LMS 変換行列(axLMS)の中に 2 色覚者の残存する錐体チャネルの 6 個の成分を推定する手法を提案した[4]。axRGB と axLMS は互いに逆行列であるため、その 6 成分と今回の提案手法で取得する axRGB 変換行列中の 3

成分は互いに変換可能である。例として、被験者が 1 型 2 色覚の場合は以下の式で変換できる。

$$R_L = (M_G \times S_B - M_B \times S_G) \div |axLMS| \quad (4)$$

$$G_L = (-1) \times (M_R \times S_B - M_B \times S_R) \div |axLMS| \quad (5)$$

$$B_L = (M_R \times S_G - M_G \times S_R) \div |axLMS| \quad (6)$$

R'G'B'色空間における混同色方向は：

$$R_L : G_L : B_L = M_G \times S_B - M_B \times S_G :$$

$$(-1) \times (M_R \times S_B - M_B \times S_R) :$$

$$(M_R \times S_G - M_G \times S_R) \quad (7)$$

ここで比較のために事前のキャリブレーションで得た RGB-XYZ 変換関数と、Smith and Pokorny の色覚モデル[10]に基づく XYZ-LMS 変換行列を用いて得られる LMS->RGB 変換行列をターゲット変換行列 axRGBt とした。

例として、擬似 1 型 2 色覚被験者 1 名が実験を実施して得た axRGB, ターゲット変換行列 axRGBt, および前回手法で得た変換行列 axLMS から求められた axRGBo を用いて描かれる画像が 2 色覚シミュレーションを施して図 8 に比較した。いずれもそれぞれの変換行列で定義される R'G'B'色空間内において R'G'B'0 を通る混同色線上の色で構成される画像であり、1 型 2 色覚シミュレーションを施した結果はどれも色変化のない均一な無彩色画像になっていることがわかる。



図 8. ディスプレイは MacBookPro2017 の 1 型 2 色覚実験結果図の比較 (上 : axRGB 中 : axRGBt 下 : axRGBo)

本提案手法で測定した混同色線上の色 (図 8 上段) と従来手法で取得した変換行列から与えられる混同色線上の色 (図 8 下段) は中段の画像と区別がつかず、本提案手法の有効性が確認された。さらに、導出混同色の誤差を定量的に分析するために、式 8 を用いて、図 8 のような混同色の 2 色覚シミュレーション画像の RGB 成分の平均分散

を計算し比較した (表 1). ただし式中の N は画素数, $\bar{R}, \bar{G}, \bar{B}$ は平均の RGB 値である. この平均分散が小さいほど, 推定された混同色の精度が高く, 逆に精度が低いことを示す.

$$\text{平均分散} = \frac{\sum(R_i - \bar{R})^2 + \sum(G_i - \bar{G})^2 + \sum(B_i - \bar{B})^2}{3N} \quad (8)$$

表 1. 導出混同色の 2 色覚模擬の平均分散
ディスプレイ 色覚型 提案手法 従来手法

MacBookPro 2017	P	0.00009	0.00005
	D	0.00158	0.00357
	T	0.00095	0.00004
ipadPro 2018	P	0.00012	0.00035
	D	0.00043	0.00045
	T	0.00004	0.00003
ipadAir3	P	0.00038	0.00144
	D	0.00135	0.00047
	T	0.00012	0.00013
Hasee Notebook	P	0.00065	0.00033
	D	0.00073	0.00133
	T	0.00007	0.00005

表を見てわかる通り, 従来手法に比べて今回の提案手法の精度が向上したのもあれば逆に低下したものもあり, ほぼ同程度の測定精度であると言える. 従来手法で実験を行う場合, 64 個のバリエーションから選択する必要があるため, 混同色線方向の導出には 20 分ほどかかる. しかし, 本提案手法で実験を行う場合は 8 個のバリエーションを観察して混同色画像を選択するため, 混同色線方向の導出には 5 分ほどの所要時間で済む.

以上より, 本提案手法は混同色線導出の精度は従来手法と同程度を維持しつつ, 実験に要する時間を短縮することが可能であると言える.

参考文献

- 1) H. Brettel et al.: Computerized simulation of color appearance for dichromats, JOSA, A, 14(10) (1997), 2647-2655
- 2) F. Vienot et al.: Digital video colourmaps for checking the legibility of displays by dichromats, CR&A, 24(4) (1999), 243-252
- 3) 篠田博之: 色覚におけるバリアフリー技術, 光学, 45(6) (2010), 231-237
- 4) Y. Zhang, 篠田博之: ディスプレイ個体差やユーザー個人差を考慮した色覚バリアフリー環境の構築, 日本色彩学会誌, 44(3) (2020), 11-14
- 5) Y. Zhang, 篠田博之: ディスプレイ RGB 色空間とユーザー LMS 色空間変換マトリクス測定精度の向上, 日本色彩学会誌, 44(6) (2020), 13-16

6) 石橋諒一ら: 色恒常性に基づく測色機器を用いないカラーマネジメント, 日本色彩学会誌, 33(2009), 38-39

7) D. H. Brainard: The Psychophysics Toolbox, Spatial Vision, 10(1997), 433-436

8) D. Pelli: The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, Spatial Vision, 10(1997), 437-442

9) M. Kleiner et al.: What's new in Psychtoolbox-3?, Perception, 36(2007), ECVF Abstract Supplement

10) V. C. Smith, J. Pokorny: Spectral sensitivity of the foveal cone photopigments between 400 and 500 nm, Vis. Res., 15(2) (1975), 161-171

異なる分光分布・色度を持つ LED 照明間の色恒常性

Color constancy of LED lighting with different spectral distribution and chromaticity

北堂 絢菜 Ayana Hokudo 立命館大学大学院
篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学

Ritsumeikan University
Ritsumeikan University

Keywords: 色恒常性, LED 照明, 分光分布, 色度.

1. はじめに

現在私たちの生活ではよく LED 照明が使用されている. LED 照明には様々な種類があり, これらは分光分布や色度が異なるため, 分光分布や色度が色恒常性に与える影響を調査する必要がある.

本研究では, 3 種類の分光分布, 4 種類の色度の組み合わせで合計 12 種類の照明光のもとで 22 種類の色票を評価した.

2. 実験環境及び手順

実験は照明光源シミュレート光源 LED Cube (THOUSLITE 社) が上部に設置された実験ブース (60 × 50 × 50 [cm³]) を用いて行われた. 実験ブースの概略図を図 1 に示す. 実験ブースの内装はマンセル色票 N7 相当の無彩色であり, Color Checker (X-rite 社) が実験ブースの奥壁に立てかけられた. 外光が入らないように被験者は実験ブースを覗き込む形で着席をし, 暗幕を被った. また, 被験者の目に直接光が入らないように顎台で観察位置を固定した.

実験では Color Checker 24 色のうち, 無彩色 2 色を除いた 22 色を評価した. 照明光源は, 色度条件 4 種類と分光分布条件 3 種類の組み合わせで合計 12 種類である. 表 1 に 4 種類の色度条件を示す. 色度条件は, A 光源, D65 光源, さらに色温度曲線上に色度を持たず相関色温度が等しい 2 つの光源 (本実験では Duv+光源, Duv-光源と呼ぶ) とする. 分光分布条件は, ピークを含まない広帯域分光分布 (Broad Band, BB) とピークを含む狭帯域多峰性分光分布 (Multi Peaks, MP) を短波長寄りにピークを持つもの (MP Short) と長波長寄りにピークを持つもの (MP Long) の 2 種類に分けた 3 種類とする.

評価方法は重み付けカテゴリカル比率 (WCE) 評価法を用いた. この方法は, 基本色である Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Purple, Pink, Brown, Black, Gray, White の 11 色の中から 3 色までを選び, 合計が 10 点になるように選んだ色に点数をつけて重み付けを行う [1].

被験者は大学生及び大学院生 (男性 7 名, 女性 4 名) であった. 実験は照明光源ごとにセッションで区切られ, 各セッションの初めに 20 秒間の順応時間を設けた. その後, Color Checker を順に観察・評価し口頭で回答した. 被験者 1 人あたり 1 条件 1 回ずつ評価を行った,

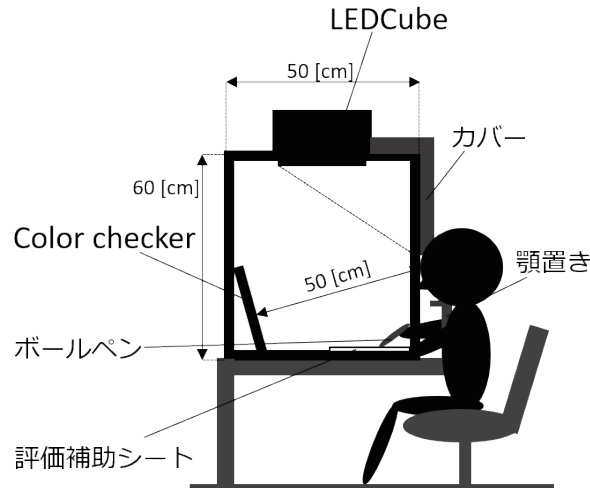


図 1 実験ブースの概略図

表 1 照明光源の色度の u' v' 色度座標, 照度, 相関色温度 (CCT)

光源	u'	v'	照度 [lx]	CCT [K]
A 光源	0.258	0.233	200.0	2800
D65 光源	0.200	0.465	200.0	6500
Duv+光源	0.220	0.510	200.0	3900
Duv-光源	0.235	0.483	200.0	3900

3. 結果

3.1 重み付けカテゴリカル比率での色の見え評価

図2～図4に分光分布形状ごとにまとめた実験結果を示す。横に色度条件が並んでおり、縦軸は実験結果の平均値を表す。図2～図4より、同じ分光分布形状で異なる色度の比較においては評価に大きな変化が見られない。しかし、異なる分光分布形状で同じ色度の比較においては評価に大きな変化が見られる。特に図2ではMP Longの分光分布を持つ照明光源下においてPinkの点数が増加し、図3ではBBの分光分布を持つ照明光源下においてYellowの点数が増加、図4ではMP Shortの分光分布を持つ照明光源下においてRedの点数が減少している。これらは照明光源の分光分布が変化し含まれる波長の成分が異なることから評価に変化が生じたと考えられる。

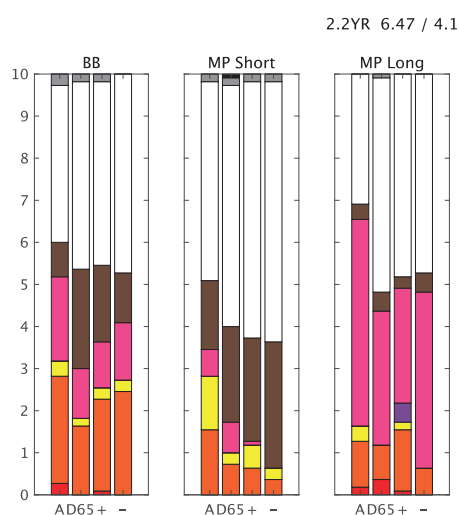


図2 2.2YRの色票におけるWCEの評価平均点

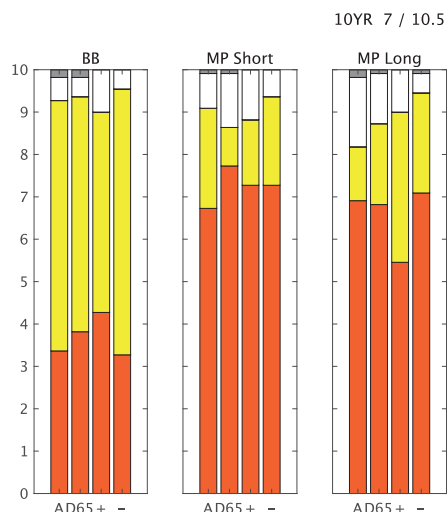


図3 10YRの色票におけるWCEの評価平均点

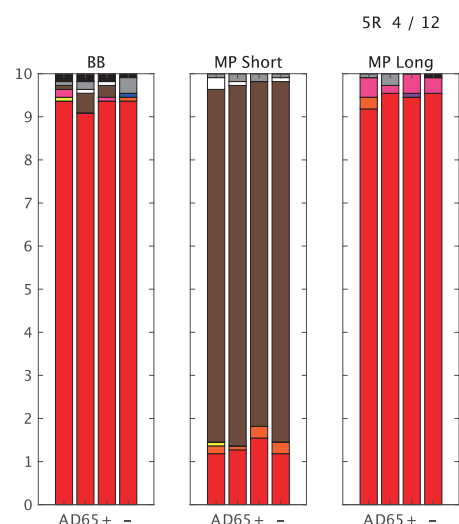


図4 5Rの色票におけるWCEの評価平均点

4. 考察

4.1 エレメンタリーカラーでの色の見え評価

本研究ではさらに実験結果をWhite, Black, Red, Yellow, Green, Blueの6色を基本色とするエレメンタリーカラーでの点数に変換をし、RGBY (Red, Green, Blue, Yellow)成分の分析を行った。図5, 図6に変換した実験結果のRGBY座標と計測した色票の u' v' 色度図上での色度変化を示す。図5の異なる分光分布で同じ色度の照明光源間の比較では、ほとんどの色票において実際の色度が変化していないことから、色度の変化量が少し大きくなる色票において評価が大きく変化していることがわかる。また、図6の同じ分光分布で異なる色度の照明光源間での比較では、すべての色票において実際の色度が大きく変化しているのにも関わらず、評価にあまり変化が見られない。

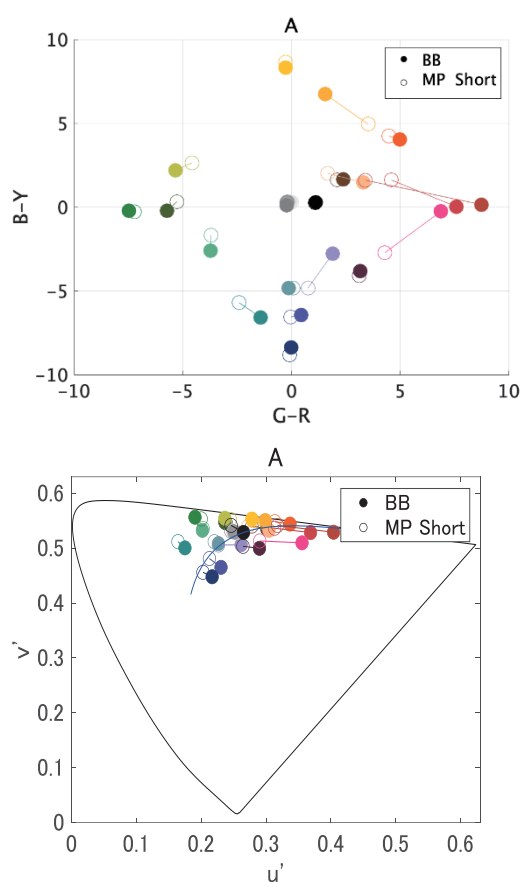


図5 同じ色度の照明光源間での評価点変化

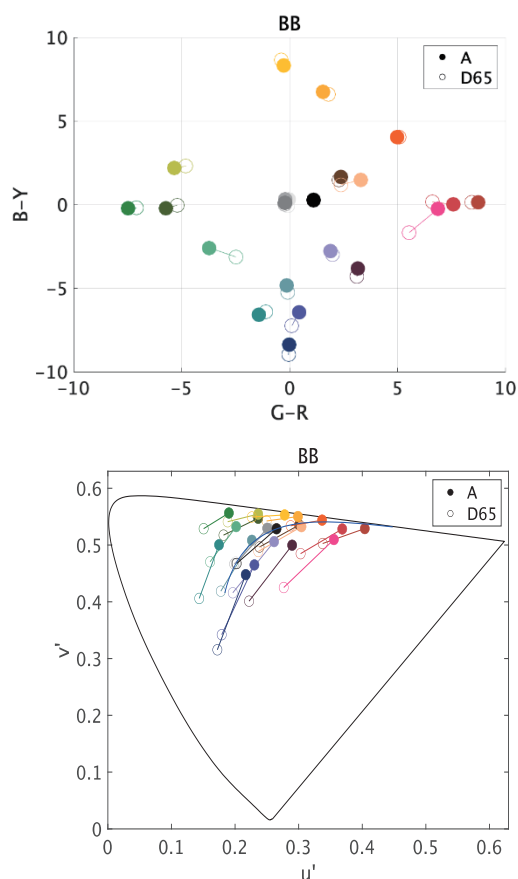


図6 異なる色度の照明光源間での評価点変化

4. 2色度変化と色の見えの変化の相関

図7は横軸を $u' v'$ 色度図上での色度変化量($\Delta E_{u' v'}$), 縦軸をRGBY成分の変化量(ΔE_{RGBY})とした相関関係グラフである。「×」で示しているものは異なる分光分布で同じ色度の照明光源間比較であり、 $\Delta E_{u' v'}$ が大きくなるにつれて ΔE_{RGBY} も大きくなっている。一方「○」で示している、同じ分光分布で異なる色度の照明光源間比較では $\Delta E_{u' v'}$ に関わらず ΔE_{RGBY} が大きくなることがわかる。しかし、図7ではそれぞれの比較で横軸と縦軸の対応関係が異なる。本研究では実験にColor Checkerを使用していることから同時に22種類の色票が提示されて評価する。これより色順応が色票ではなくColor Checkerに働き、すべての色票において色度が変化した場合には評価の変化量が小さく、特定の色票の色度が変化した場合にはその色票の評価が大きく変化したと考えられる。よって図7では色度変化と色の見えの変化の相関関係についてうまく説明できない。

そこで本研究ではColor Checker全体の色度変化量は平均色度差で表すことができると考え、横軸に $\Delta E_{u' v'}$ を $\overline{\Delta E}_{u' v'}$ (照明ごとの $\Delta E_{u' v'}$ の平均値)で割った値、縦軸に ΔE_{RGBY} の値を取り、相関関係グラフを作成した(図8)。図8より、異なる分光分布で同じ色度の照明光源間比較では、色度の変化量が色票ごとで異なっており、色度の移動量が平均値よりも大きくなるにつれて評価点の変化量も大きくなっていることがわかる。一方、同じ分光分布で異なる色度の照明光源間比較では色票間の色度変化量の差は小さく、評価点の変化量も小さいことがわかる。また、図7と比較して図8は条件によらず横軸と縦軸が同一の対応関係になっており、色度変化と色の見えの変化の相関関係を説明できる。

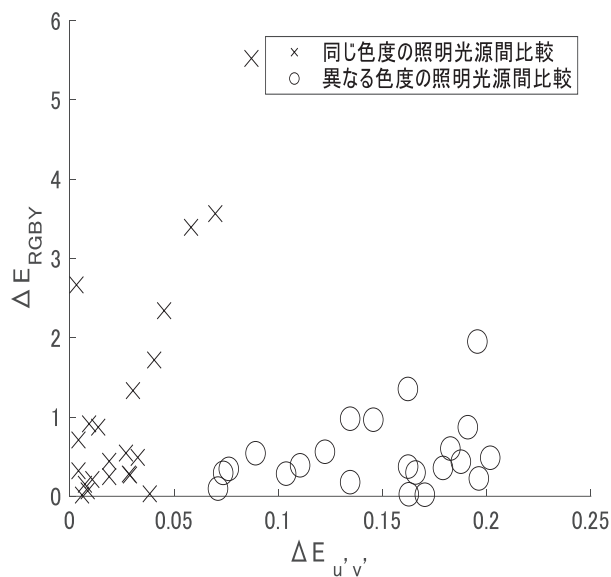


図7 相関関係グラフの比較

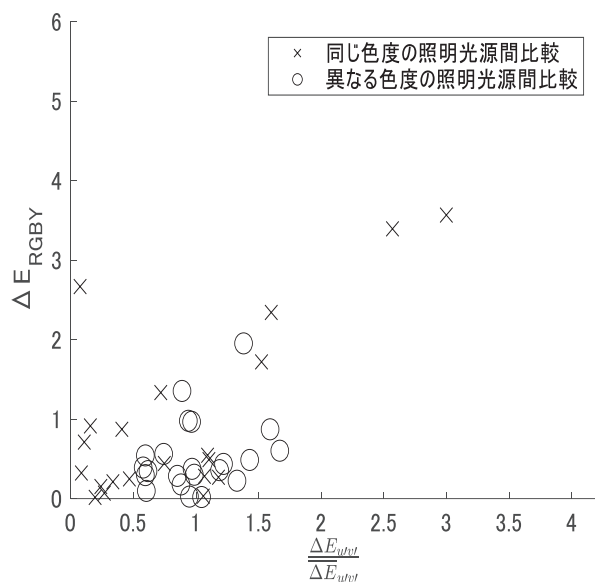


図8 平均から見た相関関係グラフの比較

参考文献

- [1] T. Ishida et al. Evaluation of color appearance under led and oled lighting based on the data obtained by a new color category rating method. In AIC2015 Tokyo, 2015.

