

日本色彩学会第53回全国大会発表予稿集  
Proceedings of the 53<sup>rd</sup> Annual Meeting

会 期：2022年6月25日～26日

研究・作品発表：66件



発行

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

# 目次

## Contents

[1A-1]	“日本の美しい色風景”プロジェクトのサイト制作 ..... 1
	<b>Site Construction of “Beautiful COLORSCAPE in Japan”</b> 川澄未来子 (名城大学), 三木 学 (株式会社ビジョナリスト), 羽成隆司 (椋山女学園大学), 林 英光 (愛知県立芸術大学) Mikiko Kawasumi <sup>1</sup> , Manabu Miki <sup>2</sup> , Takashi Hanari <sup>3</sup> and Hideaki Hayashi <sup>4</sup> <sup>1</sup> Meijo University, <sup>2</sup> Visionarist Co.,Ltd, <sup>3</sup> Sugiyama Jogakuen University, <sup>4</sup> Aichi University of the Arts
[1A-2]	“日本の美しい色風景”プロジェクトのロゴマークデザイン ..... 3
	<b>Logo Mark Design of “Beautiful COLORSCAPE in Japan”</b> 多田真奈美 (株式会社シック), 川澄未来子 (名城大学), 林 英光 (愛知県立芸術大学), 三木 学 (株式会社ビジョナリスト) Manami Tada <sup>1</sup> , Mikiko Kawasumi <sup>2</sup> , Hideaki Hayashi <sup>3</sup> and Manabu Miki <sup>4</sup> <sup>1</sup> design office Chic.ltd, <sup>2</sup> Meijo University, <sup>3</sup> Aichi University of the Arts, <sup>4</sup> Visionarist Co.,Ltd
[1A-3]	第53回全国大会 [名古屋]’22のビジュアルデザイン ..... 5
	<b>Visual Design of 53<sup>rd</sup> CSAJ Annual Meeting 2022 in Nagoya</b> 渡辺真由子 (愛知県立芸術大学), 川澄未来子 (名城大学), 祖父江由美子 (アトリエトリコロール), ながなわ久子 (名古屋造形大学), 林 英光 (愛知県立芸術大学) Mayuko Watanabe <sup>1</sup> , Mikiko Kawasumi <sup>2</sup> , Yumiko Sobue <sup>3</sup> , Hisako Naganawa <sup>4</sup> and Hideaki Hayashi <sup>1</sup> <sup>1</sup> Aichi University of the Arts, <sup>2</sup> Meijo University, <sup>3</sup> Color Planning Atelier Tricolor, <sup>4</sup> Nagoya Zokei University
[1A-4]	表面の色が変化する錯視 ..... 7
	<b>Optical illusion that changes the color of the surface</b> 桑山哲郎 (3D フォーラム) Tetsuro Kuwayama 3Dforum
[1A-5]	シュブルール「色彩の同時対比の法則」を用いたパッチワークキルトの制作 ..... 11
	<b>The Patchwork Quilt Work Used as a Reference in The Law of Simultaneous Color Contrast by M.E. Chevreul</b> 江良智美 (東京家政学院大学) Satomi Era Tokyo Kasei Gakuin University
[2A-1]	色で読み解く映画の楽しみ方 –アニメーション映画編– ..... 14
	<b>How to enjoy movies from the perspective of color –Animated film–</b> 松田博子 (カラーコンサルタントスタジオ, 立命館大学非常勤講師) Hiroko Matsuda Color Consultant Studio, Ritsumeikan University
[2A-2]	中国と日本での色名と色認識の違い –赤と紅, 青と藍 ..... 18
	<b>Differences in color names and color recognition between China and Japan</b> 浅野 晃, 中村美智子 (関西大学), 浅野 (村木) 千恵 (北海道教育大学) Akira Asano <sup>1</sup> , Michiko Nakamura <sup>1</sup> and Chie Muraki Asano <sup>2</sup> <sup>1</sup> Kansai University, <sup>2</sup> Hokkaido University of Education
[2A-3]	日本語話者と中国語話者が想起する多様な色名 ..... 21
	<b>Various Color Words Japanese and Chinese People are Using</b> 楠本晴樹, 川端康弘 (北海道大学) Haruki Kusumoto and Yasuhiro Kawabata Hokkaido University
[2A-4]	かさね色と日中の服色文化 ..... 25
	<b>Kasane Color and Cloth Color Culture Compare Japan and China</b> 國本学史 (慶應義塾大学 / 黄岡師範学院), 曲 音 (北京聯合大学) Norifumi Kunimoto <sup>1</sup> and Qu Yin <sup>2</sup> <sup>1</sup> Keio University/Huanggang Normal University, <sup>2</sup> Beijing Union University

[2A-5]	音楽を参照とした色彩研究 .....	29
	<b>Color research with reference to music</b> 鄭 曉紅 (中国人民大学) Zheng Xiaohong Renmin University of China	
[3A-1]	絵画画像の微細色面に着目した再帰的畫面分割に基づく階段関数系による色彩分析の試行 .....	32
	<b>A consideration about color analysis of paintings by recursive step-function system focusing on fine areas of painting art</b> 室屋泰三 (国立新美術館) Taizo Muroya The National Art Center, Tokyo	
[3A-2]	分光画像情報と三次元情報の統合に関する検討 .....	36
	<b>Investigation on Integration of Spectral Image Information and Three-dimensional Information</b> 土居元紀, 西 省吾, 来海 暁 (大阪電気通信大学) Motonori Doi, Shogo Nishi, Akira Kimachi Osaka Electro-communication University	
[3A-3]	スマートフォンカメラによるマルチバンドイメージング .....	38
	<b>Multiband Imaging with Smartphone Cameras</b> 西 省吾 (大阪電気通信大学), 大寺 亮 (神戸情報大学院大学), 富永昌治 (長野大学, ノルウェー科学技術大学) Shogo Nishi <sup>1</sup> , Ryo Ohtera <sup>2</sup> and Shoji Tominaga <sup>3</sup> <sup>1</sup> Osaka Electro-communication University, <sup>2</sup> Kobe Institute of Computing, Graduate School of Information Technology, <sup>3</sup> Nagano University, Norwegian University of Science and Technology	
[3A-4]	差分進化法を用いたデジタルカメラ分光感度推定シミュレーション .....	40
	<b>Estimation of digital camera's spectral sensitivity using differential evolution and the performance evaluated by simulation</b> 佐田元輝 (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) Genki Sada <sup>1</sup> and Hiroyuki Shinoda <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, <sup>2</sup> College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University	
[3A-5]	サブ画素配列のディスプレイ MTF が知覚的解像度と与える影響の検証 .....	44
	<b>Verification of the Effects of Display MTF by Subpixel Layouts on Subjective Spatial Resolution</b> 安渡 翼, 田中 緑, 堀内隆彦 (千葉大学大学院), 正岡顕一郎 (NHK 放送技術研究所) Tsubasa Ando <sup>1</sup> , Midori Tanaka <sup>1</sup> , Takahiko Horiuchi <sup>1</sup> and Kenichiro Masaoka <sup>2</sup> <sup>1</sup> Chiba University, <sup>2</sup> NHK Science and Technology Research Laboratories	
[4A-1]	間接陽極酸化によるニオブのカラーリング技術: 単色からオイルスリック模様まで .....	46
	<b>Coloring Technology of Niobium by Indirect Anodization: From Monochromatic Color to Oil Slick Pattern</b> 國母優香 (工学院大学大学院工学研究科), 阿相英孝 (工学院大学先進工学部) Yuuka Kokubo <sup>1</sup> and Hidetaka Asoh <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Kogakuin University, <sup>2</sup> School of Advanced Engineering, Kogakuin University	
[4A-2]	LED スペクトラルチューナブル光源による補助標準イルミナント D50 の実現と既存標準光源との比較 .....	50
	<b>Reconstruction of supplementary standard illuminant D50 by LED spectrally tunable light source and comparison with commercial standard sources</b> 神門賢二 (産業技術総合研究所), 渡 脩 (株式会社セルシステム) Kenji Godo <sup>1</sup> and Osamu Watari <sup>2</sup> <sup>1</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>2</sup> CELL System Co., Ltd	
[4A-3]	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 7: 光トラップ形状の検討 .....	54
	<b>Non-contact colorimetric measurement using dome illumination for free-form surfaces Part 7: Consideration of light trap shape</b> 酒井英樹 (大阪公立大学大学院生活科学研究科), 伊與田浩志 (大阪公立大学大学院工学研究科) Hideki Sakai <sup>1</sup> and Hiroyuki Iyota <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Human Life and Ecology, Osaka Metropolitan University <sup>2</sup> Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University	
[4A-4]	構造色を持つ顔料の異なる照明光下における評価 .....	58
	<b>Evaluation of pigments with structural color under different illumination</b> 玉木伽奈, 田内一輝, 田邊匡生, 関 天嘉, 日高杏子 (芝浦工業大学) Kana Tamaki, Kazuki Tauchi, Tadao Tanabe, Takahiro Seki and Kyoko Hidaka Shibaura Institute of Technology	

[5A-1]	『Hidden Plate』の特性を組み込む画像変換アプリケーションの制作と検証 ..... 61	61
	<b>Development and Verification of an Application Producing Images with the Property of “Hidden Plate”</b>	
	濱崎 光, 原田拓弥 (九州大学大学院芸術工学府), 村谷つかさ, 須長正治 (九州大学大学院芸術工学研究院)	
	Hikari Hamasaki, Takuya Harada, Tsukasa Muraya and Shoji Sunaga	
	Kyushu University	
[5A-2]	学生が高齢者疑似体験ゴーグルを着用したときの照明光色による顔表面温度の変化 ..... 64	64
	<b>Changes in the face surface temperature due to lighting color of students wearing simulated experience goggles for the elderly</b>	
	上田直幸, 友部和樹, 佐藤優次, 三栖貴行 (神奈川工科大学)	
	Naoyuki Ueda, Kazuki Tomobe, Yuji Sato and Takayuki Misu	
	Kanagawa Institute of Technology	
[5A-3]	先天性色弱者におけるカラーネーミングとその色空間 ..... 68	68
	<b>Color Naming and Color Space of Congenital Color Deficiencies</b>	
	阿山みよし, 大古場 稔, 石川智治 (宇都宮大学)	
	Miyoshi Ayama, Minoru Ohkoba, Tomoharu Ishikawa	
	Utsunomiya University	
[5A-4]	先天少数色覚型の脳内色空間 –先天少数色覚型者の色空間の2面性– ..... 71	71
	<b>Color space in the brain of congenital minority color vision type —Two aspects of the color space of congenital minority color vision types</b>	
	伊賀公一 (NPO 法人カラーユニバーサルデザイン機構)	
	Koichi Iga	
	Free Resercher	
[6A-1]	色識別力の学習効果 ..... 74	74
	<b>The learning effects of color discrimination</b>	
	喬 ア楠, 川端康弘 (北海道大学)	
	Yanan Qiao and Yasuhiro Kawabata	
	Hokkaido University	
[6A-2]	リップカラーが表情認知に与える効果 ..... 78	78
	<b>Effects of lip colour on the recognition of emotion in facial expressions</b>	
	左 沿, 川端康弘 (北海道大学)	
	Yan Zuo and Yasuhiro Kawabata	
	Department of Psychology, Hokkaido University	
[6A-3]	Customer’s Feelings on Food Photographs affected by Lighting Direction ..... 82	82
	Chatchai Nuangcharoenporn, Waiyawut Wuthiastarn and Uravis Tangkijviwat	
	Department of Color Technology and Design, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala	
	University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[6A-4]	Comparison of Thai tea color between from memory and real products ..... 86	86
	Chanida Saksirikosol, Pappim Chuenjai, Kitirochna Rattanakasamsuk and Chanprapha Phuangsuan	
	Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[6A-5]	K-mean Cluster Analysis of Representative Color of Thai Alternative Gender ..... 89	89
	Kitirochna Rattanakasamsuk, Chanida Saksirikosol and Chanprapha Phuangsuan	
	Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[7A-1]	Hue shift direction under vivid color LED ..... 92	92
	Phubet Chitapanya, Chanprapha Phuangsuan and Mitsuo Ikeda	
	Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[7A-2]	Device dependency investigated by simultaneous color contrast ..... 95	95
	Janejira Mepean <sup>1</sup> , Chanprapha Phuangsuan <sup>2</sup> and Mitsuo Ikeda <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Color Technology and Design, Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology	
	Thanyaburi, Thailand	
	<sup>2</sup> Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	

[7A-3]	Simultaneous brightness contrast measured by two techniques: paper stimuli and space.....	99
	Mitsuo Ikeda and Chanprapha Phuangsuan Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[7A-4]	Use of representative gender color for toilet signs.....	103
	Chanprapha Phuangsuan <sup>1</sup> , Mitsuo Ikeda <sup>1</sup> and Wipada Pumila <sup>2</sup> <sup>1</sup> Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand <sup>2</sup> Department of Digital Printing and Packaging Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[7A-5]	Colors, Color Preferences, and Everyday Objects .....	106
	Mahshid Baniani Mejiro University	
[1B-1]	顔の明るさ知覚に対するメラニン・ヘモグロビンの影響 .....	110
	<b>Effects of melanin and hemoglobin on the perception of facial brightness</b> 北野卓久 (千葉大学大学院融合理工学府), 佐藤弘美, 溝上陽子 (千葉大学大学院工学研究院) Takahisa Kitano <sup>1</sup> , Hiromi Sato <sup>2</sup> and Yoko Mizokami <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Chiba University <sup>2</sup> Graduate School of Engineering, Chiba University	
[1B-2]	顔の印象が「似合う色」判断に及ぼす影響 .....	112
	<b>Facial Impression Influences the Judgment of "Suitable Colors"</b> 森田愛子, 山下彩花 (広島大学), 渡辺樹里 (jewelblooming 株式会社) Aiko Morita <sup>1</sup> , Ayaka Yamashita <sup>1</sup> and Juri Watanabe <sup>2</sup> <sup>1</sup> Hiroshima University, <sup>2</sup> jewelblooming, LTD	
[1B-3]	顔色が表情の類似度認識に与える影響 .....	116
	<b>Influence of facial color on facial expression similarity recognition</b> 道下 涼 (千葉大学大学院融合理工学府), 山田真希子 (国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構量子医科学研究所), 佐藤弘美, 溝上陽子 (千葉大学大学院工学研究院) Ryo Michishita <sup>1</sup> , Makiko Yamada <sup>2</sup> , Hiromi Sato <sup>3</sup> and Yoko Mizokami <sup>3</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Chiba University <sup>2</sup> National Institute of Radiological Sciences, National Institutes for Quantum Science and Technology <sup>3</sup> Graduate School of Engineering, Chiba University	
[1B-4]	照明の分光強度分布がオンライン会議における顔の見えに与える影響 .....	119
	<b>Effect of the Spectral Power Distributions of Illumination on Facial Appearance at an Online Meeting</b> 岩崎拓真 (千葉大学大学院融合理工学府), 佐藤弘美, 溝上陽子 (千葉大学大学院工学研究院) Takuma Iwasaki <sup>1</sup> , Hiromi Sato <sup>2</sup> and Yoko Mizokami <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Chiba University <sup>2</sup> Graduate School of Engineering, Chiba University	
[1B-5]	リップカラーの違いが肌の色の見えに与える影響—視対象の提示方法の違いによる検討—.....	123
	<b>Effects of Lip Color on Appearance of Facial Skin Depending on Visual Targets</b> 駒井香里, 賀好舞由紀, 奥田紫乃 (同志社女子大学), 岡嶋克典 (横浜国立大学) Kaori Komai <sup>1</sup> , Mayuki Kako <sup>1</sup> , Shino Okuda <sup>1</sup> , Katsunori Okajima <sup>2</sup> <sup>1</sup> Doshisha Women's College of Liberal Arts, <sup>2</sup> Yokohama National University	
[2B-1]	色弁別の知覚学習がカテゴリカル色知覚を変化させる .....	125
	<b>Perceptual learning of color discrimination alters categorical color perception</b> 堀内涼葉, 永井岳大 (東京工業大学) Suzuha Horiuchi and Takehiro Nagai Tokyo Institute of Technology	
[2B-2]	視覚特性の個人差を考慮した ipRGC が色弁別に与える影響の考察 .....	129
	<b>Consideration of Influence of ipRGC on Color Discrimination Considering Individual Differences in Visual Characteristics</b> 大津昌也, 田中 緑, 堀内隆彦 (千葉大学大学院) Masaya Ohtsu, Midori Tanaka and Takahiko Horiuchi Chiba University	

[2B-3]	高齢者の生活環境における色彩弁別能力の評価 ～ 100Hueテスト色刺激を適用したカラーカード提示による弁別評価の試み～ .....	132
	<b>Evaluation of Color Discrimination in the Living Environment for the Elderly –Evaluation of Discrimination by Color Card Presentation Method Applied for 100 Hue Test stimulus–</b>	
	吉澤陽介(木更津工業高等専門学校), 小粥将直(株式会社D&Pメディア / NPO 法人メディアユニバーサルデザイン協会) Yosuke Yoshizawa <sup>1</sup> and Masanao Ogai <sup>2</sup> <sup>1</sup> National Institute of Technology, Kisarazu College <sup>2</sup> D&Pmedia Co., Inc / Media UniversalDesign Association [NPO]	
[2B-4]	金色の見えを想定したプロジェクションマッピングによる色票の金色知覚 .....	136
	<b>Perception of Gold Color in Color Charts Using Projection Mapping with Assuming an Appearance of Gold</b>	
	櫻井将人, 山本二千翔(静岡理工科大学) Masato Sakurai and Nichika Yamamoto Shizuoka Institute of Science & Technology	
[2B-5]	“演光沢感性”に関わる照明環境特性の探索 .....	138
	<b>Properties of lighting environments for “Glossiness rendering index”</b>	
	永井岳大, 牧平顕也(東京工業大学工学院情報通信系) Takehiro Nagai and Kenya Makihira Department of Information and Communications Engineering, School of Engineering, Tokyo Institute of Technology	
[3B-1]	3DCGIにおける色彩に対する意識と色彩教育の重要性について .....	142
	<b>Awareness of color in 3DCGI and the importance of color education</b>	
	森友令子(オフィス森友) Reiko Moritomo Office Moritomo	
[3B-2]	色覚多様性の観点から色彩を教育するための要点整理 .....	144
	<b>Essential points for color education design to include the diversity of color vision</b>	
	村谷つかさ, 須長正治(九州大学大学院芸術工学研究院) Tsukasa Muraya and Shoji Sunaga Faculty of Design, Kyushu University	
[3B-3]	図画工作や美術の授業における色覚多様性を意識した色彩教育の実態調査 .....	148
	<b>Survey on Color Education for Diversity of Color Vision in Art Class</b>	
	主税礼菜(九州大学大学院芸術工学府), 村谷つかさ, 須長正治(九州大学大学院芸術工学研究院) Reina Chikara, Tsukasa Muraya and Shoji Sunaga Kyushu University	
[3B-4]	色彩教育におけるデジタルデバイス用配色トレーニングアプリケーションの開発 –アプリケーションの開発について– .....	152
	<b>Development of color scheme training applications for digital devices in color education –Development of application–</b>	
	折戸隆樹, 河西大介, 大野 綾, 越水重臣(東京都立産業技術大学院大学) Takaki Orito, Daisuke Kasai, Aya Ono and Shigeomi Koshimizu Advanced Institute of Industrial Technology	
[3B-5]	色彩教育におけるデジタルデバイス用配色トレーニングアプリケーションの開発 –アプリケーションの評価と分析– .....	155
	<b>Development of color scheme training applications for digital devices in color education –Evaluation and analysis of application –</b>	
	河西大介, 折戸隆樹, 大野 綾, 越水重臣(東京都立産業技術大学院大学) Daisuke Kasai, Takaki Orito, Aya Ono and Shigeomi Koshimizu Advanced Institute of Industrial Technology	
[4B-1]	髪デザインカラーによる女性印象の操作に関する基礎的検討 .....	159
	<b>Fundamental study on women’s impressions control with design hair coloring</b>	
	長野智彦, 中岡志保, 池田 浩(花王株式会社), 行場次朗(尚絅学院大学) Tomohiko Nagano <sup>1</sup> , Shiho Nakaoka <sup>1</sup> , Hiroshi Ikeda <sup>1</sup> and Jiro Gyoba <sup>2</sup> <sup>1</sup> Kao Corporation, <sup>2</sup> Shokei Gakuin University	

[4B-2]	ブランドサイト掲載画像から探る女性ファッションの配色傾向 –アイテム間の色差を基にした解析– ……………	163
	<b>The Tendency of Women's Fashion Color Schemes of the Images on the Apparel Brand Sites –Analyses based on the Color Differences of Clothing Items –</b>	
	榎 究, 堀内萌加, 安原亜美 (実践女子大学) Kiwamu Maki, Moeka Horiuchi and Ami Yasuhara Jissen Women's University	
[4B-3]	被服選択における色嗜好と性格特性の関係 ……………	167
	<b>Relationship between color preference and personality trait in selecting clothing</b>	
	中村信次 (日本福祉大学) Shinji Nakamura Nihon Fukushi University	
[4B-4]	服飾系大学で学ぶ学生の色嗜好について –クラウド型教育支援サービスmanabaに投稿された画像から見られる色の傾向と固定紙法による嗜好色結果を比較して ……………	169
	<b>Comparing color trends obtained from images posted on the cloud-based educational support service manaba and preference color results by fixed paper method</b>	
	水越 綾 (杉野服飾大学) Aya Mizukoshi Sugino Fashion College	
[5B-1]	個人と集団による色彩嗜好の比較検討 ……………	173
	<b>Research of color preference compare with group and individuals</b>	
	稲葉 隆 (日本カラーデザイン研究所) Takashi Inaba Nippon Color & Design Research Institute INC.	
[5B-2]	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(3) –学習モデルの差が予測調和度に及ぼす影響– ……………	176
	<b>Experiment of Deep Learning to Construct Color Harmony Theory (3) –Effect of Differences in Learning Models on Predictive Harmony–</b>	
	石原久代 (椋山女学園大学), 浅井 徹 (あいち産業科学技術総合センター), 加藤千穂 (椋山女学園大学), 山縣亮介 (名古屋学芸大学) Hisayo Ishihara <sup>1</sup> , Tohru Asai <sup>2</sup> , Chiho Kato <sup>1</sup> and Ryosuke Yamagata <sup>3</sup> <sup>1</sup> Sugiyama Jogakuen University, <sup>2</sup> Aichi Center for Industry and Science Technology, <sup>3</sup> Nagoya University of Arts and Sciences	
[5B-3]	色の見えモードが色光特徴付け法によって作られた配色の視覚的印象に与える影響 ……………	178
	<b>Influence of Color Appearance Modes on Visual Impression of Color Arrangement Produced by the Colored Light Characterization Method</b>	
	服部 雄, 石田泰一郎 (京都大学大学院工学研究科) Takeru Hattori and Taiichiro Ishida Graduate School of Engineering, Kyoto University	
[5B-4]	異なる分光分布形状・色度を持つLED照明間における色恒常性 ……………	181
	<b>Color constancy under LED lighting with different spectral distribution and chromaticity</b>	
	北堂絢菜, 篠田博之 (立命館大学) Ayana Hokudo and Hiroyuki Shinoda Ritsumeikan University	
[6B-1]	地域のイメージと色彩：富山らしい色彩の調査 ……………	185
	<b>Regional Image and Color; Survey of Toyama-style Colors</b>	
	秋月有紀 (富山大学) Yuki Akizuki University of Toyama	
[6B-2]	戸建住宅街区の色彩 & 景観デザインの変遷_千葉ニュータウンの事例より ……………	187
	<b>Changes in color and landscape design of detached residential blocks _Case of Chiba New Town</b>	
	杉山朗子 (日本カラーデザイン研究所) Akiko Sugiyama Nippon Color & Design Research Institute Inc	
[6B-3]	ルイス・バラガンの建築思想における色彩概念の考察 ……………	191
	<b>Study on the Concept of Color in Luis Barragán's Architectural Philosophy</b>	
	東俊一郎 (モンテレイ大学) Shunichiro Higashi Monterrey University	

[6B-4]	室内基調色の配色に関する研究 –壁面色と床面色の配色と印象の関係–	193
	<b>Research on interior base colors: The relationship between the color scheme of the wall color and the floor color and the impression</b>	
	徐 雯俐 (筑波大学大学院), 周 琛, 山本早里 (筑波大学芸術系)	
	Wenli Xu <sup>1</sup> , Chen Zhou <sup>2</sup> and Sari Yamamoto <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Master's Program in Design, University of Tsukuba, <sup>2</sup> Faculty of Art and Design, University of Tsukuba	
[6B-5]	2種の照明光色による室内の色度分布が空間の視覚的印象に与える影響	197
	<b>Influence of the chromaticity distribution produced by two lighting colors in a room on the visual impression of the space</b>	
	鈴木雄大, 石田泰一郎 (京都大学大学院工学研究科)	
	Yudai Suzuki and Taiichiro Ishida	
	Graduate School of Engineering, Kyoto University	
[7B-1]	塗り絵の色消去が体調や気分を与える影響 –塗り絵, 線画作成と比較して	201
	<b>Effects of color erasure in painting on physical condition and mood –Comparison with painting and line drawing–</b>	
	昆野照美, 川端康弘 (北海道大学)	
	Terumi Konno and Yasuhiro Kawabata	
	Hokkaido University	
[7B-2]	チョコレートの背景色が味覚・触覚・温度感に及ぼす影響	205
	<b>Psychological effect of chocolate background colors on taste, texture and temperature senses</b>	
	富田圭子, 内田 和, 河浦萌海, 船本真由, 澤田美穂 (近畿大学)	
	Keiko Tomita, Nodoka Uchida, Moemi Kawaura, Mayu Funamoto and Misato Sawada	
	Kinki University	
[7B-3]	癒される色相やトーンの特徴とその効果 –PCCSの単色刺激シート集を用いて–	207
	<b>The Effects and Characteristics in Iyashi from Colors and Tones –Using Single Color Sheets of PCCS–</b>	
	菊谷敬子, 川端康弘 (北海道大学大学院文学研究院)	
	Takako Kikuya and Yasuhiro Kawabata	
	Graduate School of Humanities and Human Sciences, Hokkaido University	
[7B-4]	色の調和傾向を説明変数とした香りの選択における確認実験	211
	<b>Confirmation experiment for fragrance selection using color</b>	
	若田忠之 (早稲田大学)	
	Tadayuki Wakata	
	Waseda University	
[7B-5]	色彩語の細分化と翻訳	213
	<b>Differentiation and translation of color terms</b>	
	日高杏子 (芝浦工業大学)	
	Kyoko Hidaka	
	Shibaura Institute of Technology	

# “日本の美しい色風景”プロジェクトのサイト制作 Site Construction of “Beautiful COLORSCAPE in Japan”

川澄未来子	Mikiko Kawasumi	名城大学	Meijo University
三木 学	Manabu Miki	株式会社ビジョナリスト	Visionarist Co.,Ltd
羽成隆司	Takashi Hanari	椋山女学園大学	Sugiyama Jogakuen University
林 英光	Hideaki Hayashi	愛知県立芸術大学	Aichi University of the Arts

**Keywords:** 美しさ, 色風景, 写真画像, データベース, Web サイト.

## 1. はじめに

“日本の美しい色風景”プロジェクトは、人が感じる多様な「美」のデータを集めて可視化し、共有・活用していく活動である<sup>1)</sup>。活用の方向性は多様で、美しさの分析にとどまらず、広くマチづくり、モノづくり、コトづくり、ヒトづくりに役立てる社会活動を目指している。

本稿では、そのデータを投稿・閲覧・検索するサイト<sup>2)</sup>(図1)の制作に焦点をあて、現在までに試した方法や結果、課題や今後の予定をまとめる。

## 2. 経緯

プロジェクトの立ち上げは2020年7月だった。その後、第1次募集(2020年8~9月)で約170、第2次募集(2021年9~10月)で合計約330の推薦データを収集した。第1次募集の直後に、データを閲覧・検索するグラフィカルユーザインタフェースを有するサイトのプロトタイプを制作した。第2次募集以降は、投稿・閲覧・検索の3つの機能を持ち(図1~2)、日本色彩学会員のみがアクセスできるサイトになっている。

初期のサイト構想のラフスケッチを図3に示す。プロトタイプでは、このうちの約8割の機能を実装した。その後、第2次募集に合わせて投稿機能の追加、投稿データ項目の見直し、検索機能の強化などを行なった。

## 3. 方法

### (1) データ投稿

投稿方法は、第1次募集ではGoogleフォームを用いたが、第2次募集では、閲覧・検索サイトに投稿機能を追加し、投稿・閲覧・検索を一元管理できるようにした。

表1に、収集データの項目を示す。第1次募集

では、手元に写真画像がない場合に、一般のWebサイトのURLを投稿できるようにしていたが、著作権上の問題もあるため、第2次募集からは削った。また、第1次募集で収集していた投稿者本人の属性(居住地や年代や職業など)は、第2次



図1 サイトトップページ(2021)



図2 主要な色彩「緑」の検索例(2021)

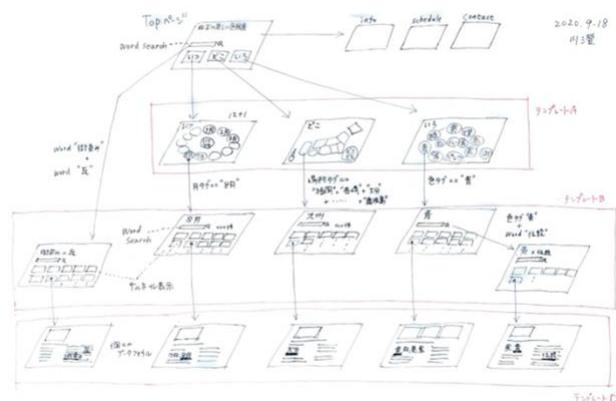


図3 初期のサイト構想のラフスケッチ<sup>3)</sup>(2020)

募集からは収集しないこととし、ペンネームや匿名での掲載も許容している。さらに第2次募集では、キーワードを入力できるようにした。これにより、Instagramのハッシュタグのような役割をもつため、検索タグ(ラベル)の月・都道府県・主要色に加えて、キーワード検索ができる。シリーズで投稿する場合に同じキーワードを入れておくと、まとめて検索しやすくなる。

投稿者については、第1次募集では、日本色彩学会の2研究会(美しい日本の色彩環境を創る研究会、くらしの色彩研究会)会員のみからスタートし、第2次募集では学会員全体に拡張した。

## (2) データ閲覧・検索

閲覧には、サムネール一覧表示と個々のデータ表示がある。検索は、「いつ」検索、「どこ」検索、「いろ」検索、キーワード検索、フリーワード検索がある。投稿者が提出した表1の4~6および9の情報を利用して、データ検索できる。第2次募集のデータ公開時に、キーワード検索の機能を追加した。

## 4. 結果と考察

現時点で約370のデータを所持しており、多様な分野・職業の人たちの協力によって、対象も広がってきた。例えば、自然環境は空や海、山岳や草花など、人工物は街の景観、建築物、庭、畑、道路、製品など、また、食物、祭りや行事などもある。色彩の専門家である学会員の視線や美的感性が、“美しい色風景”データとして可視化されて一覧できるのは、有意義である。

美しさの質の多様さを確認しやすいデータ量になってきた。それに伴い、住人として感じる美しさと観光などで一時的に訪問して感じる美しさは、分けて扱うべきかもしれないと気づかされた。投稿時に、その地域への居住経験を確認する設問を追加するなど検討したい。

「いつ」「どこ」「いろ」のラベルに偏りがあるので、データを分類して正確に調べ、次の募集で足りないところを充足する戦略が必要かもしれない。地域や季節の特性が浮かび上がるように、データを増やしていきたい。

## 5. まとめと今後

“日本の美しい色風景”データを投稿・閲覧・検索するサイトを制作し、日本色彩学会の公式サイト上で公開した。現在は次の更新に向けて準備中である。技術的な課題として、投稿から閲覧へ

表1 収集データの項目

### a) 第1次募集(2020年7~8月)

掲載順	収集データ	情報種別
1	美しい色風景のタイトル	主観/客観
2	その色風景の詳しい説明	主観/客観
3	あなたが美しいと感じる理由や思い出	主観
4	その色風景に出会える時期(1月、2月…、いつでも)	客観
5	その色風景に出会える場所(北海道、岩手県…、どこでも)	客観
6	主要な色彩(赤、黄、緑、青…:基本12色)	主観
7	参考になる写真画像	主観/客観
8	参考になるWebサイト	主観/客観
9	投稿者(本名、居住地、年代、性別、職業、学会員かどうか)	-

### b) 第2次募集(2021年8~9月)

掲載順	収集データ	情報種別
1	美しい色風景のタイトル	主観/客観
2	その色風景の詳しい説明	主観/客観
3	あなたが美しいと感じる理由や思い出	主観
4	その色風景に出会える時期(1月、2月…、いつでも)	客観
5	その色風景に出会える場所(北海道、岩手県…、どこでも)	客観
6	主要な色彩(赤、黄、緑、青…:基本12色)	主観
7	参考になる写真画像	主観/客観
8	投稿者(本名/ペンネーム/匿名)	-
9	キーワード(5つまで)	主観

至る作業の簡略化、重複投稿やデータ不備の検出などがある。また、サイトの用途を考えると、主要な色彩をマンセル値などで表示する機能の追加が望まれる。さらに、現在は学会員のみに限定公開しているが、今後は一部のデータを一般公開してプロジェクトを広報していくこと、SNSとの連携なども検討したい。投稿規定やデータ活用のガイドラインなど、著作権の扱いも踏まえて整備していく予定である。

## 謝辞

データ投稿いただいた学会員の皆様に対して感謝の意を表します。なお、本稿掲載についても全ての写真の許諾を得ている。

## 参考文献

- 1) 羽成隆司, 林英光, 三木学, 川澄未来子: 特集“日本の美しい色風景”を求めて, 色彩学, Vol.1, No.2(2022)
- 2) 日本色彩学会: 日本の美しい色風景サイト, <https://color-science.jp/colorscape/> (学会員限定), 最終閲覧日: 2022年4月23日.
- 3) 日本色彩学会: 日本の美しい色風景ガイドページ, [https://color-science.jp/colorscape/Cover\\_colorscape.pdf](https://color-science.jp/colorscape/Cover_colorscape.pdf), 最終閲覧日: 2022年4月23日.