5. 結論

これまでの結果・考察より，異なる分光分布で同じ色度の照明光源間での比較では，特定の色票のみに色度変化が生じた為にその色票に対しては色恒常性が低くなることが示された．一方で，同じ分光分布で異なる色度の照明光源間での比較ではすべての色票に対して色度変化が生じた為，色恒常性が高くなることが示された．

中・低彩度領域における色カテゴリー調査 —Web ページを用いたオンライン調査の試み— Color category research focusing on medium and low saturation areas

佐々木三公子	Mikuko Sasaki	(一財)日本色彩研究所	Japan Color Research Institute
松本 久美子	Kumiko Matsumoto	北海道立総合研究機構 林産試験場	Hokkaido Forest Products Research Institute
高橋 文代	Fumiyo Takahashi	北海道大学大学院 文学研究院	Department of Psychology, Hokkaido University
金 聖愛	Jin Shengai	延辺大学心理学部	Department of Psychology, Yanbian University
川端 康弘	Yasuhiro Kawabata	北海道大学大学院 文学研究院	Department of Psychology, Hokkaido University

Keywords: 色カテゴリー, 色名, オンライン調査.

1. はじめに

これまでの日本人を対象にした色カテゴリー調査では、ユニークヒューが含まれる高彩度色を主としたカラーチャートが用いられているものが多い(Kuriki(2017)など). しかし我々が日常目にする情景や物体は、高彩度の色ばかりではなく、視野に占める割合としては中彩度や低彩度の色の方が多い. 人の肌の色や、木材のような自然素材の色など、典型的な色が高彩度色ではないものもある. よって本研究では、中彩度および低彩度色を中心としたカラーチャートを刺激として、基本レベルでの色カテゴリー分類とカテゴリー命名課題を実施した. また本調査実施中においてはコロナ禍によって対面での調査が困難な状況であったこと、また多くの参加者が同時に実施できる点から調査用の Web ページを作成し、参加者所有の PC からオンラインでの調査を実施した. 遠隔による調査方法の試みという点においても問題点や対策を検証する.

2. 方法

(1) 参加者

本調査には学部 2 年, 3 年生を主とした日本人大学生および海外留学生の 145 名が参加した. そのうち、アンケートで今までに色覚に異常があると診断されたことがないと回答した参加者、かつデータに不備が無い 102 名(男性 67 名, 女性 35 名, 全て日本人)を今回の分析対象とした.

(2) 刺激

色カテゴリー分類課題の刺激として、正方形のカラーチップ画像 405 色を使用した. チップのサイズは一辺 50px とした. カラーチップは 400 色の有彩色と 5 色の無彩色から成り、有彩色は色相を 20 段階(マンセル表色系の 10 色相から, 5 および 10), 明度を 5 段階(3 から 9 の 1.5 ステップ), 彩度を 4 段階(2 から 8 の 2 ステップ)設定し色を作成した. 無彩色は有彩色と同じ明度段階の 5 色を作成した. RGB 値への色の変換には(一財)日本色彩研究所製作の色彩集計ソフト「PCCS Color Calc」を使用した. カラーチップは色相を 4 段階ずつで区切った有彩色 80 色と無彩色 5 色を 1 ブロックとして 5 ブロックに分けられ、課題実施時は 1 ブロックごとに別の画面に呈示された. また、調査用として Web ページを作成し、ページ上でカラーチップをマウスで操作して分類した後、結果をサーバー内に保存できるプログラムを作成した.

(3) 装置

調査に使用したパソコンおよびディスプレイは参加者が所持する機器を用い、自宅または任意の場所で課題を行った. 機種の違いによるディスプレイの色の見えの差を確認するため、使用したパソコンと同等の機種についてディスプレイ画面の色度と輝度を測定しその平均値と分散を求めた. 使用したディスプレイはノート PC が 91%, デスクトップ PC が 5%, その他やタブレットやテレビ画面が 4%であった. ディスプレイサイズの割合を図 1 に示す. 約 65%が 12 インチから 14 インチの画面で調査を実施した.

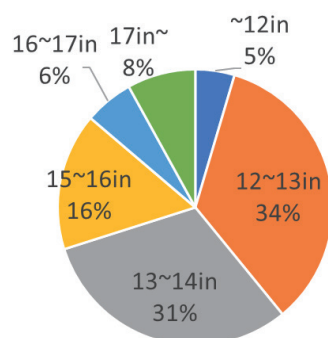
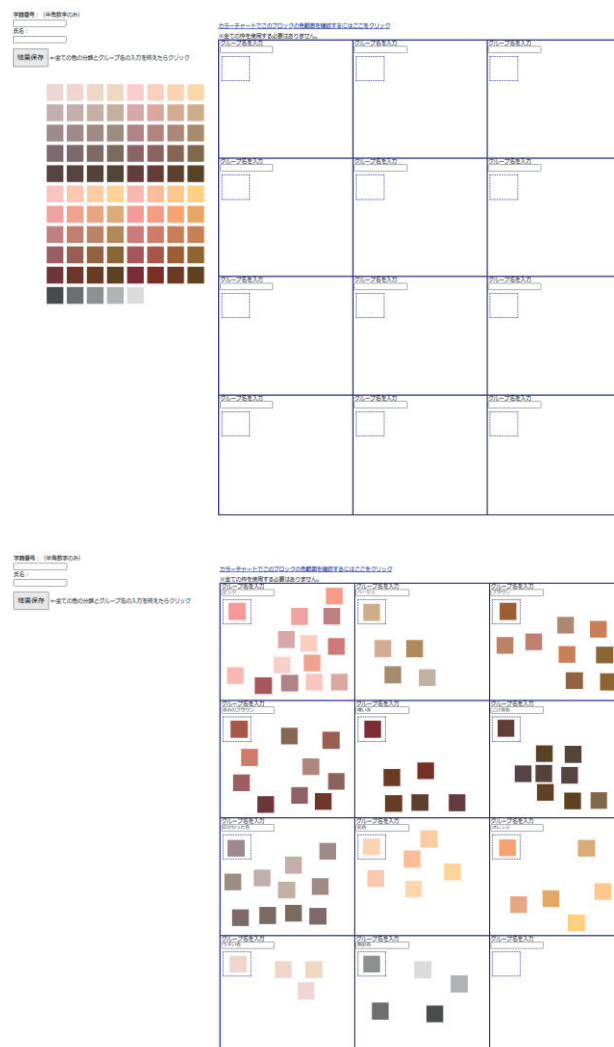


図 1. ディスプレイサイズの割合

(4) 手続き

調査は Web ページを使ったオンライン調査として授業内で実施した。オンライン会議ツールの Zoom を使用し課題の実施方法を教示した後、参加者は伝えられた URL から調査用のページにアクセスした。ページ内には 5 つのブロックの実施画面にアクセスする 5 つのボタンがあり、授業内では 1 ブロック 85 色の分類課題を実施した。ブロックの実施順は任意であった。図 2 に分類課題の実施前後の画面例を示す。分類課題の実施画面では、画面左側に 85 個のカラーチップが色相と明度順に並んでおり、画面右側には 12 個の枠が表示された。参加者はマウスを使ってカラーチップを移動し、同じ色のグループだと感じるカラーチップ同士を同じ枠内に配置した。色グループが 12 個より多い場合は枠外にチップを寄せるよう教示した。また、分類後は各枠の左上にあるテキストボックスにそれぞれの色グループの名前を入力し、さらにそのグループの代表色と思えるカラーパッチをテキストボックス下に配置した。課題中は随時チャットもしくは発言を通して実験者に質問可能であった。分類の基準は日常でその色を見た時にどのような色か判断するレベルとし、命名についても基本色名のみというような制限は設けず、日常で色を伝える時に使用する言葉であれば自由とした。5 ブロックのうち 1 ブロックは授業内で実施し、残りの 4 ブロックは 2 週間以内に各自任意の時間に実施した。その際、ディスプレイ画面に直接照明が当たらない位置で行うこと、なるべく日光か昼光色の照明下で行うよう教示した。2 週間後、参加者は実施後のアンケートに回答した。アンケートの作成、実施には Google フォームを使用した。

図 2. 分類画面例(5R から 10YR ブロック)
(上：課題開始時、下：課題実施後)

3. 結果と考察

(1) 分類カテゴリー数

85 色を分類した色カテゴリー数を参加者ごとに算出し、ブロックごとの平均を求めた。色相が 5R から 10YR のブロックでは平均 8.12, 5Y から 10GY のブロックでは 7.81, 5G から 10BG のブロックでは 7.32, 5B から 10PB のブロックでは 7.40, 5P から 10RP のブロックでは 7.81 であった。ブロック間のカテゴリー数について 1 要因の分散分析を行ったところ、5%水準で R から YR ブロックが G から BG, B から PB, P から RP のブロックよりも平均が有意に高かった。R 系から Y 系にかけては基本色名においても他の色相より色名が分かれている範囲であるが、彩度 8 までの色においてもその傾向が見られた。5 ブロックを合わせた色カテゴリー数から、参加者内で色

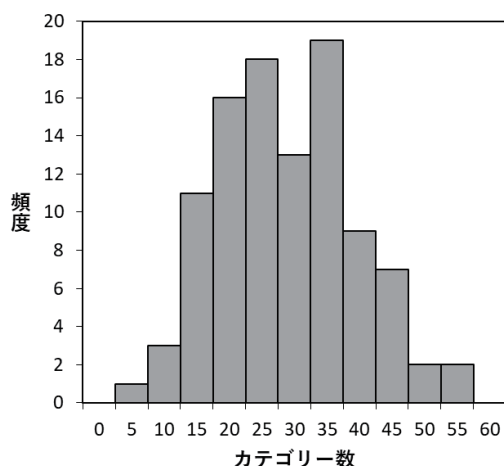


図3. 合計カテゴリー数のヒストグラム

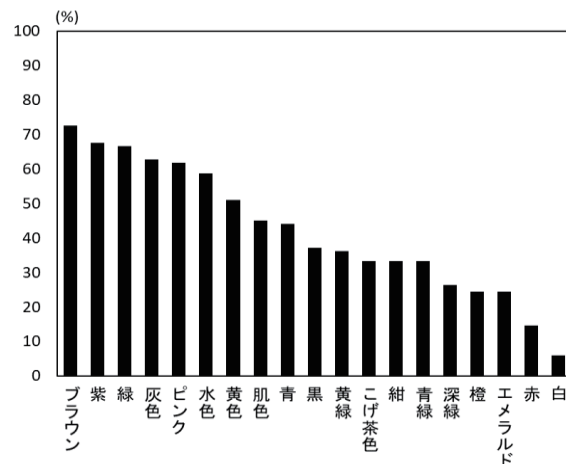


図4. 使用率の高い色名と基本色名

名が重複しないよう算出したカテゴリー合計のヒストグラムを図3に示す。ピークが25から35付近にあり、彩度8以下のみの色であってもカテゴリー数は基本色名の数的大幅に上回る結果となった。またカテゴリー合計の内、色みを帯びた無彩色を含む、無彩色カテゴリー名は14.3%であった。カテゴリー数が35個のとき、その内の約5個が無彩色カテゴリーという割合となる。

(2) 使用率の高い色名と基本色名

命名された色カテゴリー名について、使用率が20%以上の色名と基本色名の使用率を図4に示す。ここでの使用率は、参加者102名中その色名を色カテゴリー名として使用した人数の割合を意味する。使用率を算出する際は、「ブルー」の回答数を「青」に加えるといった色名の再分類と統合を行った。また、「暗い赤」のようなトーンや色みの修飾語を含む色名を除外した、色名のみにおける使用率である。使用率はブラウン(茶色を含む)が最も多く72.5%の参加者が使用した。基本色名の内最も低いのは白(6.89%)であり、次に赤(14.7%)が低かった。また基本色名以外では水色(58.8%), 肌色(45.1%)が多く、慣用色名であるこげ茶色や紺も30%以上の参加者が色カテゴリー名として命名した。中・低彩度領域のR系の色は純粋な「赤」のカテゴリーとしては判断されないため使用率が低く、修飾語を付与した色名や慣用色名といったより細かいレベルにおいて日常では色の分類が行われていると思われる。

(3) 色カテゴリー代表色の分布

参加者が色カテゴリーの代表色として回答した色の中から、修飾語の無い、色名のみで色カテ

ゴリーにおいて回答された色を集計しバブルチャートを作成した。その一例を図5に示す。鮮やかな赤で示されたバブルは「赤」カテゴリーの代表色として挙げられた色であり、「赤」カテゴリーの代表色は範囲が小さく高彩度に偏っている。同じ図で明るいグレーで示されたバブルは「ブラウン」のカテゴリー内で代表色として挙げられた色とその回数であり、YRからY系を中心に広い彩度範囲で見られ、参加者によって代表する色のバラつきが大きいことが分かる。図6は灰色や黒といった無彩色を表すカテゴリーにおける代表色とその選出回数である。色みの偏りなど修飾語が付く場合は除外したにも関わらず、低彩度の有彩色領域からも広く代表色に選出されていることが分かる。低彩度の場合は多少色みを感じられても無彩色のカテゴリーとみなすことが多いと考えられる一方、ディスプレイ画面が実験者の想定環境よりも青みがかった等見え方にぶれがあった可能性も考えられる。ディスプレイ上で色刺激を呈示する場合は、低彩度での色の見え方を確認する段階を設ける必要があるかもしれない。

4. まとめ

本研究では、オンライン調査を通して中・低彩度領域における色カテゴリーの分類と命名、また代表色の分布を検証した。色の分類数は基本色名よりも多く、日常では基本色名より下位レベルの、より細かな分類がされていることが示唆された。今後はディスプレイの違いによる色の見え方の差異の検証や、トーンや色みの偏りといった修飾語を含めた色名や慣用色名における使用率などより詳細な分析を進める。

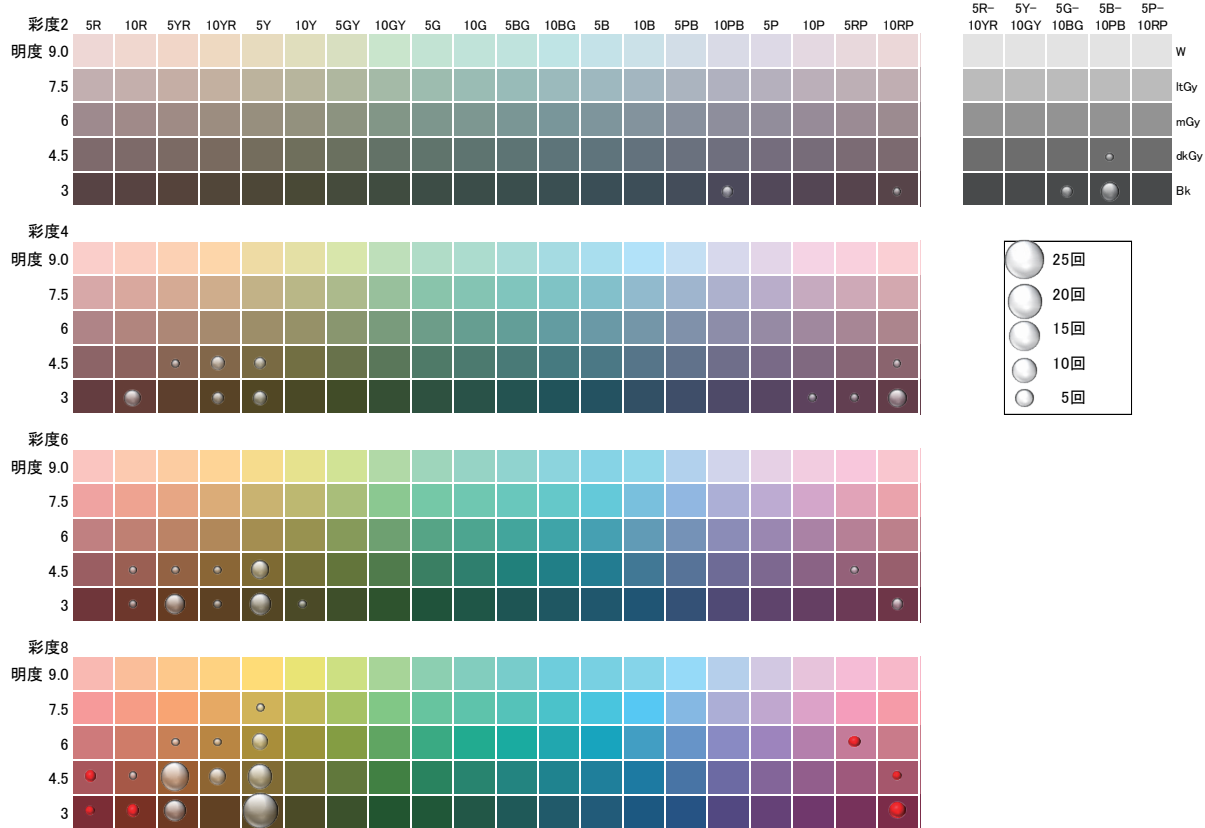


図5 「赤」および「ブラウン」の代表色分布

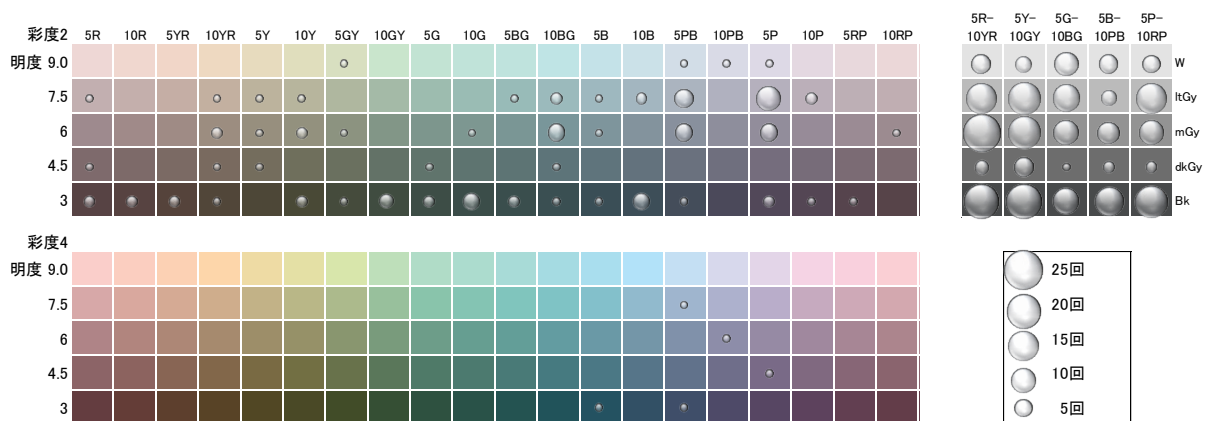


図6. 無彩色カテゴリー名の代表色分布

参考文献

1) Kuriki et.al.(2017) The modern Japanese color lexicon. Journal of Vision, 17(3), 1–18.