# “日本の美しい色風景” プロジェクトのロゴマークデザイン Logo Mark Design of “Beautiful COLORSCAPE in Japan”

多田真奈美	Manami Tada	株式会社シック	design office Chic.ltd
川澄未来子	Mikiko Kawasumi	名城大学	Meijo University
林 英光	Hideaki Hayashi	愛知県立芸術大学	Aichi University of the Arts
三木 学	Manabu Miki	株式会社ビジョナリスト	Visionarist Co.,Ltd

**Keywords:** ロゴマーク, デザイン, CI 計画, 美しさ, 色風景

## 1. はじめに

“日本の美しい色風景”は、心に残る色風景を共有するプロジェクトである。このコンセプトを表現し、活動の象徴として長く活用していくためのロゴマークを制作した。図1に完成した“日本の美しい色風景”ロゴマークを示す。ロゴマークの色彩は、基本の色彩語に対応する11色で構成される。墨色と灰色の波紋様パターンで正円により「日出る国、日本」の太陽と大地、海を表した。11色の小さな四角形は光や風や雲を表し、五感に響く日本らしい美しさを表現した。本発表では、その制作過程をデザイン案と共に述べていく。

## 2. 制作条件

ロゴマークの制作にあたり、“日本の美しい色風景”プロジェクトの企画者川澄、林、三木によりコンセプトの説明と制作条件が提示された。それを受け、ロゴマークデザインを多田が担当した。制作条件は次の2つである。

### (1) 抽象的で普遍的なデザイン

このロゴマークは、多様な対象物や美しさを収集する活動に用いることから、デザインがデータ投稿の内容に影響を与えてはならない。そのため

例えば富士山のような具象的で象徴的なモチーフを使わずにデザインした。

### (2) 基本の色彩語に対応する11色の使用

プロジェクトにおいて、色風景分類のための基本の色彩語に対応する11の色彩<sup>1)</sup>が設定されている。それをロゴマークに取り入れてデザインした。

## 3. 制作過程で生まれたデザイン案

制作過程において、ヒアリングや討議が何度も繰り返され、多様な案が作成・検討された。ここではそのデザイン案を時系列で示す。

### (1) 基本モチーフの検討

最初に日本らしい普遍的な美しさを考えた時に浮かんだのは正円であった。これは太陽と日本国旗を表し、抽象的で強い印象を持つオブジェクトだからである。図2にこの正円を主軸に展開したデザイン案を示す。海を表すデザイン表現や雲の伝統文様を加えた案がデザインベースになり、最終案へ繋がった。

### (2) 色使いの検討

特定の色の連想を避けるために無彩色のロゴマークも検討したが、美しさを収集する活動にはそぐわないと判断した(図3)。データ投稿の内容に影響を与えず、かつ日本の色彩の美しさを表現するロゴマークデザインとはどのようなものか、様々な案を検討するうち、11色を使用する案が浮



図1 完成したロゴマーク



図2 基本モチーフの検討

上した。それはプロジェクトにおいて、色風景分類のために設定された基本の色彩語に対応する色彩である。11種類もの色をロゴマークに使う難しさもあったが、むしろ多色使いをすることで特定の色に意識が向かないという逆手の発想に目を向け、それをデザインの方向性に定めた。図4で示したデザイン案は、11色を小さな色票のように四角形で表現したものや、日本の伝統紋様である波紋様を11色で表現したものである。この波紋様は青海波とも呼ばれ、大小の円を繰り返すことで波を表現した日本の伝統紋様である。これらのデザインから検討を重ね、11色の四角形と波紋様を融合させたロゴマークデザインの原案が決まった。この段階で11色をより和の色に近づけるように調整した(図5)。

### (3) 大きさや紋様の検討

ロゴマークの原案が決定した後は11色の四角形の位置や大きさ、波紋様の大きさや表現が異なる案を作成・検討した(図6)。このように調整を続けた後ようやくデザインが完成した(図1)。

## 4. 色彩使用規定作成

最後に使用規定を作成した(図7)。11の色彩には日本の伝統色名を選択した。伝統色名は日本の自然や文化等に育まれた言葉である<sup>2)4)</sup>。他にRGB, カラーコード, CMYKの数値を設定し、用途に合わせて使用できるようにした。

## 5. まとめ

通常ロゴマークはコンセプトカラーを設定するが、今回はロゴに使う色彩が美しさの収集にバイアスをかけるのを避けたいという方針があった。形も抽象的なものに限定され、そこから日本の美を表現しなければならない難しい課題であったが、プロジェクトの活動を象徴するデザインが完成した。日本の美しさを共有する“日本の美しい色風景”プロジェクトと共に、このロゴマークが長く使われることを期待する。

## 参考文献

- 1) ブレント・バーリン, ポール・ケイ(日高杏子訳): 基本の色彩語—普遍性と進化について, 法政大学出版局(2016)
- 2) 内田広由紀: 定本・和の色事典, 視覚デザイン研究所(2008)
- 3) 浜田信義: 日本の伝統色, ピエ・ブックス(2007)
- 4) 吉岡幸雄: 日本の色辞典, 紫紅社(2000)



図3 色使いの検討: 無彩色デザイン案



図4 色使いの検討: 11色デザイン案



図5 色彩の調整



図6 大きさや紋様の検討

墨色 R0 G0 B0 000000 C20 M20 Y20 K100	刈安色 R235 G215 B105 ebd769 C12 M12 Y70 K0	銀鼠 R125 G125 B125 7d7d7d C0 M0 Y0 K65
露草色 R0 G125 B195 007dc3 C85 M40 Y0 K0	菖蒲色 R120 G60 B170 783caa C60 M80 Y0 K0	黄丹色 R240 G120 B70 f07846 C0 M65 Y75 K0
海老茶 R130 G65 B55 824137 C50 M80 Y90 K20	紅色 R250 G15 15B fa0f0f C0 M95 Y100 K0	錆色 R245 G180 B195 f5b4c3 C0 M40 Y10 K0
白 R255 G255 B255 ffffff C0 M0 Y0 K0	苔色 R100 G130 B0 648200 C67 M40 Y100 K0	← R0 G0 B0 000000 C20 M20 Y20 K100  ← R150 G150 B150 969696 C0 M0 Y0 K55

図7 色彩使用規定

## 第53回全国大会[名古屋]'22のビジュアルデザイン Visual Design of 53<sup>rd</sup> CSAJ Annual Meeting 2022 in Nagoya

渡辺 真由子	Mayuko Watanabe	愛知県立芸術大学	Aichi University of the Arts
川澄 未来子	Mikiko Kawasumi	名城大学	Meijo University
祖父江由美子	Yumiko Sobue	アトリエトリコロール	Color Planning Atelier Tricolor
ながなわ久子	Hisako Naganawa	名古屋造形大学	Nagoya Zokei University
林 英光	Hideaki Hayashi	愛知県立芸術大学	Aichi University of the Arts

**Keywords:** 全国大会, ポスター, レジリエンス, 正六面体, 名古屋伝統色

### 1. はじめに

第53回全国大会[名古屋]'22の大会テーマ「カラー・レジリエンス Our transition toward COLOR resilience」を視覚的に伝えるメインビジュアルをデザインした。今大会は、コロナで中断していた現地開催が2年半ぶりに再開する記念すべき大会である。ここでは、制作の意図やプロセスなどを交えながらビジュアルデザインの詳細を説明する。

### 2. 制作の意図

2021年12月、大会実行委員会において、大会テーマに「レジリエンス」というキーワードを使うことが決まった。新型コロナウイルスをはじめとする数多くの困難を抱えた世の中でも、色彩研究が、強く、美しく、しなやかに世界を開く鍵になっていくようにという強いメッセージが込められている。それを視覚的に端的に示し、印象・記憶に残る大会にすることを目標に、メインビジュアルを制作してほしいとの依頼を受けた。大会テーマ「カラー・レジリエンス Our transition toward COLOR resilience」のコンセプトに合うビジュアルの制作が求められた。

### 3. 制作の方法

ビジュアルデザインには、3次元モデリングソフト Rhinoceros 3D, フォトレタッチソフト Adobe Photoshop, グラフィックデザインソフト Adobe Illustrator を用いた。また、関係者間でのデータの共有とディスカッションには Google Drive, Email, Slack, ZOOM などの電子ツールを活用した。デザインはアイデア創出から仕上げまで渡辺が担当し、他の共著者は大会実行委員会関係者である。

### 4. 制作したビジュアル

開催当日に向けて、メインビジュアルを3段階で変化させることとした。12月(発表募集), 2月(参加募集), 5月(前納め切)の広報フェーズに合わせて、趣向を変えてデザインを試みることに決めた。

まず、レジリエンスというキーワードから、第1~3弾に共通する素材として、キューブオブジェを用いるアイデアが湧いた。これは、エルノー・ルービックが考案した立体パズルからヒントを得た。正六面体の表面は、異なる6色で構成されている。皆によく知られるこの立体パズルは、多面的な視野、論理的な思考、先を読む力がないと解くことができない。まさしく今、日本色彩学会が直面している課題、世界の未来の課題に向き合う時に必要になるスキルとも共通していると考えた。

メインビジュアル全体としては、大会テーマをトップに大きく表示するとともに、ガラス張りのテントハウスにキューブオブジェが展示されているイメージを作り上げた。また、キューブオブジェの背景には、名古屋の景色を配置した。大会会場・椋山女学園大学の近くの東山スカイタワーから眺める景色である。景色の時刻も3段階で変化させることに決めた。

以下では、第1~3弾の各テーマと工夫についてまとめる。

#### (1) 第1弾 Before Day (図1)

開催より半年前の12月の広報に使うメインビジュアルである。イベント前夜祭のイメージから、夜景やネオンカラーというキーワードが浮んだ。そこで、背景に使う景色は夜景とした。名古屋の夜景は、日本夜景遺産にも選定されている。また、キューブオブジェの表面には、名古屋の伝統色(DICグラフィクス社, 2015)より7色を選んで配した。金鯪, 黄瀬戸, 県花の杜若, 名古屋城の銅瓦, 家康の具足, ういろう, 大須観音を象徴する合計7色である。色彩は、ライトアップさせた色調に調整した。

## (2) 第2弾 Sunrise (図2)

開催3ヶ月前に参加募集を始める広報に使うビジュアルである。開催に向けて本格的に準備が始まるため、キューブ背景に広がる景色は、夜明け・日の出のイメージとした。また、この時期の実行委員会で、正式に現地開催(オンライン併用)が決定された。そこで、名古屋開催をアピールするため、キューブオブジェの表面には、名古屋を象徴する建造物や造形を9種類選んで配した。上から右回りに名古屋城本丸御殿<sup>\*1</sup>、オアシス21<sup>\*2</sup>、和菓子藤団子、名古屋市政資料館<sup>\*2</sup>、名古屋市科学館<sup>\*2</sup>、名古屋城<sup>\*2</sup>、徳川園<sup>\*2</sup>、スフォルツァ騎馬像である。写真は許諾が必要なものは得てから使用している(\*<sup>1</sup>:名古屋城総合事務所, \*<sup>2</sup>:名古屋市)。なお、キューブ上の色彩は、第1弾と第2弾をリンクさせた。

## (3) 第3弾 Nice Day

開催1ヶ月前の広報で使う最終ビジュアルである。背景の景色は、現地開催の成功を祈念して晴天の名古屋にする予定である。メインビジュアルを3段階で変化させる序破急の最後の役割として、シンプルな力強いメッセージをキューブオブジェから発信する予定である。

## 5. ビジュアルの使途

本ビジュアルは、日本色彩学会の公式サイトの中にある全国大会のページの最上部に、常に掲載されている。大会情報入手する際には、必ず目に入る位置である。また、第1弾のビジュアルについては、特別企画の講演情報と合わせて両面印刷したフライヤーを700部制作し、配布した。ハイブリッド開催を予定しているが、一人でも多くの参加者に現地会場へ足を運んでいただきたい。そのため、3段階に変遷するビジュアルをポスター印刷して会場に貼り、参加者を出迎えることも検討したい。また、メインビジュアルのデザインモチーフを印刷したオリジナルグッズを制作し、会場受付にて配布する準備も進める予定である。

## 6. まとめと今後

今回の大会テーマ「カラー・レジリエンス Our transition toward COLOR resilience」を視覚的に表現するメインビジュアルを制作した。コロナ禍で、学会の運営や開催形態、参加形態などが大きく変化した。その中で徐々に現地開催が再開となる。レジリエンスというキーワードが、単なる一大大会のテーマとして消費されるに止まらず、学会員が一丸となり今後の活動を盛り上げるためのスローガンとなることを願って

いる。そして、本メインビジュアルが、その牽引の一助となれば幸いである。



[https://www.color-science.jp/zenkoku2022/zenkoku2022\\_no1.pdf](https://www.color-science.jp/zenkoku2022/zenkoku2022_no1.pdf)

図1 第1弾 Before Day (2021年12月公開)

※写真提供: 渡辺真由子



[https://www.color-science.jp/zenkoku2022/zenkoku2022\\_no2-2.pdf](https://www.color-science.jp/zenkoku2022/zenkoku2022_no2-2.pdf)

図2 第2弾 Sunrise (2022年3月公開)

※写真提供: 名古屋城総合事務所, 名古屋市, 林英光, 名古屋国際会議場, 渡辺真由子

## 表面の色が変化する錯視

### Optical illusion that changes the color of the surface

桑山哲郎 Tetsuro Kuwayama 3Dフォーラム

3Dforum

**Keywords:** 錯視, 表面色知覚, マッハの本, 照明条件推定.

#### 1. はじめに

解説など執筆際の挿入写真撮影で、対象物を机の上のミニ・スタジオに配置する際、伝えたい事柄とは異なる結果になることがたびたびある。また奥行き反転 (inverse perspective) 物体を撮影する際には、照明条件と背景の両者に十分注意しないと、想定外の結果となることがある。これまで、奥行き反転錯視については短いコラムを発表<sup>1-4)</sup>してきているが、新たな作例を制作したので報告する。

奥行き反転錯視物体である「マッハの本」では、2つ折りにした紙を30秒以上単眼で凝視すると、物体の奥行き方向が反転する錯視が生じる。実物視においても、表示像あるいはプリントでも、錯視が発生する際に以下の様に見えが変わる。(1) 照明の方向は変わらず、それまで白く見えていた1面が着色。(2) 照明の方向が変わったので、各面は白いままである。この現象は、マッハの本の錯視が発表された当初からエルンスト・マッハ (Ernst Mach) 自身により報告されていて<sup>5)</sup>新しい発見ではないが、これに触れている解説は大変少ない。またマッハは一方から照明された紙の表面の網膜上の明るさが異なっているのに、両面とも白く見え明るさの違いには気付かないことも指摘している<sup>5)</sup>。ペーパークラフトを組み立てるときに、薄い灰色に着色してみると、組み立てていく過程に手の上で着色が消失する現象が観察される。この現象も、マッハの本の追試を行っている過程で容易に考え付き、多くの人が既に行っていることと予想している。

#### 2. 先行研究：マッハの「本」と「コーナー」の錯視

流通しているマッハの本の錯視のガイドは「30秒以上凝視」となっているが、なかなか錯視状態にならない。またこの錯視について解説している人の多くは、マッハが用いた紙片 (カード) ではなく、平面図形で単純な線画で錯視を論じている。

報告者は、1977年に発行された、科学博物館でのワークショップで使用する冊子<sup>6)</sup> (ペーパークラフトの冊子で、切り出して組み立てる) に従い工作を始めた。観察条件として(1)線画を単眼視/両眼視する (2) 画像を単眼/両眼視する (3) 実物 (三次元物体) を単眼視する という細かい分類分けをしてみると、錯視の状況がより詳しく理解できると思われる。なお平面上の線画で、錯視発生を阻害する要因はすぐに分かる。図1で、図1(a)は単純な炭塵線画、図1(b)は右の面を右側の面を薄い灰色に着色、図1(c)は床面に落ちた影を書き加えている。図1(c)における影の存在により、奥行き反転錯視が起こりにくくなっている。この経験を元に、厚口画用紙を切り出し、折り曲げてマッハの本を撮影した (図2)。明るい面上に配置すると影が明瞭に出来、錯視は起こりにくくなる。

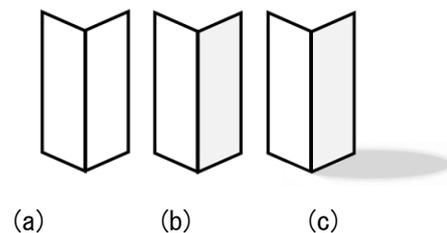


図1 マッハの本の錯視 (線画)

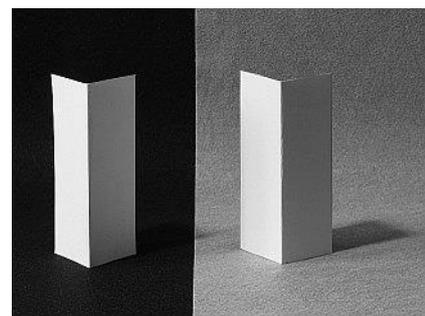


図2 マッハの本 (実物) 【報告者作製・撮影】

マッハは「マッハのコーナー」 (Mach's corner) という錯視現象を発表しているとの報告<sup>7)</sup>もある。飛び出している直方体の角が凹んでいる角に奥行き反転錯視を生じたときに、物体の明るさが変化するとあるが今後調査を進めたい。

### 3. 関連する先行研究「傾斜した照明」

「表面の着色が消えてしまう」という点で、関連の深い先行研究について試行を行った。多くの論文が発表されているが、最新刊<sup>8)</sup>を参照して図3を撮影した。白いボール紙でできた箱を机の上に置き、左側から照明した。実物を見ても、写真でも表面は一様な白色に見える。けれども画像の中央部の正方形部分を取り出し左寄りに貼り付けると、大変暗い正方形に見える。また右寄りの場所に置くと明るく見える。写真分野で良く知られている「シェーディング補正」を脳内処理で行っていると仮定、色対比による明暗差の強調を加えた模式図を図4に示す。

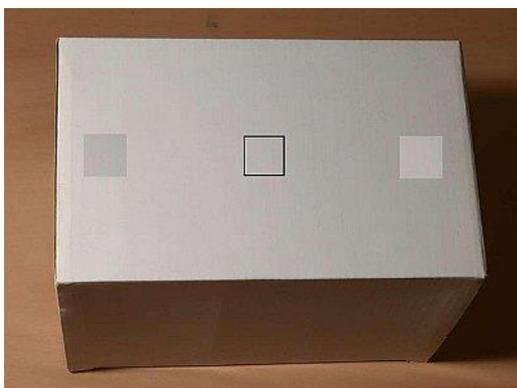


図3 傾斜照明した白い箱【報告者撮影】

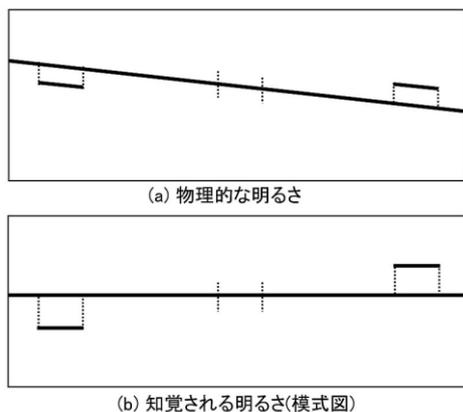


図4 明るさ補正の模式図

### 4. 先行作品の例

展開図のある面を薄く着色、ペーパークラフトを組み立てる過程で、着色が消失して感じられることは、経験則としては多くの場面で絵気が付かされていたと思われる。報告者が試行を行っている間に、『花入 銘 季包紙“白似土”』<sup>9)</sup>(三井 嶺/三井嶺建築設計事務所、舘 知宏/東京大学大学院総合文化研究科)が無料で配布されているのに2019年7月出会い入手した。図5は組み立て前

と組立途中のペーパークラフトである。説明文にはデザインの意図が記載されており、正確に伝えるため全文を転載する。

季節の花を包む折紙の花入をデザインしました。

コンピューショナル・オリガミによって手びねり感を与えた花入は、花を引き立てるため、陰 (shade) を錯覚させるような印刷を施し、自身の存在感を消すことを試んでいます。平面では濃淡がはっきりと認識できますが、折りあげていく陰に消えていくような不思議な感覚をおぼえます。

ぜひ実際に体験していただきたいと思いペーパークラフトに仕上げました。



図5 先行作品“白似土”<sup>9)</sup>【無料で配布されている作品を2019年7月入手、報告者撮影】

### 5. 錯視作品

ここでは、表面の着色が消えてしまうというマイナスの効果をも、報告者自身が作製・撮影した作品写真(図6～図11)を例示しながら報告する。ただしマッハの本の錯視を追試・追体験する際に多くの人が容易に思い付く事柄だと思われる。

・一部を着色したマッハの本

長方形の紙の半分を薄く着色、折り曲げた途端に掌の上で色が消えてしまう。着色なし、パレット No.2 (付記事項参照) で1面を塗る、パレット No.3 で塗るという3サンプルを作成した。単に並べるだけでは見分けが付かないので切り出し前の紙を手前に配置した。左側から照明、図6では右半分を着色、図7では左半分を着色している。どちらも表面に着色は感じられない。

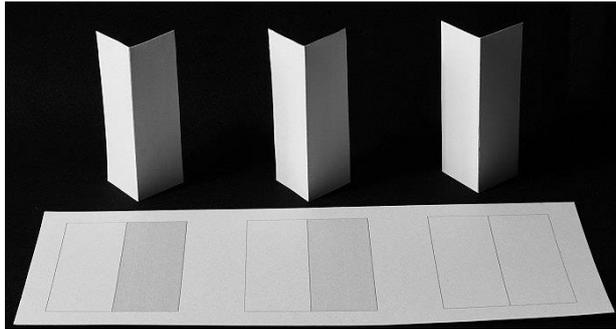


図6 着色したマッハの本-1【報告者作製・撮影】

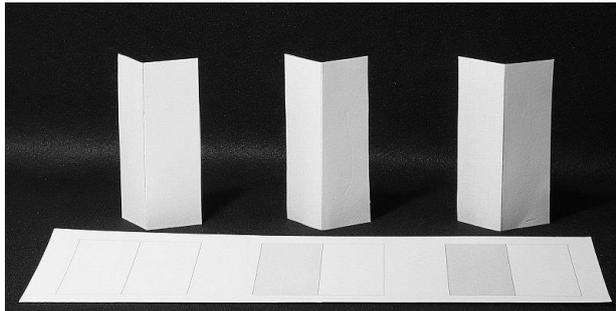


図7 着色したマッハの本-2【報告者作製・撮影】

・一部を着色した立方体

1面は元の白色の面を残し、パレット No.2 と No.3 で各面を塗った。左側から照明、一番明るい面を左側(図8)に配置した場合と暗い面を左側に配置した(図9)結果である。

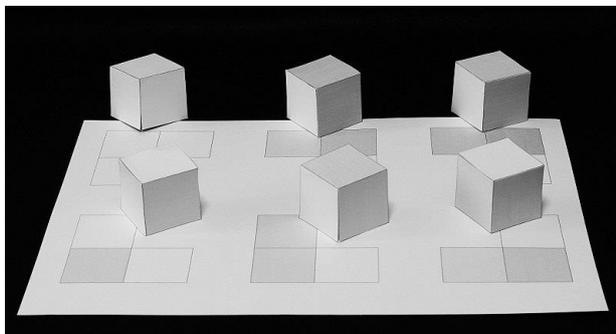


図8 着色した立方体-1【報告者作成・撮影】

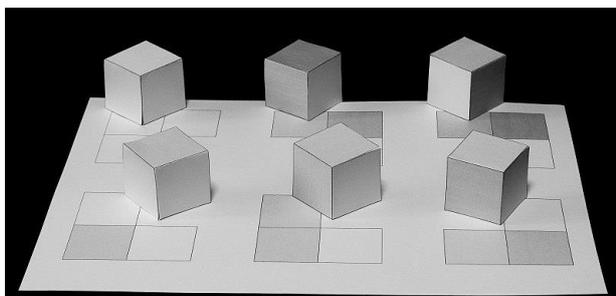


図9 着色した立方体-2【報告者作成・撮影】

どちらの場合も、右側の面が陰になっているため暗いのか、暗く塗られているのかは判別しにく

い状態になっている。また左の面を暗く塗ったサンプルでは、立方体全体が暗く塗られている様に見える。この現象も既に報告があると思われるが未調査である。

・奥行き反転立方体に不適切照明<sup>4)</sup>

中央が凹んだ立方体の一部を単眼視すると見事に反転錯視が起こり、中央が手前に飛出す。展示あるいは写真撮影では、物体を下から上に照明することで錯視が生じた結果がより自然に見える様にする。図10上は、意図的に下手な照明、普通の部屋の上から下に向けて照明した状態である。錯視の結果立方体の上の面となる部分に不自然な影が生じている。図10下は、奥行き反転立方体が空中に保持されている様子を示す写真である。

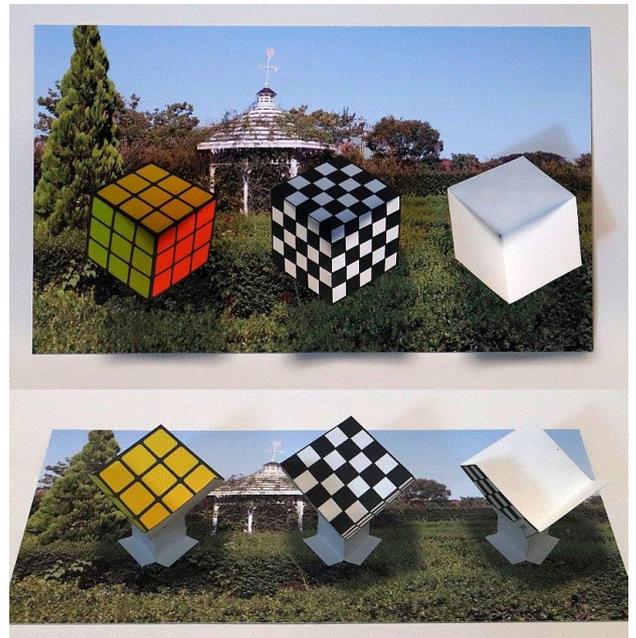


図10 奥行き反転立方体【文献4)より転載  
報告者作製・撮影】

・首振りドラゴン顔の凹凸<sup>3)</sup>

奥行き反転錯視物体として著名な「首振りドラゴン」を素材に、上から下への不適当な照明条件と、下から上に向けての適切な照明条件での見えを比較した(図11)。また顔が描かれていることによる「凹面顔錯視」(Hollow Face Illusion)の影響を知るため、着色を消した白色のペーパークラフトと、顔が手前に飛び出している白色のペーパークラフトを変数分離による解析のため並べた。顔が描かれて効果が大変大きいことが分かる。

以上、奥行き反転錯視には限定せず、明るさと物体表面色を判断する際に生じる現象に対し、物体作製と照明・撮影条件を変えて試行を行った。



図11 凹面の顔のペーパークラフト(上からと下からの照明条件比較)【文献3)より転載 報告者作製・撮影】

## 6. まとめ

今回の作品作りの動機の一つは、奥行きが反転する錯視に伴い興味深い現象が揃って出現することである。本稿では触れていないが歪んだ4角形は錯視の後はずべて正方形に形を変える。またペーパークラフトを切り出し、折り目を付けた途端にそれまでの着色が消失する体験は大変魅力的である。

今回報告する作品に現れる現象の理由は、既に知られているものばかりと思われる。試行の間に対象物の寸法と形状、配置と照明条件などの影響を大きく受けることが見出された。最適解とはまだ遠い状況であり、今後も検討を続けたい。

## 謝辞：

溝上陽子先生、北岡明佳先生には、先行研究についてお教えいただき感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 桑山哲郎：画像からくり連載第25回「奥行き反転物体を手作りする」, 日本写真学会誌, 第77巻2号(2014) 51-52
- 2) 桑山哲郎：カラー口絵連載第42回「奥行き反転錯視と表面色知覚—その1: マッハの本の錯視」, 日本色彩学会誌, 第45巻4号(2021) 150

- 3) 桑山哲郎：カラー口絵連載第43回「奥行き反転錯視と表面色知覚—その2: ドラゴンの頭と体」, 日本色彩学会誌, 第45巻5号(2021) 216
- 4) 桑山哲郎：カラー口絵連載連第44回「奥行き反転錯視と表面色知覚—その3: 立方体」, 日本色彩学会誌, 第45巻6号(2021) 258
- 5) Ernst Mach : The analysis of sensations and the relation of the physical to the psychical, Translated from the first German edition (1897) by C. M. Williams, The Open Court publishing company (1914) 209
- 6) L. Evans : 3-Dimensional Optical Illusions to Color & Construct, Troubador Press (1977) San Francisco, USA
- 7) Richard Gregory : Knowledge in perception and illusion, Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, Vol. 352 (1997) 1121-1128
- 8) 北岡明佳：だまされる視覚 錯視の楽しみ方, DOJIN文庫, 化学同人(2022) 90
- 9) 三井 嶺建築設計事務所：花入 銘 季包紙“白似土” <https://reimitsui.com/shade.html> (2022年4月10日アクセス)

## 付記事項

今回の作品のペーパークラフト作成に際しては、ワープロソフト(マイクロソフト365 Word)を用いた。ワープロソフトの表を用いてペーパークラフトの線を描き、ソフトウェアが用いる「色パレット」により色指定を行い、罫線内の塗りつぶしを行った。諸元を表1に示す。

表1 色パレットNo.と反射率の関係

No.	RGB値	反射率%	光学濃度	L*
0	255	81.4	0	93.7
1	242	78.9	0.013	91.1
2	217	69.3	0.070	86.7
3	191	61.7	0.120	82.7
4	166	53.2	0.185	78.0
5	127	35.4	0.362	66.1

- ・用紙：厚口画用紙 協和紙工(株)製
- ・プリンター：キヤノン PIUS TS6330
- ・測定機：コニカミノルタ CM-36dG
- ・D65 光源

# シュブルール「色彩の同時対比の法則」を用いた パッチワークキルトの制作

## The Patchwork Quilt Work Used as a Reference in *The Law of Simultaneous Color Contrast* by M.E. Chevreul.

江良智美

Satomi Era

東京家政学院大学

Tokyo Kasei Gakuin University

**Keywords:** シュブルール, 色彩の同時対比の法則, パッチワークキルト, ハンドメイド.

### 1. はじめに

パッチワークキルト<sup>1)</sup>は日本でも多くの愛好者に親しまれる手芸技法で, 複数の布地素材を縫い合わせる点の特徴である. 本研究では M.E.シュブルール(Michel Eugène Chevreul, 1786-1889)の配色理論「色彩の同時対比の法則」<sup>2)</sup>を作品制作に援用し, パッチワークキルトの表現について検討する.

### 2. 先行研究

国内のパッチワークキルトに関する先行研究のなかで, 本研究は基本的構造や歴史的背景を述べた奥平・原(1981)<sup>3)</sup>, 快楽消費と手芸研究的な視点から検討した坂田(2007<sup>4)</sup>, 2011<sup>5)</sup>, コンピュータグラフィクスと作図に言及した畠山(1993)<sup>6)</sup>等の論考を参照した.

パッチワークキルトとは「布, 又は皮等の端布(パッチ)を接ぎ合わせた表布(キルト・トップ)と, 裏布(パッキング, 又はライニング)の間に詰物(パディング, 又はフィーラー)をして一緒に刺し子(キルティング)にしたもの」(奥平・原, 1981: 12)である. 「パッチワーク・キルティング」(大沼他: 556)<sup>7)</sup>とも呼称される. パッチワークキルトの歴史は古い. 古来より人々の生活で布地は必要不可欠で, 少量も余すことなく使うことが望まれた. 摩耗や劣化した衣服等の一部分を切り出し, 接ぎ合わせることで無駄なく有効活用するためのパッチワーク技法は世界各地にみられる. パッチワークキルトは薄く伸ばしたワタを挟み裏布と縫い合わせることから保温用途にも多く用いられた.

現在日本の手芸分野で愛好者が多いパッチワークキルトの技法は「アメリカン・キルト」(大沼他: 556)と呼ばれるものである. 坂田(2011)によると, 日本では1980年代以降, 技法に関する書籍や教室が普及し, 定期的に専門書が出版されコンテストも開催されている(p.139(511)). アメリカン・キルトの伝統的パターン<sup>8)</sup>や制作技法を解説する先行研究や書籍は多い. また, 歴史的な作品についての解説も存在する<sup>9)</sup>. しかし, 配色に関する技法解説は少なく, 伝統的パターンは一定の傾向があるものの, 制作者の判断に委ねられる. パッチワークキルトは残余素材の有効活用という歴史的背景もあり, 即興的な制作者の美的感覚により生み出された布地素材の調和が魅力だが, 配色についての研究は表現の可能性を広げると考えられる.

しかし, 坂田(2007)は以下のようにも指摘している.

配色ひとつをとっても, 色彩学を学んだだけでは体得できない. なぜなら, 1つの布には多彩な色が使われており, 布のデザインや紋様によって, 組み合わせの良し悪しが変わってくるからである. (p.12(490))

これらのことをふまえて, 本研究はパッチワークキルト作品制作に配色理論を活用する方法を検討し, 制作を試みた.

### 3. シュブルール「色彩の同時対比の法則」の活用したパッチワークキルト作品の制作

パッチワークキルト制作に適した配色理論を検討する際, 本研究では2009年に佐藤邦夫が日本語へ翻訳し, 出版された『シュブルール色彩の調和と配色のすべて』<sup>10)</sup>に着目した. 記者によると, 本

書の原題は『色彩の調和と対比の原理,及び諸美術への応用』(p.1) (*The Principals of Harmony and Contrast of the Colours*,1883)と紹介している。そして「序」でシュブルーールは以下のように述べている。

色彩の同時対比の法則をさまざまな応用分野へ活用したり,活用してきて新たに出てきたすべての結果から,さらに実験を重ねたりしているうちに,私はつぎのような応用美術の諸分野へと導かれていった。たとえば,タペストリー(つづれ織,壁飾り画布),さまざまな表現様式の絵画,木版画,銅版画,建築,室内,服飾,造園などである。これらの分野に関わる全ての人たち自身が,今後この色彩対比の法則を実地に吟味してくれることを期待している。(p.6)

シュブルーールがゴブラン織研究所での仕事から構想を得たこともあり,本書には布製品に対して多くの視点が記されている。パッチワークキルトはベッドカバー,タペストリーとして用いられる室内装飾品でもあり,シュブルーールが論じる「快適に調和させるカラーアレンジメント」(p.189)が求められる。また,シュブルーールは自身の配色理論について「望むべくは,さまざまな分野のデザイナー,とくにファッション・デザイナー,インテリア・デコレーター,テキスタイル・デザイナー,壁紙デザイナーなどが,この配色法から多少の利便性を感じてもらえれば幸いである」(p.80)とも述べている。

これらの点よりシュブルーールの考察をパッチワークキルト制作に活用することを試みることにした。本研究では特にパッチワークキルトで多用される黒,白,グレーと有彩色の組み合わせについて言及された第2編「色彩の同時対比の法則を応用した実践的研究」<sup>11)</sup>,タペストリー等パッチワークキルトの用途と近い布製品等について解説されている第4編第2部第6章「居住空間の室内装飾とカラー・アレンジメント」<sup>12)</sup>を精読し,検討した。

#### 4. 制作方法

本研究ではアメリカン・キルトの伝統的パターンを用い,壁掛けタペストリーを制作した。パターンは1/4円と曲線のパターンによって構成される「ドラムカーズ・パス」<sup>13)</sup>を採用した。各パーツは

それぞれ既に複数の色彩で構成された後染めプリント生地を用いることが多く,その場合,プリントされた生地柄の配色も考慮に入れることが重要である。本研究では『色彩集計ソフト PCCS Color Calc』(日本色研事業製)を用い,プリント生地素材の配色傾向を調査し,シュブルーールの配色理論に照らし合わせパッチワークキルトの制作を試みた。

#### 5. 今後の課題について

パッチワークキルトにおける布地素材の配色が主観に委ねられることは楽しみでもあり,難しさを感じる点でもある。制作者が配色に関する知識を深めることは,より多くの人々がパッチワークキルトに親しむために重要な一要素だ。また,作品の制作者であるアーティストに向けたシュブルーールの言説を学ぶことで制作者の視野は広がると考えられる。今後当該分野をより多くの人々が楽しむためには,これまでの技法に加え,色彩分析ソフト等を活用することで視点を変えた客観的判断も有効だろう。複合領域的な知識や技術を援用することはパッチワークキルトを始め手芸分野にとって新しい創造を生み出すため取り組むべき課題と考える。

本研究における制作を基礎とし,パッチワークキルトにおいて配色理論の応用を試みたい。また,将来的に素材の有効活用というパッチワークキルトの本来的な目的を達成しつつ,継続的に新たな表現を生み出すことに挑戦したい。

#### 参考文献

- 1) 公益財団法人日本手芸普及協会『パッチワークキルト テキスト本科コース』(財)日本手芸普及協会(1999)
- 2) M.E.Chevreur : *The Principal of Harmony and Contrast of Colours, and their Application to the Arts*, GEORGE BELL & SONS. (1883), translated from French by Charles Martel. Michel Eugène Chevreul : *De la loi du contraste simultané des couleurs et de l'assortiment des objets colorés*, 1839. M.E.シュブルーール, 佐藤邦夫訳『シュブルーール色彩の調和と配色のすべて』青娥書房(2009)15-57.
- 3) 奥平志づ江・原ますみ『パッチワーク・キルトについて』『家政研究(13)』文教大学女子短期大学部家政科(1981)12-22.  
[https://bunkyo.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_](https://bunkyo.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_)

main&active\_action=repository\_view\_main\_item  
\_detail&item\_id=4629&item\_no=1&page\_id=29  
&block\_id=40, 2022年4月2日閲覧.

- 4) 坂田博美「パッチワークキルトをめぐる快樂消費(1)パッチワークキルトに関する調査課題」『富大経済学部論集 52(3)』富山大学経済学部(2007)479-498.  
[https://toyama.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=13004&item\\_no=1&page\\_id=32&block\\_id=36](https://toyama.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=13004&item_no=1&page_id=32&block_id=36), 2022年4月2日閲覧.
- 5) 坂田博美「パッチワークキルトをめぐる快樂消費(2)手芸研究のための分析枠組み」『富大経済論集 56(3)』富山大学経済学部(2011)503-524.  
[https://toyama.repo.nii.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=1967&item\\_no=1&page\\_id=32&block\\_id=36](https://toyama.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=1967&item_no=1&page_id=32&block_id=36), 2022年4月2日閲覧.
- 6) 畠山絹江「コンピュータグラフィクスを活用したパッチワーク・キルトデザインの作図について」『図学研究 27(2)』日本図学会(1993)3-9.  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsjgs1967/27/2/27\\_2\\_3/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsjgs1967/27/2/27_2_3/_pdf/-char/ja), 2022年4月2日閲覧.
- 7) 大沼淳・荻村昭典・深井晃子監修, 文化出版局・文化女子大学教科書部編『ファッション辞典』文化出版局(1999)p. 556.
- 8) レッスンシリーズ『パッチワークパターン集 1030』パッチワーク通信社(2008)
- 9) キルトジャパン特別編集『手と心が記した女性たちの美しい針仕事:世界のキルト』日本ヴォーグ社(2008)
- 10) 前掲 2)
- 11) 前掲 2), 58-104.
- 12) 前掲 2), 189-212.
- 13) 前掲 1), p. 82.

# 色で読み解く映画の楽しみ方

## -アニメーション映画編-

### How to enjoy movies from the perspective of color

#### -Animated film-

松田 博子 Hiroko Matsuda

カラーコンサルタントスタジオ  
立命館大学非常勤講師

Color Consultant Studio  
Ritsumeikan University

キーワード: アニメーション映画の色, 色彩構成, 千と千尋の神隠し, アナと雪の女王

Keywords: Animated movie colors, Color composition, Spirited Away, Frozen

#### 1. はじめに

アニメーション映画や実写映画などの小宇宙的な空間の中では色彩の持つ役割はとても大きいです。視覚を通して他の感覚を呼び起こし、ノンバーバルコミュニケーションとしての役割を果たしています。色彩は感情的意味をもち、演出したいイメージを表現することができます。映像作品の中で一瞬にして雰囲気やイメージを変えたい場合も、色を変えることによってそれが可能になります。言葉以外の要素として音楽も大きな役割を担っていますが、音楽は映画を離れてもそれ自体で一つの作品となり、ヒットスクローズアップされます。しかし色彩はあくまでも視覚要素のひとつであり、よほど特徴的な表現でない限り、色だけで取り上げられることがほとんどありません。今回はあくまで鑑賞する側からの視点に立って映画の楽しみ方の一例を紹介したいと思います。代表的なアニメーション作品を色から読み解きます。

#### 2. 千と千尋の神隠しの色彩世界

(作品静止画公開画像を使用)

<https://www.ghibli.jp/works/chihiro/#frame>

##### 2.1 全体の色彩構成からみる3つの世界

千と千尋の神隠しを初めて見た時の印象ですが、色彩で大きく3つの世界が展開されているように感じました。その3つの世界の色はお互いを引き立てるといふ色彩構成がなされています。以下に分析の詳細を記します。

##### (1) 現実の世界(黄緑)

黄緑色はナチュラルな木々の葉の色や草の色として現実世界を表現している。ここでいう現実の世界とは赤い壁にぶち当たる前の世界と、トンネルから出てきた後の千尋が住む現実世界を表している。現実世界にいる時の千尋のセーターには黄緑色のボー

ダーラインの色が使われている。

##### (2) 不思議の世界(赤)

湯婆婆の住む油屋を中心とする怪しげで不思議な世界は赤色が多く使われている。千尋がセーターを脱ぎ身につけた油屋のコスチュームの色はブライトトーンの赤である。また八百万の神々が集まる夜の町の灯火や、油屋の建物、室内にも赤が多く使われている。ただし湯婆婆の部屋は真っ赤ではなく、赤紫系にドミナントされ神秘的な雰囲気が漂っている。宮崎監督は私たちの世代には懐かしさを、若い世代には不思議な雰囲気を醸し出したかったと言及しているがまさにその雰囲気が漂っている。映像だけでなくパンフレットやちらしの色使いもこの不思議の世界のイメージを特徴的に表しており印象的である。前面にブライトトーンの赤のコスチュームを着た千尋がいて、後方には薄暗い雰囲気を背景色にしたブライトの赤が映し出されており不思議な雰囲気が漂っている静止画である。

##### (3) 普遍の世界(青)

空や海といった普遍の世界を青で表現している。宮崎監督は子供たちに島国の住人だという事を改めて認識してもらいたいと語っているが、その意図が反映されているようなとても美しい海が描かれている。制作当時の技術としては最高に美しい青色の着彩である。現実の世界と不思議の世界を行き来でき、限りなく続く空と海の青色を広範囲に使っている。

それぞれの世界を象徴している3つの色の世界(黄緑・赤・青)は色相環上では対照色相配色であり、お互いの色を引き立てる配色技法である(図1)。

千尋はこの不思議の世界に入る前にハクと出会った記憶があった。小さい時に靴を拾おうとして川に落ちた時、ハクが浅瀬に運んでくれたことを思い出すのだが、その時に流された靴の色は赤色であった。これは赤の世界で出会うであろうことが暗示

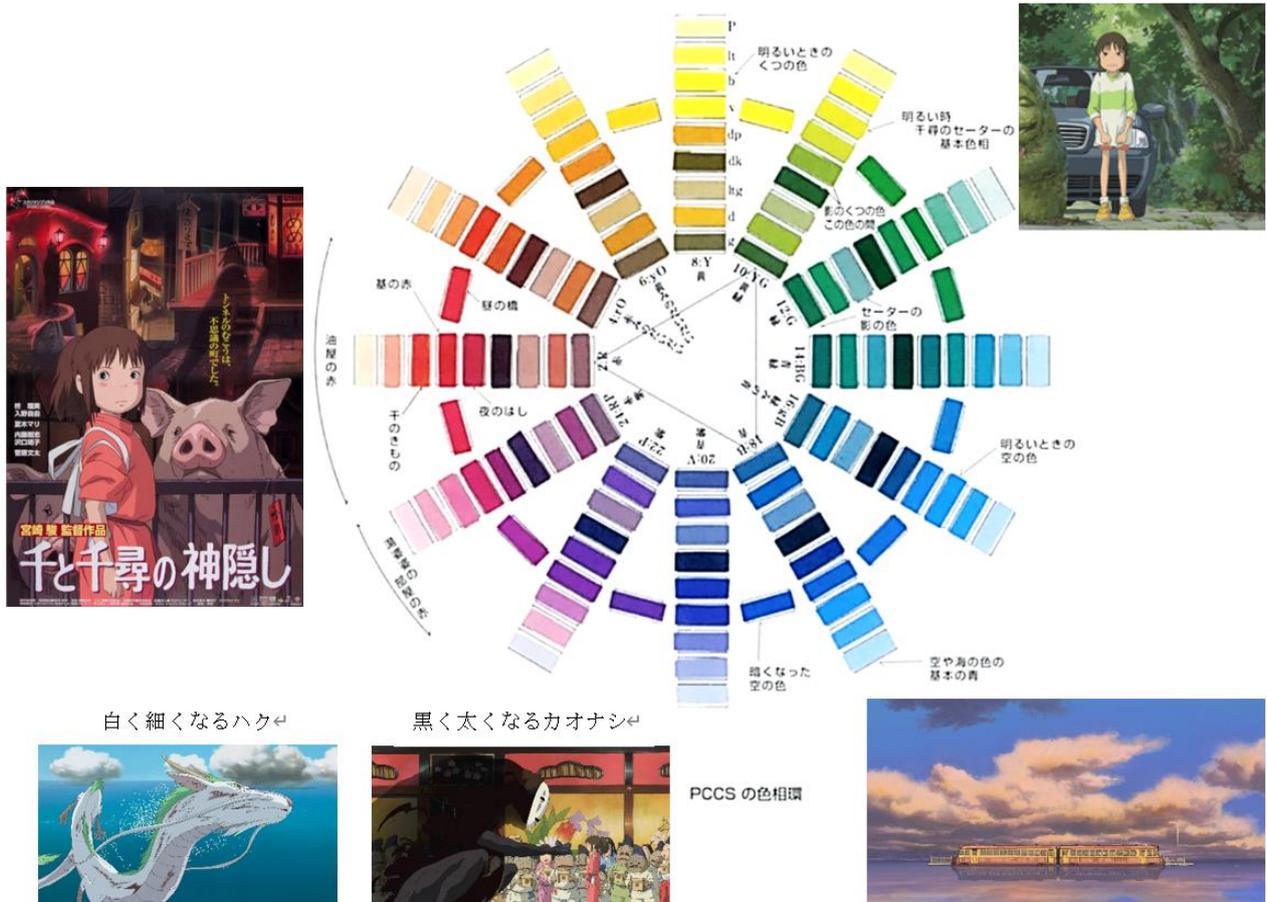


図1 PCCSの色相環と3つの世界の表現(C&Cより一部抜粋)

されていたのではないかとするのは読み過ぎだろうか。

また両親とトンネルに入る時の壁の色は赤色だったが、トンネルから出て振り返った時の壁の色は若葉で覆われた黄緑色であった。これは赤の不思議の世界から黄緑の現実の世界へ千尋が戻ってきたことの色によるサインではないか。色による3つの世界を考えるとそのように読み取れる。このように色構成された3つの世界の有彩色の中で主人公の千尋が行き来している。

2.2 重要なパートナー役には無彩色

ハクとカオナシにみる白と黒のコントラスト

ハクとカオナシという主人公千尋のパートナーとなる二人には無彩色を使っている。この2人は映像の中で独特の存在感を発揮している。無彩色を使うことによって、有彩色の中で彩度や明度のコントラストを出し強烈な印象を与えている。白と黒に注目すると、象徴色として使われる場合、白は正義や潔白など好印象のイメージが強い。それに対して黒は悪、暗闇、黒星など、白と対照的な意味で使われている。この作品の中でもハクは千尋の相談役であり正義的な要素が強く描

かれている。一方カオナシはどうも間抜けな印象がある。ハクは龍と化して細くなり、カオナシはどんどん太ってくる。かたちも知性もすべて対照的に表現されている。

2.3 千尋とハクの色彩の微妙な違い:

ウォームとクール(パーソナルカラー分類)

千尋とハクの人物描写は色の着彩でも違いがみられる。肌色、髪色、着ている服の白など、



図2 千尋とハクの色使い

すべて千尋はウオーム系(肌色はオークル系, 髪色は茶色系, セーターは黄みがかったオフホワイト, セーターのボーダーは黄緑)で着彩され, それに対してハクはクール系(肌色はピンク系, 髪色はダークな緑系, 服は無彩色の白, 継ぎ目は青)で着彩されている. ここでは俗にいうパーソナルカラー(ウオーム系とクール系の分類方法)でも考察することができる. 冷静で凜としていたハクに対して, 幼く温もり感のあるかわいらしい千尋の性格的な違いを視聴者に感じさせる. それぞれの人物の影の部分にもウオームとクールの微妙な色の違いが見られる(図2).

## 2.4 作品全体をナチュラルハーモニーで表現

カラーコーディネイトに「ナチュラルハーモニー」という配色技法がある. アメリカの自然科学者ルードが「現代色彩学」の中で述べたもので, 自然光のもとでの色の見え方には一定の法則があり, 同じ色でも光りが当たっているところは黄みがかって見え, 影の部分は青みがかって見えると指摘した. 例えばこの映画の場合, 欄干の赤色は日光が当たっているところでは黄みの赤, 夕暮れは紫みの赤である. 空の色は晴れた日中は緑みの青, 夕暮れ時は紫みの青である. これらは自然の中で見られる色の法則に沿った色の使い方, 自然の色の観察から導き出された手法である. その技法を用いて自然の場にいるような臨場感を醸し出している.

水や自然の風景にも微妙で繊細な自然観察による描写が施され, 見る者には自然な心地よい小宇宙が感じられる.

## 2.5 主人公の重要な服の色を慣用色名から考察

アニメーション映画の主人公のキャラクターの色彩は非常に重要である. 千尋のセーターには何故黄緑色のボーダーラインの色が使われたのか. この色は慣用色名で表すと「萌黄色」である. 新しい芽が芽吹く生命の始まりの色であり若々しさの象徴でもある色である.

千尋の人生に置きかえると何か新しいことが芽吹き, 始まることをイメージさせる色である. 引っ越し先の新天地で新しい何かが始まるのか. 八百万の神や不思議の世界での冒険が始まるのか. 不思議の世界での経験から学び, 現実世界での自立が始まるのか. そんなことをイメージさせる意味でこの色が選択されたのでは

ないだろうか.

次に「アナと雪の女王」についても少し分析したのですが, 著作権の関係で画像は掲載できないので簡単に解説したいと思います.

## 3. アナと雪の女王の色彩構成の特徴

### 3.1 登場人物の色彩構成

#### (1) アナとエルサのドレスの色彩について

物語の前半戴冠式の衣装には主に中性色系と寒色系が使われている. アナのドレスの色彩には黄色から緑にかけての中性色系(一部暖色)が使われている. アナのドレスの上部はビビッドトーンと黒, 下部のスカートは中明度色が使われていて面積が広い. エルサのドレスよりも明るく軽やかにみえる. エルサのドレスの上部の一部と腕は黒である. ワンピース部分とマントは深みのあるディープなトーン of 青緑, 青紫など寒色系(一部中性色)が使われている(図3). 明度はアナのスカートよりもかなり暗い. 髪色もアナは赤毛(ゴールド系), エルサはプラチナブロンド(ホワイトシルバー系)である. 明るいアナと暗くて冷たそうなエルサの性格の違いが服の色からも感じられる.

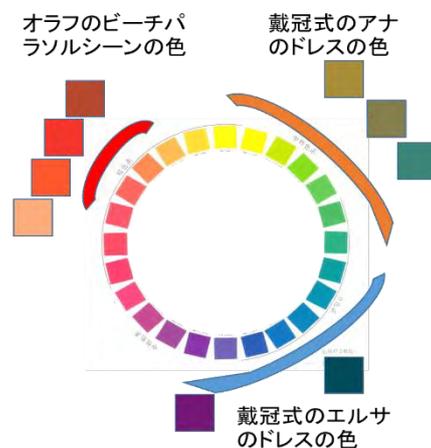


図3 戴冠式のアナとエルサのドレス・オラフのビーチパラソルシーンの色

#### (2) 重要なエルサの新しいドレスの色

「レット・イット・ゴー」の歌でヒットしたエルサのドレスの色は何色かと問うと, ほとんどの人は青色(水色)と答えるが実は違う. 少し温かみさえ感じることができるアイスグリーン色である. アイスグリーンとは氷の裂け目や氷河や氷山のような厚い氷に見られる透明感のある緑みの青色である. 本来は硬い氷河をイメージさせる色ではあるがドレスのソフトなラインと煌めき感が加わり, 軽やかなトーンイメー

ジが重圧から自分を解き放ち身軽になるというエルサの気持ちを表現している。戴冠式で使用されたディープなトーンの青緑、青紫からのドレスの色の変化を通してエルサの心情の変化と強さがみられる。

### (3) 主人公以外の登場者の色

主人公以外の主な登場者にはすべて無彩色がベースカラーとして使われている。オラフは全身が白でボタンには黒、ハンス王子のジャケットはライトグレー、トナカイの顔から背中の中毛並みにはライトグレーからダークグレーまで(色みの片寄りのある無彩色)のグラデーション、トロールたちの肌はミディウムグレー、クリストフの防寒服はダークグレーである。白から黒までの明度による違いがあり色目が重ならないように使い分けられている(図4)。よく使われるポスターはアナとエルサ(後半のドレス)の有彩色と脇役の無彩色であり、千と千尋の神隠しと同じように2人の有彩色を引き立てている。

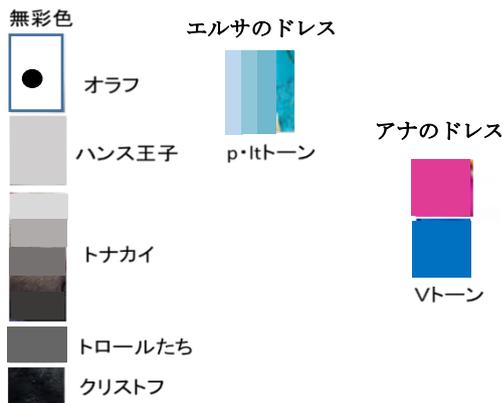


図4 主要登場者の色彩構成

### 3. 2 オラフの暖色系としての存在

オラフはこの物語の中で唯一暖色系の世界を展開する。人参鼻の橙色は強烈なビビッドトーンを使っている。ビーチパラソルを広げ燦々と輝く太陽の下でバケーションを楽しむ姿や、暖炉の前で暖まる姿など暖色系の存在感は大きい。無彩色の雪(白)や氷(青色)の世界を見ていると、視聴者は張りつめた緊張感を持つ。その中でオラフの放つ暖色の世界はその緊張を少しゆるめ、ほっこりさせる。図3のように中性色系と寒色系の色構成の中に暖色系を加えることで色相環上でもバランスを保っている。また暖色系にはコントラストをなす白や青(寒色系)で表現される氷の世界をより冷たく感じさせる効果もある。

### 4. おわりに

今回は、アニメーション映像を配色構成や配色技法、登場人物の色彩、慣用色名から分析した一例を紹介しましたが、実写映画でも色の側面から映画を楽しむことができます。アニメーション映画のキャラクターの服の色は固定されることが多いのですが、実写映画は主人公や登場人物の服の色、デザイン、メイク、髪型、髪色など場面によって違っていることがあります。それらの色から登場人物の心情を読み解くという楽しさもあります。映像自体の色の美しさは言うまでもありませんがひとりの監督の作品を時系列で考察すると、その監督のメインテーマを発見するという面白さも味わえます。

### 引用・参考文献

- 1) 松田博子(2002). HIROKOの色楽サラダ(2)「千と千尋の神隠し」色彩の魅力, カラー&カラリスト(C&C). (有)辻塾プランニングオフィス. vol. 2. p6-13.
- 2) ロマンアルバム千と千尋の神隠し(2001). 徳間書店.
- 3) スタジオジブリ公式ホームページ静止画像提供 <https://www.ghibli.jp/>
- 4) アナと雪の女王ビジュアルガイド(2014) 角川書店
- 5) 叶精二(2014). 「アナと雪の女王」光と影. 七つ森書館. p26-28. p64.
- 6) 松田博子(2015)「色で読み解く」ストーリーの裏側. 月刊雑誌Numero. 第9巻第8号通巻第94号, p95. 扶桑社.