本研究は、科研費補助金（基盤研究（B）19H04194）「日常の経験と学習による色の知覚認知における熟達化と精緻化の過程（研究代表者：川端康弘）」の一環として実施された。

服飾系大学で学ぶ学生の色の嗜好について —固定法による嗜好色結果と、INSTAGRAM に投稿された画像から 見られる色の傾向を比較して—

Color preferences of students at fashion colleges

—Comparison of color preference results from the fixed method with the color tendencies indicated by Instagram posts—

水越 綾

Aya Mizukoshi

杉野服飾大学

Sugino Fashion College

Keywords: 嗜好色調査、Instagram、大学生

1. はじめに

個人の嗜好色を調査する手法として、その簡易性や携帯性から、固定紙法を用いた先行研究が多くみられる。

しかし、この方法は、カラーチャートに貼り付けられているそれぞれの色の影響を受けやすく、調査には不向きとも指摘されている^{戸塚 (1964) 1)}。

嗜好色調査は、被検者の心理的な要因、季節や時間帯によっても結果に影響を生じる事は先行研究から分かっている。それならば、被検者自身が選び、発信するモノを継続的に観察してゆく事によって、一時的な嗜好の変化に影響される事のない、嗜好色の傾向が見えてくるのではないかと考え、今回は Instagram に投稿された画像から色の傾向を探る事を試みた。

また、2000 年以降に生まれた若者にとって身近であろうデジタルの光色は、色紙では表現する事はできない。色紙を用いた手法では見えてこなかった今の若者の色彩嗜好というものが Instagram を用いた調査を実施する事によって見えてくるのではないかと考え、この調査を実施する事とした。

今回調査に用いた Instagram は、今の若者たちが好んで利用している SNS のひとつであり、写真を投稿し他者とコミュニケーションを図るサービスである。

昨年度 (2020 年度)、本学に入学してきた学生達に対して実施した SNS 利用調査においても (表 1)、93% の学生が Instagram を利用していると答えており、写真によるコミュニケーションが定着している事が窺える。

表 1. 使用している SNS サービスについて (複数回答あり)
(N=210)

Instagram	196
Twitter	181
LINE	200
Facebook	17
他 (WeChat, Weibo, カカオトーク, TikTok, YouTube, QQ, スニーカーダンク、メルカリなどショッピングアプリ、スナップチャット)	18

Instagram に投稿する画像には、“映え”を意識した画像が多く、被写体、構図、色みには個人の嗜好が含まれている事が想像できる。

つまり、個人の嗜好が写真となってアップされているという事であり、そこに見られる色みから個人の色の嗜好が見えてくるのではないかと考えた。

2. 調査

Instagram に投稿された画像と、固定法を用いて実施した嗜好色調査の結果を比較し、色あるいは色調に関する共通点または違いがあるのかをみた。調査を実施した期間は下記の通りである。固定法による調査は 1 年時に実施、Instagram への投稿画像調査は 2 年時に実施した。

2-1. 固定法による嗜好色調査

2-1-1. 調査対象

服飾系大学 1 年生 226 名

2-1-2. 実施日

夏期: 2019 年 7 月 17 日 (水) ~ 8 月 1 日 (木)

秋期: 2019 年 11 月 12 日 (火) ~ 21 日 (木)

冬期: 2020 年 1 月 23 日 (木) ~ 28 日 (火)

2-1-3. 調査環境

調査を実施した教室は、隣接した同じ構造の教室2部屋で実施した。

2-1-4. 調査に用いた色票

日本色研事業株式会社が発売している、修正マンセルカラーシステムを採用した“ベーシックカラー140色”から、10色相（赤、橙、黄、黄緑、緑、青緑、青、青紫、紫、赤紫）、7トーン（ヴィヴィッド、ブライト、ペール、ライトグレイッシュ、ソフト、ディープ、ダークグレイッシュ）に無彩色である白・黒とその中間2色（濃淡の異なる灰2種）を合わせた74色を使用した。

中明度の灰色台紙（A4サイズ横）の上に15mm×20mmサイズの色票を張り付けたものを学生に配布し、そこから嗜好色を選択してもらった。

2-2. Instagramによる嗜好色調査

2-2-1. 調査対象

服飾系大学2年Iコース所属する学生15名

2-2-2. 調査実施期間

2020年4月～2021年2月
（但し、夏期・冬期休暇中を除く。）

2-2-3. 調査方法

授業用のInstagramアカウントを作成させ、そこに「自分が美しいと思う色彩を含む画像」を週2・3投稿するよう指示をした。

今回調査を実施した学生の全投稿画像は502枚（一人当たり平均33枚）であった。

3. 固定法による嗜好色調査の結果とInstagram投稿画像の比較

2年次にIコースに進級した学生15名の固定法による嗜好色調査の結果と、Instagram投稿画像を比較し、色相や明度といった色みの共通性の有無を調査した。

Instagramの投稿画像は日付順に並べ、投稿画像の全体的な色みの傾向だけでなく、時期による色みの変化の有無を見た。また、Adobe Photoshop²⁾のヒストグラムメニュー³⁾からピクセル分布の傾向を見て、そこから露出過多・不足、コントラ

ストの強弱といった画像の傾向の有無を調べた。

紙面の都合上、今回調査した学生15名のうち2名分の結果（固定法による嗜好色調査結果とInstagram投稿画像および、そのピクセル分布）を以下に表示する。

<学生1>

表2. 学生1 固定法による嗜好色調査結果

1 番目に好きな色	
夏	LP-PB
秋	PL-PB
冬	LT-PB

表3. 学生1 Instagram 投稿画像のピクセル分布
画像29枚中

露出過多	1
適切	23
露光不足	4
コントラスト弱	1

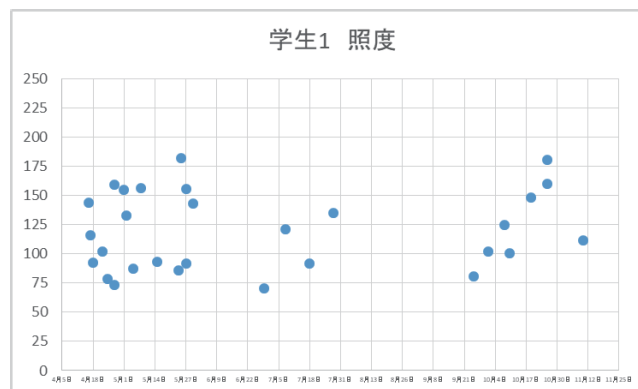
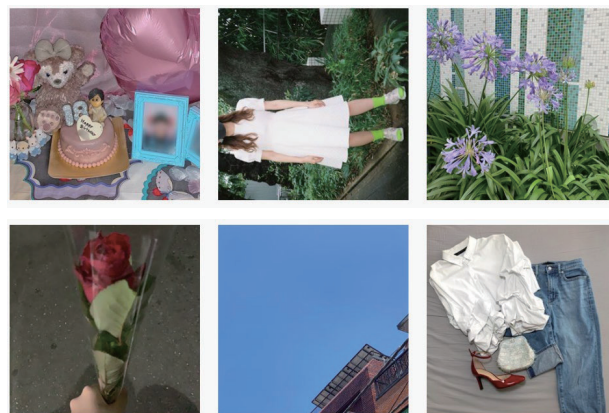
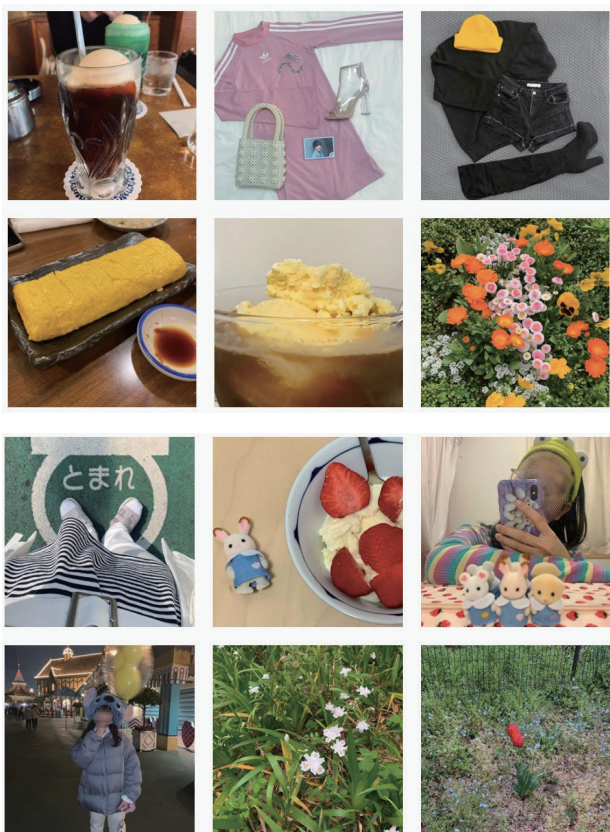


図1. 学生1 Instagram 投稿画像の平均照度



図 2. 学生 1 Instagram 投稿画像⁴⁾

この学生は、固定法による嗜好色では夏期～冬期通して PB を好むと回答している。トーンは季節によって異なっているが、LT・PL と明清色調を好む傾向が分かる。(表 2)

Instagram に投稿された画像(図 2)をみると、色みは様々であるが、明るく濁りのない色調の色みが見られ、固定法による嗜好色調査結果とトーンにおいて共通性をうかがうことができる。また、画像の平均照度(図 1)は 75～200 の範囲にまともっており、被検者がこの範囲の明度を好む傾向があることが分かる。AdobePhotoshop のヒストグラムパネルから画像内のピクセル分布をみると、露出過多でも不足でもない適切な範囲の画像であることがわかる。(表 3)

< 学生 2 >

表 4. 学生 2 固定法による嗜好色

1 番目に好きな色	
夏	VV-P
秋	LT-P
冬	VV-P

表 5. 学生 2 Instagram 投稿画像のピクセル分布
画像 29 枚中

露出過多	9
適切	15
露光不足	2
コントラスト弱	3

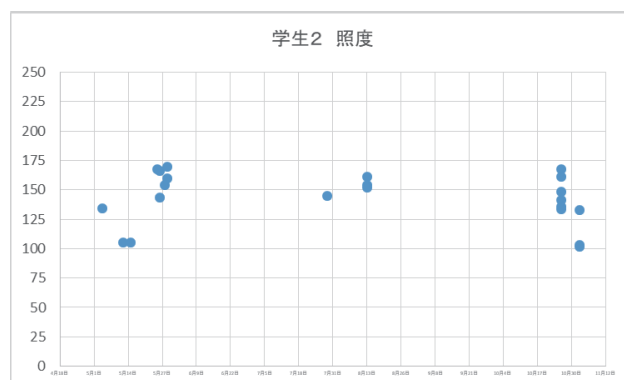


図 3. 学生 2 Instagram 投稿画像の平均照度

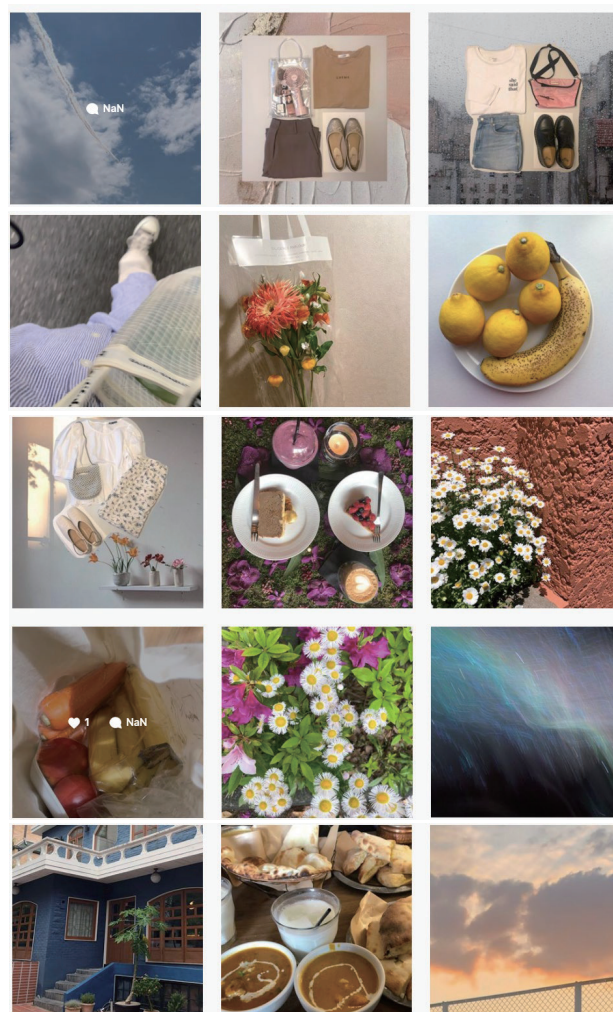


図 4 : 学生 3 Instagram 投稿画像

固定法による嗜好色結果をみると(表4)、夏期～冬期3期通して色相はPを好むと回答している。トーンは夏期・冬期にVV、秋期にLTと回答しており明清色調を好む傾向があることが分かる。

Instagramに投稿された画像の平均照度(図3)から、投稿画像が全期間通じて定期的に投稿されていた画像ではなく、まとめて投稿されている事が分かるが、全体的に75～175の間にまとまっている。AdobePhotoshopのヒストグラムパネルからは、半数が適切な範囲内の画像であるものの、露出過多の画像が30%程度みられる事がわかる。

(表5)投稿された画像をみると、全体的に明るく明清色調の色を多くみることができ(図4)、こちらも、固定紙法による嗜好色調査結果と共通性をうかがうことができる。

4.まとめと今後の課題

投稿された画像の平均照度を個別にみてゆくと、明度の高い(低い)画像を好む傾向、彩度の高い(低い)画像を好む傾向、コントラストの強い(弱い)画像を好む傾向等、学生によって投稿画像に色みの傾向があることが見えて来た。そして、大抵が固定紙法による嗜好色調査の結果と共通する項目(色相や彩度、色調)がある事が見えてみた。

しかし、デジタルの光色に囲まれて育ってきた2000年生まれの若者だからこそ、光色ならではの色みを好む傾向があるのではないかと仮定して調査を実施したのだが、デジタルの色みはそれ程好まれてはいないという事も見えて来た。

とはいえ、今回Instagramへの画像投稿を実施させた時期は、世界的に猛威を振るった新型コロナウイルス(COVID-19)の影響により行動が規制されており、学生達は自由に外に出る事ができず、彼等が投稿した画像の多くは過去に撮影した写真や、ごく身の回りの自然の風景が殆どで、特に空や花や緑、柔らかな日差しの色といった自然の中の色みの投稿が多かった

これが彼等の本来の傾向なのか、あるいはコロナによる自粛の影響によるものなのか、引き続き調査を実施してゆく必要があると考える。

註

- 1) 戸塚歌子 (Utako Totsuka) An Examination on the Investigation Method of Favorite Colors. 1964 家政学雑誌 Vol15 No.2
- 2) Adobe Photoshop とはアドビ株式会社／AdobeKK が提供している画像編集アプリケーション。
www.adobe.com/jp/ (last access 2021. 04. 13)
- 3) ヒストグラムは、各カラーの明るさのレベル別にピクセル数をグラフ化し、画像内のピクセル分布を示したものである。ヒストグラムから、露出過度・露出不足・適切な露出の画像なのかを判断する事ができる。また、ヒストグラム内でどの部分にディテールが集中しているかによってハイキー・ロウキー・アベレージキー画像なのかを見る事ができる。
www.adobe.com/jp/ (last access 2021. 04. 13)
- 4) プライバシー保護のため、画像一部加工あり

Z世代の色のとらえ方～他の世代との共通点と相違点

How to capture the colors of Generation Z—similarities and differences with other generations

桑野優子

Yuko Kuwano

九州産業大学芸術学部

Faculty of Arts, Kyushu Sangyo University

キーワード：Z世代 色の言語化 表現力

Keywords: Zgeneration Color verbalization

Expression

1 はじめに

Z世代とは、日本やアメリカなどにおいて概ね1990年代中盤（または2000年代序盤）以降に生まれた世代のことを指し、定義は厳密に決められているわけではないようだが2010年代から2020年代に掛けて社会に進出する世代。この世代は生まれた時点で既にSNSがあり、スマホがあった為、デジタルネイティブ、SNSネイティブ、スマホネイティブとも言われている。デジタル化により視覚情報が莫大な量となった現代において、色の情報をZ世代がどのように捉え、どのように表現しているのかアンケート調査を実施し、その結果から検証する。

2 調査の目的

筆者は20年にわたる色彩学講師としての活動中、のべ万人以上の人たちに色のイメージ、嗜好調査を行い、多くのデータを所有している。しかし、当然ながらデータは日々過去のものとなり、Z世代との年齢差は毎年広がっていく。そこで、これから社会進出し、社会を担っていくZ世代とその他の世代との共通点、相違点を知ること、今後の消費行動への誘発や購買意欲への刺激にはどのような色彩表現が適切なかを推測するために行った。

3 調査前の結果推測

2020年流行語となった「びえん」「きゅん

です」から、オノマトペ、擬音語、擬態語が多く出現するのではないかと考える。一般的に使用頻度の高い形容詞「可愛い」「寂しい」「清々しい」「眩しい」等の言葉よりZ世代ならではの言葉が多く、その擬音語、擬態語においてはその他の世代とは違ったものであろうということも同時に推測した。

3 アンケート調査の方法

本調査は九州産業大学短期大学部、香蘭女子短期大学の学生103名（男女比2：8）を対象に行った。調査方法は12色の色見本を表示し、それらの色を見てイメージできることを言葉で表現するというものである。言葉の選択肢は表示せず、形容詞、動詞、名詞、固有名詞、擬音語、擬態語のいずれかを使って表現することを指示した。コロナ感染防止自粛期間中でオンライン授業の為、PDF形式にて配信。学生（被験者）はモニター画面で見て回答。この調査では色から受けるイメージを被験者がどのような言葉で表現するかを検証することが目的である。

課題 色のイメージ調査

以下の色からイメージ、連想される言葉(名詞、形容詞、動詞、擬音語、擬態語)を考えてみてください。複数回答可。

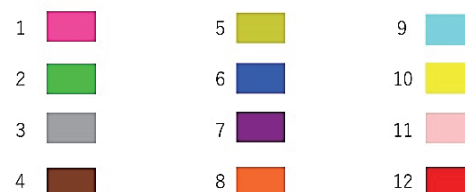


図1 調査用紙

3 調査結果

課題 色のイメージ調査

以下の色からイメージ、連想される言葉(名詞、形容詞、動詞、擬音語、擬態語)を考えてみてください。複数回答可。

- | | | |
|---|--|--|
| 1  甘い、女の子 | 5  秋、やわらかい | 9  清々しい、水 |
| 2  やすらぎ、自然 | 6  海、空、真面目 | 10  眩しい、レモン |
| 3  固い、ねずみ | 7  満ち、冬、神秘的 | 11  優しい、肌 |
| 4  落着き、伝統 | 8  元気な、健康 | 12  情熱、暑い |

図2

上記の結果は擬音語、擬態語以外の言葉で特に出現率の高かったものを表記している。この結果はその他の世代とほぼ差がなく、一般的に誰でも知っていて、使う頻度も比較的高い言葉が多いことがわかる。

図3、4は擬音語、擬態語だけをピックアップし、表記している。

	ゆらゆら ギーギー グルグル フワフワ	ツヤツヤ ドロドロ		
	キラキラ ギラギラ2 ポカポカ4 ウキウキ	スパン ザンザン わくわく ハキハキ	ワイワイ2 ピカピカ ジュシー ジュワー	
	コロコロ ザーザー さらさら3 スー	そよそよ シャラシャラ キーン キラキラ	スースー2 ぶかぶか2 ぶくぶく ぶくぶく	スイスイ
	キラキラ10 ピカピカ3 パァー パチパチ	ジャカジャカ ガンガン ピカ、ピカーン2 ブシャア	ギラギラ ワァー イエーイ	きゅー ワクワク
	ひらひら2 フワフワ9 ピュンピュン すべすべ	フワッ ギラギラ チカチカ		
	メラメラ8 ボンボン ハキハキ ギラギラ	パチパチ バリバリ ポアッ シャキッ	モアモア かっかっ キビキビ ガンガン	ハキハキ ギラギラ3 パチパチ

図3

結果を見て特に気になる点を列記する。

1 色相が違って言葉が共通しているものが多数ある。色相による違いより、トーンによる違いで言葉が変わるのではないかな。

2 黒、茶色においては表現する言葉の数が他の色に比べて極端に少ない。

3 ザーザー、シトシト、ギラギラ、シャキ、シャツ、シャラシャラ、スースー、ハキハキ、プシャア、パシャパシャ、ガサガサという言葉は他の世代には出現しない。

	ギラギラ2 フワフワ4 ボンボン パッパッ	キラキラ3 ザワザワ チカチカ2 ドキドキ	バラ ピカピカ		
	ヌルヌル さらさら もよもよ2 ボワッ	ザーザー スー ジメジメ チカチカ	スクスク のびのび		
	ザーザー ツルツル2 ゴツゴツ サラサラ	モヤモヤ シトシト ガサガサ ザラザラ	ズーン ポー		
	コンコン サラサラ ドロドロ パッパッ	ぬくぬく カチカチ			
	ずっしり ずん しとしと		フワフワ		
	ザアザア ブオブオ しんしん2 スーッ	シュクシュク サササ ザーザー のびのび	スースー ジメジメ パシャパシャ サンサン	ザザーン グルグル ツルツル シャツ	サーサー スヤスヤ キビキビ シャキッ

図4

4 考察

調査前の推測通り、Z世代の回答はオノマトペ、擬音語、擬態語の数が形容詞、動詞、名詞より多かった。また、その内容も他の世代にはない言葉が多く見られた。これらの言葉を頻繁に使用しているとするなら、Z世代がどこから情報を得るのか、情報元を特定するために、香蘭女子短期大学2年生31名に調査した。その結果は、1位 SNS 2位 友人・知人 3位 TV番組。選択肢の中に雑誌もいれていたが1名の回答しか得られなかった。紙媒体よりスマートフォンやタブレット、パソコンを使って情報を得ていることが改めてわかった。更にその他の世代には出現しなかったZ世代特有の擬音語、擬態語はどこから来るものなのかを被験者を中心にヒアリングしたところ、主に漫画、アニメーションで使われている言葉ということが判明した。アニメーションの中では、先に列記したザーザー、シトシト、ギラギラ、シャキ、シャツ、シャラシャラ、スースー、ハキハキ、プシャア、パシャパシャ、ガサガサが頻繁に使われている。ここで、漫画やアニメーションに

関する意識について検証してみた。2000年代以前、漫画やアニメーションは限られた少数派の特異な嗜好であり、オタク文化の象徴的なカテゴリーとしてされていたが、2000年代に入りその位置付けが一変する。漫画やアニメーションは少数派、オタクのマイナー文化ではなく、海外からも賞賛を受けるメジャー路線へと移行した。これまで影の存在であったアニメーションの声優たちがTV番組やSNS、YouTube等に登場し、アイドルのような活動を始める。そして、その声優たちの発するアニメーション内またはSNS等で使用する言葉がZ世代の日常語と化していった。調査結果にあるようにアニメーション等で使用されている言葉が多いことから想像できる。TVで放映されるドラマや映画、小説や雑誌から得ていた画像、言語情報とは異なり、表現方法も変化していく。Z世代が頻繁に目にするものは紙媒体より圧倒的にモニター画面が多く、そこから発せられる色はスピード感があり静止画を見る時の感情とは大きく異なることが推測される。色のイメージ調査で見られた現象、「色相は違ってもイメージされる言葉が変わらない」というのは、Z世代が色を主にスマートフォンなどの発光体で見ているため、紙で見る色より違いを感じにくいのではないかと推測した。さらにZ世代が色の違いを感じにくいと想定すると、形の違いに対しての反応の方が強いのではないだろうか。

5 まとめ

今回の調査でZ世代が色をどのように捉えているのか、どのような色が消費行動への誘発や購買意欲への刺激になるのか検証したかったのだが、Z世代と他の世代との隔たりは大きく、今回のこの調査だけでは捉えきれなかった。デジタルネイティブ、SNSネイティブ、スマホネイティブと言われるZ世代のこれらに対する依存度は想像以上に大きいことがわかった。この世代は色との出会い方がデジタル化されたものが中心

となるため、アナログからデジタルに移行してきた世代との色に対する捉え方はかなり違っている。Z世代の擬音語、擬態語はモノを形容するため、状態を形容するためというより、デジタル化された世界の中で見たものと同じ状況にある場合にそこで使われていた言葉を当てはめているのではないだろうか。これから社会の中心となっていくZ世代の感性や捉え方は理解できないからと言って決して無視できない。今後もZ世代の色の捉え方、色の表現にどんな言語を使用するのか調査を続けていきたい。

調査協力

九州産業大学短期大学部
香蘭女子短期大学

筆者紹介

桑野優子（くわのゆうこ）

福岡市在住

一般社団法人日本カラープラニング協会代表
理事

武蔵野美術大学造形学部空間演出デザイン学科

九州産業大学大学芸術学部 非常勤講師

九州産業大学短期大学部 非常勤講師

香蘭女子短期大学 非常勤講師

ダマスカス模様の外観評価と光学特性との関係性

Optical Index Development for Appearance of Damascus Pattern

川澄 未来子
塚田 敏彦

Mikiko Kawasumi
Toshihiko Tsukada

名城大学
愛知工業大学

Meijo University
Aichi Institute of Technology

Keywords: クラッド鋼, ダマスカス模様, 包丁, 外観, 感性品質

1. はじめに

異なる金属を積層して木の年輪のような波紋を浮かび上がらせるダマスカス模様(図1)の包丁は、その品質と美しい外観が世界中で高く評価されている。特に海外市場では、積層模様にメリハリがあることが求められるが、それを実現する金属組成や製造上の条件などは公開されていない。本研究では、金属表面の光学計測と目視評価によりダマスカス模様の魅力構造を調べ、製品開発に繋げるのが目標である。

包丁に使われるダマスカス模様に対する人の嗜好構造や物理量との因果関係は未知であるため、ここではまず、ダマスカス模様の魅力に影響を与えている光学特性(色彩や光沢)について検討する。国内メーカの協力のもとで予備実験を繰り返した後に準備した、4種類の試料(図2)を実験に用いる。

本研究は、学校法人名城大学の「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」において研究の実施計画等の適否に関する審査を受け、承認を得た上で実施した。



図1 ダマスカス模様の例



図2 実験で使ったダマスカス模様(4種類)

3. 実験方法

まず光学計測について記す。金属表面の色彩は、分光測色計 CM-700d(コニカミノルタ製)の受光部 3mm 径を 1mm 径に改造し、また、受光方式は SCI, SCE の両方で計測したが、データを考察した結果、正反射を除外する SCE 方式を採用した。また、光沢計測には、受光部 2×4mm の小口径光沢計 GM-60S(コニカミノルタ製)を用いた。いずれも、対象とする計測部位は、ダマスカス模様の 2 層(以下「明るい部分」「暗い部分」)であるが、面積が狭い試料もあるので、慎重に複数箇所を複数回計測するようにした。表色系には CIE $L^*a^*b^*$ を用いた。

次に目視評価について説明する。内側の天井に昼白色 LED が付いた撮影ボックス(40cm 立方、内側は黒)を用意し、包丁 4 本を並べた(図3)。被験者は、3300lux の照度下にて、ボックス内の包丁には手を触れず、好きな角度から覗き込みながら評価した。評価項目は、現場での課題を整理した上で金属の感性研究^{2)・3)}も参考にし、7 項目(「金属の光沢感」「表面の粗さ感」「層のめりはり」「模様の複雑さ」「高級感」「特別感」「好み」)に絞り込んだ。前半 4 項目は物理的な特性が直接反映される低次の感覚、後半 3 項目は被験者の生活背景や経験や価値基準によって異なる高次の感覚である。感性の定量化には順位法を用い、4 つの試料に対する印象強度を評価用語ごとに並べ換えてもらった。試行回数は 1 回とし、所要時間は一人につき約 10 分であった。被験者は、10～60 代の 76 名(男 39 名、女 37 名)で、外国人 17 名、プロの料理人 6 名を含めた。



図3 実験風景

4. 実験結果

図4は、左から明度 (L^*)、彩度差 (a^* と b^* から算出した ΔC^*)、光沢 (Gloss) の計測結果である。図から、明るい部分と暗い部分の差が大きいのは試料 A と D で、光沢については B がそれに続くこと、また、2層の彩度差が大きいのは試料 CD であることなどが読みとれる。なお、試料 CD の明るい部分と暗い部分の a^* 値はほぼ同じであるが、 b^* 値を考察すると明るい部分が正值 (黄み寄り)、暗い部分が負値 (青み寄り) であることもわかった。

続いて、目視評価結果の一部を紹介する。順位を評価点 (1~4 点) に換算した順位スコアを使って考察する。図5に、被験者全員に対する「高級感」「特別感」「好み」の順位スコアを示す。いずれも試料 AB より試料 CD が高評価で、特に D の「特別感」は統計的にも有意に高評価という結果が得られた。また、男女で結果を比較したところ、女性の「好み」は試料 CD が同程度であったが、男性は D の支持率の方が有意に高かった (図6)。なお、日本人と中国人も比較した結果、まだデータ数には偏りがあるものの、中国人は試料 D の支持率が高い傾向が確認された。

最後に、図7に示す通り、「特別感」と合致する光学特性としては彩度差が挙げられる。すなわち、ダマスカス模様の2層の彩度差が大きいほど特別に感じる傾向にある。また、「高級感」は明るい部分の光沢と連動していることも把握された。

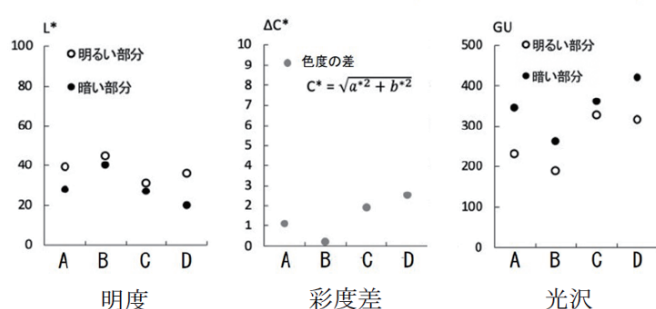


図4 色彩と光沢の計測結果

5. まとめ

ダマスカス模様を試作し、光学特性と外観の印象との関係性を調べたところ、試料 AB より試料 CD の評価が高く、特に「特別感」は D が高いこと、性別や国籍など人の属性に応じて嗜好性が異なること、「高級感」は光沢、「特別感」は彩度差との関係性が高いことなどがわかった。

今後は、表面の粗さや模様の複雑さを定量化する手段を検討し、また、模様のパターンと嗜好性との関係性も調べたい。

謝辞

課題提供、試料製作、研究討議にご協力いただいた国内メーカーの皆様、評価用紙の翻訳にご尽力いただいた皆様に、感謝いたします。また、被験者としてご協力いただいた名城大学の職員・学生の皆様、キャンパス近隣飲食店の皆様に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 山本工: 包丁材料のはなし-越前打刃物-, 化学と教育, Vol.64, No.11 (2016)564-565
- 滝沢正仁, 永見豊, 木嶋彰, 有村徹, 米原牧子: 金属テクスチャ選定に関する体系的指標の検討, デザイン学研究, Vol.62, No.4(2015) 85-92
- 川澄未来子, 仁科健: 日本とタイにおける感性品質向上のためのシルバーメタリック色の比較, 日本感性工学会論文誌, Vol.17, No.2(2018)267-274

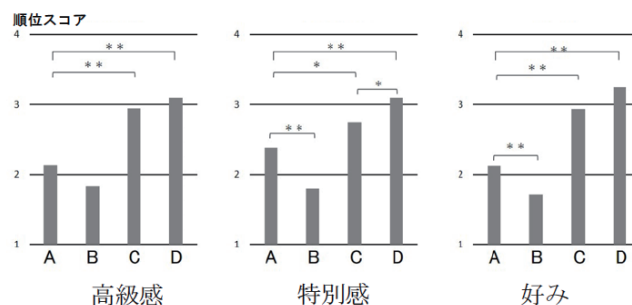


図5 目視評価結果 (被験者全体)

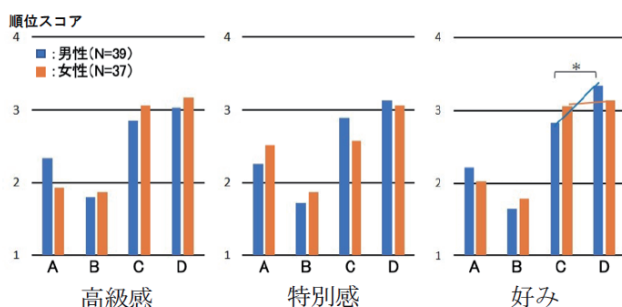


図6 目視評価結果 (性別比較)

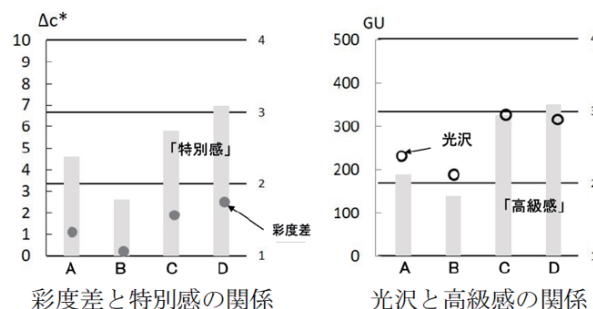


図7 計測値と目視の関係

天然構造色素材を用いた衣装の象徴性と視覚的影響に関する考察

Consideration on the symbolism and visual influence on costume design with natural constructional color

栗野由美 Yumi Awano

東京造形大学

Tokyo Zokei University

大住雅之 Masayuki Osumi

オフィス・カラー・サイエンス

Office Color Science Co.,Ltd.

Keywords: 孔雀羽, 構造色, 光学異方性, ファッション, 象徴.

1. はじめに

光学異方性を特徴とする織物は環境との呼応によって時間的空間的に形状や艶めきと陰影の変化をあらわし,それを「綺麗」とする感受性にはたらきかける.日本語の「綺麗」の由来は環境に応じて変化するさまを異世界の優雅さとして好む感受性にある.綺麗感の生起には不測の変化という動きの装飾性が必要で,風や光の移ろいの他に構造色を発現する身体をもつ生物が自ら動くことも該当する.古今東西の人工物においても光学異方性をもつ表面は立体感,上質感や特別感をもたらす仕上がりとして市場価値をもつ.筆者らは孔雀羽の計測・観察分析を通して繊維素材としての現実を記述し,孔雀羽織物を人間が身に着けて空間(光環境)で共に動く際の見えを推察し,孔雀羽を繊維素材とする意義を視覚効果の観点から明らかにしてきた(図1)[注1,2].

鮮やかで光沢のある羽毛に覆われた長い首を起したおよそ1m 前後の体長に対し,その1.5 倍前後の飾り羽を長く引くインドクジャクまたはマクジャクの雄の容姿は,同種雌だけでなく人間の目も惹き,古今東西で芸術的なモチーフとなってきた.インドクジャクとマクジャクはユーラシア大陸中央以南や東南に生息するクジャク属で,古くから採集や交易を通して世界各地で飼育されてきたことと,その雄の容姿と行動の印象深さから知名度が高く,これらをもっていわゆる「孔雀」と一般に認知されている.筆者らがこれまで観察・計測試料としてきた「孔雀」の飾り羽は自身で採集していないため,どちらの種のものかを断定しづらいが,状況的にみてインドクジャクと推定できる.以下,特に種属の厳密さが文意に影響しない場合は,インドクジャクまたはマクジャクを「孔雀」,その雄の上尾筒が発達した飾り羽を「孔雀羽」と記述する.