# 中国と日本での色名と色認識の違い – 赤と紅, 青と藍

## Differences in color names and color recognition between China and Japan

浅野 晃	Akira Asano	関西大学	Kansai University
中村 美智子	Michiko Nakamura	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:** 色名, 漢字, 赤/紅, 青/藍, 中国と日本.

### 1. はじめに

中日両国では共通して漢字が用いられるが, 色彩や色彩語の認識では差異が多くみられることが, 数多く研究されている. 例えば, 文献1)では, 中国では赤色に対しておめでたいことや成功, 人気などの意味があり, 日本では情熱などを表すとともに, 「赤貧」のように悪い意味を表すことも多いと述べられている.

日本と中国での顕著な違いとして, 赤色(red)を字で表すとき, 日本では主に「赤」という字が用いられるが, 中国では主に「紅」という字が用いられるということがある. 同様に, 青色(blue)を字で表すとき, 日本では「青」, 中国では「藍」という字が用いられる. そこで, 本研究では, 日中間での漢字と色の関係の違いを分析するため, 「日本在住の日本人」「日本在住の中国人」「中国在住の中国人」の協力者を対象に, さまざまな明度・彩度の赤色および青色の色見本を呈示し, 漢字から連想される色を選ぶ調査を行った.

調査の結果, 日本人と中国人の間に, 「赤/紅」, 「青/藍」で連想される色の彩度の違いがみられた. 具体的には, 「赤/紅」で選んだ彩度の組み合わせにおいて, 日本人は「紅のほうが赤よりも彩度が低い」, 両国在住の中国人は「紅のほうが赤よりも彩度が高い」と答える傾向があった. また, 「青/藍」で選んだ彩度の組み合わせにおいて, 日本人は「藍のほうが青よりも彩度が低い」, 両国在住の中国人は「藍のほうが青よりも彩度が高い」と答える傾向がみられた.

### 2. 実験方法

Munsell Viewer ver. 5.0[2]を使用し, 赤系統, 青系統の色相の違う似た色5色の画像と, 5色の

色相に対応した明度と彩度の違う9色の画像を作成した. これらについて, 日本人(66人), 日本在住中国人(20人), 中国在住中国人(21人)の3グループを対象に, 文字が表すと感じる色を色見本から選択する調査を実施した.

図1(a)の①~⑤は, Munsell Viewer ver. 5.0アプリ<sup>2)</sup>を用いて, マンセル色相環で赤色に対応する色相としてそれぞれ10RP, 2.5R, 5R, 7.5R, 10Rを設定して, 作成したものである. 協力者に図1(a)の色見本を呈示し, 「赤」という字が表す色に1番近いと感じられる色を, ①~⑤から選択する. 次に, 協力者が選択した色相に応じて, その色相で明度(value)・彩度(chroma)を変更した色見本を呈示する. 例として, 図1(b)は色相として③(5R)を選んだ場合に呈示される色見本である. 協力者は, 図1(b)から, さらに「赤」という字の色に1番近いと感じる色を選択する.

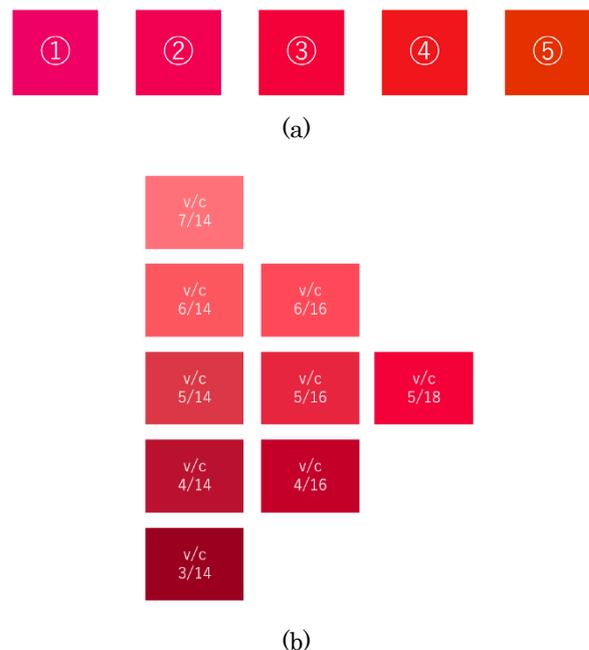
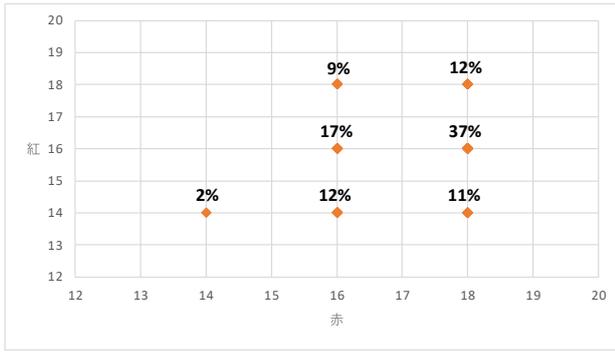
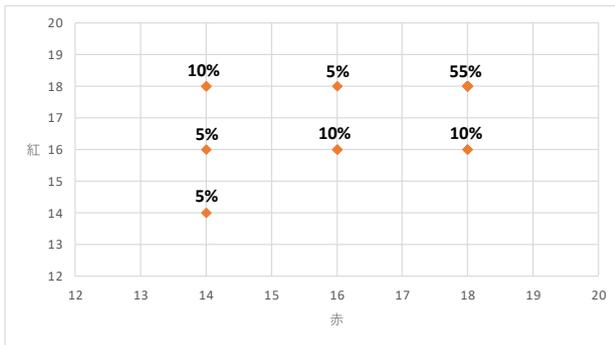


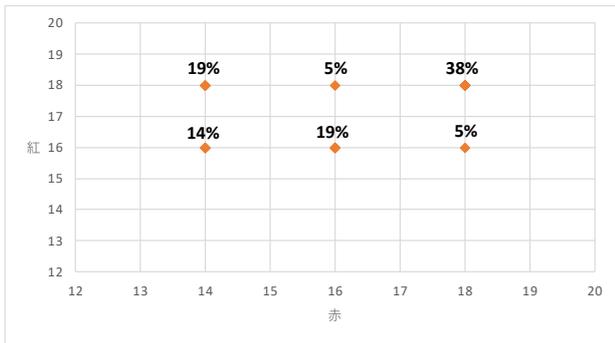
図1. 実験で呈示する色見本の例.



(a)



(b)



(c)

図2. 「赤／紅」で選ばれた彩度の関係. (a)日本人. (b)日本在住中国人. (c)中国在住中国人.

さらに、「紅」という字についても、同じ色見本を使って同様に調査を行う。また、「青／藍」という字についても、10BG, 5B, 10B, 5PB, 10PB, 10Bの色相を用いて、同様の調査を行う。

### 3. 実験結果

この調査は Google forms と Microsoft forms を使用してリモートで行ったため、呈示される色は各協力者の端末画面によって異なっているという問題がある。そこで、各協力者のひとつの画面に表示される複数の色見本で、「赤／紅」ある

いは「青／藍」の各組での相対的な彩度の違いについての分析を行った。

図2(a)～(c)は、日本人、日本在住中国人、中国在住中国人の各グループについて、「赤」で選ばれる彩度と「紅」で選ばれる彩度の組に対して、その組を選んだ協力者の割合を散布図の形式で表したものである。(なお、マンセル chroma の最大値は通常 14 であるが、ここでは Munsell Viewer での表記にしたがって、最大値が 18 となっている。先に述べたように、ここでは漢字の組に対して選ばれる彩度の違いを問題にしているので、彩度の値の表現そのものは分析に影響しない。)

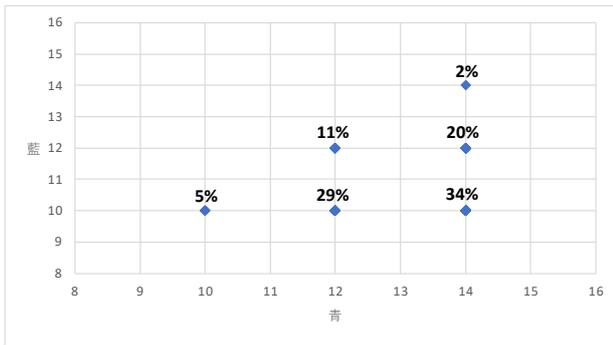
図2から、「赤」と「紅」について同一彩度を選んだ日本人は 31%、日本在住中国人は 70%、中国在住中国人は 57%であることがわかる。このことから、「赤／紅」で選んだ彩度(マンセル chroma)の組み合わせにおいて、同一彩度を選んだ人の割合は、両国の中国人の方が高かった。また、日本人は「紅のほうが赤よりも彩度が低い」と答える傾向があり、両国の中国人では「紅のほうが赤よりも彩度が高い」と答える傾向が見られた。

図3は、同様の分析を「青」と「藍」について行ったものである。同一彩度を選んだ日本人は 18%、日本在住中国人は 60%、中国在住中国人は 48%であった。このことから、「青／藍」で選んだ彩度の組み合わせにおいても、同一彩度を選んだ人の割合は、両国の中国人の方が高かった。また、日本人は「藍のほうが青よりも彩度が低い」と答える傾向があり、両国中国人では「藍のほうが青よりも彩度が高い」と答える傾向が見られた。

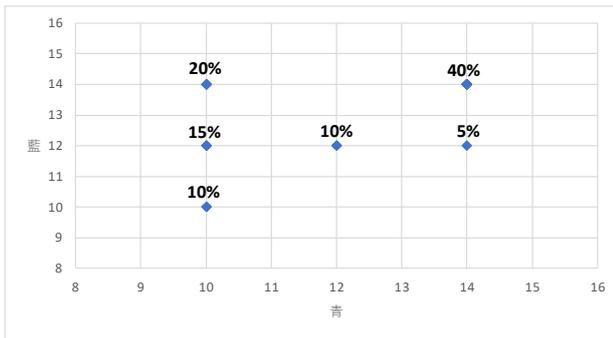
### 4. おわりに

本研究では、日中間での漢字と色の関係の違いを分析するため、さまざまな明度・彩度の赤色および青色の色見本を呈示し、漢字から連想される色を選ぶ調査を行った。その結果、日本人では「紅」「藍」はそれぞれ「赤」「青」よりも彩度が低いと感じる傾向があり、中国人では逆に「紅」「藍」のほうがそれぞれ「赤」「青」よりも彩度が高いと感じる傾向が見られた。

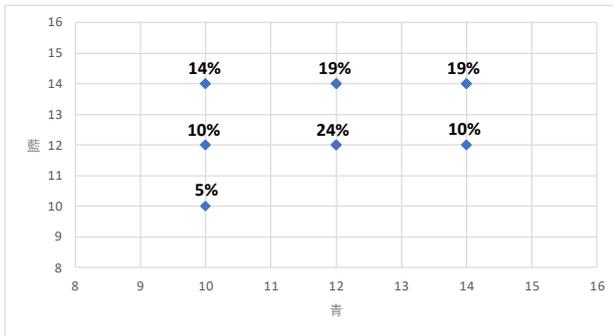
赤色・青色を表す漢字は、日本ではそれぞれ通常「赤」「青」、中国では「紅」「藍」であるので、この結果は「通常用いる文字からは、より高い彩度が連想される」とみることもできる。この観察が他の漢字等の例にあてはまるかどうかは、興味を持たれるところである。



(a)



(b)



(c)

図3. 「青／藍」で選ばれた彩度の関係. (a)日本人. (b)日本在住中国人. (c)中国在住中国人.

### 参考文献

1) 唐向梅, 鷺尾紀吉: 中国と日本における色彩語の対照, 中央学院大学人間・自然論叢, 31 (2010), 51-66

2) Munsell Viewer ver.5.0

<http://yasashimatsuo.sakura.ne.jp/software/MunsellViewer/v50/Munsell%20Viewer%20ver.5.0.htm>

# 日本語話者と中国語話者が想起する多様な色名

## Various Color Words Japanese and Chinese People are Using

楠本晴樹 Haruki Kusumoto 北海道大学  
川端康弘 Yasuhiro Kawabata 北海道大学

Hokkaido University  
Hokkaido University

**Keywords:** 色彩語, 色名, 文化比較.

### 1. はじめに

我々の日常生活では特定の色もしくは特定の色の範囲を示すために色名が使われている。しかしそれぞれの色名は一つの色もしくは色の範囲を示すわけではない。文化や言語によって異なってくるし、また同じ文化や言語においても個人差があると考えられる。本稿ではこの色名の文化差、個人差について検討していく。

色名の研究自体は過去にもさまざまな地域や分野で実施されてきている。色名について最初に体系的に研究されたものは Berlin & Kay(1969)の基本色彩語理論である。彼らは多様な言語を母語とする人々に質問調査などを実施した。その結果 11 個の基本色彩語があり、世界の言語はその 11 個の基本色彩語から 2-11 個をその言語の基本色彩語ということができるとした。

基本色彩語は何であるかということは研究がなされている。これまでの研究は被験者に知っている色名を回答してもらい、多くの人が想起した色名を基本色彩語としている。日本語は黒、白、赤、黄、緑、青、ピンク、オレンジ、茶、紫、灰の 11 色に黄緑、水、金、銀の 4 色を加えた 15 色が安定して上位にしており(小野他 2012、筒井 2019 など)、基本色彩語は使用する色名の条件などによって研究ごとに多少異なるが 15 色が多くの人が使用する基本的な語とされている。中国語は黒(黒)、白(白)、紅(赤)、黄(黄)、緑(緑)、藍(青)、粉/桃(ピンク)、橙/橘(オレンジ)、棕/褐(茶)、紫(紫)、灰(灰)の 11 色が基本色彩語に対応する色として上位にくるが研究によってまちまちである。基本色彩語ではない粉红、天藍、草緑がより上位になるという結果もある(Gao&Sutrup, 1994; 名取他, 2007)。

一方でこれまでの研究は基本色彩語は何であるかということテーマとしており、その他の内

容には踏み込んでいない。日常では基本色彩語だけで会話することはなく、基本色彩語以外の色名も基本色彩語と同じかそれ以上に使用している。そうすると色名の使用実態を調査するにあたって基本色彩語のみに注目しているといえるこれまでの研究は不十分ではないのだろうか。基本色彩語が何であるかということだけではなく、より広範囲な視点から色名の特徴を調査する必要があるだろう。そこで今回の研究を実施することにした。

### 2. 方法

被験者は日本語話者 63 人、中国語話者 26 人であった。中国人話者はその大半が日本在住の外国人留学生であり、程度の差はあるものの日本語の能力を有していた。また中国語話者は簡体字を用いているものが 26 人、繁体字を用いているものが 1 人であった。

被験者は 5 分間自分が知っている色名を紙に書くことを求められた。色名には特に制限はなされなかった。注意事項として実施中に周囲を見渡して色を探すという行為をしないことを求めた。

課題終了後に簡単なアンケートへの回答を求められた。内容は色や芸術にどのくらい興味関心があるかということをも 5 件法で回答したり、趣味を回答したりした。

### 3. 結果と考察

想起語彙数は日本語話者が平均 29.87 語、中国語話者が平均 29.27 語であった。これは日本語話者のほうが中国語話者よりも想起語彙数が多いという名取他(2006)とは異なっている。また同じ 5 分間の想起課題が実施されたロシア語話者に対する Morgan & Corbett(1989)やフランス語話者に対する Morgan(1993)でも想起語彙数はほぼ同じだった。一定時間に想起できる語彙数は脳内の

語彙数を反映しているとするれば、同じくらいの文化水準であれば同じくらいの数であると考えられる。

想起された色名を具体的に見ていく。想起率上位の基本的な色名は過去の研究と同様であったので本稿では詳しい分析は割愛する。想起される語の傾向は大きく異なっている。日本語話者は63人の被験者で252種類の色名が想起された。一方中国語話者は26人で271種類の色名が想起されている。中国語話者のほうが被験者の人数が少ないにも関わらず想起された色名の種類が多いということは、中国語話者のほうが多くの種類の色名を想起したということである。また想起率75%以上の色名は日本語話者が15語、中国語話者が6語であり想起率50%以上の色名は日本語話者17語、中国語話者11語であった。このことから中国語話者は日本語話者に比べて個人が使う色名の個人差が大きい傾向にあることが分かった。よく日本人はみんな同じように行動するとか集団主義的であるとか言われるが、使用する色名にも同質性が表れているように思える。日本語話者および中国語話者の想起率上位の色名はそれぞれ表1及び表2に掲載した。

本研究での新たな分析観点として、想起する順番を取り上げる。最初に想起した色は日本語話者は赤(41人)、黒(6人)、白(5人)、青(5人)の順に多かった。一方中国語話者は赤(8人)、黒(5人)、白(3人)の順に多かった(表3)。日本語話者も中国語話者も赤色から想起する人が最も多いということがわかる。色に限らず何かのカテゴリーに属する単語を連想するときにはまず簡単なもの、代表的なものから想起すると思われる。すなわちこれは赤色が色の中で最も代表的な色と認識されているということを示すのではないか。赤色はBerlin & Kay(1969)の基本色彩語理論の中では古くからある色名の一つであり、有彩色の色名の中では最初に誕生したとされている色名である。また赤は警告色といわれるように視覚的にも目立つため、日常生活でも印象に残っているのではないか。なお日本語話者も中国語話者も赤が多いが、日本語話者は全体の約2/3が赤色から書き始めたのに対して中国語話者は全体の約1/3である。ここでも日本人の同質性が観察される。

最初の色名は赤が多いが2番目以降に想起する色名は日中で大きく傾向が異なった。日本語話者は赤をはじめ基本色彩語を一通り想起してからそのほかの色名を想起する傾向にあった。特に最

初の4つを赤、青、黄、緑の順番で想起したのが全体の約1/3に上った。一方中国語話者の場合は同色カテゴリーごとに想起する傾向にあった。すなわち紅(赤)、浅紅(薄い赤)、酒紅(ワイン色)のように赤系統の色をまとめて書いて、次に別系統の色を書いていくという想起の仕方をしてきた(表4)。

このような相違があったのは主に二つに理由があると考えられる。一つは日中の色名の構造的な差異である。日本語に関しては基本色彩語は短くて簡潔な語となっているのに対して、非基本色彩語は使用頻度の少ない語や外来語など長めの語になっていたりする。一方中国語は赤系統の色名には紅(赤)、浅紅(薄い赤)、酒紅(ワイン色)のように同じカテゴリーの色には同じ単語が使われる。そのため同色カテゴリーごとの想起が容易であったと考えられる。

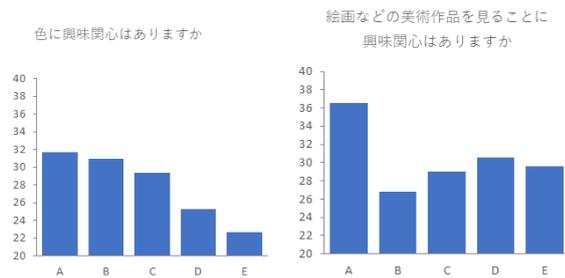
二つ目は基本色彩語の重要度の差である。先に述べたように中国語話者は共通して想起される色名が少なかった。これは日本語よりも基本色彩語の重要性が低いということではないのだろうか。そのためまず基本的な語を列挙して、次にそれ以外の語を述べていくというよりはカテゴリーごとに記述していくという方法になったのであろう。

以上日本と中国という言葉、文化での相違に注目して考察してきた。しかし同じ言語圏でも個人によって相違がある。この個人差についても今回調査してみた。同時にとったアンケートの結果を合わせてみると色への興味関心が高いほうが想起語彙数が多いことが分かった。また美術作品への興味関心が高い人は想起語彙数が多くなることも分かった(図5)。興味関心が高いとその分野の語彙が多くなるのは予測がつく。他には趣味が想起する語彙に影響を与えていることも示唆された。美術系の趣味があると回答した人はほかの人が想起しなかったようなマイナーな色名の回答数が多い傾向にあった。芸術関係以外でも例えば駅伝観戦を趣味だと回答した人は紫紺など襷に関連する色名が出てきたり、理系の研究をしている人は濃褐色など化学物質を表現するときを使う色名を想起したりということがあった。

このように中国と日本では色名の使用傾向に差があることがわかった。基本色彩語を基準にすると日本語も現代の中国語もバーリンとケイの基本色彩語理論では第7段階に属する言語であると考えられるが、実際には大きな差があるといえ

る。

図5



横軸に色もしくは美術への興味関心の度合い(Aが大いにある、Bがある程度ある、Cがどちらでもない、Dがあまりない、Eが全くない)、縦軸にそれぞれの平均想起語彙数をとったもの。

本稿では色パッチなどを使用せず、色名を列挙してもらおうという方式をとった。そのためどのような色名が使われているかということは示唆されたが、実際に想起された色名がどのような色を示しているかということは明らかにできていない。色パッチを用いた研究では基本色彩語のカテゴリー分類の研究や焦点色の研究はあるものの、いずれにしろ基本色彩語を中心としていて、多面的に考察したものは見られない。よって今後は各色名が具体的にどのような色を示しているのか、またそれは日本人と中国人で相違があるのかといったことを検討していく必要があるだろう。

#### 参考文献

- Berlin, B., & Kay, P. (1969). Basic color terms: their universality and evolution. Berkeley and Los Angeles: University of California Press
- Gao, J., & Sutrop, U. (2014). The basic color terms of Mandarin Chinese: A theory Driven experimental study. *Studies in Language*, 38 (2), 335-359.
- Morgan, G., & Corbett, G. (1989). RUSSIAN COLOR TERM SALIENCE. *Russian Linguistics*, 13(2), 125-141.
- Morgan, G. (1993). Basic colour terms: comparative results for French and Russian. *Journal of French Language Studies*, 3(1), 1-17.
- 名取 和幸・山内 誠・大関 徹・清水 加代 (2006). 日中韓の大学生における想起色名の比較色彩研究, 53, 5-9.
- 小野 文路・堀内 隆彦・富永 昌治 (2010). 現代日本人を対象とした色彩語彙の調査と分析 日本色彩学会誌, 34, 2-13.
- 筒井 亜湖 (2019). 現代日本人にみられる色彩語彙の特徴: 美術系大学生の事例 日本色彩学会誌, 43(3+), 38-40.

表1 日本語話者における想起率上位の色名

日本語母語話者における想起率上位の色名							
1黄	◎	100%	12灰	◎	79%	23朱	37%
1赤	◎	100%	13金	◎	78%	23赤紫	37%
3黒	◎	98%	14オレンジ	◎	75%	25山吹	35%
3青	◎	98%	14銀	◎	75%	26エメラルドグリーン	32%
3白	◎	98%	16肌		59%	26青緑	32%
6緑	◎	97%	16橙		59%	28紅	30%
7紫	◎	95%	18ベージュ		49%	29グレー	29%
7茶	◎	95%	18紺		49%	29深緑	29%
9黄緑	◎	90%	20焦げ茶		48%	29青紫	29%
10水	◎	87%	21黄土		46%	32群青	27%
11ピンク	◎	83%	22藍		38%	32桃	27%

※◎は過去の研究で基本色彩語とされていたもの。

表2 中国語話者における想起率上位の色名

中国語母語話者における想起率上位の色名							
1灰(はい)	◎	81%	12棕(ちゃ)	◎	46%	22橘紅	27%
1紫(むらさき)	◎	81%	12銀(ぎん)		46%	22浅紅	27%
1白(しろ)	◎	81%	14天藍(そら)		42%	22桃紅	27%
1橙(オレンジ)	◎	81%	15草綠(きみどり)		38%	22鵝黃	27%
1黒(くろ)	◎	81%	15粉紅(ピンク)		38%	27灰綠	23%
6緑(みどり)	◎	77%	15墨綠(ふかみどり)		38%	27湖藍	23%
7黄(き)	◎	73%	18褐(ちゃ)		35%	27深紅	23%
7紅(あか)	◎	73%	18浅藍(うすあお)		35%	27深藍	23%
9藍(あお)	◎	65%	18土黃(おうど)		35%	27浅紫	23%
10青(シアン)		62%	21浅綠(うすみどり)		31%	27大紅	23%
11粉(ピンク)	◎	58%	22金(きん)		27%	27玫紅	23%

※◎は過去の研究で基本色彩語とされたもの。

表3 最初に想起した色名

日本語母語話者				中国語母語話者						
赤	◎	41人	紫	◎	1人	紅(あか)	◎	8人	水藍(みず)	1人
黒	◎	6人	黄緑	◎	1人	黒(くろ)	◎	5人	浅紅(薄あか)	1人
白	◎	5人	蜜柑		1人	白(しろ)	◎	3人	大紅(まっか)	1人
青	◎	5人	スカイブルー		1人	赤(古典あか)		2人	炭黒(すみ)	1人
桃		2人				粉(ピンク)	◎	1人	天藍(そら)	1人
						藍(あお)	◎	1人	拿破仑黃	1人

表4 平均想起順が早い色名

日本語母語話者				中国語母語話者							
1赤	◎	3.02	11黄緑	◎	12.82	1紅	◎	3.42	11黒	◎	11.05
2青	◎	3.79	12灰	◎	13.12	2粉紅		5.60	12白	◎	11.10
3黄	◎	4.73	13バーガンディ		13.20	3藍	◎	7.82	13水藍		11.80
4緑	◎	5.87	14茶	◎	14.85	4緑	◎	9.30	14紫	◎	11.81
5白	◎	8.16	15桃		14.88	5黄	◎	9.37	15天藍		11.82
6黒	◎	8.44	16橙		15.43	6酒紅		9.40	16大紅		12.33
7紫	◎	9.93	17群青		15.59	7浅紅		10.00	17桃紅		12.43
8水	◎	12.18	18山吹		16.41	8橙	◎	10.14	18玫紅		12.50
9オレンジ	◎	12.57	19肌		16.70	9粉	◎	10.33	19青		13.50
10ピンク	◎	12.58	20グレー		16.94	10深紅		10.67	20湖藍		13.83

## かさね色と日中の服色文化

# Kasane Color and Cloth Color Culture Compare Japan and China

國本 学史 Norifumi Kunimoto 慶應義塾大学  
黄岡師範学院  
曲 音 Qu Yin 北京聯合大学

Keio University  
Huanggang Normal University  
Beijing Union University

**Keywords:** かさね色, 服色文化, 位色, 上下異色.

### 1. はじめに

本研究は、日本で特徴的と考えられているかさね色のような服色文化について、中国の服飾文化との比較と通じて再検討を加える。特に、位色との関わりとして生じて発展するかさね色の性質を再確認すると共に、日本の平安時代頃の服色文化に多くの影響を与えたと考えられる中国唐代頃の服色の文化や、韓半島の服色文化との関わりも参照しながら、かさね色の性質を整理する。

### 2. 位色の採用と服色文化の発展

#### 2-1. 日本の服色文化の特徴的要素

日本でかさね色が発展するのは、平安時代以降である\*1。東アジアでは、日本と中国、韓半島の諸地域において、似通った服色文化の展開が見られる\*2。一方で、日本あるいは韓半島の諸地域ので、先行する中国の服色文化をそのまま受容したとは言いがたい。文化的諸要素の受容と展開に際しては、服色文化の受容と展開には相違がある。特に、日本に特徴的な服色文化として、「かさね色」の展開が見られる。

かさね色は、宮中における着用衣服における、表・裏の服色、あるいは、複数枚の服色の組み合わせである。長崎盛輝が「重」「襲」の区別を端的に示す\*3。(図 1,2 参照) 論者も当該分類に従うが、文献上では「重」「襲」の区別は本来なされずに記されることが散見される\*4。

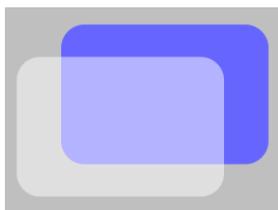
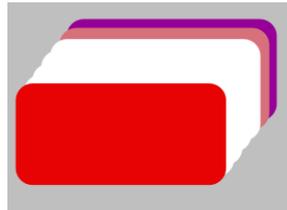


図1. 「桜」の重  
『薄様色目』江戸時代



「桜」の襲  
『女官飾抄』室町時代

かさね色は、女性服飾におけるいわゆる「十二単」の衣の組み合わせのように考えられることもあるが、かさね色は、男性着用之位袍の下に着用する衣服である「下襲」が端緒であることが、荒川瑞代等により指摘されている\*5。

#### 2-2. 位色の推定

かさね色が登場する以前に、日本の宮中で着用する衣服について、位階に伴って着用する服色を定めた位色(いしき, いしょく)が、「冠位十二階」により定められていたと考えられている。ただし、その色彩の根拠は推定に基づくものである。中国の『隋書』(636年成立)倭国伝には、

<前略>...内官有十二等 一曰大徳 次小徳 次大仁 次小仁 次大義 次小義 次大禮 次小禮 次大智 次小智 次大信 次小信...<後略>

という記述が残るが、服色については記述がない。8世紀に日本で成立した『日本書紀』には、推古天皇十一年(603年に該当)十二月の記事として、

始行冠位 大徳 小徳 大仁 小仁 大礼 小礼 大信 小信 大義 小義 大智 小智 并十二階 並以当色絶縫之

の「当色」や、同『日本書紀』推古天皇十六年(608年)八月「召唐客於朝庭」の記事に見られる、

<前略>.....是時 皇子 諸王 諸臣 悉以金髻華著頭 亦衣服皆用錦紫繡織及五色綾羅 [一云服色皆用冠色]

「服色皆用冠色」から、冠位十二階の位色が推定される。さらに当色を五常徳目から考え、冠色と服色の共用という仕様を推定する観点によること、武田佐知子によってまとめられている\*6。

ただし、「唐客」の表現から分かるように、「唐」の文字は、後代の唐的影響による 8c 的な記述であり、正しくは隋である。隋代の衣冠と服色の制度の制定は、武田の指摘によれば隋・大業元年(605)であるから、日本が参考にしたとされる隋代の衣冠制度より日本の冠位十二階が先行したとは考えにくい\*7。これは、次節でも言及するように、韓半島の諸地域における服色制度との関係を見れば、服色推定の背景が見えてくる。

### 2-3. 韓半島の位色

日本の冠位十二階は、同時代の韓半島諸地域の制度のとの共通性を指摘する先行研究がある\*8。同時代の韓半島からの文化流入を考慮するに、文化的影響は確かと言える。特に、中国の位階制度が職階的な官品であることと比較すると、日本の位色を導く冠位十二階は、韓半島の例えば新羅において用いられていた「骨品制」との類似が杉本によって指摘されている通りである\*9。『三国遺事』(13c 成立)には、

<前略>.....是王代始服中国衣冠牙笏 乃法師慈藏請唐帝而来伝也.....<後略>

とあり、太宗春秋公(金龍樹 654-660)時代よりの位階制度の開始が述べられる。これは別の文献資料『三国史記』(1145 年成立)「雑志 色服」に、

法興王制 自太角干至大阿滄 紫衣 阿滄至級滄 緋衣並牙笏 大奈麻奈麻 青衣 大舍至先沮知 黄衣

とあり、法興王(?-540)ということは、『三国遺事』の記録より 1 世紀程前に、新羅では上位から紫・緋・青・黄、の位色順が定められていたという記述が確認できる(図 2)。



図 2. 『三国史記』 色服の記述  
京都大学附属図書館蔵の画像を一部加工

さらに『隋書』に記述される、「高麗」(高句麗の事)の記述、

官有太角干 次大兄, 次小兄, ...<中略>...人皆皮冠, 使人加插鳥羽。貴者冠用紫羅

や、「新羅」条の記述、

官有十六品, 長曰左平, 次大率, 次恩率, ...<中略>...服紫帶, 次施德, 皂帶, 次固德, 赤帶, 次李德, 青帶, 次封德以下, 皆黄帶]

に加え、「百濟」の条に見られる記述、

其官有十七等 其一日伊罰干 貴如相國 次伊尺干 次迎干...<中略>...風俗、刑政、衣服、略与高麗、百濟同

からも、中国・韓半島の位色順が、紫・赤・青・黄、とされていたことが確認できる。ただし、『三国遺事』『三国史記』いずれも 12c 以降に成立した文献資料であることを鑑みると、8c の潤色のある日本書紀同様、後代の位色順を参考にして記述されている可能性を否定できない。

### 3. 位色の受容

#### 3-1. 中国と韓半島における位色展開

前節の通り、韓半島の位色記録は、隋唐の位色設定に近い。中国と周辺諸国との関係性の元、韓半島諸地域が中国式の位色制度を取り入れて衣色制度として残り、後代に文献を記す際に資料に反映される潤色があったと推定できる。

ところで、相生・相克の関係性に基づく五色同士の、色同士の順位付けに不合理があることは、既に武田によって指摘されている\*10。

さらに中国では、『論語』「陽貨篇」に、「子曰 惡紫之奪朱也 惡鄭聲之乱雅樂也 惡利口之覆邦家者」とあるように、紫色は間色であり、衣服の色(上記文献の時代では、衣服自体よりもその縁取りの色と推定される)として、特に紫を上位に定めるものではなかった。ところが『旧唐書』(945 年成立)卷四十五志二十五「与服」に、

<前略>.....六年 復詔從駕涉遠者 文武官等皆戎衣 貴賤異等 雜用五色 五品已上 通著紫袍 六品已下 兼用緋綠 胥吏以青 庶人以白 屠商以皂 士卒以黄

とあるように、五色をある程度自由に着用してい

た習慣を変え、隋大業6年(610)には五品以上に紫袍、以下緋・緑、胥吏は青、庶人白、屠商阜(黒)、士卒黄と定めたことが伺える。『唐会要』(王溥{922-982}選, 961年成立)の記述では、

貞観四年八月十四日詔曰冠冕制度已備令文尋常服飾未為差等宜令三品已上服紫四品五品已下服緋六品七品以緑八品九品以青婦人從夫之色

とあり、貞観4年(630)には唐の常服の位色として、紫・緋・緑・青、の順が定められたことを確認できる。つまり、7cになって、紫色が位色の上位となる性質の変化が生じている\*11。

### 3-2. 日本での隋唐的位色採用

では、日本で隋唐風の位色を採用したのはいつ頃かといえば、大宝・養老律令(伝8c成立)の記録である『令義解』(833年成立)と『令集解』(9c成立)にある「衣服令」礼服条・朝服条の下記、

親王礼服...<中略>...深紫衣...<中略>...諸王礼服...<中略>...一位礼服冠 深紫衣...<中略>...二位以下五位以上浅紫...<中略>...諸臣禮服 一位禮服冠 深紫衣...<中略>...三位以上 浅紫衣 四位 深緋衣 五位浅緋衣...<中略>...

朝服 一品以下五位以上。並皂羅頭巾。衣色同礼服...<中略>...朱云。凡六位以下。无礼服者也。深緑衣。七位。浅緑衣...<中略>...八位。深縹衣。初位。浅縹衣。

より推測される。各色に濃淡がありつつも、礼服・朝服として、紫・緋・緑・縹(青)の順が8c頃に設定されている。この順番は、『旧唐書』の隋大業6年、『唐会用』の唐貞観4年の記録と同じ位色順である。ただし、深・浅の濃淡の区別は、中国や韓半島における位色では見られない。これは、かさね色における濃淡の表現との関わりがあるとも考えられる。

『唐会要』では「常服」の位色規定が、日本では「礼服」・「朝服」に適用された点は唐制と異なる。ただ日本では礼服は衰退し、朝服に集約する。

さて「衣服令」には天皇の袍の色規定がない。『令義解』の古記録に「服色者 白 黄丹 紫 蘇方 緋 紅<後略>.....」の記述があり、弘仁11年(820)嵯峨天皇の詔に、

聽政 受蕃国使奉幣及大小諸会。則用黄櫨染衣 皇后以帛衣為助祭之服 以擣衣為元正受朝之服 .....<後略>

とあることから、日本では元来「白」を祭礼服的に尊んだ習俗があったものの、上記時期以降に天皇袍の黄櫨染変化が見られる\*12。2-2節で言及した冠位十二階の服色推定が曖昧なことも鑑みるに、8c以降に隋唐の諸制度にあわせて位色順・価値観を大いに受容していると考えられる。『日本書紀』の記述「彩色」(色彩概念・分類)の受容は、推古天皇18年(610)、あるいは前後の近い時期から既にあると考えることは可能であるが、位色の類似、天皇位袍・皇太子位袍の別途記述、文献成立時期という諸事を検討すると、日本の位色は、冠位十二階制定時よりも、隋唐的な位色受容を受けてから実質的に始まると言って良い。

### 4. かさね色への展開

かさね色は、1-2節で言及した通り、下襲での着用が端緒である。ただし、位色制度の受容と展開は、服色の規定であるために、服色に多様な色彩を用いるかさね色の展開を、本来は妨げるはずである。しかし実際には、日本でかさね色は平安期以降に発展して行く。かさね色が発展を遂げたのは、宮中女性の着用した女房装束の発展に伴うと言える。なぜなら女房装束は、多分に私的な性質を持つことによる。『令集解』で女性衣服は、

内命婦礼服 一位 礼服宝髻 深紫衣...<中略>...三位以上 浅紫衣...<中略>...四位 深緋衣...<中略>...五位浅緋衣...<中略>...外命婦 夫服色以下任服

の規定があるように、礼服では規定があった。しかし、礼服衰退後、儀式外での宮中起居・勤務時において、男性官人のように「朝服」の規定がない。女性の朝服・官服的服装は、規定がない以上、それぞれの礼装的着装に先例的に倣うことで、徐々に公的な性質を持つように変化したことが推定される。これは、天皇の「私」部分が律令に記されないことで有職故実の成立に繋がったことと同様\*13、女性服の趣味・趣向という「私」的要素が、公的要素、有職化したと言える\*14。当該と合わせて、日本のかさね色は、唐風の女性衣服の流行とは合致しない部分がある。中国唐代の女性衣服では、上下異色のようなコントラストの強い色同士の上衣・下衣の組み合わせが好まれた(図3)ことと対比的に、日本の女性衣服に見られるかさね色では、最外衣か内側の単衣にのみコントラストがある色を用いる、という違いが見られる\*15。さらに、複数の色を組み合わせ一つ

の色名を付与することは、同時代の中国では見られず、独特である\*16。女性衣服には、主にかさね色を表現する単衣・五衣の上に唐衣と呼ばれる衣服もあるが\*17、日本の女房装束におけるかさね色は、唐代女性衣服とは明らかに性質の異なる色彩の工夫が見られると言って良いであろう。隋唐式の位色の受容という時代的な背景がありながらも、私的な色彩の公化という性質をもつ有職故実の発展に伴い、日本の女性服色は、唐の女性服色とは異なった展開を遂げたと言って良い。そして多重的な色彩を組み合わせて表現するかさね色が盛んに用いられた女房装束の発展は、かさね色という、特殊な色彩の発展を導き出している。



図 3.《搗練図》黄能馥, 陳娟娟, 黄鋼『中国服飾史図鑑』第2巻 国書刊行会より一部加工引用

### 5. おわりに

以上のように、かさね色を中心に、日中に加えて韓半島の位色も比較しつつ、服色文化の共通点や相違、日本における位色展開、かさね色の性質と特徴、といった点を検討した。東アジアで共通性を持つ位色とその色順という要素がありつつも、日本における服色文化は必ずしも中国の唐風一辺倒ではない衣服構成や色彩構成がつけられ、その後も変化して行く。中国では宋代にも唐風の位色は受け継がれ、『宋史』(1345年成立)に「公服凡朝服...<中略>...宋因唐制三品以上服紫五品以上服朱七品以上服緑九品以上服青」と記述されるが、その後に変化した明代の位色は、日本では採用されていないと言える。男性衣服は唐風の束帯色が黒に集約され、女性衣服は裳等の唐風のアレンジ衣服の形態を様々に変えながら、複数の衣(きぬ)の色を組み合わせて色を表現するようになる。かさね色における、構成色と色名の重複のような日本独特の特徴は\*18、同時代の中国でも見られないのか、といった比較視点を含めることを今後の課題として、考察を加えて行きたい。

### [注]

- 1) 江馬務「襲色目の研究」『風俗研究』170, pp.15-18, 1934.07.
- 2) 國本学史「作为东方色彩的日本色彩文化及其多重性」『2018中国伝統色彩学術年會論文集』pp.53-67, 2018.11.
- 3) 長崎盛輝『かさねの色目』京都書院, pp. 12-17, 1988.
- 4) 國本学史「花の色とかさね色 —歴史的・文化的視点から見たかさね色」『日本色彩学会誌』45(6), pp.274-277, 2021.11.
- 5) 荒川瑞代「襲色目について」『服飾美学』3, pp.23-32, 1973.12.
- 6) 武田佐知子「中国の衣服制と冠位十二階」『女子美術大学紀要』13, pp.11-40(11-13), 1983.03.
- 7) 前掲注 6, p13.
- 8) 武光誠「冠位十二階の再検討」『日本歴史』346, pp.20-36, 1977.03.
- 9) 杉本正年『東洋服装史論攷 古代編』文化出版局, pp.346-356, 1979.
- 10) 前掲注 6, pp18-23.
- 11) 國本 学史「疊色中的唐風与和風」『2020 中国伝統色彩学術年會論文集』 pp.335-349, 2020.11.
- 12) 大津透『古代の天皇制』東京：岩波書店, pp142-177, 1999.
- 13) 近藤好和『天皇の装束』東京：中央公論社, pp.91-141, 2019.3.
- 14) 國本学史「黄櫨染色の特殊性」『日本色彩学会誌』44(3), pp.200-203, 2020.06.
- 15) 曲音「日本平安時台女房装束色彩搭配的“里外”模式」『中国伝統色彩研究青年論壇(2021)』口頭発表原稿, 2021.12.04.
- 16) 前掲 15 及び、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), pp.180-185, 2020.07.
- 17) 吉村佳子「唐衣・裳形式の成立に関する一考察」『服飾美学』27, pp.1-16, 1998.03. 及び、増田美子「和様の成立過程--唐衣裳装束を中心に」『国際服飾学会誌』28, pp.4-20, 2005.11.
- 18) 前掲 17 國本, pp.183-184

※ 本論では、文字資料の記述を含めて、できるだけ旧漢字を常用漢字に改めている。

### [謝辞]

本研究は、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「日中の服飾文化における位色やかさね色の共通性と相違」の成果の一部である。

## 音楽を参照とした色彩研究

### Color research with reference to music

鄭曉紅 Zheng Xiaohong 中国人民大学

Renmin University of China

**Keywords:** カラーハーモニー, 振動, スペクトラム, カラーシステム

#### 1. はじめに

音楽を参照した色彩研究は、東洋と西洋の両方で深い伝統を持っている。たとえば、伝統的な中国色彩文化の「五行五色」には、青、赤、黄、白、黒五色では、宮、商、角、徴、羽等「五音」に対応する。西洋では、紀元前5世紀にも古代ギリシャの思想家ピタゴラスの音楽理論の研究は、後世の色彩研究に非常に大きな影響を与えました。

音楽は美術と比べ体系化や理論の面で急速に発展しており、現代の科学技術に牽引され、聴覚メディアの普及と利用率が高まり、人間の聴覚が再活性化され、聴覚の回復と人間の聴力の回復により、音楽を参照した色彩研究は確実に深まります。

#### 2. 萬物は振動である

物理学者アルベルト・アインシュタインは、私たちの体を含めすべての物は、異なる周波数で振動しているエネルギーでできている、つまり萬物は振動である。音や光は、波の形をしている、音波は空中を移動し、振動によって進行し、私たちの耳鼓にぶつかり、奇妙な生理的過程を経て、はじめて化学的な形に変換され、電気パルスの形に変換され、脳の中で音が形成される。音波は1秒あたりのサイクル数で測定されます、ヘルツ(hertz)と呼ばれ、Hzと略される。音波は空気分子が周期的に振動し、振動の周波数は音の周波数で、1秒間に1ヘルツと考えられ、ゆっくりとした波は非常に深く低い音を作り、速い波が高く鋭い音を作り出す。赤ちゃんは20ヘルツから20000ヘルツの音を聞くことができ、年齢が上がるにつれて、聴力の範囲は狭くなり、普通の大人は20ヘルツから1万6000ヘルツの音を聞くことができる。私たちの聴覚範囲より下の音を次音(infrasound 人間には聞こえない音)、それより高い音を超音波(ultrasound)と呼びます。これと同様に、スペクトル(Visible spectrum)とは、電磁気スペクトルのうち人間の目で見える部分のことで、この範

囲の電磁波は可視光(Visible light)と呼びます。一般の人の目で感じる波長の範囲は360-400nmから760-830nmまでです。聴覚と視覚は不思議なほど似ている。

色彩研究の重要な研究テーマの一つに「色彩調和」があり、「色彩調和」とは英語のColor Harmonyの訳語で、2つ以上の色が、秩序正しく、調和し、調和して組織された、心地よい色の組み合わせをいいます。音楽はリズムが合わないと、ノイズのようなもので、聴いていて苦しいものです。色彩調和状態は音楽に似ていて、それぞれの色が音符のようになっていて、調和した状態にあると、人間の「調和」と共鳴して、気持ちがよくなり、美しいものを感じる、調和は美の本質を探る研究です。

#### 3. ピタゴラス学派の「調和学」の研究

紀元前5世紀のピタゴラスは、ギリシアの最も重要な思想家の一人であり、幾何学の父と呼ばれ、西洋世界で最初に音程関係を確立した人物である。音程の発見の鍵となったのは、板と弦でできた単弦琴(monochord)というシンプルな楽器でした。ピタゴラスは単弦琴を用いて、弦を人為的に区別することが比例を作り出すことを発見し、その区別が作り出す音程を見て、整数の比例関係が観察できることを発見した。2対1、3対2、4対3などのこれらの整数比は、形式の原型であり、世界の調和のとれた状態も示しています。たとえば、弦が2つに均等に分割されている場合、音は元の弦の音から1オクターブ離れ、振動比は2:1であり、弦が3つに均等に分割されると、弦の振動比は3:1になり、弦が4つの部分に均等に分割される場合、振動比は4:1であり、ピタゴラスは音楽の観察を通じて、弦の法則の人為に調和の比率を作ることを発見した。

ピタゴラスはかつて「一本の弦を学ぶと宇宙の秘密がわかる」と言いました。振動する弦を見ると、音の揺らぎの小さな宇宙から大きな宇宙を観察することができる。ピタゴラスは、宇宙は巨大な単弦琴(monochord)であり、そのような一本の弦の楽器が天と地の間に伸びていると信じていました。弦の上部分は精神世界に接続され、弦の下部分は物質世界に接続されている。科学として音楽を学ぶ時、人間は自然の謎を発見できる。ピタゴラスは、調和

の法則を自然界のすべての現象の調和にマッピングすることができました。

ピタゴラスが提唱した「天体音楽」(Music of the Spheres)は、宇宙を走る天体の動きが音をつくり、それを聴くことを意識的に鍛えている人が知覚し、弦を弾く音程で再現するという説がある。ピタゴラスとその弟子たちにより「天体音楽」は単なるメタファーではなく、ギリシアの指導者たちは、惑星が天界で波動する音を本当に聞くことができたと言われていました。天体の動きと音の関係は、何世紀にもわたって仮説と見なされてきたが、最近、科学者たちは、軌道上の惑星の速度から導き出された数学的規則に基づき、さまざまな惑星と音の間にハーモニーの関係があり、おそらく古代ギリシアの指導者たちはこれらの天体の動きを音として知覚することができたかも知れない。

ピタゴラス教徒は「ランダウコード」を残しました。これは2セットのシーケンスで構成され、1つは文字列の区別とその周波数のマークを表し、もう1つは調和数列である倍数を表す。音の品質は弦または波の長さから導き出すことができ、「ランダウコード」は「世界の魂」と呼ばれ、その謎はいまだに解明されていません。(ランダウコードの図は以下の Web ページ掲載しています <http://www.cymaticmusic.co.uk/harmonicism-II.html>)

ピタゴラス学派の音楽を参照とした「調和学」の研究は、ドイツの天文学者、物理学者、数学者、現代の実験光学の礎を作った「天空の立法者」と呼ばれるヨハネス・ケプラー(Johannes Kepler 1571-1630年)に影響を与え、彼はピタゴラスの理論に基づき、「天体音楽論」を提唱した。水星、金星、地球、火星などのさまざまな星座には、宇宙のすべてのものが独自の振動周波数を持っていると信じ、これは天体音楽と呼ばれ、すべてのものの軌道によって生成される調和関係である。

行星	跟地球的 距離比例	音程
月球	1	
太陽	2	八度
金星	3	五度
水星	4	四度
火星	8	八度
木星	9	主音
土星	27	八度+五度

図1 ヨハネス・ケプラーの「天体音楽論」

上から下の音は水星、金星、地球、火星、木星、土星を表している。超冷赤色矮星「トランプスト1」は二〇一五年にベルギーの科学者によって発見され、その後も七個の惑星が発見されている。互いに非常に近接しているため、重力が平衡していると、やはり重力に直結した一定の軌道半径比ができ、音楽的には2:1、3:2の和音の調和関係であり、ケプラーの天体音楽論を裏付けた。

ドイツの科学者ハンス・カイザーは、ピタゴラスの「ランダウコード」に基づき、調律理論を開発し、音の高さと弦の長さ(数学的に確立可能)の関係を論じている。

ドイツの科学者ハンス・カイザーは、ピタゴラスのランダウ符号をもとにした音楽の調律理論を発展させ、音の高さと弦の長さは数学的な関係を論じ、音楽の質は弦や波の長さ由来する事を証明した。

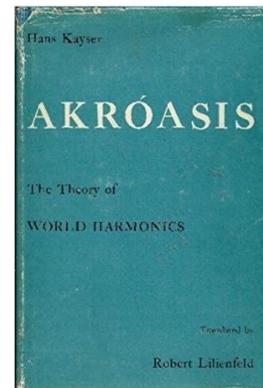


図2 Hans Kayser の著書

音楽を参照とした色彩研究は、最も有名なのがニュートンの光学の第3巻(1704年)で、観察と質問の技術を扱う際に、14番目の質問は次のように記録され、「色の調和と不調和、そして音楽の調和と不調和はすべて、空気の振動のさまざまな比率の影響である可能性があり。つまり、振動のさまざまな比率によって引き起こされる変化は、光を介して脳に伝達されます」



図3 アイザック・ニュートンの「光学」

4. 音楽を参照としたオストワルトカラーシステム

オストワルトカラーシステムの創設者であるオストワルトは、構造的に美しいオストワルトカラーシステムを完成し、実際は、その構造はピタゴラス理論の最良のデモンストレーションであり、「ランダウコード」の完全な表現とも言える。

その形は二つの円錐体からなる二重錐体で、幾何学的に秩序のあり、一つ一つの正三角形の等色図は、この色立体の基礎構造となり、正三角形の一つを360度回転させると、そろばんの玉のような二重錐ができる。この等色相正三角形こそが、ピタゴラスの「ランダウコード」と同じ構造である。

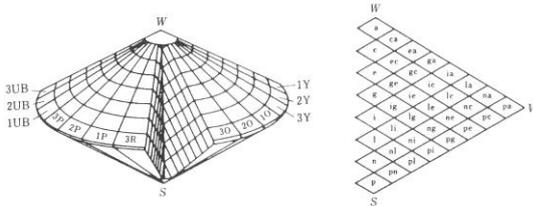


図4 オストワルトカラーシステム

オストワルトのカラーシステムの色表記法は、完璧なピアノの音符のようなものであり、オストワルト自身は、音楽を参照とした色彩研究について、彼の明確な態度を表明し、音楽の訓練がすでにアマチュアのレベルを超えているオストワルトにとって、オストワルトのカラーシステムを設計に携わり、音楽に対する理解が自然に導入されました。

5. まとめ

西洋では、初期の色彩研究者たちは、色彩の調

和も音楽のハーモニーのように、配色された様々な色彩の間に、比例関係により色彩調和の効果を達成することができるかを期待していたが、これは当時の音楽における重要な影響から自然発生した連想である、音楽の和声における整然とした振動数の比例関係はすでに先例がある。一方、現代の音楽を参照とした色彩研究方法では、人間の主観的な配色評価をまとめ、統計処理によって調和・不調和を判断することが多くなっている。

人間は視聴覚の方式で、世界を認知し、相互依存の視聴覚関係の中で、声の無形はそれに人の感覚に比較的「弱い」を感じさせ、視覚は人の注意力をコントロールし、聴覚に対してある程度のカバーと解消を形成し、それは「主次」と「顕隠」の関係を呈する。

科学技術の発展により、聴覚メディアの普及と利用が増加し、人間の聴覚が再活性化され、聴覚文化の拡張が新たに拡大され、その魅力は強く高まっている。人間の聴力の回復により、音楽を参考にした色彩の研究はますます進むだろう。

参考文献

- 1) 牛頓：「光学」(1730)
- 2) Hans Kayser : Harmonia Plantarum (1943)
- 3) 図1 引用「約翰内斯·开普勒」[美]威尔克

尔 著；刘堃訳. 西安：陕西师范大学出版社；2003-11

4) 図2 引用 <https://www.amazon.com/-/es/Hans-Kayser/dp/0873680677>

5) 図3 引用 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%82%A4%E3%82%B6%E3%83%83%E3%82%AF%E3%83%BB%E3%83%8B%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%83%88%E3%83%B3>

6) 図4 引用 <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AA%E3%82%B9%E3%83%88%E3%83%AF%E3%83%AB%E3%83%88%E8%A1%A8%E8%89%B2%E7%B3%BB>

# 絵画画像の微細色面に着目した再帰的畫面分割に基づく 階段関数系による色彩分析の試行

## A consideration about color analysis of paintings by recursive step-function system focusing on fine areas of painting art

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の特徴をとらえる手法として、画面を任意形状に再帰的二分割して得られる階段関数系を用いた展開係数による計量を提案してきた。最多頻出色の領域とそれ以外の領域などと画面全体から細部に向けて、再帰的に分割を繰り返し、得られた領域に対応した階段関数系を生成し、色変化の展開係数からその特徴を計量的にとらえようとしてきた。画面の分割の仕方により、計量の意味づけが変わる。これまでは画面全体から細部に向かって、最多頻出色領域等に着目して分割を行ってきたが、本研究では OpenCV ライブラリに実装されている Superpixels のように画面全体を微細色面にいったん分割し、それらの再帰的な組合せから細部から全体に向けて分割を構成する手法について試行し、得られた再帰的な画面分割から階段関数系を生成し、色変化の分析を試みる。

### 2. 再帰的 2 分割による完全正規直交系の構成

これまで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に対し完全正規直交系による展開を行うことで、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に計量し、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で、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。提案してきた階段関数系は、画面を 2 つに再帰的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。階段関数系の定義が領域の面積比により決まり、形状には依存しないことから、矩形以外の形状を持つ色彩画像の画面上の特微的な領域、例えば、「最多頻出色から成る領域」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、色彩分析する手法を提案してきた。すなわち、色彩画像上の領域  $S$  を 2 分割した領域を  $S'$ 、 $S''$  とする。ここで、 $S = S' \cup S''$  である。また、 $S'$ 、 $S''$  は各領域の面積を示すものとする。

$S$  及びその分割  $S'$ 、 $S''$  について、基底関数  $\varphi_S$  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、領域  $S'$ 、 $S''$  をそれぞれ再帰的に分割して得られた  $\varphi_{S'}$ 、 $\varphi_{S''}$  から完全正規直交系  $\{\varphi_S\}$  が構成される。 $\{\varphi_S\}$  による関数  $f(x, y)$  の展開係数は

$$\begin{aligned} c(s) &= \int_S f(x, y) \varphi_S(x, y) dx dy \\ &= \sqrt{\frac{S''}{S'(S'+S'')}} \int_{S'} f(x, y) dx dy \\ &\quad - \sqrt{\frac{S'}{S''(S'+S'')}} \int_{S''} f(x, y) dx dy \end{aligned}$$

ここで関数 $f(x, y)$  は画面上の座標 $(x, y)$ に明度値等を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

Parseval の等式により二変数関数 $f$ の $L^2$ ノルム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、

$$\begin{aligned} \int_S L^*(x, y)^2 dx dy &= \sum_{S', S''} c_L(S', S'')^2 \\ &= \sum_{S', S''} \left\{ \sum_{S' \equiv 2^{-k}, S'' \equiv 2^{-l}} c_L(S', S'')^2 \right\} \end{aligned}$$

が成り立つ。Haar 基底との比較を行うこと等を考慮して、 $S', S''$ を2のべきで分類した。ここで $k, l = 0, 1, 2, \dots$ である。

展開係数の二乗和の部分和の平方根 $p_{k,l}(L)$ ：

$$p_{k,l}(L) = \left( \sum_{S' \equiv 2^{-k}, S'' \equiv 2^{-l}} c_L(S', S'')^2 \right)^{1/2}$$

を(ここでは $L^*$ の)「パワースペクトル」とする。

### 4. 任意形状の領域に対する基底系の構成

本研究で提案する基底系を構成するための分割には、

- 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。ただし、定義より基底関数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。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く、複数の領域に分かれていても、穴が開いていてもよい。

領域分割には様々な方法が選択できるが、分割方法に応じて展開係数の意味づけを行うことができる。作品の構成を踏まえた分割方法を選ぶことで、数値計算上だけではなく、美学、美術史の観点でも意味づけされた分析が行える可能性がある。先行研究[4]では画面上の代表色に着目して分割した。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 $\delta$ 以下の色を持つ領域を「代表色領域」とした。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、以降、再帰的な分割を得ることとした。

### 5. 微細色面による分割領域の構成

先行研究では画面全体から細部に向けて、再帰的に分割を行ってきた。画面全体の「図」と「地」の関係を考えると、分割の意味づけは明確であるが、分割が進むと、画面のより細部の構成について、各所での色変化を見るというよりは、「図」と「地」という二項関係に割り振って、全体としての色差を見ている。これには必ずしも適切な見方ではないのではないかという疑問が生じる。すなわち、描かれた要素ごとに「図」と「地」の関係は存在しており、部分画像ごとに「図」と「地」の関係を考えるべきではないかということである。そこで、本研究では画面上の筆致もしくはさらに小さな画素の集まりに着目して、それらからボトムアップに分割を構成することを試みる。みることとした。画面上の画素を「画面構成上、これ以上分割しても意味のない、最小要素としての画素群」に分割し、それらを階層的クラスタリン

グして、画面全体に向けて組み上げていく。その過程における各クラスター内でこれまでに提案してきた基底を定義するという方法である。このような画面上の微細色面を得る手法として、画面上及び色空間上、それぞれの距離において近い画素をまとめた「Superpixels」がある。画像処理ライブラリ「Opencv」には画像を「Superpixels」に分割するためのアルゴリズムが実装されている。図2に「SLIC」というアルゴリズムで分割した例を示す。「SLIC」では、色彩画像の画面(2次元)に色空間(CIELAB、3次元)を合わせて5次元空間で画素をクラスタリングしている。結果として、画面の細部の構成に応じた画素群が得られた。しかしながら、画素の画面上の距離と色空間上の距離の重み付きの和を考慮することで、画素群の中に複数の色相の色が含まれるようなことが観察された。画面上の距離と色空間上の距離のどちらかが小さくなれば、クラスタリングに用いる距離が小さくなり、それが、必ずしも色空間上の距離の小ささと合致しないものと考えられる。そこで、本研究では「SLIC」などのアルゴリズムによる「Superpixels」を使わず、より単純な基準による画素分類を試みることにした。

画面上の画素を分類したクラスターである「微細色面」は、

- 「微細色面」は画面上画素の部分集合
  - 「微細色面」内での各画素間の色差は $\delta$ 未満
  - 「微細色面」は互いに素
  - 「微細色面」の総和は画面全体となる
  - 「微細色面」の間の隣接関係が得られる
  - 「微細色面」の位置が得られる(重心位置とする)
  - 「微細色面」の間の距離が得られる
  - 「微細色面」内の平均色が得られる
  - 「微細色面」の面積(画素数)が得られる
- という性質を持つものとする。ある「微細色面」に隣接する「微細色面」が得られる等の機能を持つソフトウェアライブラリを作成することにより、「微細色面」を通常の画素と同様に操作して、画像における色彩分析を行えるようにする。図1

に、色相角ごとに画素を分類し、各部分画像ごとに「微細色面」を求めて、それらを集約した例を示す。図1では、「微細色面」ごとに(元の色とは異なる)色を割り当て、分割を強調している。結果として点描で描かれた画面の筆致をさらに分割するように「微細色面」が得られた。一つ一つの筆致の中の色変化を反映させたものではあるが、基底関数を生成するためには、得られた「微細色面」をいくつか統合したものをベースとすることとした。

## 6. 「微細色面」からの基底関数の構成

「微細色面」を基にボトムアップに階層的な画面分割を構成し、それぞれに応じた基底関数を得るものとする。階層的な画面分割を得るために、「微細色面」を統合する。例えば、隣接する「微細色面」のうち、「微細色面」の間の色差が最小となるものを組み合わせるものとする。基本的には、2つ以上の画素群を一つに統合するが、基底関数の生成方法から画面を再帰的に2分割して得られること、すなわち、2のべき乗個のクラスターが必要であることから、まず、クラスター数が2のべき乗数(1024、2048、4096、...)となるように初期統合を行うことにした。初期統合にはk平均法を用いる。2のべき乗個にクラスタリング後、2つずつクラスターを統合していき、クラスターの組ごとに基底関数を得る。

## 7. まとめと今後の課題

色彩画像を構成する画素を「微細色面」に分類し、その「微細色面」を統合して階層的な画面分割を得て、これまで提案してきた基底関数の定義により、対象としている色彩画像の色変化に適応した階段関数系を得る。この階段関数系による色変化の分析については発表で述べる。本研究における「微細色面」は絵画画像を分析するための「最小単位」であり、『画素』というべきものとする。今後、画面上での色の対比等を分析するための「微細色面」の統合条件を検討する。分析の目的に応じた基底関数を得られることが期待される。

## 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] 小林光夫, 絵画における色彩美の数理的分析, 東京大学, 1999.
- [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.
- [4] 室屋泰三, 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, 日本色彩学会令和3年度全国大会, 2021.
- [5] Radhakrishna Achanta, Appu Shaji, Kevin Smith, Aurelien Lucchi, Pascal Fua, and Sabine Susstrunk, "SLIC Superpixels", EPEL(2010), <https://infoscience.epfl.ch/record/149300>
- [6] OpenCV "Superpixels", [https://docs.opencv.org/4.5.5/df/d6c/group\\_\\_ximgproc\\_\\_superpixel.html](https://docs.opencv.org/4.5.5/df/d6c/group__ximgproc__superpixel.html)



図1. 「微細色面」の例

ポール・シニャック 《マルセイユのノートルダム・ド・ラ・ガルド大聖堂》1905-06年

## 分光画像情報と三次元情報の統合に関する検討

# Investigation on Integration of Spectral Image Information and Three-dimensional Information

土居元紀 Motonori Doi 大阪電気通信大学  
西 省吾 Shogo Nishi 大阪電気通信大学  
来海 暁 Akira Kimachi 大阪電気通信大学

Osaka Electro-communication University  
Osaka Electro-communication University  
Osaka Electro-communication University

**Keywords:** 分光画像, 三次元情報, RGBD カメラ, 点群データ, PLY フォーマット

討する. また, 照明の分光分布と標準白色の情報を与えて, 任意の照明分布下での色の見えを点群情報の上で再現する.