孔雀は少量の毒素には耐性をもつ悪食といわれ,その生息地では人をも死に迫りや毒蛇と格闘する場面がしばしば目撃されたことからその生態が信仰における偶像ともなってきた.その独特な容姿もイメージーションを触発し,各地の神話や信仰に登場する.孔

雀という寓意は,外観と生態の特徴を誇大化した結果生まれた概念である.生体の孔雀から切り離され,繊維素材となった孔雀羽は編集を施されて人工物の表層に変わり,「孔雀的なもの」となる.「孔雀的なもの」は意匠によって変容する.

本稿では,16 世紀から18 世紀頃に製造された武将の陣羽織,またはそのレプリカ,さらに現代に考案された意匠を事例として織技法による分類を行い,その視覚効果を通して体现される象徴性を考察する.

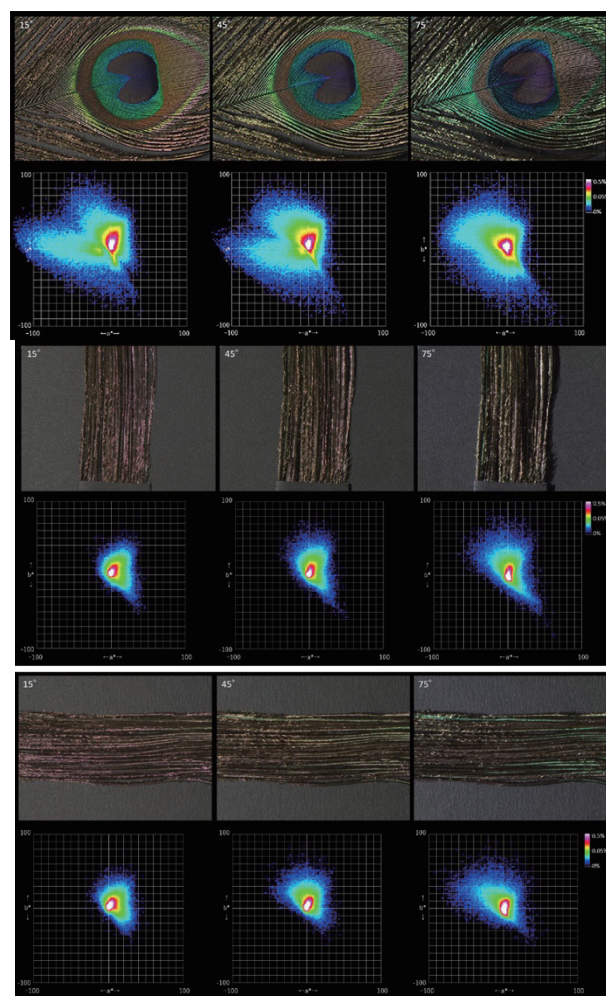


図1. 孔雀の飾り羽変角分光イメージング測定によるCIELAB空間での分布. 上:同心偏円部分. 下:羽枝を並べた試料

2. 孔雀羽を素材とした2種類の織意匠原型

芸術表現のうち、絵画や装飾美術などの視覚芸術においては孔雀の全身像を描写した事例が多々ある一方で、孔雀羽のとりわけ同心偏円型に色分けされた部分を特徴として強調した事例も多い。すなわち孔雀羽といえばこの同心偏円部分が記号として成立している実態がある。

前々稿では古今東西に遺る孔雀羽を素材とした衣装を俯瞰して、その意匠は、同心偏円部分を主材とするものと、同心偏円部分の周囲にある羽枝を緯糸として一定方向に織り上げるものと2種類に分類できることを指摘し、前者を「陽の数寄」、後者を「翳^(えい)」の数寄、と名付ける提案をした[注 3]。前稿ではこれ



図 2 左:「賤ヶ岳合戦図屏風」(長浜市長浜城歴史博物館所蔵)。豊臣秀吉の隣に孔雀羽織陣羽織を纏った武人が描かれている。右:豊臣秀吉所用として加賀藩原田家に伝来した孔雀羽装陣羽織。(泰蔵歴史美術館所蔵)



図 3. 孔雀羽織による戦国武将の羽織。左:V&A 美術館所蔵、右:V&A 美術館所蔵品に似たレプリカ(個人蔵)



図 4.ギメ東洋美術館企画展「DAIMYO Seigneurs de la guerre au Japon」展示された、孔雀羽素材を含む具足類。左:同心偏円部分をちりばめた陣羽織、右:同、毛利家伝来とされる孔雀羽兜



図 5. 井伊家伝来の陣羽織(長岡市与板民俗資料館所蔵)。左上:井伊直政が徳川家康から譲り受けたとされる「孔雀尾具足陣羽織」。左下:帯匠・菅田屋源兵衛によって再現されたレプリカの前身頃。右:同、後ろ身頃。



図 6. 仙台藩七代藩主伊達重村所用品(仙台市博物館所蔵)、孔雀羽の同心偏円の特徴的なパターンは見られず、羽軸両側に伸びる羽枝を植え込んで垂らしたと見える表面は荒々しく、構造色の発現色が入り乱れているように見える。

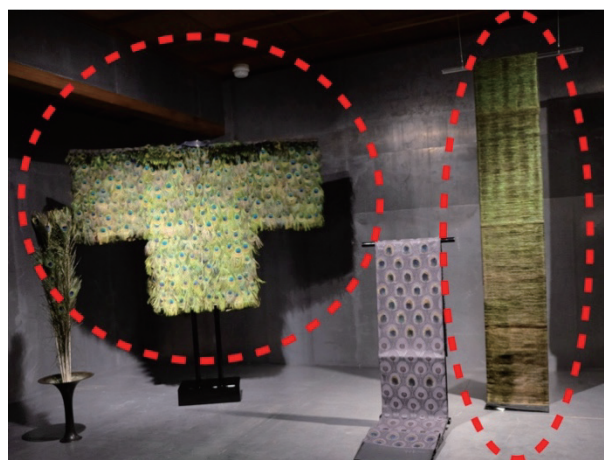


図 7. 帯匠・菅田屋源兵衛本店ギャラリーにて展示されたなかで注目した孔雀羽織の技法2種(点線円で囲んだ品)。いずれも菅田屋源兵衛所蔵。左:同心偏円部分を織り込んだ羽織。右:同心偏円部分の先端の羽枝を織り込んだ総孔雀羽織袋帯。

を「陽(hilarious)の伊達」と「滋味(austere)の伊達」と改めた。伝・豊臣秀吉所用の陣羽織(図2右), V&A美術館所蔵の羽織(図3), 孔雀羽をちりばめた陣羽織(図4), 井伊直政の陣羽織(図5)などのように, 同心偏円部分を一面にあしらう意匠を「陽の伊達」とした。孔雀らしさを記号といえる同心偏円による見た目のわかりやすさに照らして命名した。毛利家伝来とされる孔雀羽兜(図4右)は, 人間の動きにあわせて揺れるよう, 羽の根元のみを固定した陣羽織の技法と異なり, 金属の上に固く貼り固められて動きの要素は少ないが, 「陽」に含める。一方, 伊達家伝来羽織(図6)は一見して孔雀羽が素材とは気づきにくい。絨毛のような質感に見える羽枝が揺れた時に出現するイリデセンスに, 違和感を覚えるのではないか。これには孔雀羽の同心偏円の特徴的なパターンは見られず, 羽軸両側方に伸びる羽枝が垂れているように見える。一本に同じ表面構造を持つ小羽枝がびっしりと並ぶ羽枝の根元を植え込んで織ったものと推察する。ただし後述する総孔雀羽織袋帯(図7右)とは異なり, 全体像に見える繊維の長さや毛並みの斑は荒々しく, 構造色の発現色が入り乱れているように見える。技法は「陽の伊達」意匠に近いと見えるが, 視覚効果としては孔雀らしさを隠して構造色発現を主題とするさまから「滋味の伊達」とした。

3. 考察

(1) 織技法と視覚効果

図7の点線円内2点は帯匠・菅田屋源兵衛による孔雀羽織技法2種である。左を井伊家伝来陣羽織(図5)の意匠に近い「陽の伊達」, 右を伊達家伝来羽織(図6)に近い「滋味の伊達」とみる。じめに「陽の伊達」意匠の技法を観察する。

図4左上は同心偏円周囲の羽枝部分が劣化または破損しているため同心偏円が目立つが, この同心偏円部分の配置を正確に再現すると同心偏円部分周囲の羽枝が下層にある別体の同心偏円部分に覆い被さり, 図4左下で再現された通り, あまり同心偏円部分が見えない。ただし人間が羽織って風吹く屋外に立てば, また動けば, 簾状に覆いかぶさった羽枝の揺れる隙間から同心偏円部分が見え隠れし, イリデセンスよりもはっきりと大きな変化を現すだろう。前身頃の同心偏円部分配置の過密さに比べると後ろ身頃は下地がのぞくほどに疎だが, 縦横列を合わせながら同心偏円部分をしっかりと露出させるよう重なりすぎを避ければこのようになる。井伊家伝来「孔雀尾具足陣羽織」を正確に再現する傍らで, 縦横列を合わせることに固執せず孔雀羽で覆い尽くす衣装を実現したのが図7左の羽織である。

「陽の伊達」意匠の品の視覚的情報については, 既報した, 1本の孔雀羽について部位ごとにゴニオ測光スペクトル分析と顕微鏡観察を行った結果から応用, 推察できる面もあるが, その視覚上の主題のわか

りやすさゆえに, より巨視的に, 衣装としての全体像から評価すべきだと考える。

次に総孔雀羽織袋帯を観察する(図7右)。これについて菅田屋源兵衛代表の山口源兵衛氏は, 同心偏円部分の先端にある最も柔らかい部分の羽枝(図8)であると語っており, 筆者らの顕微鏡観察によっても特定できている(図9)。これを緯糸として重ね継ぎながら織り上げているため, 織の表層を成すのは短い小羽枝である。筆者は未だ目にしていないが, 加賀藩前田家は孔雀羽織袱紗を所蔵していると聞く。手の中で平坦から空中にて形を変

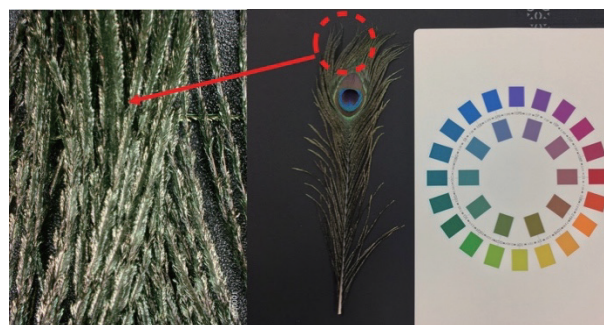


図8. 菅田屋源兵衛製・総孔雀羽織帯(図7右端)での使用部位

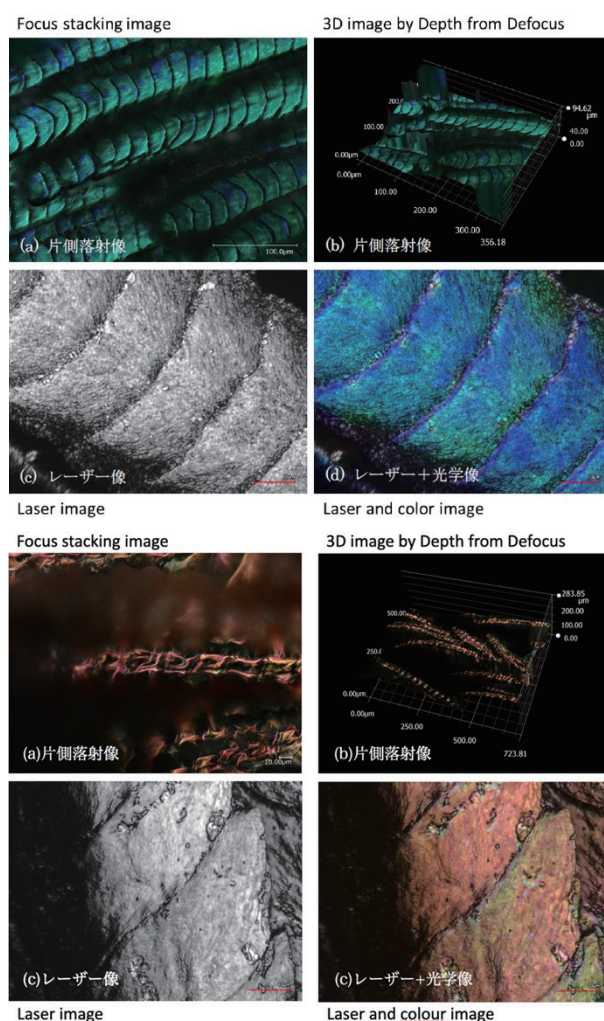


図9. デジタル顕微鏡異教片側落射像とレーザー共焦点顕微鏡での観察結果。上4点: 同心偏円部分。下4点: 羽枝

え、平坦に戻る出袂紗に対して、帯は人体に巻き付け、結んで形を作る。この総孔雀羽織帯が実用品ではなく鑑賞品で、衣装の様子を空想する媒体だとしても、敷き詰められた羽枝の暗褐色から人間の所作に応じてイリデセンスが生じる意匠をもつ帯は「滋味の伊達」といえる。

(2) 象徴性と視覚

鳥羽を用いた陣羽織や兜は、素材の撥水性能や保温性能を活かして防雨・防寒着の効果も期待はできるが、合戦場で防羽を期待するものではないだろう。賤ヶ岳合戦図屏風(図2左)では孔雀羽織陣羽織を着た武者が描かれており、奇抜な「陽の伊達」は武勇の心意気を表現するパフォーマンスといえるが、ここで憑依する「孔雀的なもの」について考えてみたい。

孔雀に向ける人間のまなざしには両個性がある。鮮やかな青藍の羽毛に覆われた細長い首の先の小さな頭に冠羽を立て、体が揺れるたびにたなびく枝羽を従え、動きに遅延して揺れる長い飾り羽という外観は華やかな容姿と優雅な振る舞いと映る。その生息地域を西へ離れると、女性性の寓意とする神話がのこる。東方の日本には538年頃の仏教や海外貿易の導入とともに孔雀明王(図10)として、実在の動物として知る前に寓意が先行して伝播した。その姿は、明王としては例外的に菩薩形の女性尊格である。孔雀の寓意に女性性を投影する伝播については、女性性にも両個性があるため、その外観を現代の既成概念に嵌めて単純化することなく、稿を改めて考察したい。

孔雀は、人を苦しめる三悪の象徴である毒蛇を攻撃して食べる生態から毒を甘露と化す力があると信じられ、益鳥として尊ばれた。ここから、邪気を払い恐怖、苦痛や厄災を取り除く功德とされ、転じて煩惱、病魔を退散させるという。もう一点、遠く離れた地域、または関連が薄いと考えられている信仰における寓意には、飾り羽の同心偏円部分を「目」に見立ててあまねく見通す能とする共通性が見出せる。同心偏円部分自体をアトリビュートする神話もあるが、ヒンドゥー教ではスカンダ、仏教では鳩摩羅天という天部の乗り物として描かれた孔雀自身が百眼で護衛するかのようである。こうした連想から孔雀明王の本誓に千手千眼の信仰を重ね、転じて孔雀羽が護国・武運長久の護符と信じるようになったのだろう。戦国時代には装具を色で統一した部隊を編成することがあり、なかでも戦場で目立つ赤備えは武勇に長けた精鋭部隊と恐れられた。戦果により徳川家康から「孔雀尾具足陣羽織」を下賜された井伊直政は「井伊の赤鬼」と呼ばれた赤揃えの大將である。この事例では、伊達の構えよりも、命を賭けた祈りを孔雀羽に託したものと考えられる。

4. まとめ

今回は主に武家伝来の孔雀羽織陣羽織等を対象に、同心偏円を特徴づけるか否かに基づいて陽と滋

味の伊達の分類を試みた。同心偏円部分にいくらか色の変化が現れようと形の影響が勝って動かない「目」を錯覚させ[注4]、自分を見る者をたくさんの「目」で見据え返す目力の増強が、この意匠が繰り返して製造された動機だろう。伊達の威勢は死の覚悟と表裏にあった武士の時代、孔雀を現実の生体と知って尚この世ならざる神性を見出し、加護や突破の力で現実と対峙するために、「陽の伊達」の意匠が求められたとも考えうる。羽織には衣装全体の印象を決定づけるに足る面積があり、顔に近く、上半身の大きな動きに呼応するアイテムなので、簾状に覆い被さった羽枝が「目」の出現を無作為にする意匠や、長めの羽枝が無造作に生い茂る意匠は、予期せぬ動きがイリデセンスを目印に状況の均衡を破るダイナミズムがある。

本稿では、生体の孔雀の部品を解体、再構成し、自然界には存在しなかった姿や質感を創造した成果を静止した状態で観察した。陽と滋味の分類は成り立つ感触を得た。検討を通して発見した、簾状に重なる羽枝意匠が見せるイリデセンスの様相については試料をもって微視的・巨視的に観察をすすめたい。

参考文献

- [注1] 大住雅之, 栗野由美: 孔雀羽根を用いた衣服の象徴性と視覚的影響に関する考察, pp17-22, 日本色彩学会画像色彩研究会2020年度研究発表会論文集, 2021年
- [注2] Awano Y and Osumi M: Gonio-photometric spectrum analysis and texture evaluation of structural color design -Considerations on "Peacock feather weave" by Kondaya-Genbey, AIC2020 Proceedings
- [注3] 栗野由美, 大住雅之: 孔雀羽根の分光特性と質感に関する考察, pp23-28, 日本色彩学会画像色彩研究会2020年度研究発表会論文集, 2021年
- [注4] Roslyn Dakin and Robert Montgomerie: Eye for an eyespot-how iridescent plumage ocelli influence peacock mating success, Behavioral Ecology, 2013, 24(5), 1048-1057

図版出典

- 図2. 左: 長浜城歴史博物館 館蔵資料写真データベース
右: 泰蔵歴史美術館 展示品目録
- 図3. 左: V&A museum Collections
<https://bit.ly/3tyWjDW>
右: クマガイコム <https://www.kumagai.com/?eid=7853>
- 図4. 左右図とも https://youtu.be/VQ_uoo88CvEt
- 図5. 左上: な! ナガオカ <https://bit.ly/3v5LXvV>
左下: 与板民俗資料館リーフレット
<https://bit.ly/3tuVNqH>
右: 滋賀彦根新聞記事 2016年4月19日
<https://bit.ly/3vfn8xj>
- 図6. 仙台市の指定登録文化財
<https://bit.ly/3vfn8xj>
- 図7. 誉田屋源兵衛本店ギャラリーにて筆者撮影

色彩調和論構築のためのディープラーニングの適用の試み (2) — 色差の関与 —

Experiment of Deep Learning to Construct Color Harmony Theory (2) —Involvement of color difference—

石原 久代 Hisayo Ishihara 梶山女学園大学 Sugiyama Jogakuen University
加藤 千穂 Chiho Kato 梶山女学園大学 Sugiyama Jogakuen University
山縣 亮介 Ryosuke Yamagata 名古屋学芸大学 Nagoya University of Arts and Sciences
浅井 徹 Tohru Asai あいち産業科学技術 Aichi Center for Industry and Science
総合センター Technology

Keywords: 色彩調和, ディープラーニング, 色差, 官能評価.