### 1. はじめに

デジタルアーカイブにおいて, 正確な色情報や詳細な表面形状を取得することが重要である. 正確な色情報の取得においては分光画像情報が有用である. よって, 分光画像情報と三次元情報を同時に取得できれば, 正確な物体情報の記録が期待できる.

RGB 画像と三次元情報(カメラからの奥行情報)を同時取得する装置として RGBD カメラがある. RGBD カメラは, RGB 値をもつカラー画像と距離情報(Depth)を同時に取得できるカメラである. 筆者らはこれまで, RGBD カメラと波長可変照明の組合せによる三次元情報と分光情報の同時取得と任意の光源下での色再現について検討してきた<sup>1)</sup>. これまでの研究における分光画像情報と三次元情報の同時取得方法は, まず, 波長可変照明を用いて波長を変えながら単波長光を対象に照射して, RGBD カメラでカラー画像と三次元点群データを取得し, 各波長下でのカラー画像から分光情報を推定した後, 三次元点群データと統合していた. そのため, 分光画像情報と三次元情報の統合時に位置ずれが生じていた.

本発表では, 三次元点群データの各点に分光情報を関連付けることによる, 位置ずれを生じることなく記録する方法の検討について報告する.

### 2. PLY フォーマット

本研究では三次元点群データの記録に PLY フォーマット<sup>2)</sup>を用いる. PLY フォーマットは三次元の各点の座標(X,Y,Z)とそれに対応する色情報(R,G,B)を格納できる. また, ASCII データとして保存可能なので, 研究段階においてデータの検証が容易である.

本研究では, PLY フォーマットを拡張し, RGB データに代わり分光データを格納することを検

### 3. 分光画像情報と三次元情報の取得と統合

#### (1) 取得方法

波長可変照明として Gooch & Housego 社 OL490 を用いて波長を変えながら単波長光を対象に照射し, RGBD カメラとして Microsoft 社 Azure Kinect を用い, 三次元点群データと各点の RGB 値を取得する. Azure Kinect SDK にある Azure Kinect recorder を用いて MKV フォーマットで記録したのち, PLY フォーマットに変換する. この際, 単にカラー情報を三次元点群情報に付与するのではなく, 点群の XY 座標を RGB 画像の XY 座標と一致させるように変換する. そのため, この時点では, 同じ XY 座標に点が複数存在する場合は生じる.

#### (2) 統合方法

各波長で撮影した PLY ファイルを読み込み, 統合した PLY ファイルを出力する. ただし, 統合した PLY ファイルはそのままでは一般のソフトウェアで利用できない. 区別のため, 拡張子を .sply とした. 統合のためのプログラムは Python 言語を用いて作成した.

統合方法は, まず, ある指定した波長での PLY ファイルの座標を基準とする. なお, 三次元情報の取得は近赤外線を用いて行うため, 照射した光の波長は三次元計測結果に影響しない. ただし, 計測ごとに記録される点の位置に変化があるため, 各波長での点群の座標は完全には一致しない. 基準とした PLY ファイル内の対象物体の領域を指定し, 短波長側のファイルから順次以下の処理をする. 領域内の各座標について一致する座標をファイル内から探し, 短波長側では B, 中波長側では G, 長波長側では R の値を色情報として取得し, 座標と波長に対応する配列に格納する. 一致する座標がない場合は, データ欠損の記号を格

納する。座標が一致するデータが複数ある場合は、その座標について最後に読み込んだデータを格納する。すべての波長について処理をしたら、データをファイル名に.sply の拡張子を付けたテキストファイルに書き出す。

#### 4. 実際の計測と任意の照明下での色再現

提案方法の有効性を確認するため、実際に計測を行い、統合して記録した。そして、任意の照明下での再現を行った。

計測では、計測対象に対し約 60cm の距離に RGB カメラと波長可変光源の照射部を設置した。計測風景を図 1 に示す。440~660nm の波長帯について、帯域幅 20nm の光を 20nm 間隔で照射しながら撮影した。よって、合計 12 波長帯となる。440~480nm のデータからは RGB 値の B 値を、500~580nm のデータからは G 値を、600~660nm のデータからは R 値を取得して格納した。

色再現では、まず、対象内に白色を配置しておく、その点の各波長での色情報を記録しておく。これを標準白色として、各座標での仮の分光反射率を計算する。この分光反射率と、照明の分光分布、および、等色関数から各座標での XYZ 値を求め、RGB 値に変換する。変換結果を PLY フォーマットとしてテキストファイルに書き出す。ただし、一つの波長帯でもデータ欠損のある座標については、出力から除く。この一連の処理も Python 言語で作成したプログラムにより行った。D65,A 光源および実際に計測した LED の分光分布を用いた色再現例を図 2 に示す。なお、Meshlab という三次元データ表示ソフトウェアを用いて表示した。厳密な色再現性の検証は行っていないが、妥当な色合いで表示できたと考えられる。データ欠損のため出力されなかった座標は 120678 点中 4619 点で、全座標に対して約 4% だった。点群に色情報を付与しているため、位置ずれは生じていない。

#### 5. まとめ

RGBD カメラと波長可変照明の組合せにより、分光情報を持つ三次元点群情報を記録する方法について検討した。対象物体に波長可変照明で波長を変えながら単波長光を照射し、RGBD カメラでカラー画像と三次元情報を記録して、各波長の PLY ファイルを取得した。ある波長のデータを基準として、その各座標に対応する各波長の色情報を統合し、拡張 PLY ファイルとして記録した。実際に計測を行い、任意の分光分布をもつ照明環境下での色再現を行った。

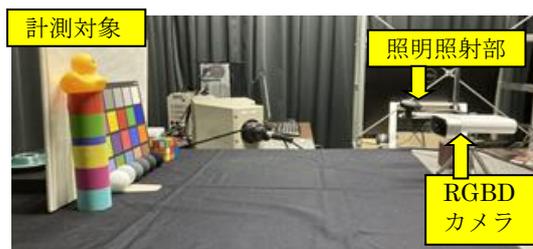
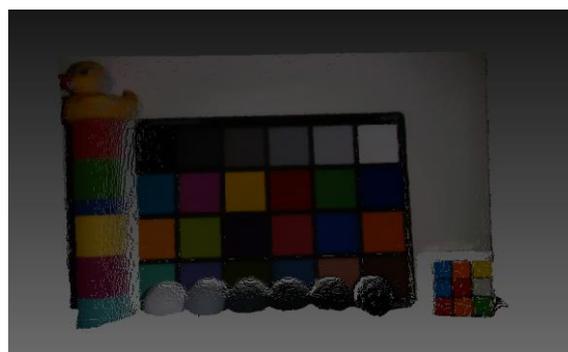


図 1 計測風景



(a)D65



(b)A



(c)LED 昼白色

図 2 様々な光源および視点における三次元データの色再現

#### 参考文献

- 1) M. Doi, N. Nishida, A. Kimachi, S. Nishi: Acquisition of 3D Data and Spectral Color by using RGBD Camera and Programmable Light Source, Proc. of CCIW2019 (2019) 79-88
- 2) The Stanford 3D Scanning Repository, <http://graphics.stanford.edu/data/3Dscanrep/>

# スマートフォンカメラによるマルチバンドイメージング Multiband Imaging with Smartphone Cameras

西 省吾 Shogo Nishi 大阪電気通信大学

Osaka Electro-Communication University

大寺 亮 Ryo Ohtera 神戸情報大学院大学

Kobe Institute of Computing, Graduate

School of Information Technology

富永昌治 Shoji Tominaga 長野大学

Nagano University

Norwegian University of Science and Technology, Norway

**Keywords:** スマートフォンカメラ, マルチバンドイメージング, 分光反射率, LMMSE 推定.

## 1. はじめに

近年, スマートフォンの普及と内蔵カメラモジュールの性能向上が著しい。スマートフォンカメラの利点は、可搬性, 低価格, 利便性, そして幅広い用途に対応できることにある。スマートフォンはカメラと情報処理システムが一体化しており, 例えば医療診断, ヘルスケア, 食品品質検査, 環境モニタリングなど, スペクトルセンシングが有用な分野において専用アプリケーションの実装が容易に行えることが推測される。さらにスマートフォンカメラでも RAW 撮影が可能になった。それゆえ一眼レフカメラと同様に分光分布や分光反射率などの分光情報の推定も原理的に可能であり, 我々はこれまでにスマートフォンカメラと複数個の LED 照明を組み合わせ, 分光情報の推定に関して検証を行ってきた。しかしイメージング技術の確立と分光反射率推定理論に軸足を置いたため, スマートフォンカメラの可搬性を活かしたマルチバンドイメージングの検証は不十分である。

本稿では屋外でのマルチバンドイメージングを実現するために, パッシブ方式(後分光方式)によるイメージングを実現し, 対象物の分光反射率を高精度で推定することを目的とする。

## 2. イメージングシステム

本研究で使用するスマートフォンは Apple 社製 iPhone7 である。内蔵カメラモジュールの画素数は約 1200 万画素であり, ビット深度は 12 bit で表現される。カメラ出力は Adobe 社が規格したデジタルネガ (DNG) 形式 (ロスレス RAW 画像形式) で記録した。センサの分光感度は分光反射率が既知の色見本を用いることで間接的に推定することも可能であるが, 本稿では Gooch&Housego 社製の波長可変光源 OL490 を用いた直接測定によ

り分光感度関数を得た。図 1 に得られた iPhone7 の分光感度を示す。またパッシブ方式によるマルチバンドイメージングのために, 富士フィルム社製ゼラチンフィルタ SP-6 と SP-7 をカメラモジュールに装着し, 6 バンドイメージングシステムを構築した。図 2 に総合分光感度を示す。

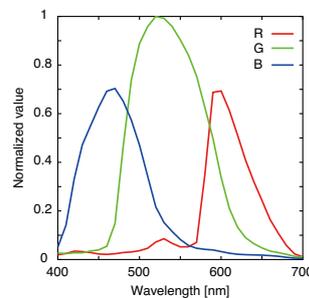


図 1 分光感度

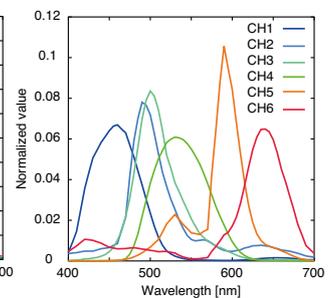


図 2 総合分光感度

## 3. 推定手法

まずマルチバンドイメージングのためのカメラ出力モデルとして以下を仮定する。

$$y_i = g \int_{400}^{700} x(\lambda) e_m(\lambda) r_c(\lambda) d\lambda + n_i \quad (1)$$

ここで  $x(\lambda)$  は対象物の表面分光反射率,  $e_m(\lambda)$  は光源の分光強度分布,  $r_c(\lambda)$  ( $c=1, 2, 3$ ) はカメラの分光感度関数を表し, 波長範囲は可視域 (400-700nm) としている。パラメータ  $g$  はカメラや照明強度を含めた光源の位置など, 撮影条件に依存するイメージングシステム固有のものである。また  $n_i$  は撮像系のノイズを表している。 $n_i$  は平均 0, 分散  $a$  の白色雑音であり,  $x(\lambda)$  と無相関であると仮定する。このカメラ出力モデルの離散表現は以下で表すことができる。

$$\mathbf{y} = \mathbf{gAx} + \mathbf{n} \quad (2)$$

ここで行列  $\mathbf{A}$  は分光強度分布  $e_m(\lambda)$  とカメラの分光感度関数  $r_c(\lambda)$  の波長ごとの積により得られるシステム行列を表している。行列  $\mathbf{A}$  とノイズの性質が既知の場合, 観測値  $\mathbf{y}$  から表面分光反射率  $\mathbf{x}$

を観測モデル式 (2) に基づき推定を行う。この際に表面分光反射率  $\mathbf{x}$  と推定表面分光反射率  $\hat{\mathbf{x}}$  との平均自乗誤差が最小になるような行列を求めることで推定を行う方法を Wiener 推定法と呼び、以下の式で表現できる。

$$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{gRA}^t(\mathbf{g}^2\mathbf{ARA}^t + \mathbf{aI})^{-1}\mathbf{y} \quad (3)$$

ここで行列  $\mathbf{R}$  は相関行列を表し、様々な分光反射率のデータセットを用いて決定される。従来は式 (3)により分光反射率を推定していたが、推定精度を向上させるため、より一般化された推定手法<sup>2)</sup>を用いた。推定値は観測値  $\mathbf{y}$  を定数ベクトルで線形変換した形で求めることにする。

$$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{gPA}^t(\mathbf{g}^2\mathbf{APA}^t + \mathbf{aI})^{-1}(\mathbf{y} - \mathbf{gAx}_0) \quad (4)$$

ここで  $\mathbf{x}_0$  と  $\mathbf{y}_0$  はそれぞれ  $\mathbf{x}$  と  $\mathbf{y}$  の平均を表している。また  $\mathbf{x}$  の共分散行列を  $\mathbf{P} = \mathbf{E}[(\mathbf{x} - \mathbf{x}_0)(\mathbf{x} - \mathbf{x}_0)^t]$  と定義した。ここで  $\mathbf{E}[\mathbf{x}]$  は  $\mathbf{x}$  の平均値または代表値を得る期待値演算子を表している。式(4)は“linear minimum mean-square error” (LMMSE) 推定と呼ばれる推定手法である。

#### 4. 実験結果

図3左に示すように、スマートフォンカメラを三脚に固定し、対象物体である X-rite 社製 Color Checker PASSPORT と標準白色板として Labsphere 社製スペクトラロンをリモート撮影した。照明光として白熱電球を使用した。またカメラレンズ前に装着したフィルタを交換後、再度撮影を行うことでマルチバンドイメージングを行った。図3右にフィルタ (SP-7) の装着例を示す。Adobe Lightroom により RAW 画像の撮影と現像を行い、得られた2枚の画像をもとに式(3)と式(4)を用いて分光反射率を推定した。式(4)に示す LMMSE 法により推定した結果を図4に示す。横軸は波長[nm]を、縦軸は反射率を表している。



図3 計測系とフィルタ装着例

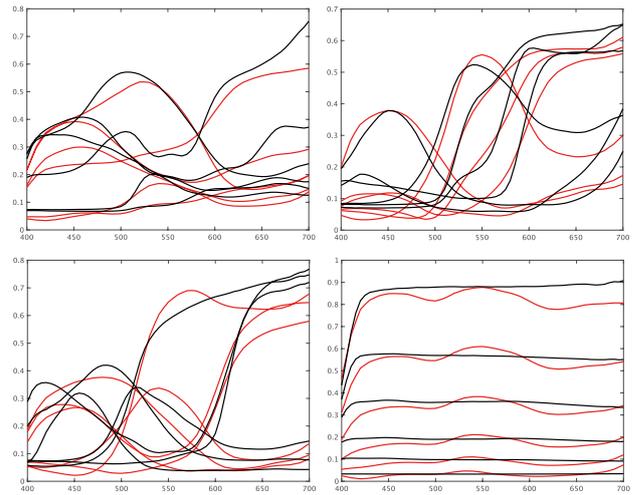


図4 LMMSE 法による推定結果

また赤線が推定値、黒線が測定値を表している。図4より良好な推定精度が得られたことが確認できる。定量的評価として RMSE (root-mean-square error) を求めた。式(3)の Wiener 推定では 0.04154 であったのに対し、LMMSE 法では 0.04072 の結果が得られた。またスマートフォンカメラによるマルチバンドイメージングの有用性を検証するために RGB3 バンド画像から Wiener 推定ならびに LMMSE 法で分光反射率の推定を行った。RMSE は Wiener 推定では 0.05104, LMMSE 法では 0.04917 となり、いずれの結果においてもマルチバンドイメージングが有用であることが示され、さらに LMMSE 法が Wiener 推定より良好な結果が得られることが明らかになった。

#### 5. おわりに

スマートフォンの可搬性を活かし、屋外でのマルチバンドイメージングを実現するために、パッシブ方式によるマルチバンドイメージングの基礎実験を行った。得られた2枚の画像から LMMSE 法により分光反射率を推定し、従来法を上回る良好な結果を得ることができた。今後は屋外での検証実験に取り組む予定である。

#### 参考文献

- 1) S. Tominaga, S. Nishi, and R. Ohtera: Measurement and estimation of spectral sensitivity functions for mobile phone cameras, *Sensors* 21, (2021) 4985
- 2) S. Tominaga, S. Nishi, R. Ohtera and H. Sakai: Improved Method for Spectral Reflectance Estimation and Application to Mobile Phone Cameras, *J. Opt. Soc. Am. A* 39 (2022) 494–508

# 差分進化法を用いた デジタルカメラ分光感度推定シミュレーション Estimation of digital camera's spectral sensitivity using differential evolution and the performance evaluated by simulation

佐田元輝 Genki Sada 立命館大学大学院情報工学研究科 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:** 差分進化法, デジタルカメラ, 分光感度推定.

## 1. はじめに

近年, オンライン診療やネットショッピングなどの分野で, 安全性や信頼性などの観点から正確な色再現が重要になっている. 先行研究において, プロジェクタ照明光の色をさまざまに変えて照射した物体表面をカメラで撮影し, 表面の反射特性を取得する手法が提案されている[1]. しかしこの手法では分光情報を考慮しておらず, システム以外の光源や撮像系あるいは観察者に対して有効な情報を提供しないという問題点があった. 本研究では, プロジェクタカメラシステムを用いた分光画像計測の技術の確立を目標として, その前段階として差分進化法を用いたデジタルカメラの分光感度の推定手法を提案する. また, 本手法の有効性をシミュレーションを通して検討する.

## 2. 原理

### (1) カメラセンサの分光感度推定

カメラが獲得する色情報は, 光源から照射された光が物体に反射し, その反射光をカメラのセンサで受容することによって得られる. 本研究では, 暗室にて光源であるディスプレイを直接撮影すると想定するため物体の反射率特性は考えないものとする. これらの色情報獲得の過程を図1に示す. ディスプレイの分光放射輝度を $D(\lambda)$ , カメラの $k$ 番目のセンサに対する分光感度を $S_k(\lambda)$ として表す. 図1より, カメラの色情報の獲得は, カメラのセンサが光強度に対して線形であると仮定すると, 以下の(1)式で表現できる.

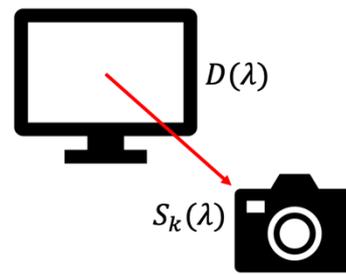


図1 カメラの色情報取得過程

$$g_k = \int S_k(\lambda) D(\lambda) d\lambda, k = 1, 2, 3 \quad (1)$$

信号値 $g_k$ は撮影で出力されるRGB値である. カメラセンサの分光感度 $S_k(\lambda)$ を推定するためには, (1)式より $g_k$ ,  $D(\lambda)$ が既知である必要がある. プログラム上では連続的な(1)式は扱えないため, 本研究では拡張した離散的な(2)式で表現する.

$$g_{kj} = \sum_{l=1}^L S_{kl} D_{lj} \Delta\lambda, j = 1, \dots, J, k = 1, 2, 3 \quad (2)$$

$g_{kj}$ は $j$ 番目の色刺激に対する $k$ 番目のセンサ信号値を表す.  $L$ は波長数,  $\Delta\lambda$ は波長間隔,  $J$ は色刺激数,  $D_{lj}$ は $l$ 番目の波長の $j$ 番目の色刺激の分光放射輝度,  $S_{kl}$ は $k$ 番目のセンサに対する $l$ 番目の波長のカメラセンサ分光感度を表す. 以下の(3)式は(2)式を行列で表したものである.

$$\begin{pmatrix} g_{11} & \dots & g_{1J} \\ g_{21} & \dots & g_{2J} \\ g_{31} & \dots & g_{3J} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & \dots & S_{1L} \\ S_{21} & \dots & S_{2L} \\ S_{31} & \dots & S_{3L} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} D_{11} & D_{12} & \dots & D_{1J} \\ D_{21} & D_{22} & \dots & D_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{L1} & D_{L2} & \dots & D_{LJ} \end{pmatrix} \Delta\lambda \quad (3)$$

以上の行列を用いることで、ディスプレイの分光放射輝度 $D_{lj}$ が既知であると、未知のカメラセンサの分光感度 $S_{kl}$ を推定することが可能になる。

## (2) 差分進化法による分光感度推定

分光感度を推定する手法として、本研究では大域的な最適化手法であり、アルゴリズムが比較的単純で扱いやすい差分進化法[2][3]を採用する。差分進化法のアルゴリズムを以下に示す。

### 1 初期化 (Initialization)

探索空間に変数を成分に持つ  $D$  次元ベクトル $x_i$ を $N_p$ 個作り( $i = 1, 2, \dots, N_p$ )、ベクトル集団を作成する。

### 2 突然変異 (Mutation)

ベクトル集団 $x$ の中から3つの個体をランダムに選択する。そのインデックスを $r_1, r_2, r_3$ とする(ただし $r_1 \neq r_2 \neq r_3 \neq i$ )。その後、以下の(4)式よりベクトル $x_i$ について変異ベクトル $v_i$ を作成する。

$$v_i = x_{r_1} + F(x_{r_2} - x_{r_3}) \quad (4)$$

$F$ はユーザーが定義するスケール係数( $F \in [0, 2]$ )である。(4)式を $i=1, \dots, N_p$ の全てに適用し、変異ベクトル集団 $v$ を作成する。

### 3 交叉 (Crossover)

変異ベクトル $v_i$ および元のベクトル $x_i$ を、(5)式で交叉させる。

$$u_{j,i} = \begin{cases} v_{j,i} & \text{if } \text{rand} \leq CR \\ x_{j,i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

ここで、作成された $u_i$ をトライアルベクトルと呼ぶ。 $CR$ は交叉確率を表す( $CR \in [0, 1]$ )。  $j$ はベクトルの次元を表す。(5)式はベクトルの各次元  $j = 1, \dots, D$ において確率  $CR$  で $u = v$ となり、それ以外は $u = x$ となることを示している。これを  $i=1, \dots, N_p$ に適用し、トライアルベクトル集団 $u$ を作成する。

### 4. 生存者選択 (Selection)

トライアルベクトル $u$ と元ベクトル $x$ を用いて評価関数を計算し、(6)式で示すように評価値が低い方のベクトルを次世代の親ベクトルとして残す。

$$\text{next } x_i = \begin{cases} u_i & \text{if } f(u_i) < f(x_i) \\ x_i & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

新たに作成された次世代のベクトル集団 $x$ につ

いて同様に手順 2~4 の処理を行い、さらに次世代のベクトル集団を作成する。これを繰り返し世代数を増やすことでベクトル集団 $x$ を徐々に解に近づけていく。

(3)式におけるカメラ RGB 値 $g_{kj}$ の平均平方二乗誤差 $RMSE_{RGBC}$ (Root Mean of Squared Errors)を評価関数として用いる。カメラ分光感度の成分を直接未知のパラメータとして差分進化法を適用すると、成分自体の変化が激しく推定を十分に行えない。そこで本手法では、 $k$ 番目の分光感度の1番目の波長と隣り合う値の階差数列 $d_{kl}$ を未知のパラメータとして用いる。 $d_{kl}$ を(7)式に示す。

$$d_{k,l} = S_{k,l+1} - S_{k,l} \quad (7) \\ l = 1, 2, \dots, L-1, \quad k = 1, 2, 3$$

$RMSE_{RGBC}$ を以下の(8)式に示す。

$$RMSE_{RGBC} = \sqrt{\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \left( g_{kj} - \sum_{l=1}^L S'_{kl} D_{lj} \Delta \lambda \right)^2} \quad (8) \\ j = 1, \dots, J, k = 1, 2, 3$$

(8)式は、あらかじめ計算しておいたカメラRGB値と、最適化を図るカメラ分光感度とディスプレイ分光放射輝度から計算されるカメラRGB値の平均平方二乗誤差である。カメラ分光感度 $S'_{kl}$ は、未知のパラメータである階差数列 $d_{kl}$ を用いて $S'_{kl} = S_{k1} + \text{cumsum}(d_{kl})$ とする。 $\text{cumsum}()$ は累積和を返す関数である。過学習を防ぐために(8)式に階差数列 $d_{kl}$ のL2ノルム正則化項を加えた評価関数  $C$ を(9)式に示す。

$$C = RMSE_{RGBC} + \alpha |d_{kl}|_2, k = 1, 2, 3 \quad (9)$$

$\alpha$ は正則化項の重み付け係数である。(9)式を目的関数として差分進化法を適用し、(9)式が最小となるようなカメラセンサ分光感度 $S_{kl}$ の導出する。

## 3. シミュレーション実験

### (1) 目的

手法の精度の定量的評価のためにはカメラセンサの分光感度の真値が必要である。しかし、実測の場合分光感度の真値は不明であり推定値と比較することができず手法の有効性を確認することができない。そこで本研究では、手法の有効性およびカメラセンサ分光感度とディスプレイ分光放射輝度の関係性を、仮想的なカメラセンサ

分光感度, ディスプレイ分光放射輝度を設定し, 設定値と推定値を比較するシミュレーション実験を通して明らかにする.

## (2) 実験環境および分光データ

ディスプレイは U2720QM(Dell)を採用した. SpectroCAL MKII (Cambridge Research Systems)による RGB 最大入力時の分光放射輝度測定値(相対値)を図 2 に示す.

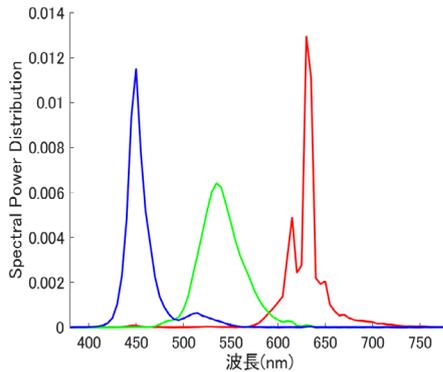


図 2 ディスプレイの分光放射輝度

分光感度推定には MATLAB R2021a (Math Works)を用い, 波長範囲を 380~780nm, 間隔を 1nm とした.

## (3) 実験条件

本実験のカメラセンサ分光感度は正規分布を用い仮想的なものを用意した. 導出には(10)式を用いた.

$$f(x) = a \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (10)$$

$\mu$ は中央値,  $\sigma$ は分散,  $a$ は定数を表し, ここではそれぞれ分光感度のピークの位置, 幅, 高さを表す. 表 1 に仮想のカメラセンサ分光感度のパラメータを示す.