1. はじめに

カラーコーディネートにおいて色彩調和は非常に重要である。これら色彩調和の理論は古くから研究されており、現在も多くの理論があるが、使用表色系の属性の等差性に問題があるものも多い。そこで第1報では、色相差に着目し、明度・彩度を固定し、 $L^*a^*b^*$ 色空間において色相を均等に20分割し、高彩度域20色、高明度域20色を作成し、領域内での2色配色の調和度について視覚評価実験を行った。その結果をデータ入力し、ディープラーニングにより予測した結果、良好な成績が得られた。

そこで本実験では明度・彩度も変化させた2色配色のディープラーニングの適用を試みたので報告する。

2. 方法

2-1 実験試料

$L^*a^*b^*$ 色空間において色相角を均等に10分割し、高彩度域10色、高明度域10色、低明度域10色および白と黒の試料を用いて配色実験を行った。配色モデルを図1に示した。試料は無光沢厚地白色紙にプリントし

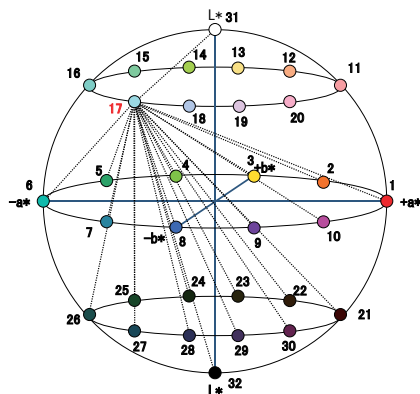


図1 配色モデル

た色を分光測色計(コニカミノルタ CM-600 d)にて $L^*a^*b^*$ を測色しながら調色し、マンセル色相5Rを基準に10色相の各色票間の色相角をできる限り均等になるように繰り返し調色し、高彩度域10色、高明度域10色、低明度域10色に白と黒を加えた32色を作成した。(表1)

試料の大きさは、図2に示したように縦を30~35 cmの観察距離を想定した10°視野大、縦横比率はアパレルにおける色彩調和に利用することを目的としていることから、肩幅とパンツ裾までの着丈を想定し、それらを2分割し、N6のグレーを背景に上下に2色を配置した。配色は有彩色同士600試料、無彩色(白・黒)と有彩色の配色122試料の計722配色であった。

2-2 実験方法

実験は、作成した722配色について200名の被験者から6段階の調和度データを回収した。被験者は女子大学生200名、評価は1配色に

表1 試料色の $L^*a^*b^*$ 値

No	色相	領域	L^*	a^*	b^*
1	R1	高彩度	44.38	51.63	29.22
2	YR1		58.94	28.92	48.58
3	Y1		80.01	-7.31	79.15
4	GY1		66.12	-39.7	41.65
5	G1		49.77	-50.94	10.05
6	BG1		52.67	-35.95	-20.56
7	B1		49.1	-17.4	-31.85
8	PB1		46.66	3.45	-40.54
9	P1		38.44	23.91	-29.77
10	RP1		47.57	53.55	-11.54
11	R2	高明度	73.19	17.02	7.24
12	YR2		74.06	10.92	24.81
13	Y2		83.15	-5.56	39.3
14	GY2		80.32	-19.49	22.48
15	G2		76.54	-19.73	5.03
16	BG2		76.83	-15.75	-8.55
17	B2		78.55	-9.12	-19.1
18	PB2		76.72	3.02	-18.06
19	P2		75.24	14.85	-14.45
20	RP2		74.69	20.04	-4.24
21	R3	低明度	29.06	15.91	6.7
22	YR3		31.43	5.63	10.49
23	Y3		32.72	-1.48	12.12
24	GY3		34.92	-14.71	14.42
25	G3		31.25	-19.88	4.38
26	BG3		31.83	-15.22	-7.61
27	B3		30.28	-8.8	-15.98
28	PB3		28.16	2.22	-20.96
29	P3		26.39	17.34	-20.87
30	RP3		28.9	30.28	-6.67
31	Wt	無彩色	91.43	0.15	-5.4
32	Bk		25.68	-0.12	-1.18

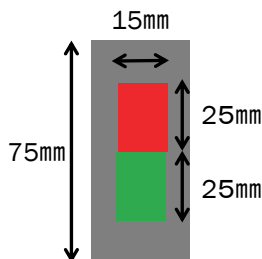


図2 配色試料

ついて「非常に調和している：6」～「全く調和していない：1」の6段階評価で回答させた。

2-3 解析方法

解析については、図3に示したように、入力層には配色した2色のL*a*b*値、ディープラーニングの学習モデルとして全結合型ニューラルネットワークの構築を行い、被験者から得られた計144,400データを基に機械学習を行った。

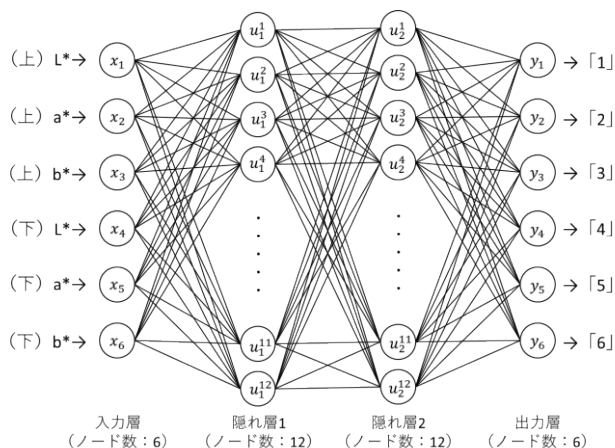


図3 ディープラーニングの学習モデル

3. 結果および考察

3-1 調和実験結果

図4に有彩色の色相差別の平均調和度を示したが、高彩度域と高明度域の配色も高彩度域と低明度域の配色も高明度域と低明度域の配色もすべて同一色相が最も調和し、色相が離れるほど評価は下がり、最も離れているdh180度の評価が最も

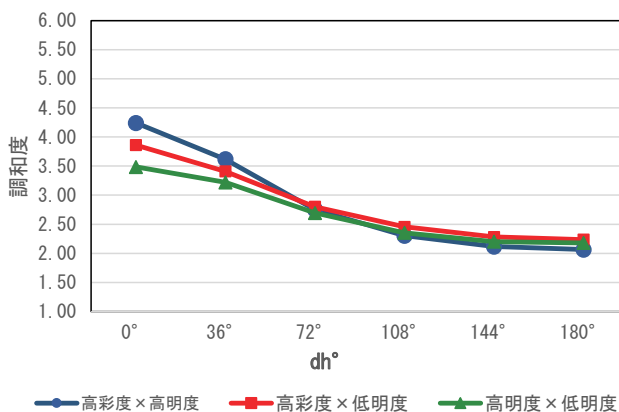


図4 色相角による平均調和度

低く、前報同様これまでの色彩調和論にある対比の調和領域は存在しなかった。また高彩度域、高明度域、低明度域間の配色の相関は0.996以上と高く、調和領域は一致して色相に依存した傾向を示した。さらに配色の位置関係も前報同様、赤から黄の暖色系の色相が上に、青から青紫の寒色系が下に配置された方が評価は高かった。

3-2 ディープラーニング学習結果

配色された2色のL*a*b*値を入力値とし、最も回答数が多かった選択肢を正答とした場合、前記の学習モデルからの予測調和度は、全配色では67.7%であった。しかし有彩色同士と無彩色と有彩色の配色では異なった調和傾向を示したため、有彩色同士の配色600試料を取り上げ、機械学習を行った。その結果を図5に示したが、70.2%の適合率を示し、両者には類似した傾向がみられ、ディープラーニング適用の可能性が示唆された。

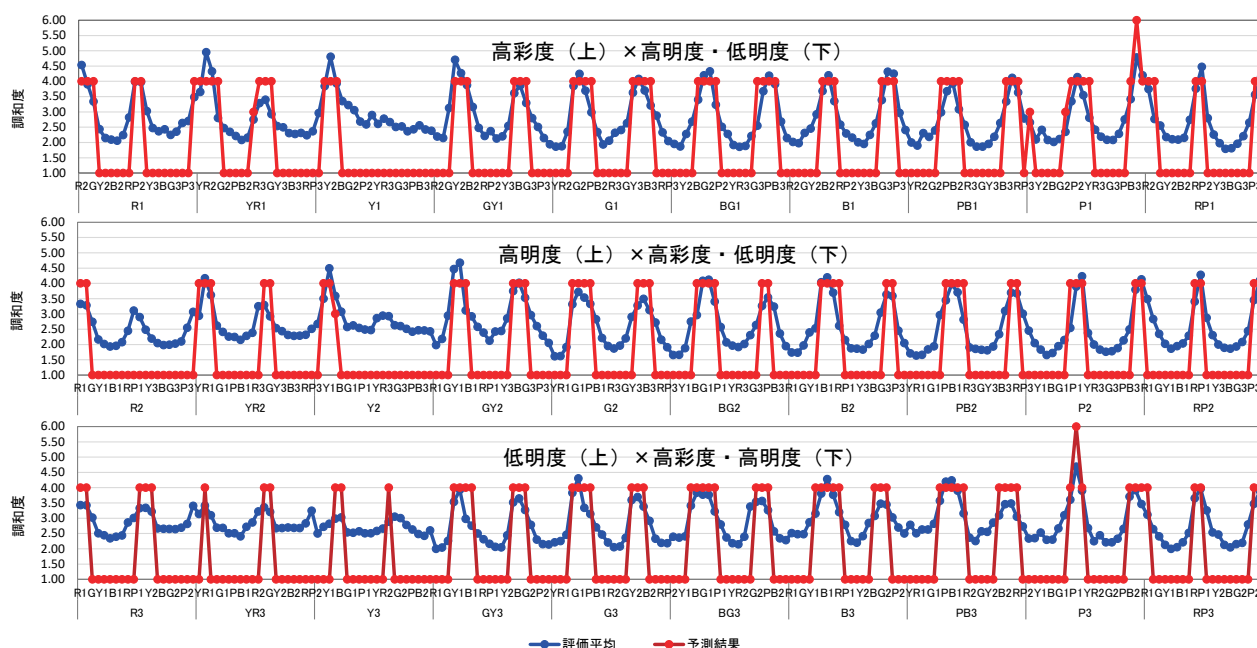


図5 配色ごとの平均調和度と予測調和度（有彩色同士）

似合う色と肌が明るく見える色の違い—顔だちの影響—

The Difference Between Colors That Look Good on You and Those Make the Skin Look Brighter: Effect of Facial Features

森田愛子 Aiko Morita 広島大学
山下彩花 Ayaka Yamashita 広島大学

Hiroshima University
Hiroshima University

Keywords: 似合う色, 肌色, 顔だち, パーソナルカラー.

1. はじめに

「似合う色」の判断は、必ずしも一致しない。判断に至るまでの客観的な理論があるとはいえないだろう。では我々は「似合う色」を判断する際、何に基づいて判断しているのか。一般的に、パーソナルカラー診断においては、カラードレープを顔の下にあてて顔色変化を観察し、顔や髪にマッチする色を調べる手法が多く用いられている(植・山本, 1998)。この場合、診断において得られる「似合う色」は、顔や髪とカラードレープの色彩面での調和を表すといえるだろう。しかし、肌色の見えについては、対象者の生来の顔色にかかわらず、テストカラーの色の属性に対して同化的な見え方の変化が生じることも報告されている(富山・沼上・北橋, 2014)。もしそうだとすれば、個人によって異なる「似合う色」は、必ずしも肌色の見えによって決定されるわけではないといえる。

たとえば、色以外に顔のパーツの形状や配置が影響する可能性は高い。先行研究においても、顔だちが色の判断に影響する可能性が考慮されている。酒井・鈴木・佐藤(2004)や星野・松本・松本・山本(2005)などの実験では、顔だちなどが「似合う」の判断に影響を与えられると思われるために、マネキンを使って統制するという操作が行われている。

そこで本研究では、「似合う色」の判断に影響を与える要素について実証的研究を行う。具体的には、「似合う色」を4つのトーンから選択する「似合う色判断課題」と「肌が明るく見える色」を選択する「肌色判断課題」を実施し、両課題で結果が合致するかを検討する。その際、両課題における顔だちの影響、色相の影響を比較する。仮

説は次の3つである。

仮説1: 似合う色判断と肌色判断の結果は一致しない。

仮説2: 似合う色判断は色相によって選択されるトーンが変化しやすいが、肌色判断はトーンの影響が大きく色相の影響を受けにくい。

仮説3: 似合う色判断は顔だちによって選択されるトーンが変化しやすく、肌色判断は顔だちの影響を受けにくい。

2. 方法

(1) 参加者

クラウドソーシングサービス「ランサーズ」を通して募集した女性98名(平均年齢40.9歳, $SD = 8.7$)がオンライン実験に参加した。

(2) 課題

すべての参加者が2つの課題を行った。いずれの課題でも、顔画像に、カラードレープに見立てた4トーンの色画像を貼り付けた4枚の画像からの選択を求めた。(1) 似合う色判断課題。どのトーンの色画像をあてた画像が最も似合うと思うかを判断させた。(2) 肌色判断課題。どのトーンが最も肌が明るく見えるかを判断させた。

(3) 顔画像

24名の顔を4タイプに加工した合計96枚の顔画像を用いた。作成手順は下のとおりである。

第1に、24名の顔画像として、AIによる顔生成サイト(<https://generated.photos/>)を用い、正面を向いており、日本人と認識できる女性の顔写真を120枚生成した。

第2に、より日本人らしい顔になるよう、顔加工アプリでそれらを加工したうえで、日本人らしくかつ自然な顔画像を予備調査によって60枚選定した。

第3に、それらの顔を4タイプに加工した。基準として、2次元から成る座標で顔の形態を分類する「顔だちマップ(資生堂, 2001)」を用いた。

顔の構成要素の形状を直線タイプ（直線的で横幅が広い）—曲線タイプ（曲線的で縦幅が広い）で表すフォルム軸は、構成要素の配置バランスを大人タイプ（配置が縦長で求心的）—子供（横長で遠心的）タイプで表すバランス軸の2次元である。

第4に、それらの加工顔すべてについて日本人らしくかつ自然な顔画像を選定する予備調査を実施し、最終的に24名の顔×4タイプの96枚の顔画像を選定した。

(4) 実験刺激

96枚の顔画像に、赤・緑それぞれでトーンの違う4色の色画像を顎下に貼り付けた実験刺激を作成した。トーンは星野・太田・金常（2007）を参考にし、pale, soft, vivid, dark トーンを用いた。これらのトーンは、PCCS色空間において、順に、高明度低彩度、中明度中彩度、中明度高彩度、低明度中彩度とされるトーンであり、明度と彩度の影響を検討しやすいと考えられる。赤条件、緑条件で使用した4色の色画像のマンセル測定値（ただし、本実験は画面上で実施したため、これに近い色である）を表1に示す。

(5) 手続き

オンライン実験ツール Gorilla Experiment Builder (<https://gorilla.sc/>) を用いてオンラインで実施した。似合う色判断と肌色判断のいずれも赤条件48試行、緑条件48試行の計96試行から成っていた。いずれの課題においても、同じ顔・同じタイプの顔画像に4トーンの色画像を貼り付けた4枚の実験刺激を同時に1画面に呈示し、いずれかの画像をクリックすることで判断を求めた。

3. 結果と考察

似合う色判断の結果を表2、肌色判断の結果を表3に示す。いずれも(a)が赤条件、(b)が緑条

表1 実験に使用した色画像のマンセル測定値

条件	トーン	マンセル測定値			
		H	V	/	C
赤条件	pale	8.6 RP	8.0	/	3.0
	soft	4.8 R	6.4	/	6.0
	vivid	4.3 R	4.5	/	10.3
	dark	4.1 R	3.1	/	3.5
緑条件	pale	6.2 G	8.3	/	2.3
	soft	5.1 G	6.4	/	5.7
	vivid	5.2 G	5.8	/	10.6
	dark	7.3 G	3.5	/	3.7

件の結果である。

(1) 4 トーンの選択されやすさ

まず、顔だちを考慮しない合計欄について、4つのトーンの選択に偏りがあるかを検討した。

似合う色判断赤条件において、最も多く選択されたのはvivid トーン、最も少なかったのはpale トーンであった。カイ二乗検定を行った結果、偏りは有意であったが効果量は小さかった ($\chi^2(3) = 106.973, p < .001, w = 0.151$)。緑条件において、最も多く選択されたのはpale トーン、最も少なかったのはdark トーンであった。カイ二乗検定を行った結果、偏りは有意であったがやはり効果量は小さかった ($\chi^2(3) = 38.107, p < .001, w = 0.090$)。

肌色判断赤条件において、最も多く選択されたのはpale トーン、最も少なかったのはdark トーンであった。カイ二乗検定を行った結果、偏りは有意であり、効果量は中程度であった ($\chi^2(3) = 986.546, p < .001, w = 0.458$)。多重比較の結果、pale トーンは他のトーンより有意に度数が多く、dark トーンは他のトーンより有意に度数が少なかった。soft トーンとvivid トーンの間には有意差がみられなかった。緑条件でも結果は類似していた。カイ二乗検定を行った結果、偏りは有意であり、効果量は比較的大きかった ($\chi^2(3) = 1146.679, p < .001, w = 0.494$)。pale トーンは他のトーンより有意に度数が多く、dark トーンは他のトーンより有意に度数が少なかった。vivid トーンがsoft トーンより度数が有意に多かった。

これらの結果から、似合う色判断と肌色判断の結果は異なることがわかる。仮説1は支持された。肌色判断においては、pale トーンのように明度の高い色が「肌が明るく見える」色として選択されやすく、明度の低いdark トーンは選択されにくい。しかし「似合う色」として選択されるのは必ずしも明度の高い色ではなかった。

また、仮説2も支持された。似合う色判断の結果は赤条件と緑条件で大きく異なるが、肌色判断の結果は、それに比べて条件間の違いが小さかったといえる。いずれの結果から、肌色判断には、色相にかかわらず、トーン、特に明度の影響が大きかったことが推察される。これらの結果は、肌色の判断がテストカラーの色の属性に影響されることを示した富山他（2014）とも一致する結果である。

(2) 顔だちの影響

顔だちによる選択の偏りがあったかを検討した。カイ二乗検定を行った結果、似合う色判断赤条件 ($\chi^2(9) = 63.952, p < .001, w = 0.117$)、緑条

件 ($\chi^2(9) = 30.151, p < .001, w = 0.080$), 肌色判断赤条件 ($\chi^2(9) = 143.220, p < .001, w = 0.174$), 緑条件 ($\chi^2(9) = 150.327, p < .001, w = 0.179$) のいずれにおいても, 偏りは有意であったものの, 効果量は小さかった. 調整された残差を表 2, 3 に示す. 期待度数との有意な差がみられたセルの数は, 似合う色判断よりむしろ肌色判断において多いことがわかる.