表 1 カメラセンサ分光感度パラメータ

$(\mu_R, \mu_G, \mu_B)$	$(\sigma_R, \sigma_G, \sigma_B)$	$(\alpha_R, \alpha_G, \alpha_B)$
(600, 530, 470)	(20, 40, 35)	(1.0, 0.9, 0.6)

信号値 $g_{kj}$ は, 用意したカメラセンサの分光感度 $S_{kl}$ , 測定した1番目の波長の $m$ チャンネルのディスプレイ最大放射照度 $d_{lm}$ ,  $m$ チャンネルに対する $j$ 番目の色刺激のRGB入力値 $c_{mj}$ (0~1)を用い, (11)式を用いて理論値として導出した.  $c_{mj}$ は一様分布の乱数として与えた.  $d_{lm}c_{mj}$ はディスプレイ上の色刺激の分光放射輝度を表し, ディスプ

レイのガンマ特性は線形とする.

$$g_{kj} = \sum_{l=1}^L S_{kl} \sum_{m=1}^3 d_{lm} c_{mj} \Delta\lambda, \quad (11)$$

$$j = 1, \dots, J, k = 1, 2, 3$$

本研究では波長間隔 $\Delta\lambda$ は 5nm とした. 差分進化法のパラメータ, 正則化項の重み付けを変更し様々なパターンのシミュレーションを行った. また, 既知の光源にディスプレイではなく仮想の光源を用いたシミュレーションも行った.

## 4. 結果と考察

### (1) 光源がディスプレイのとき

差分進化法, 正則化項の重み付け係数のパラメータを $N_p=200$ , 上限世代数 $G=1000$ ,  $F=0.5$ ,  $CR=0.9$ ,  $\alpha=1.0$ に設定し推定を行った. 以下にカメラ分光感度の推定結果を図 3 に示す. オリジナルの分光感度を点線, 同じ条件で3回推定した結果を実線で示した.

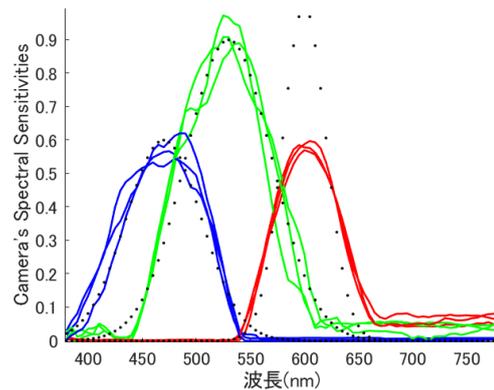


図 3 カメラ分光感度(ディスプレイ光源)

G, B センサはオリジナルの分光感度に近い推定結果が, R センサはピークの高さがオリジナルよりも低く, さらに長波長領域で推定が大きくなりやすいという結果が得られた. R センサの結果はピーク周辺の低い値と長波長領域の高い値で相殺し合っていることが考えられる.

### (2) 光源が仮想光源のとき

設定したカメラ分光感度 R センサの中央値が 600nm なのに対し, 図 2 より, ディスプレイの R の分光放射輝度は 600nm で低い値を取っており, 640nm 前後でピークになっている. これらの関係を調査するためにディスプレイではなく仮想の光源を (10)式を用いて設定しシミュレーションを行った. 表 2 に仮想光源の分光放射輝度パ

ラメータを, 図 4 にそのグラフを示す. 1 のパラメータは仮想のカメラ分光感度とピークの位置を揃えて設定した.

表 2 仮想光源の分光放射輝度パラメータ

$(\mu'_R, \mu'_G, \mu'_B)$	$(\sigma'_R, \sigma'_G, \sigma'_B)$	$(\alpha'_R, \alpha'_G, \alpha'_B)$
(600, 530, 470)	(30, 30, 30)	(0.005, 0.005, 0.005)

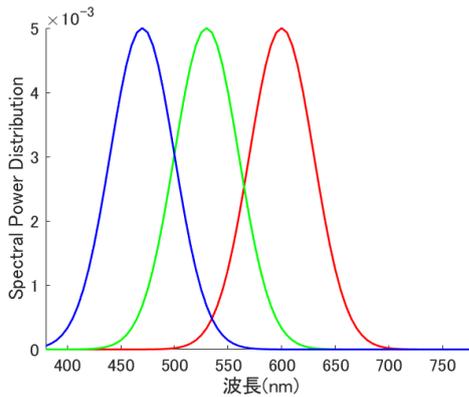


図 4 仮想光源の分光放射輝度

パラメータを表 2 の通りに設定し仮想光源でシミュレーションを行った. 結果を以下の図 5 に示す.

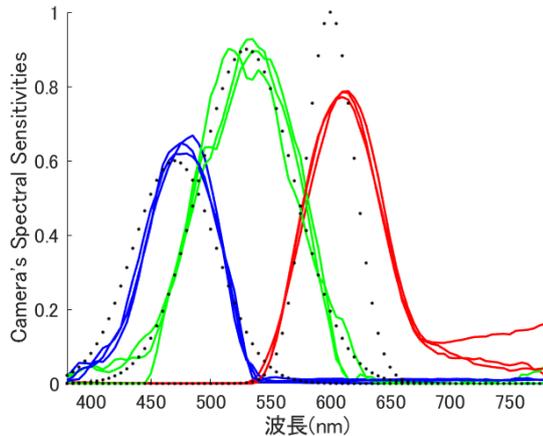


図 5 カメラ分光感度(仮想光源)

ディスプレイを用いた結果よりも R センサのピークが高くなっており設定値に近い値が推定された. これらの結果から, 分光放射輝度が高い波長領域にカメラ分光感度があることで, より正確な推定が可能になることが考えられる.

### (3) 考察

シミュレーション結果全体を通して, R センサのピーク周りの推定が小さく, G, B センサのピーク周りでは逆に推定が大きくなる傾向があった. これらはパラメータが適切に設定されていないことや, 光源の分光放射輝度が大きすぎる

原因であると考えられる. そしてピーク周りの推定がうまくいかない場合は異なる波長領域でそれを補い, カメラ RGB 値が大きく変わらないように調整することもわかった. 具体的には R センサが長波長領域で推定が大きくなると, G, B センサは山の両側で低くなる.

カメラ分光感度の推定は光源の分光放射輝度に大きな影響を受けることが示された. 本研究で用いたディスプレイは, 設定したカメラの R センサのピークである 600nm 付近で大きな値を持っていない. そのため推定した R センサのピークの値が設定した R センサの値よりも低い. R センサのピークの位置を揃えた仮想の光源を用いて推定を行うと, ディスプレイを用いるよりも設定値に近い値が推定されたことから, この手法によりカメラの分光感度を正確に推定するためには広帯域に分光放射輝度を持つ光源が必要である. 以上から, 実際の撮影に用いる光源はディスプレイではなく別の光源を検討する必要がある.

### 5. おわりに

本研究では, RGB 画像から差分進化法を用いてデジタルカメラの分光感度を推定する手法を提案し, シミュレーションを通してその有効性を確認した. 十分な推定結果を得るためには差分進化法のパラメータや正則化項係数の最適な設定が必要になることが示された.

今後はディスプレイではなく別の広帯域な光源を検討し, より精度の高い手法の開発を目指し, デジタルカメラを実際に用いてのカメラ感度推定を行う. そしてプロジェクタ・カメラシステムによる分光画像計測システムの確立を目指す.

### 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,” 第51回日本色彩学会, 2020.
- [2] Storn, Rainer; Price, Kenneth: Differential Evolution - A Simple and Efficient Adaptive Scheme for Global Optimization over Continuous Spaces. Technical Report. 1995, TR-95-012, International Computer Science Institute.
- [3] Storn, Rainer; Price, Kenneth: Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. Journal of Global Optimization. 1997, vol.11, p.341- 359.

# サブ画素配列のディスプレイ MTF が 知覚的解像度に与える影響の検証

## Verification of the Effects of Display MTF by Subpixel Layouts on Subjective Spatial Resolution

安渡 翼	Tsubasa Ando	千葉大学大学院	Chiba University
田中 緑	Midori Tanaka	千葉大学大学院	Chiba University
堀内 隆彦	Takahiko Horiuchi	千葉大学大学院	Chiba University
正岡 顕一郎	Kenichiro Masaoka	NHK 放送技術研究所	NHK Science and Technology Research Laboratories

**Keywords:** サブ画素配列, 知覚的解像度, ディスプレイ MTF.

### 1. はじめに

ディスプレイの解像度は画質を示す重要な指標であり, 一般的にはディスプレイの画素数で表されている. 従来のディスプレイの 1 画素は, RGB サブ画素配列を用いていた. しかし, 近年のディスプレイでは, RGBW, RGBY などの様々なサブ画素配列が使用されている. このようなサブ画素配列は, 様々なレンダリング技術を用いているため, 新たな解像度評価方法が必要とされている. ICDM[1]のガイドラインでは, グリルパターンのコントラスト変調とディスプレイの画素数を比較して, ディスプレイの解像度能力を評価する方法が提案されている. また, 知覚的解像度に関する研究もいくつか報告されている[2]. しかし, 従来の研究では, サブ画素配列の違いが知覚的解像度に与える影響については調査されていなかった. 著者らは, RGB, RGBW, PenTile RGBG (以後 PenTile と略す) サブ画素配列に対して, 知覚的解像度を調べる評価実験を行い, ITU-R が推奨する角解像度 30cpd に相当する視距離でも, 知覚的解像度に差が生じることを確認した[3]. また, ディスプレイの Modulation Transfer Function (MTF)の解析によって, MTF が知覚的解像度の指標になり得ることを示唆した.

本稿では, ディスプレイ MTF が知覚的解像度に与える影響の解析を目的として, 新たなサブ画素配列を設計し, それらのサブ画素配列が知覚的解像度に与える影響を実験的に検証する.

### 2. 実験

#### 2. 1. 実験刺激

先行研究[3]で用いていた RGB よりも MTF の高いサブ画素配列として, BRGRB, BRGRB525 と称した配列を新たに設計した. 図 1 に, BRGRB, BRGRB525 の配列を示す. 従来の RGB, PenTile に加えて, BRGRB, BRGRB525 の計 4 種類のサブ画素配列の白黒の縦線を実験刺激とした. これらのサブ画素配列を表示するために, ディスプレイの 12×12 画素を 1 仮想画素とし, 1 画素に対する視距離の 12 倍の視距離から 1 仮想画素を観察することによって, 仮想的に異なるサブピクセルを知覚する方法をとった(図 2). 刺激を表示するディスプレイとして, ColorEdge CG248-4K (EIZO)を用いた.

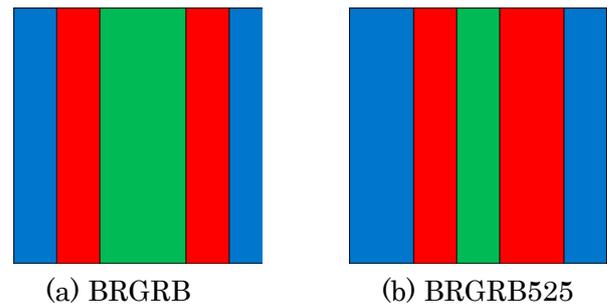


図 1. 設計したサブ画素配列

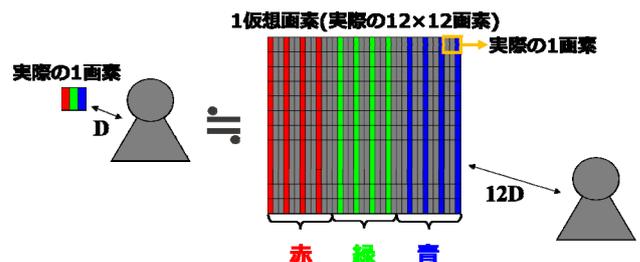


図 2. 仮想サブ画素知覚方法

## 2. 2. 実験手順

被験者は、正常色覚を有する、視力 1.0 以上の 4 名とした。左 4 種類(RGB, PenTile, BRGRB, BRGRB525)×右 4 種類(RGB, PenTile, BRGRB, BRGRB525)の計 16 組の刺激組を用いた。ディスプレイの左右に実験刺激を提示し、鮮明に知覚された方を二者強制選択で回答してもらうことにより、知覚的解像度を確認した。実験刺激の背景色は、白線と黒線の輝度の平均となるように設定した。実験は、20 cpd (3.77m), 30 cpd (5.66m) の視距離で実施した。ディスプレイの輝度分布の不均一性を考慮するために、ディスプレイを 180° 回転させた状態でも実験を行った。また、回答の安定性を確保するために、一組の刺激につき、同じ視距離で 16 回評価を行った。すなわち、被験者は、18 刺激組 × 16 回 × 2 視距離 × 2 角度の計 1,152 回の評価を行った。

## 2. 3. 実験結果

20 cpd における被験者の回答を、割合で表した結果を図 3 に示す。本研究では、被験者の回答の割合が 75% 以上の場合、左右の回答に有意差があるとみなした。図 3 に示されるように、どの刺激間にも有意が見られなかった。30 cpd でも同様に、すべての組で有意差が見られなかった。

右 左	RGB	BRGRB	BRGRB 525	PenTile
RGB				
BRGRB				
BRGRB 525				
PenTile				

図 3. 実験結果(20 cpd)

## 3. 考察

各サブ画素配列の MTF を図 4 に実線で示す。MTF の差が非常に大きい、BRGRB525 と PenTile の間に有意差が見られなかった。そこで、先行研究[3]で明確な知覚の差が確認された PenTile-RGBW の中間の MTF を持つサブ画素

配列として GBWR を新たに設計して、実験を行った(図 4 破線)。その結果、MTF の高い PenTile-GBWR 間では、有意差が確認されず、MTF の低い GBWR-RGBW 間で有意差が確認された。ナイキスト周波数(0.5 cycle/display pixel)における MTF 値の差がほぼ等しい刺激間で、有意差が出る組と出ない組が確認されたことから、知覚的解像度の違いの大きさは、ナイキスト周波数における変調度の差では説明できないことが明らかとなった。

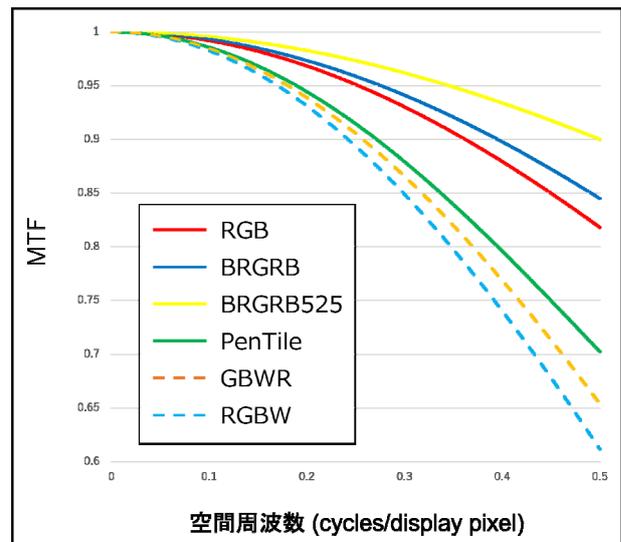


図 4. 各サブ画素配列の MTF

## 4. まとめ

本研究では、ディスプレイ MTF と知覚的解像度の関係を解析するために、新たなサブ画素配列を設計し、それらの知覚的解像度がディスプレイ MTF の大小関係に概ね従うことを検証できた。また、追加実験により、その違いの大きさは、ナイキスト周波数における変調度の差では説明できないことがわかった。

## 参考文献

- [1] ICDM, “Section 7.8. Resolution From Contrast Modulation”, IDMS V1.03, pp. 147-148 (2012).
- [2] M. E. Becker, “Measurement of visual resolution of display screens”, SID Symp. Dig. Tech. Pap., Vol. 48, No. 1, pp.915-918 (2017).
- [3] 中村奎太, 田中緑, 堀内隆彦, 正岡顕一郎, “サブ画素配列が知覚的解像度に与える影響の実験的検討”, 映情学冬大, (2021)

# 間接陽極酸化によるニオブのカラーリング技術： 単色からオイルスリック模様まで

## Coloring Technology of Niobium by Indirect Anodization： From Monochromatic Color to Oil Slick Pattern

國母優香 Yuuka Kokubo 工学院大学大学院 Kogakuin University  
阿相英孝 Hidetaka Asoh 工学院大学 Kogakuin University

**Keywords:** ニオブ, 干渉色, カラーリング, 間接陽極酸化.

### 1. はじめに

外部電源に接続された駆動電極間に導電性の被加工物（バイポーラ電極, BPE: Bipolar Electrode) を無接点で配置し, 駆動電極間に電圧を印加すると, BPE 上では電位分布が生じ, 駆動電極の陰極に近い BPE 上で酸化反応, 駆動電極の陽極に近い BPE 上で還元反応が, 同時に進行する (図 1). この特異的な酸化還元反応 (バイポーラ現象) に基づき, BPE をセンシングやスクリーニングデバイスなどに応用する研究が行われているが<sup>1)</sup>, 当研究室では, この現象を金属の表面処理 (間接陽極酸化) として応用してきた<sup>2-6)</sup>. 一般的な金属の表面処理方法の一つである陽極酸化は, 試料を陽極として直接導通をとるが, 間接陽極酸化では試料 (BPE) に対して直接導通を取る必要がなく, 間接的に BPE の表面上に酸化皮膜を形成することができる.

本研究で用いたニオブ (Nb) に対して酸性電解液中で陽極酸化を行うと, Nb 上にナノメートルオーダーの膜厚の緻密な酸化皮膜 ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ) が形成される. また  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  は高い誘電率を持つことから, 陽極酸化を施した Nb は酸化皮膜の膜厚に依存した鮮やかな干渉色を呈す. この干渉色は構造に由来する発色 (構造色) であり, 時間が経過しても退色しないことから, Nb 製のアクセサリーの装飾としても実用化されている. 一方で Nb 板を BPE として間接陽極酸化を施すと, 電解セル内の電位分布を反映して BPE の部位ごとに異なる干渉色を呈す. 著者らは, この干渉色の分布を見ることで, バイポーラ電気化学における電場を可視化し, バイポーラ現象の本質的な理解に努めてきた<sup>6)</sup>. 本報告ではこれまでに得た知見を活かし, 電場や印加電圧, 試料の配置を変化させるこ

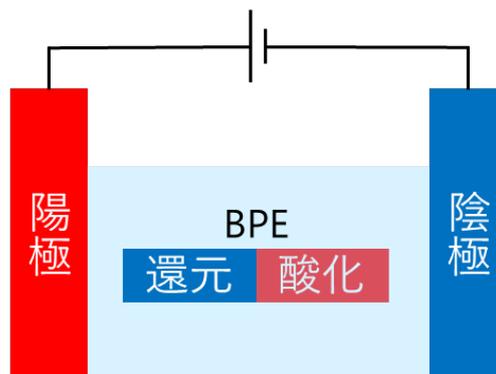


図 1 バイポーラ電気化学の概念図

とにより, Nb に対して位置選択的に皮膜を形成するマスクレスなカラーリング技術や, 単色だけでなくオイルスリック模様などの幅広いデザイン性を持ったカラーリング技術を提案する.

### 2. 実験方法

#### 2. 1 実験時のセットアップ

実験の様子を図 2a に示す. 水を張った浴槽に電解セルを入れ, デジタルマルチメーター (電流計) と電解セルが直列になるように, 電源から導線で繋いだ. 電解セル中の電解液はマグネチックスターラーで攪拌し, 浴槽中の水は冷却水循環装置で常に一定温度に保った.

#### 2. 2 陽極酸化

2 cm×2 cm の旗型に切断した Nb 板を用い, 対極にはアルミニウムを使用し,  $0.01 \text{ mol dm}^{-3}$  のリン酸を電解液 (20 °C) として, 定電圧陽極酸化を施した. 10~100 V の電圧を印加し, 10 分電解を行った (図 2b).

#### 2. 3 間接陽極酸化

7 cm 離して設置した駆動電極 (炭素板) の間に Nb 板を BPE として縦または横に配置した (図 2c-d). 縦に配置した場合は 4 cm×2 cm の旗型に

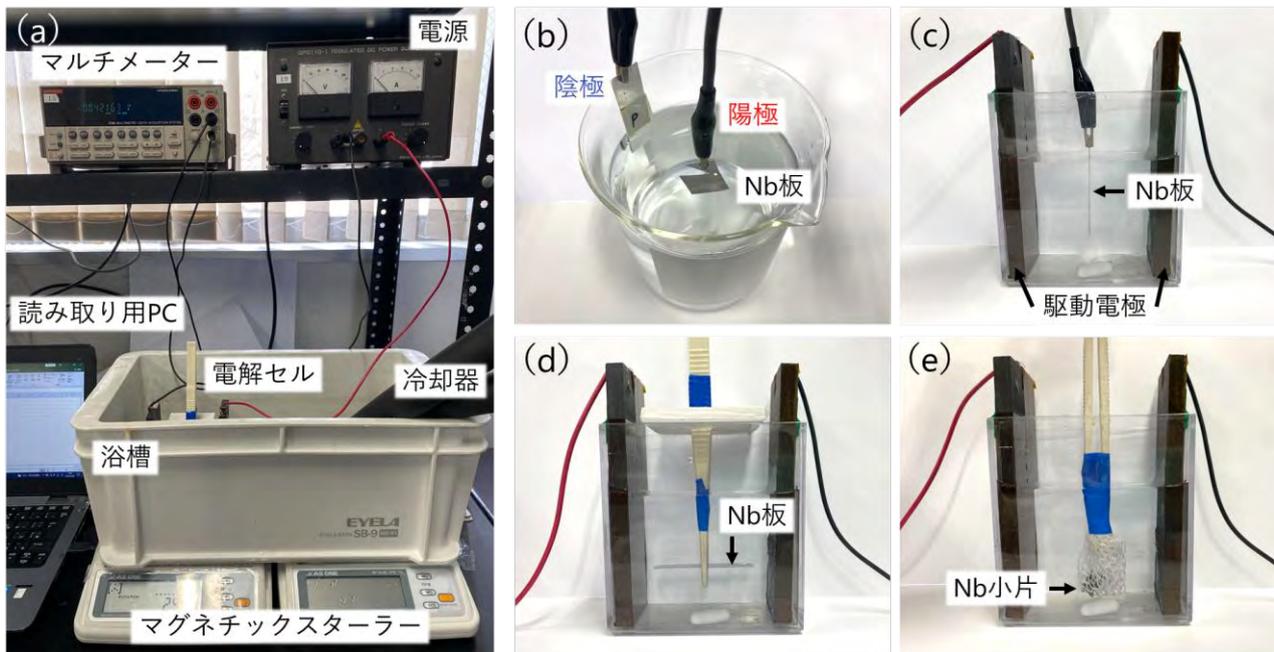


図2 (a) 実験の様子, (b) 陽極酸化  
間接陽極酸化: (c) BPE を縦に配置 (d) BPE を横に配置, (e) Nb の小片をネットに入れて配置

切断した Nb 板を、横に配置した場合は  $1\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  に切断した Nb 板 (裏面をテープでマスク) を用いた.  $0.01\text{ mol dm}^{-3}$  のリン酸を電解液 ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) として、駆動電極間に直流または交流で 30, 60, 90 V を 10 分印加して間接陽極酸化を施した. 交流電解では周波数が 150 Hz の矩形波形を利用した. Nb 板の小片はメッシュ状の袋 (ポリエステル製) に入れて中央に配置し (図 2e), Nb 箔を変形させてコイル状にした試料は電解セルの中にランダムに配置して電解を行った.

電解を施した Nb の色彩を分光測色計 (KONICA MINOLTA, CM-5) で評価した. 反射率を、 $2^{\circ}$  視野,  $D_{65}$  光源, 測定径 3 mm の条件で測定した. 色彩の定量的な評価として、国際照明委員会によって定められた CIE 1976  $L^*a^*b^*$  色空間を用いた.

### 3. 結果および考察

#### 3. 1 陽極酸化

Nb 板を図 2b のように配置して、10~100 V の定電圧陽極酸化を施すと、電解後の試料は全面に酸化皮膜が生成し、酸化皮膜の厚さに対応した単色の干渉色を呈した. 干渉色は印加電圧の上昇に伴い、黄土色、青、水色、黄緑、黄色、ピンク、紫、緑、黄緑、黄土色と変化した. 30, 60, 90 V で陽極酸化した Nb 試料の反射率曲線を図 3 に示す. 山と谷の数が高電圧になるほど増加し、膜厚が増加したことがわかった. 10~50 V で陽極酸化

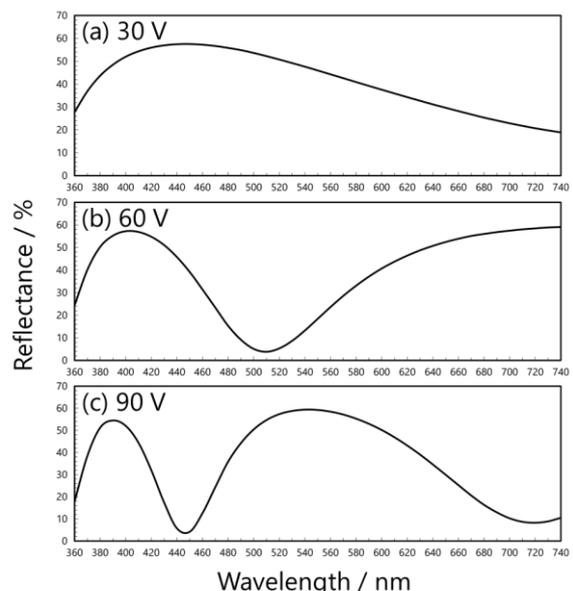


図3 直接電解した Nb 試料の反射率曲線  
(a) 30 V, (b) 60 V, (c) 90 V

を施した Nb 試料について色彩を  $La^*b^*$  表色系で評価し、 $a^*-b^*$  色度図上にプロットすると、Nb 素地の色度 (Sub.,  $a^* = -0.21$ ,  $b^* = 4.26$ ) を中心として、印加電圧が高くなるにつれて色度は外側に円を描くように時計回りに変化した (図 4a). 3.2 節ではこの色度の変化を利用し、間接陽極酸化において皮膜生成に寄与した電圧を見積もった.

#### 3. 2 間接陽極酸化 (BPE を縦に配置)

Nb 板を図 2c のように駆動電極間に縦に配置して直流電場で間接陽極酸化を施すと、駆動電極の

陽極対向面は金属光沢を維持し(図5a), 陰極対向面のみ干渉色(図5b)を呈したことから, 片面のみがカラーリングされた. 従来の陽極酸化では板状の試料の片面のみに酸化皮膜を形成する場合, 皮膜を形成する部位以外をマスクングし電解を行うが, 間接陽極酸化ではマスクレスで位置選択的に酸化皮膜を形成することが可能であった. 60 Vの間接陽極酸化を施した試料表面は, 中心部がピンク色を呈し, 試料端部にかけて黄土色に変化し, オイルスリック模様となった. 干渉色を呈した面の中心部分に対して色測定を行い, 図4aの $a^*$ - $b^*$ 色度図にプロットを重ねたグラフを図4bに示した. 駆動電極に30 V印加した際の色度は,  $a^* = -0.35$ ,  $b^* = 18.51$ であったことから, 皮膜生成に実際に寄与した電圧は5 Vと推測され, 同様に60 V, 90 V印加した際はそれぞれ実効電圧が15 V, 25 Vと推測された.

駆動電極間に印可する電場を直流から交流電場に替えて間接陽極酸化を施すと, 直流電場での結果(図5a-b)とは異なり試料の両面に同様の干渉色を呈し, 金属露出部を残さず試料全面がカラーリングされた(図5c-d). 120 Vでは大部分が水色を呈し, 試料端部では紫色, 黄土色と変化し,

直流と同様に, オイルスリック模様となった. 試料の両面に対して色彩を評価した結果, 色差の観点からも試料の両面は概ね同じ色彩の干渉色を呈したことを確認した.

### 3.3 間接陽極酸化 (BPE を横に配置)

Nb板を駆動電極間に横に配置し(図1d), 60 V印加して間接陽極酸化を施すと, 生成した酸化皮膜の厚さの変化を反映して干渉色がグラデーションになった. 直流電場では一方向の非対称なグラデーションであり, 駆動電極の陽極に近い部分は金属光沢を呈した(図6a). 交流電場では左右で対称性のあるグラデーションとなり, 金属露出部を残さず試料の全面に皮膜が生成した(図6b).