これらの結果から, 仮説 3 は一部支持された. 似合う色判断は, ある程度, 顔だちの操作の影響を受けたといえる結果であった. 本研究では, 実験刺激が画像であったため, 顔のパーツや配置のみを変化させることができた. したがって, 肌の色はもちろん, 髪の色なども変化しないまま, 顔だちの影響を検討することができたといえる.

しかし, 予測に反し, むしろ肌色判断のほうが顔だちの操作の影響を強く受ける結果となった. 肌色判断は色彩面での調和についての判断であるため, 本来顔だちは影響しないはずであるが, 似合うから肌が明るく見える, と判断されたケースがあった可能性もある. 先行研究のように, 顔だちの要素をとり除いたマネキンのような状態で判断を求める課題も併せて実施する必要がある.

る.

謝辞

本研究の実施にあたり, 広島大学 石崎花奈さんにご協力いただきました. 記して謝意を表します.

主な引用文献

- 1) 槇実・山本早里: パーソナルカラーの印象評価 日本色彩学会誌 22 (1998) 127-139
- 2) 富山真知子・沼上恵理・北橋幸子: パーソナルカラーにおける固有感情と表現感情について 日本色彩学会誌 38 (2014) 254-255
- 3) 星野裕之・松本雅代・松本陽子・山本めぐみ: 2色配色の見えるの評価—肌の色と服地色に着目して— 山口大学教育学部教育論叢 55 (2005) 153-169
- 4) 酒井英樹・鈴木夏生・佐藤昌子: パーソナルカラーにおける肌の見えと似合う色との関係 (2) 日本色彩学会誌 28 (2004) 8-9
- 5) 星野裕之・太田理代・金常真利: 肌の色と服地色との 2 色配色—夏の調査をもとに— 山口大学教育学部教育論叢 57 (2007) 325-339

表 2 似合う色判断の赤条件 (a) と緑条件 (b) における選択数と調整された残差

(a)	トーン			
	pale	soft	vivid	dark
顔タイプ				
子供曲線	257 (1.46)	341 (3.13 **)	349 (-0.88)	229 (-3.66 **)
子供直線	250 (0.88)	320 (1.51)	388 (1.97 †)	218 (-4.53 ***)
大人曲線	248 (0.71)	269 (-2.43 *)	349 (-0.88)	310 (2.78 **)
大人直線	203 (-3.05 **)	272 (-2.20 †)	358 (-0.22)	343 (5.41 ***)
合計	958	1,202	1,444	1,100

注. 上段は選択数, 下段 () 内は調整された残差.

(b)	トーン			
	pale	soft	vivid	dark
顔タイプ				
子供曲線	332 (0.47)	328 (1.81)	317 (1.89)	199 (-4.43 ***)
子供直線	344 (1.37)	296 (-0.65)	295 (0.18)	241 (-0.98)
大人曲線	320 (-0.43)	300 (-0.35)	283 (-0.76)	273 (1.64)
大人直線	307 (-1.41)	294 (-0.81)	276 (-1.30)	299 (3.77 **)
合計	1,303	1,218	1,171	1,012

表 3 肌色判断の赤条件 (a) と緑条件 (b) における選択数と調整された残差

(a)	トーン			
	pale	soft	vivid	dark
顔タイプ				
子供曲線	397 (-7.81 ***)	318 (4.64 ***)	290 (2.43 *)	171 (2.86 **)
子供直線	449 (-4.28 ***)	286 (2.05 †)	268 (0.65)	173 (3.06 **)
大人曲線	645 (9.03 ***)	178 (-6.71 ***)	236 (-1.95 †)	117 (-2.70 *)
大人直線	557 (3.06 **)	261 (0.02)	246 (-1.14)	112 (-3.22 **)
合計	2,048	1,043	1,040	573

注. 上段は選択数, 下段 () 内は調整された残差.

(b)	トーン			
	pale	soft	vivid	dark
顔タイプ				
子供曲線	396 (-8.01 ***)	295 (4.71 ***)	370 (4.61 ***)	115 (0.17)
子供直線	464 (-3.39 **)	254 (1.28)	314 (0.33)	144 (3.48 **)
大人曲線	649 (9.16 ***)	149 (-7.51 ***)	277 (-2.50 *)	101 (-1.43)
大人直線	547 (2.24 *)	257 (1.53)	278 (-2.43 *)	94 (-2.22 *)
合計	2,056	955	1,239	454

色覚特性の違いによる色名応答の特徴

— 1型・2型2色覚と3色覚 —

Color naming aspects of dichromats and trichromats

名取 和幸
長澤 和弘
岡嶋 克典

Kazuyuki Natori
Kazuhiro Nagasawa
Katsunori Okajima

日本色彩研究所
大森ながさわ眼科
横浜国立大学

Japan Color Research Institute
Ohmori - Nagasawa Eye Clinic
Yokohama National University

Keywords : 2色覚, 3色覚, 色名呼称, 色票

1. はじめに

色の見え方には多様性があり、多くの人には違う色に見える2色でも、色覚特性が異なると同じ色に見えることもある。そのような、例えば「灰色」と「緑」を区別しにくい人では、N5の色を「灰色」ではなく「緑」と答えることがある。これまで、こうしたケースは色名誤認の問題として扱われ、色票を提示しその色名を回答させた研究から、色名呼称のズレの傾向は明らかにされている(岡嶋ら1997, 中村ら2016他)。

2. 目的

本研究では色覚特性の違いによる色名呼称の特徴と差異について、さらに明らかにするために条件等を工夫して実験を実施した。具体的には、提示色を体系的に増やしてその呼称される色名についての詳細をとらえるとともに、複数の色名が思い浮かぶ場合はそれらもすべて回答させることにより、内的なプロセスについても検討した。

3. 方法

参加者：20～50代の1型2色覚の男性5名、2型2色覚の男性5名、正常3色覚者の男性5名。2色覚はパネルD-15でのfailを基準とした。

提示刺激：提示色にはPCCS(日本色研配色体系)の色相とトーンから選出した137色を用いた。有彩色132色は、9トーン(p,lt,b,dp,dk,ltg,sf,d,g)の12色相と、ビビッドトーンの24色相から成り、無彩色5色はW, N7.5, N5.5, N3.5, Bkであった。白色カードの中央に油性塗装による30mm角の各色票を貼付して提示した(図1)。

照明環境：LEDスタンド(昼光色Ra97)2台と色評価用D65蛍光管を天井照明に併用して使用した。刺激面照度は1,000lxとした。

手続き：参加者が刺激カードを上から順に1枚ずつめくり、それぞれの色に最も当てはまる色名を、色名リストの中から1つ回答させた。色名リ

ストは基本色彩語の赤、ピンク、オレンジ、茶色、黄色、緑、青、紫、白、灰色、黒に日常的に使用頻度の高い黄緑、水色を加えた13語とした。

他に思い浮かんだり、悩んだ色名があればそれも答えさせた。当てはまる色名がリストにない場合にはより適切な色名があれば答えてもらい、わからないという回答も認めた。色名の回答後、参加者がカードをめくり次の色の試行に進んだ。色の提示順は参加者ごとにカードをシャッフルしランダムとなるようにした。調査は2020年11月に実施した。

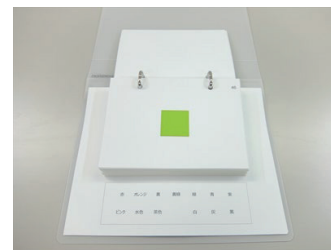


図1 提示刺激

4. 結果

1) 色名応答の特徴(図2, 図3)

①3色覚：回答者間の色名の一致度は高かった。色みの種類(色相)による色名分割をベースに、いくつかの色相ではトーンの違いによる色名の細分化が行われた。色相が重視されるのが特徴で、例えば「黄色」は5Yの多くのトーンに使用され、P系の色は薄くても「紫」と回答された。

②1型2色覚：3色覚よりも回答された色名に個人差がみられた色が多かった。同じ色名で呼ばれる色が色相方向に広がり、それは「オレンジ」「茶色」「緑」「水色」「青」「ピンク」で顕著であった。「灰色」がBG系のほぼ全てのトーンと低彩度・低明度の様々な色相の色に用いられた。これが1型の最も特徴的な傾向である。「ピンク」は色相RP, R, YR, Y, GYの高明度、低彩度の広い範囲の色に使用され、「緑」は明度の低い無彩色に使用された。また「赤」の典型色は7R付近であった。10BG～3PBの色は明度が高く彩度が低いと「水色」、中・低明度であれば「青」と呼ばれる傾向がみられた。「紫」の範囲が狭く、9PB～1RPの色の中・低明度色に限られた。

③2型2色覚：色名回答に個人差がある色が3色覚の場合よりも多かった。色名範囲が色相方向に広がり、それはオレンジ、茶色、緑、水色、青、ピンクで顕著であった。「緑」と呼ばれる色域が非常に広く、「ピンク」も広い範囲の色に使用された。「灰色」の範囲はあまり広くなかった。無彩色に対して、明度が低いと「緑」、高いと「ピンク」と命名されやすかった。10BG~7Pの範囲の色は、明るいと「水色」、中明度で「青」、暗いと「紫」と回答されやすかった。「紫」はB、BG系の明度の低い色までを含んでいた。

2) 色名の使用率

全137色に対する色名別の使用率を図4に示す。

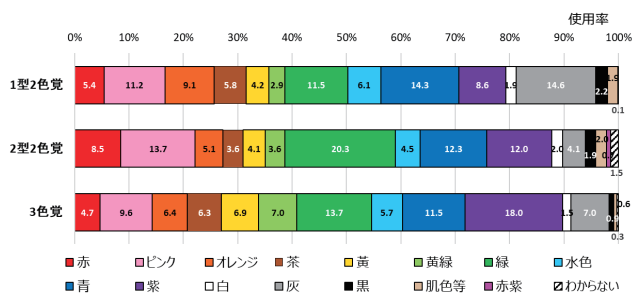


図4 色名別の使用率

他の色覚と比較して1型2色覚で非常に多く使用された色名は「灰色」であった(約15%)。「オレンジ」の使用もやや多かったが、「紫」の使用は少なかった。2型2色覚では「灰色」はあまり使われず、反対に「緑」の使用が非常に多かった(約20%)。「赤」の使用も多かった。3色覚では「紫」が他の色覚でよりも非常に多かった(約18%)。紫の色みを感じた色に対しては、明度、彩度に関わりなく「紫」と回答されたためである。

3) 他に思い浮かぶ色名、その他

①3色覚：色名の中心色からズレた色に対して、リストにない色名が回答された。色相を細分化したものとしては「青緑」や「赤紫」があった。トーンについては、オレンジ系と黄色系の明度が高い色に「クリーム」や「肌色」の回答がされ、明度や彩度が低い色に「黄土色」「カーキ」「オリーブ」の回答がされた。他に「紺色」「あずき色」といった固有色名の回答もみられた。

②2色覚：他に思い浮かんだ色名としては、河本ら(2008)も指摘しているが、3色覚のように色空間での距離が近い色名であることは稀で、ほとんどは色相が離れた混同色の色名であった。1型2色覚での例をいくつか挙げる。BG系のpトーンの色を「白」と答えた後に「ピンクかも灰色かもしれない」。BG系のltトーンの色を「ピン

ク」と回答し「灰色かもしれない」。BG系のvトーンの色を「灰色」と答えてから「知識ではエメラルドグリーン」としたもの。10Rのbトーンの色を「難しい、緑」と回答後に「オレンジかもしれない」。なお、「クリーム」「肌色」の使用は3色覚よりもやや多い傾向がみられた。

彩度が低いltgトーンの色などは複数の色名が回答される割合が多い傾向がみられた。

また、「ピンク」は最初は白っぽいがしばらく見ていると徐々に赤みが増すように見え方が変化するという報告もあった。

5. 考察

人は刺激から作られる生理的な色感覚を、色感覚と色名との過去の多くの対応経験を適用し、カテゴリカルな色知覚が成立すると考えられる。2色覚では色相が色の識別の手がかりにならないことがあるため、明るさや色の感じも活用して、3色覚による色名に合う確率を高めているようである。例えば、無彩色で明度が低いと「緑」、明度が高いと「ピンク」と回答される割合が高くなったが、河本ら(2010)は混同色線上の色の色名分類に「実効輝度」の関与を示唆している。このように色名の認識に、色感覚と色名との対応に関する経験がどのように適用されるかの検討が今後望まれる。

色を表し伝え合うときには色名が使用されるが、色を区別しにくいと色名を同定できず、いわゆる誤認が生じることがある。色名の回答は不安の中で行われている。また、学校の先生などは区別しにくい色の組合せや、情報を伝えやすくするための注意点を知ることに加え、色覚特性の違いにより、認識される色名や色の表現にズレが生じることが理解することが重要であろう。

※本調査は、公益社団法人 色彩検定協会の支援を受けて実施されたものである。

参考文献

- 河本健一郎ら. 色覚異常者の色分類における色名応答と印象. 日本色彩学会誌, 2008, 32(Supplement), 124-125.
- 河本健一郎ら. 2色覚者の混同色軌跡方向の色分類と実効輝度. 日本色彩学会誌, 2010, 34(Supplement), 110-111.
- 中村かおるら. 先天色覚異常の色誤認の頻度. 臨床眼科, 2016, 70(12), 1779-1784.
- 岡島修ら, 中村. 色覚異常者の色誤認と職業適性. 臨床眼科, 1997, 51(1), 7-12.

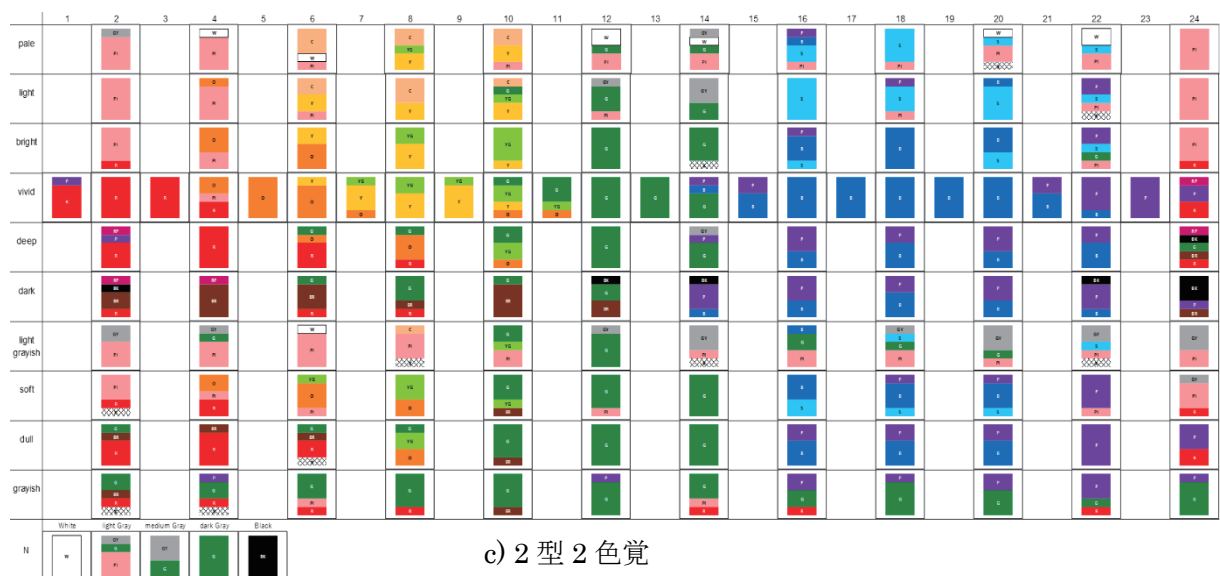
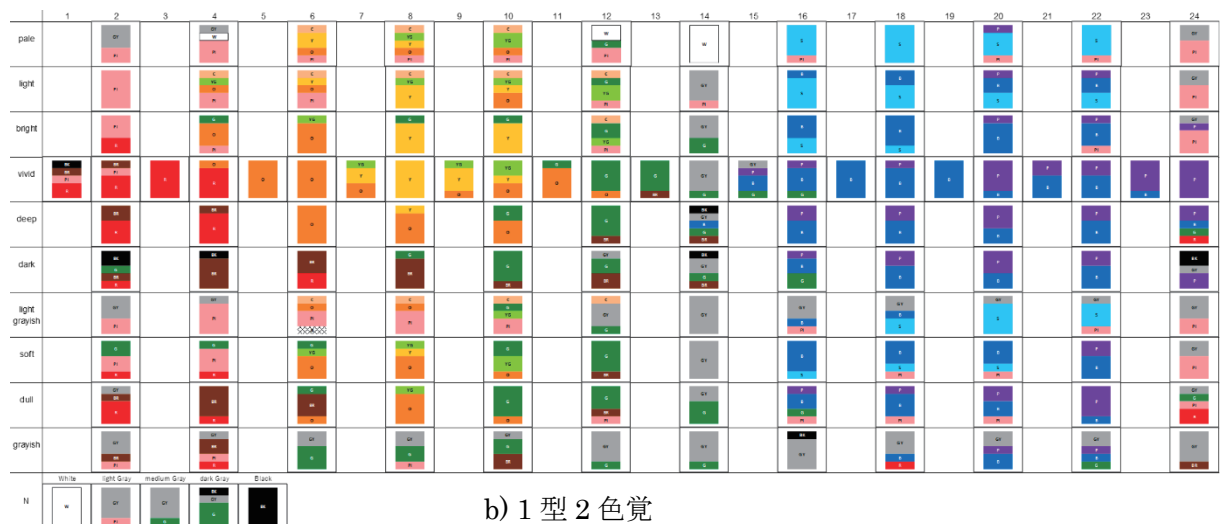
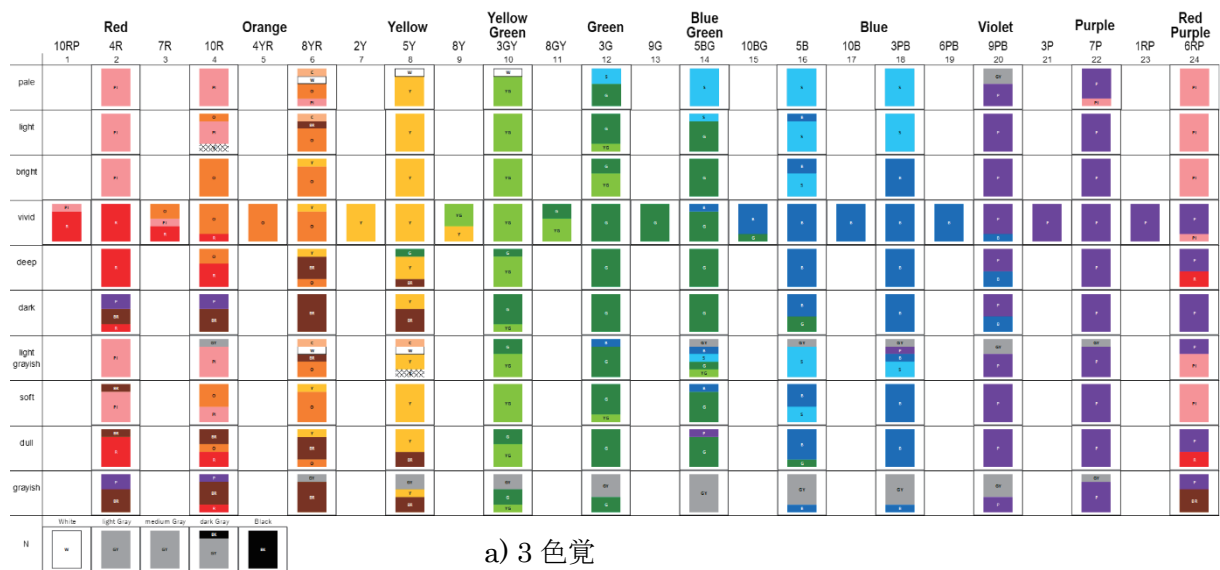
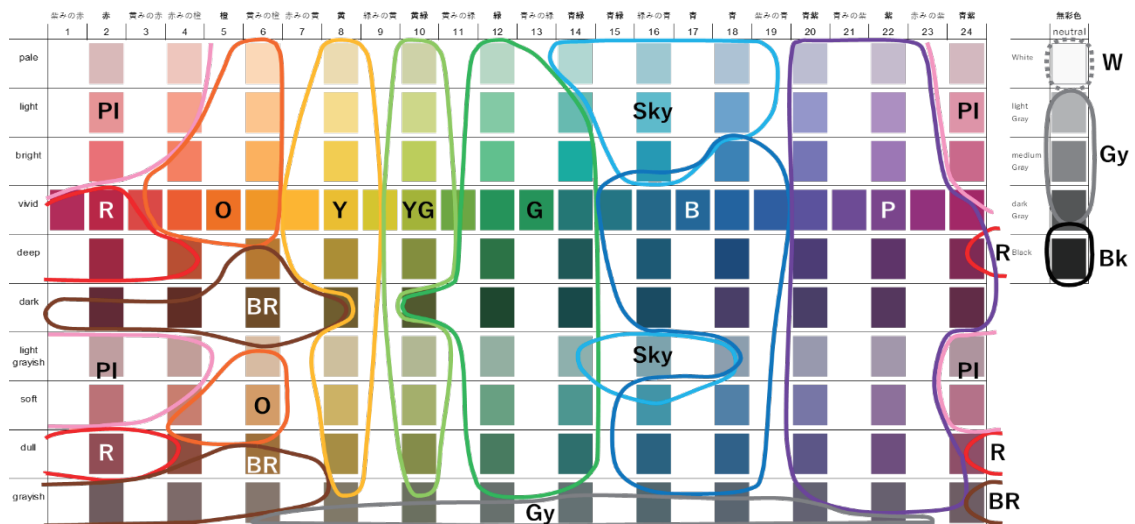
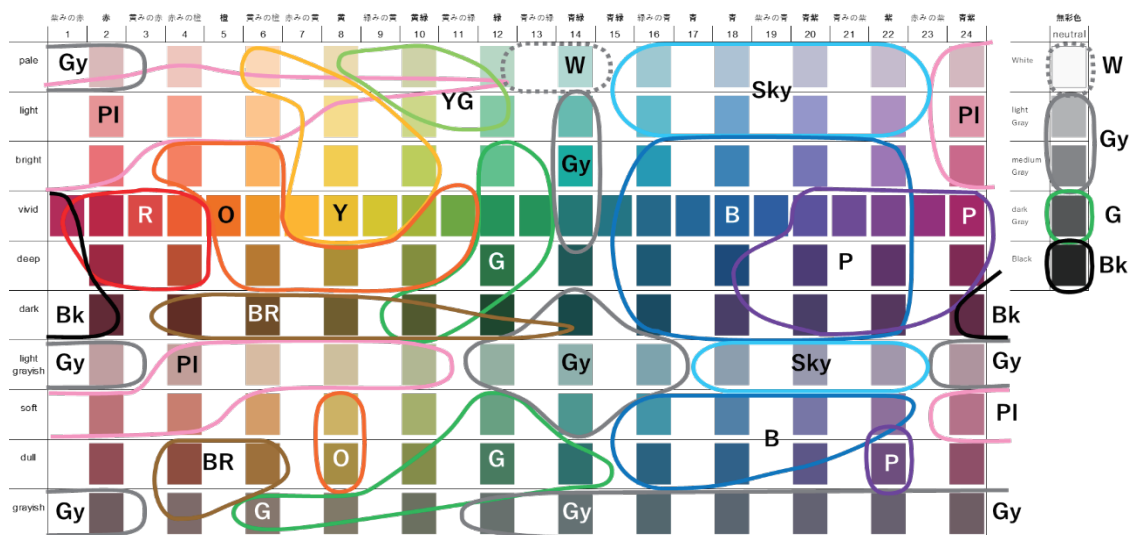


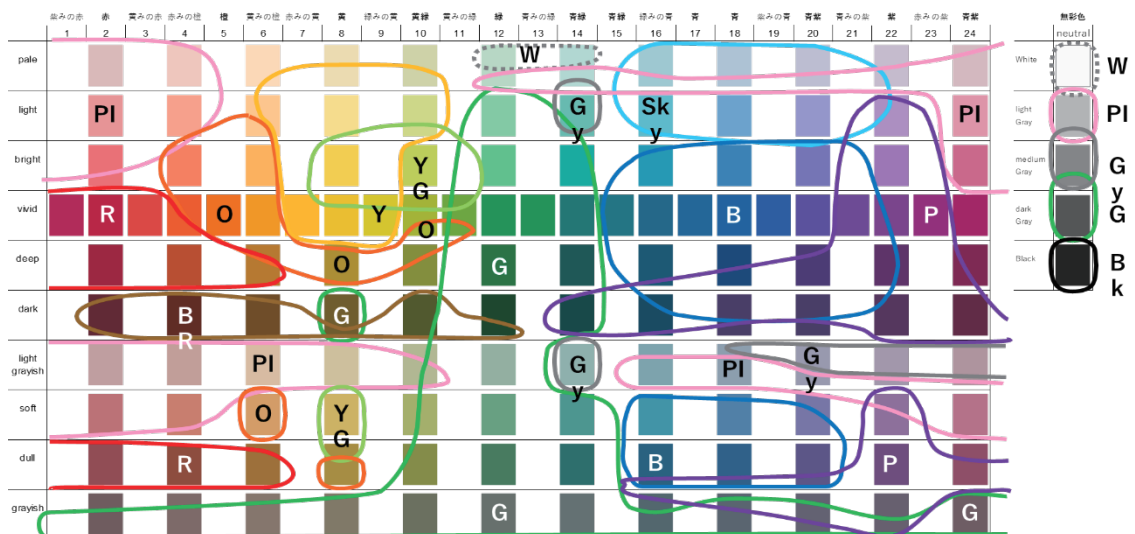
図 2 カラーネーミング結果 各色に対して回答された 5 名の色名をその色で示す



a) 3色覚



b) 1型2色覚



c) 2型2色覚

図3 色名応答の傾向 色名ごとによく使われる色の分布を線で囲んで示す

「肌色変換」による色の錯視

Color illusion produced with 'skin-colored transformation'

北岡明佳 Akiyoshi Kitaoka 立命館大学

Ritsumeikan University

Keywords: 色の錯視、肌色変換

1. はじめに

色の錯視として、加算的色彩変換による色相の錯視がある¹⁾。図1はその一例で、イチゴは赤く見えるが、それぞれの画素は赤くない(灰色か彩度の低いシアン色)。「色の対比」の一種であるとも言える。本発表は、この錯視に関連した色の錯視のデモである。

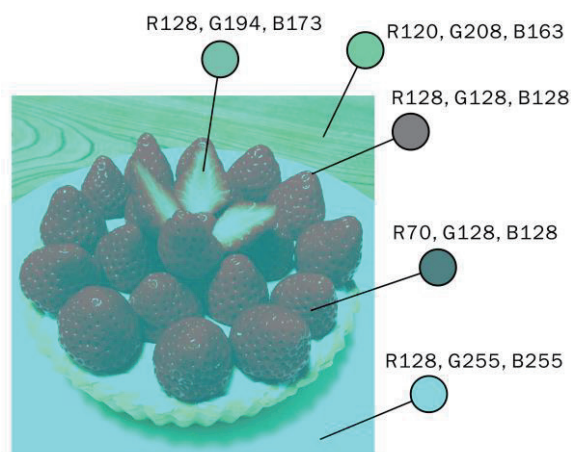


図1 画素は赤くないイチゴが赤く見える画像

2. 静脈が青く見える錯視

静脈は青く見える(図2)が、写真を撮って画素を見ると、画素は青くない²⁾。肌と同じ色相(ここでは黄色からオレンジ色。赤色であっても同じ)であって(図3)、静脈でない肌の部分よりも彩度が低い(図4)。



図2 静脈は青く見える。

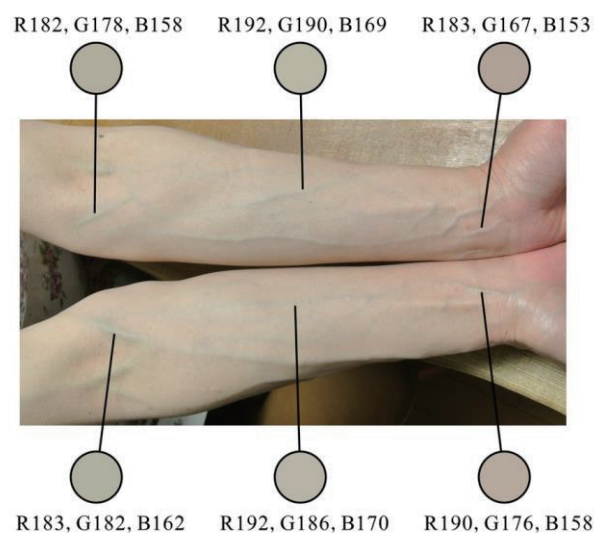


図3 この画像の静脈の写真の画素は、黄色からオレンジ色の色相である。静脈が青く見えるのは、色の錯視である。

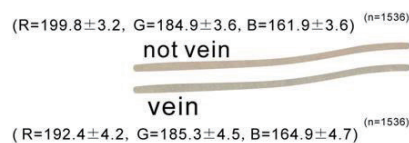


図4 静脈は静脈でない肌の部分と色相は似ているが、彩度が低い。

3. 肌の画素の RGB 値のヒストグラム

肌の画素の RGB 値は独特な分布をしている (図 5) ¹⁾。RGB 値いずれも高い値と低い値がなく、中くらいの階調値のあたりに固まって分布している。ただし、平均的には、R の階調値が高く、G が続き、B の階調値は低いという特徴を持つ。



図 5 肌の画像の画素の RGB 値のヒストグラム

4. イチゴが赤く見える錯視図の画素の RGB 値のヒストグラム

イチゴが赤く見える錯視図の画素の RGB 値も独特な分布をしている (図 6) ¹⁾。R 値は一定値より高い値を欠き、G 値と B 値はそれより低い値を欠いている。R 値が G 値と B 値を超えることはないことから、図 6 においてイチゴが赤く見えるのは色の錯視であることがわかる。

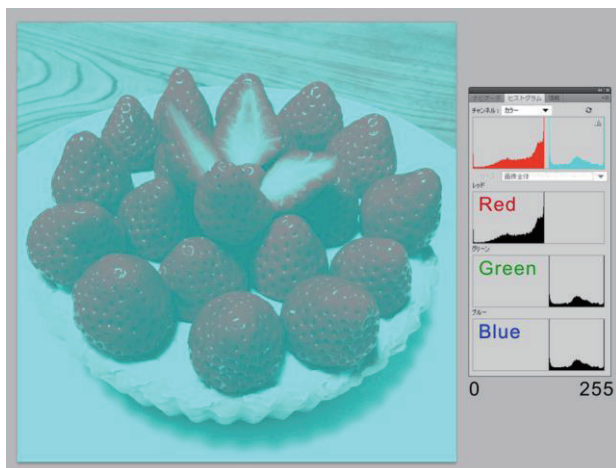


図 6 イチゴが赤く見える錯視図の画素の RGB 値のヒストグラム

5. ヒストグラム均等化仮説

自然な画像の画素を分析すると RGB 値が 0% から 100% まで (256 階調の値で言えば、0 から 255 まで) まんべんなく分布している (図 7)。我々が提唱したヒストグラム均等化 (histogram equalization) 仮説 ³⁾ では、視覚系は図 6 のよう

な偏りのある画像を与えられると、脳内でヒストグラムの均等化を行い (最大値が 70% なら 100% に、最小値が 20% なら 0% になるように数値的に変換する)、図 7 のように知覚すると考える。図 6 の画像から図 7 の画像を求めることは、画像処理としての困難性はない。視覚系にそのようなことができるか、あるいはどの程度の条件ならできるかという問題である。

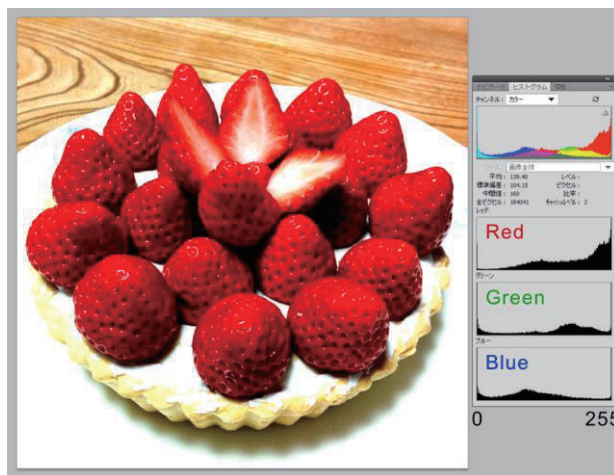


図 7 図 6 の画像のオリジナルの画像の画素の RGB 値のヒストグラム

6. 静脈が青く見える錯視にヒストグラム均等化仮説を適用

ヒストグラム均等化の考え方を肌の画像である図 5 に適用すると、図 8 になる。この変換画像においては、静脈の画素の色相は青いものになる。視覚系はこうして静脈を青いものとして知覚しているのではないかと、筆者は推定するのである。

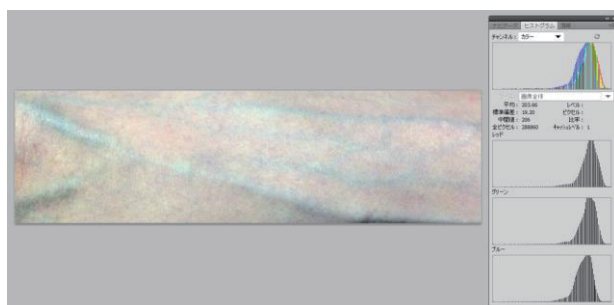


図 8 図 5 の RGB 値の分布が 0% から 100% になるよう変換した画像。静脈の画素は青い色相になる。

7. 「肌色変換」による青くないものが青く見える錯視

肌色画像は、図 5 のような特徴的な RGB ヒストグラムの分布をしている。任意の自然な画像から、ヒストグラム均等化の変換とは反対の変換

(「ヒストグラム圧縮」)によって、肌色のような分布の画像を作ることができる(「肌色変換」)。その変換の過程で、元の画像に青い対象があれば、青くないのに青く見える錯視画像を作り出すことができる(図9)。図10は、図9のヒストグラムである。



図9 「肌色変換」で作成した「画素は青くないのに青く見える」電車



図10 図9のRGB値のヒストグラム

8. 肌色変換に類似した変換による色の錯視

本稿で示した「肌色」画像は、黄色からオレンジ色の色相の画像であるが、原理としてはどのような色の画像でも可能である。たとえば、図7を元画像として、RGB値それぞれの上下を圧縮し、R値の範囲はG値の範囲およびB値の範囲のどちらよりも低いところ置くようにすれば、画素は赤くないのに赤いイチゴが見える画像を作り出すことができる(図11)。図12も同様である。

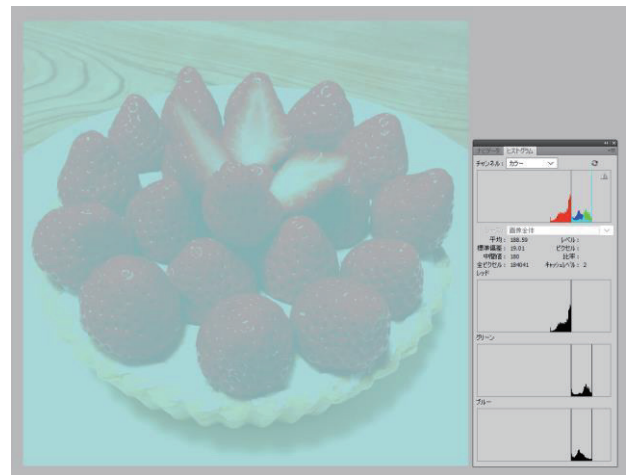


図11 「肌色変換に類似した変換」で作成した「画素は赤くないのに赤く見える」イチゴの画像

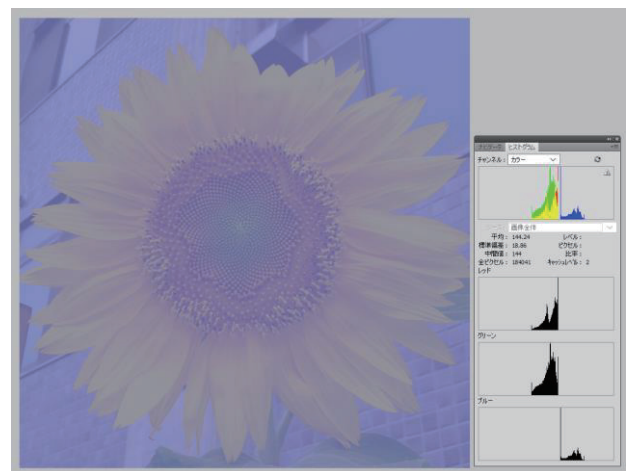


図12 「肌色変換に類似した変換」で作成した「花びらの画素は黄色くないのに黄色に見える」ひまわりの画像

参考文献

- 1) 北岡明佳：イラストレイテッド 錯視のしくみ、朝倉書店(2019)
- 2) 北岡明佳：色の錯視いろいろ(13) 静脈の色の錯視、日本色彩学会誌 38(2014) 323-324
- 3) A. Shapiro, L. Hedjar, E. Dixon, and A. Kitaoka: Kitaoka's tomato: Two simple explanations based on information in the stimulus, *i-Perception* 9(1) (2018) 1-9