直流電場を印加して作製した試料に対して, 試料を5 mm幅で10分割(図6中, ①から⑩)し, それぞれの干渉色を $La^*b^*$ 表色系で評価し, 図4aの $a^*$ - $b^*$ 色度図にプロットを重ねたグラフを図4cに示した. 駆動電極の陽極に最も近い部分(①)の色彩はNb素地の色彩と一致したことから, 皮膜は生成していないことがわかった. Nb素地と同様の色彩を呈した①を中心として, 色度は円を描くように時計回りに変化し, 測定したプロット

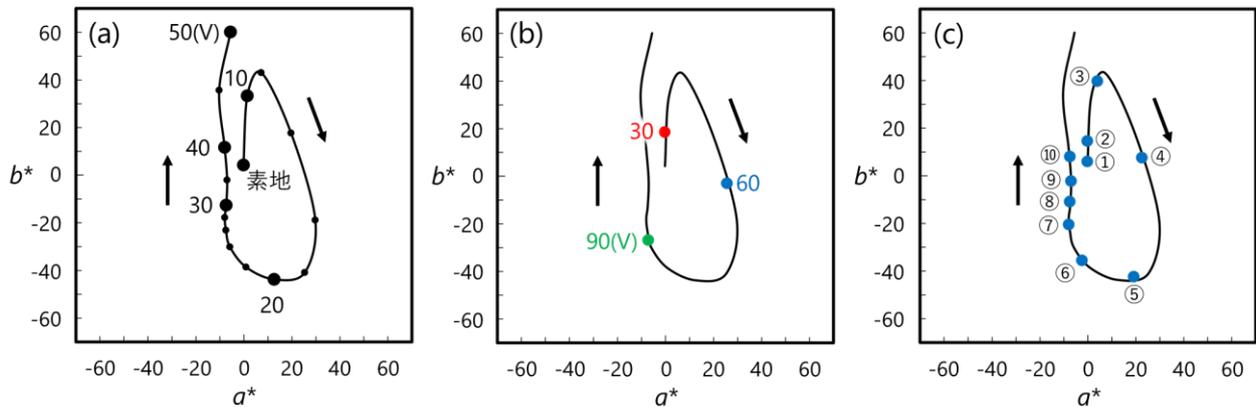


図4  $a^*$ - $b^*$ 色度図

(a) 直接電解, (b) 縦配置の間接陽極酸化, (c) 横配置の間接陽極酸化 (60 V)

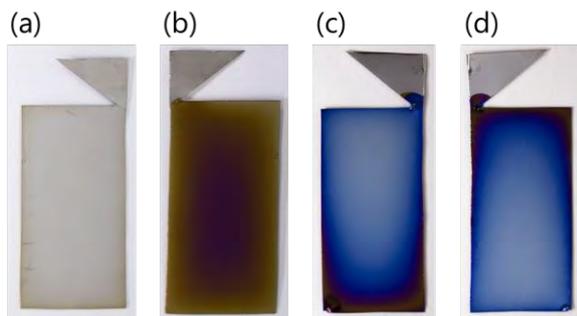


図5 バイポーラ電解(縦配置)を施したNb試料の外観:(a), (b) 直流, (c), (d) 交流

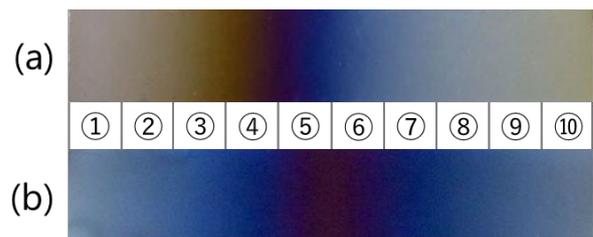


図6 バイポーラ電解(横配置)を施したNb試料の外観:(a) 直流, (b) 交流

はすべて図 4a の曲線上に重なった。よって定電圧陽極酸化で生成した皮膜の印加電圧に伴う色彩変化(膜厚の電圧依存性)の傾向と同様に、間接陽極酸化では BPE 上の①から⑩にかけて皮膜が連続的に厚くなったことで、図 6a のグラデーションを呈することがわかった。

### 3. 4 小型試料への間接陽極酸化

Nb 板の小片 10 個をメッシュ状の袋(ポリエステル製)に入れて直流電場で間接陽極酸化を施すと、複数の小片を同時に処理することが可能であり、小片それぞれで異なるグラデーションを呈した(図 7a)。試料ごとの色調の相違は、小片のサイズや電解時の位置の違いによって、印加された電圧が異なったことに起因すると考えられる。

Nb 箔をコイル状にした、サイズや形の異なる 5 個の試料に対して同時に直流電場で間接陽極酸化を施すと、それぞれで異なるグラデーションを呈した(図 7b)。これは小片の場合と同様に、それぞれ BPE として機能したコイル状の Nb のサイズや電解時の位置の違いによって印加された電圧が異なったことが要因と考えられる。また、外側だけでなく内側も干渉色を呈しており、金属露出部を残さず、複数を同時に処理することが可能であった。

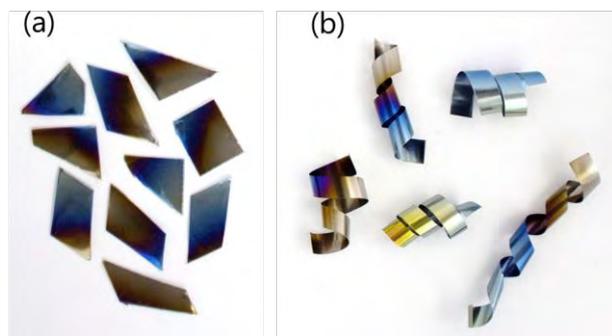


図 7 小型試料へのカラーリング

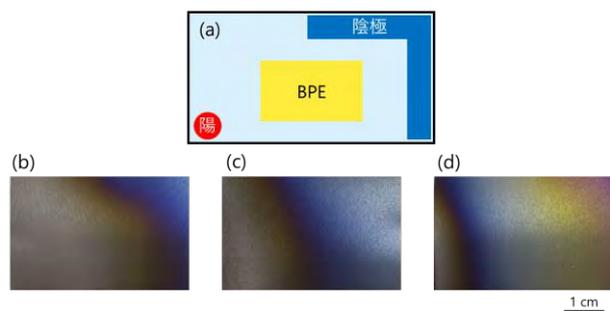


図 8 (a) 駆動電極配置, 電解後の試料外観: (b)10 s, (c) 30 s, (d) 10 min

### 3. 5 駆動電極の配置の影響

ここまでの実験では駆動電極(炭素板)を向かい合うように配置していたが、図 8a のように、駆動電極の陽極を炭素棒、陰極を Al 板で電解槽の一角を覆うように配置し 3 cm×4.5 cm の Nb 箔に対して直流電場で 100 V の間接陽極酸化を 10 秒, 30 秒, 10 分施すと、時間経過に伴いグラデーションが円を描くように広がり、オイルスリック模様となった(図 8b-d)。サイズ・形状が同一の駆動電極(炭素板)を向かい合うように配置した場合は、図 6 のように単調で色彩が変化するが、駆動電極の配置を変え電場の対称性を崩すことで、多様なグラデーションが可能であった。

## 4. 結論

間接陽極酸化を利用した Nb のカラーリング技術について検討を行った。駆動電極間に Nb 板を縦または横に配置し電圧を印加することで、単色だけでなく、オイルスリック模様やグラデーションを呈し、マスクレスで位置選択的に酸化皮膜を形成することが可能であった。小型試料に対しても金属露出部を残さず、複数を同時に処理することが可能であった。さらに、電場の対称性を崩すことで、多様なグラデーションが可能であった。一般的な陽極酸化は、試料表面で酸化反応のみが進行するため、全面に均一な厚さの皮膜が生成するが、間接陽極酸化を利用した場合、駆動電極と試料の配置の組み合わせや印加電圧、電解時間を調整することで酸化還元反応の領域が変化し、位置選択的な皮膜の生成が可能であった。本研究を通じて、皮膜を形成させる部位や膜厚の分布を制御した、新たなカラーリング技術の可能性を見出した。

## 参考文献

- 1) S.E. Fosdick, K.N. Knust, K. Scida, R.M. Crooks: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **52** (2013), 10438-10456
- 2) H. Asoh, M. Ishino, H. Hashimoto: *J. Electrochem. Soc.*, **165** (2018), C295-C301
- 3) H. Asoh, R. Takeuchi, H. Hashimoto: *Electrochem. Commun.*, **120** (2020), 106849
- 4) H. Asoh, F. Ishizuka, S. Kuroki, R. Takeuchi: *Electrochem. Commun.*, **125** (2021), 107015
- 5) R. Takeuchi, H. Asoh: *Sci. Rep.*, **11** (2021), 22496
- 6) 國母優香, 阿相英孝: 表面技術協会第 145 回講演大会講演要旨集, (2022), 61-62

# LED スペクトラルチューナブル光源による補助標準イルミナント D50 の実現と既存標準光源との比較

## Reconstruction of supplementary standard illuminant D50 by LED spectrally tunable light source and comparison with commercial standard sources

神門 賢二 Kenji Godo

産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

渡 脩

Osamu Watari

(株)セルシステム

CELL System Co., Ltd

**Keywords:** LED, D50, 蛍光物体, 条件等色, 紫外.

ペクトルを再現し, 白色紙に照射時の紫外光によって発生する蛍光の影響評価も行った.

### 1. はじめに

CIE 補助標準イルミナント D50(イルミナント D50)は印刷物の色評価等で用いる基準スペクトルであり, 300 nm - 780 nm の波長範囲で相対分光分布が規定されている<sup>1,2</sup>. このスペクトルを再現する光源として, D50 標準蛍光灯(色評価用 AAA 蛍光灯)が長らく利用されてきたが, そのスペクトルは完全にはイルミナント D50 を再現しない. イルミナント D50 への一致度は JIS Z 8720「測色用の標準イルミナント(標準の光)及び標準光源」で規定されている条件等色指数から計算されるが, 紫外域の一致度があまりよくないことが知られている<sup>1</sup>. また, D50 標準蛍光灯の国内生産中止に伴い, LED を用いた D50 近似 LED 光源等も登場しているが, やはりそのスペクトルはイルミナント D50 には完全には一致しておらず, 紫外域の一致度も標準蛍光灯と変わっていない. 昨年, (一社)日本印刷学会から出版された「色評価用 LED 照明を用いた印刷物観察条件のガイドライン」では, D50 標準蛍光灯と同等の性能を D50 近似 LED 光源は有すると報告されているが, 紫外光により励起される蛍光増白剤から蛍光の影響は検討されていない<sup>3</sup>.

我々は, 標準イルミナントの忠実な再現を目指して, 紫外・可視域の LED を光源とした LED スペクトラルチューナブル光源(LSTL:LED Spectrally Tunable Light Source)の研究開発やその応用に関する研究を行ってきた<sup>4,5</sup>. 本研究では, 開発した LED スペクトラルチューナブル光源により, 従来まで困難であった紫外域も含みイルミナント D50 の忠実な再現を行ったので報告を行う. また, 様々な条件等色指数の D50 近似ス

### 2. LSTL を利用した物体色評価装置

図 1 は, (株)セルシステムが, 太陽電池セル評価のために開発した LED ソーラシミュレータを改造し, 構築した LSTL を利用した物体色評価装置の概要図である. LSTL に実装した LED は, CIE 標準イルミナントを実現するために選択されており, 340 nm - 800 nm の波長帯域における 23 種類の単色 LED および疑似緑色 LED(白色 LED の蛍光体からの発光)から構築されている. LSTL から測定位置(試験白色紙設置位置)までの距離は, 約 400 mm - 500 mm であり, 観測位置にマルチチャンネル型分光放射計(測定範囲 300 nm - 1100 nm), 45°反射の位置に分光放射輝度計(測定範囲 380 nm - 780 nm)を設置した. これにより, LSTL により再現される各スペクトルの測定(試験白色紙に入射する光)とその反射光のスペクトル測定が可能となっている. 即ち, 紫外域も含めて目的とする照明光に近いスペクトルと任意の照度値を同時に正確に再現できる装置で

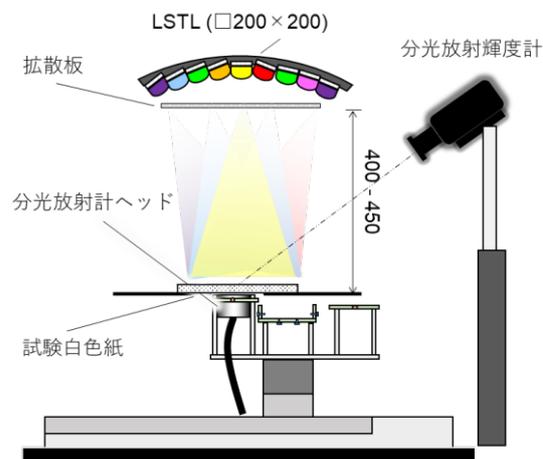


図 1. LSTL を利用した物体色評価装置概要

あり、蛍光成分の補正が難しい分光反射率計測からではなく、実照明下で直接蛍光物体色が正確に評価できる方法である。

実装した 23 種類の LED を利用して、D50 イルミナントを任意の照度値で正確に再現するために、予め実装した分光放射計の分光放射応答度を校正し、校正された分光放射計を用いて一つ一つの LED の電流と放射照度(照度)の関係を導出した。これにより、再現するスペクトルの予想が可能となり、実験前に凡その点灯条件を検討・推定してから実験を行うことができる。しかし、完全には予測スペクトルとは一致しないため、分光放射計で再現したスペクトルを確認しながら点灯電流を微調整する作業は必要である。点灯条件を決定してからの点灯再現性は非常に高く、測定位置を変更しなければ、測定日を変更しても、ほぼ条件通りに再現する。

図 2 が再現した D50 近似スペクトルであり、照度約 2 000 lx, 可視条件等色指数 A ( $MI_{vis} = 0.15$ ), 紫外条件等色指数 A ( $MI_{uv} = 0.14$ ) の非常に一致度が高い D50 近似スペクトルの再現に成功した。D50 標準蛍光ランプのスペクトルと比較すると、300 nm - 400 nm および 660 nm - 780 nm 帯のスペクトル一致度が、各波長帯に対応した LED を実装したことにより、非常に高いことが分かる。D50 標準蛍光ランプの各条件等色指数は C ( $MI_{vis} = 0.78$ ) および E ( $MI_{uv} = 3.7$ ) であった。

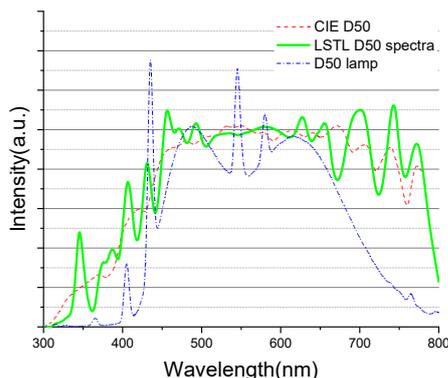


図 2. 再現した D50 近似スペクトル:  
 $(MI_{vis}, MI_{uv}) = (A, A)$

### 3. 試験白色紙と照射した D50 近似スペクトル

紫外光により発生する蛍光の影響と紫外条件等色指数の関係を調べるために、6 種類の白色紙・拡散板に対して、紫外成分を変化させた D50 近似スペクトル ( $MI_{vis}, MI_{uv}) = (A, A)$  から (A, E) の 5 種類を照射し、その色差を評価した。

図 3 が評価した 6 種類の白色紙 (No 1 - No 5) または白色拡散板 (No 6) であり、全て国内で入手できるものである。図 4 は、前分光方式の分光光度計(幾何条件 8/d)で測定した時の各白色紙の 300 nm - 830 nm における分光反射率を示している。No 2 および No 4 の白色紙で 400 nm 以下で反射率が増加しているのは、前分光方式の分光光度計で測定したため、蛍光との分離ができなかったため、見掛け上反射率が向上したためだと考える。実際に、340 nm の LED のみ照射し評価すると、この 2 つの白色紙は 420 nm - 450 nm 付近で、強い蛍光が存在する。

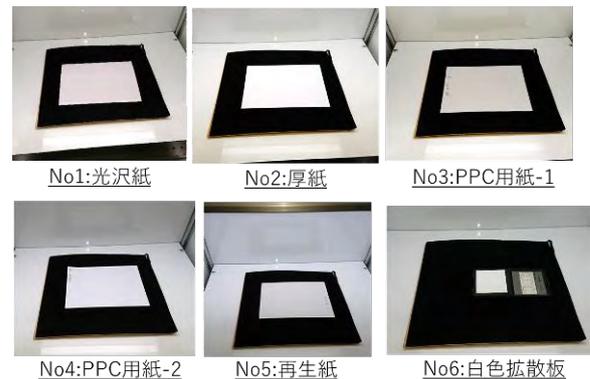


図 3. 評価した白色紙・白色拡散板

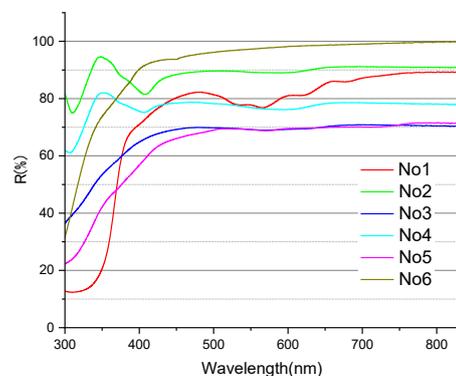


図 4. 白色紙・拡散板の分光反射率

白色紙に照射した D50 近似スペクトルとその詳細を図 5 と表 1 に示す。表 1 に記載した値は、照度値以外は、10 度視野の等色関数から計算した値である。照度値(約 1 750 lx)や可視域のスペクトル形状をほぼ変化させず、紫外域のスペクトル形状だけ変化させることで紫外条件等色指数を変化させた。着目している条件以外は、ほぼ同条件下で評価できるのが、チャンネル数が多く、かつおよび波長帯域が広い、本 LSTL を用いる利点の一つである。また再現したスペクトルの光安定性(4 時間点灯時の光変動: 0.2 %以下)や再現性(複

数回点灯時のスペクトル再現性: 0.2 %以下)も非常に高いため, 信頼性が高い結果を得ることができる。

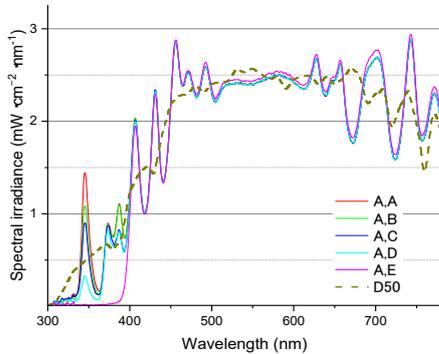


図 5. 作成した D50 近似スペクトル

	D50	A, A	A, B	A, C	A, D	A, E
照度(lx)		1764.6	1765.6	1764.4	1764.9	1764.6
$MI_{vis}$		0.15	0.14	0.15	1.4	0.16
$MI_{uv}$		0.15	0.30	0.64	1.1	2.76
$u'_{10}$	0.210	0.211	0.211	0.211	0.211	0.211
$v'_{10}$	0.489	0.485	0.485	0.485	0.485	0.486
CCT	4930	4992	5005	5004	4994	4955
$du'v'$ (D50から)		0.0037	0.0038	0.0038	0.0037	0.0028
$R_t$	100	>93 (最小R12)	>93 (最小R12)	>93 (最小R12)	>93 (最小R12)	>93 (最小R12)
$R_u$	100	97.2	97.4	97.4	97.2	97.0

表 1. 作成した D50 近似スペクトルの詳細

## 5. 結果と考察

図 6 は, 試験白色紙に, 紫外条件等色指数が異なる D50 近似スペクトルを照射時の色差を示している。縦軸は, D50 近似スペクトル (A,A)の色度座標( $u'_{10}v'_{10}$ )を基準とした場合の $\Delta u'_{10}v'_{10}$ であり, 色度座標は分光放射輝度(反射スペクトル)から計算された値である。No 2 および No 4 の白色紙は蛍光の影響が大きいため紫外条件等色指数が C ランク以下になると $\Delta u'_{10}v'_{10}$ が無視できないほど大きく(0.001 以上)なる。一方, 蛍光が発生しない白色拡散板は,  $MI_{uv}$ が大きくなってもほとんど変わらないことから, 蛍光の影響が無視できないことは間違いない。

更に, 市販 D50 標準光源との比較を行うために, D50 標準蛍光ランプ(図 2)と D50 LED(LSTLにより作成)を 6 種類の白色紙に照射し, 同様に色差を評価した。図 7 が, メーカーが公開している D50 LED のスペクトルに模擬させ本 LSTL により作成した D50 LED のスペクトルである。各条件等色指数ランクは( $MI_{vis}, MI_{uv}$ ) = (B,E)である。D50 LED は, 言うまでもなく LED と蛍光体を利用して作成されているため, 同様の原理である

LSTL であれば, 正確に再現できる。300 nm - 400 nm および 660 nm - 780 nm 帯のスペクトル一致度が, やはり悪いことが分かる。特に, 紫外域は D50 標準蛍光ランプと比べても, ほとんど光が無い。これらの市販 D50 標準光源を各白色紙への照射結果から, やはり No 2 および No 4 の白色紙は, D50 近似スペクトル (A,A)を照射時の結果からの差が大きくなる。一方 D50 標準蛍光ランプと D50 LED で比べると, その差は各白色紙で大きな違いは発生しない。即ち, 蛍光が発生しない物ならば十分 D50 標準光源として使用できると考える。

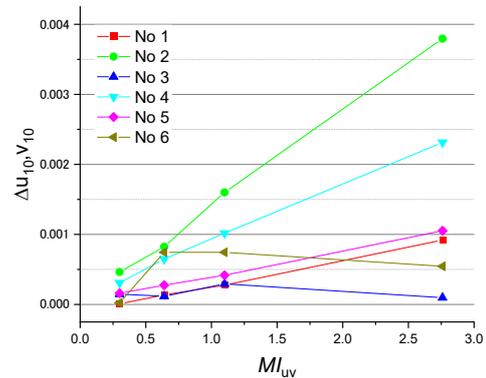


図 6. D50 近似スペクトルを照射時の色差 ( $\Delta u'_{10}v'_{10}$ )

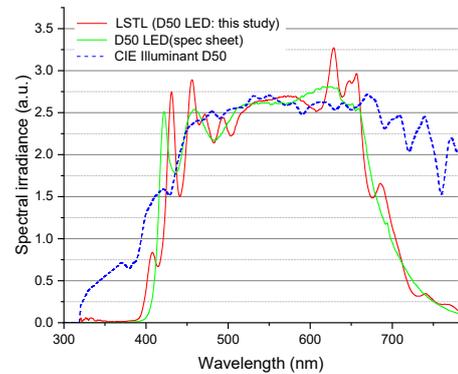


図 7. LSTL により再現した D50 LED

## 6. まとめと今後の展開

本研究では紫外・可視域の LED を光源とした LED スペクトラルチューナブル光源(LSTL)により, ( $MI_{vis}, MI_{uv}$ ) = (A,A)の一致度が高い D50 近似スペクトルの再現に成功した。また LSTL を使用し様々な条件等色指数の D50 近似スペクトルを再現し, 白色紙から発生する蛍光の影響の評価を行うと共に, 我々の開発した LSTL を利用した物体色評価方法が, 従来まででない非常に有益な方

法であることを示した。今後は、カラー印刷画像評価等に展開する予定である。また、LSTL をより安価で使いやすくすることで標準蛍光ランプ販売中止という課題改善にも貢献したいと考える。

以上

#### 参考文献

- 1) JIS Z 8720 : 測色用の標準イルミナント (標準の光) 及び標準光源, 日本規格協会 (2012).
- 2) 日本印刷学会推奨規格透過原稿, 反射原稿及び印刷物の観察方法JSPST-1998改正, 日本印刷学会誌 **35**, 90-93 (1998).
- 3) 色評価用LED照明を用いた印刷物観察条件のガイドライン, (一社)日本印刷学会 標準化委員会 (2021).
- 4) 神門 賢二, 田村 裕, 渡 脩:紫外・可視域のLEDを利用したLEDスペクトラルチューナブル光源によるCIE標準イルミナント実現に関する研究, 照明学会誌, **104**, 69-75 (2020).
- 5) K. Godo, Y. Tamura, O. Watari: Illuminance meter calibration with an LED spectrally tunable light source, *Lighting Research & Technology*, **52**, 1009-1019 (2020).

# 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7： 光トラップ形状の検討

## Non-contact colorimetric measurement using dome illumination for free-form surfaces Part 7:

### Consideration of light trap shape

酒井英樹 Hideki Sakai 大阪公立大学大学院 Osaka Metropolitan University  
伊與田浩志 Hiroyuki Iyota 大阪公立大学大学院 Osaka Metropolitan University

**Keywords:** 測色画像, 照射・受光条件, 光トラップ, デジタルアーカイブ.

#### 1. はじめに

凹凸形状の試料を測色する際の照明には、陰影の出にくい拡散光が適している。しかし、拡散光をあらゆる方向から照射すると、光沢のある試料では、測色値にハイライトと呼ばれる正反射成分が含まれてしまうため、本来の色（拡散反射率）を測定できない。その解決手段として、我々は、拡散光を生成するドーム型照明内に設置した可動式光トラップ板（光吸収体）を、ドーム天頂直上に垂直下向きに設置した2次元受光器（カメラ）の光軸を中心に回転移動させながら複数回撮影し、画像合成することで、SCE（Specular Component Excluded）画像とSCI（Specular Component Included）画像とを取得する方法を考案した。これらの撮影画像は、色補正を行うことで各画素が色彩値となる測色画像となり、さらに、SCE画像とSCI画像の差分から光沢度分布や再帰反射性を算出することもできる。（色彩、光沢、再帰反射性を測定する非接触式測色システムとして、その1からその6まで発表[1-6]）。

本発表は、その改良に関する研究である。本非接触式測色システムでは、これまで、光トラップの形状は、作製が容易なように単純で、かつ、重

なりなく回転移動させることで、最小の移動回数でどの方位角に傾いた試料面に対しても正反射成分を抑制できることから、図1(a)に示す二直角球面三角形としていた。しかし、二直角球面三角形では、それが置かれた方位角方向の光をすべて遮ってしまうため、照明の均一性が低下し、試料形状によっては、陰影が発生しやすい欠点があった。さらに、凸状試料の傾きが45度（水平面を0度とする）を超える領域では、正反射成分を抑制できない、という問題があった。そこで、本研究では、光トラップ形状を再検討し、図1(b)に示すように、上下に分割して方位角方向にずらした光トラップ形状とすることで照明光の均一性の低下を軽減し、さらに、試料台背面に回り込むように延伸することで、傾きが45度を超える領域に対しても正反射成分を抑制することを試みた。以下、その効果を検証した結果と、非接触式測色システムの特徴を確認するために行ったデジタルアーカイブなどの測色事例を報告する。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 測定方法

図2に今回の実験に使用した非接触測色システムの断面図を示す。積分球（ドーム型照明）直径は300mmであり、試料台下部に設置した高演色白色LEDランプ（相関色温度6,200K、平均演色評価数Ra=90）により、試料台中央の水平面照度がおおよそ2,000lxとなる照射条件とした。そして、一眼レフデジタルカメラNikon D5100（レンズ焦点距離24mm）を積分球の天頂部の直径40mmの観察口の上方150mmに固定し、その光軸に沿って放射状に設置した4枚の頂角30度の光トラップを、20度ずつ回転させながら5回撮影を行った。

ここで、1枚の撮影画像には、光トラップの位置に応じて、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

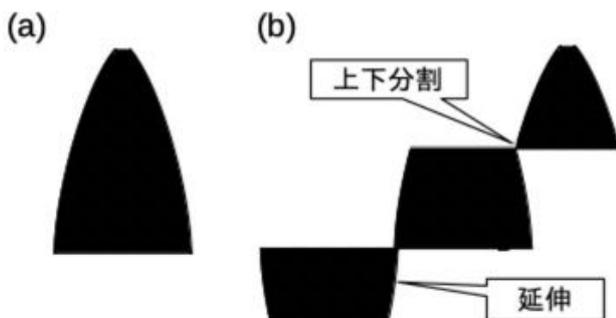


図1 光トラップ形状

(a) 二直角球面三角形, (b) 上下分割・延伸

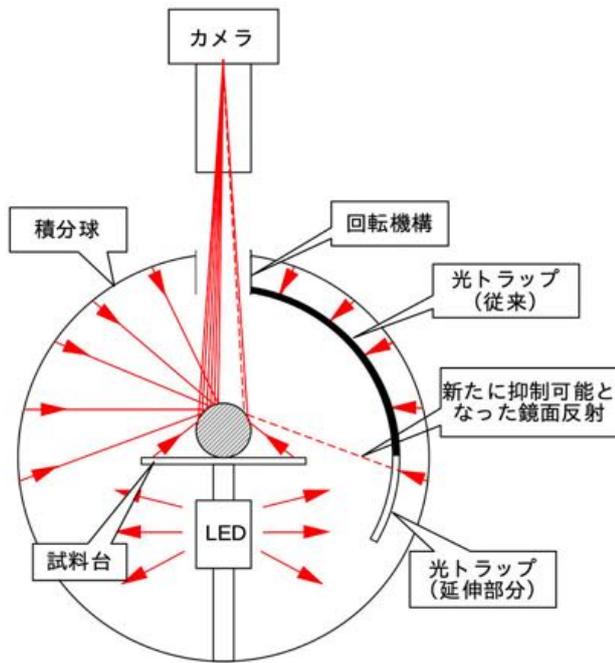


図2 非接触測色システム（断面図）

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（画像の座標）ごとに、5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 SCE 画像を得て、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 SCI 画像を取得した。

なお、撮影画像の色校正は、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[7]。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、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、試料を撮影する際は、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、試料を測定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 となっており、 $L^*a^*b^*$  値 (D65 光/ $2^\circ$  視野) などに変換することで、色彩分布の取得、さらに、SCE 画像と SCI 画像の差分から、光沢度分布の取得が可能となる。

## 2.2 光トラップ形状の効果検証

図3に光沢のある灰色球体（直径 40 mm）の SCE 画像を示す。(a)が従来の二直角球面三角形形状の光トラップを使って撮影した結果、(b)が積分球の下半球に延伸した光トラップを使って撮影した結果である。両者を比較すると、従来の光トラップでは、球体の端にハイライト（白い部分）が含まれており、正反射成分が抑制できていない領域が残っているが、延伸した光トラップで撮影した(b)では、ハイライトがほぼ無くなっており、正反射成分が抑制できる領域が広がっていることが確認できた。なお、(a)、(b)とも球体の最外殻が薄い灰色になっているが、これらは試料台で反射した照明光に起因する正反射成分である(図2参照)。よって、この領域については、試料台の寸法を小さくしたり、試料台を低反射にしたりすることで抑制する必要がある。

なお、上下分割による照明光の均一性の低下の軽減については、シェーディング補正によって、照明の不均一さが補正されるため、明確な効果は見られなかった。しかし、照明が均一であるほど、シェーディング補正量が少なくなるため、S/N 比の改善の観点から、望ましいと考える。

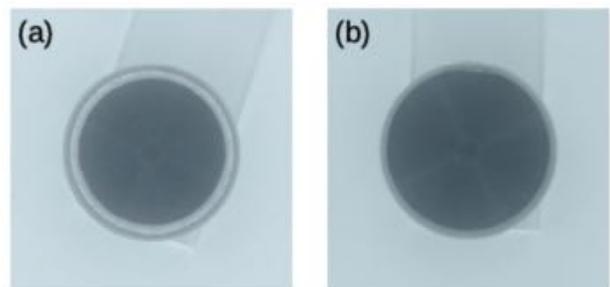
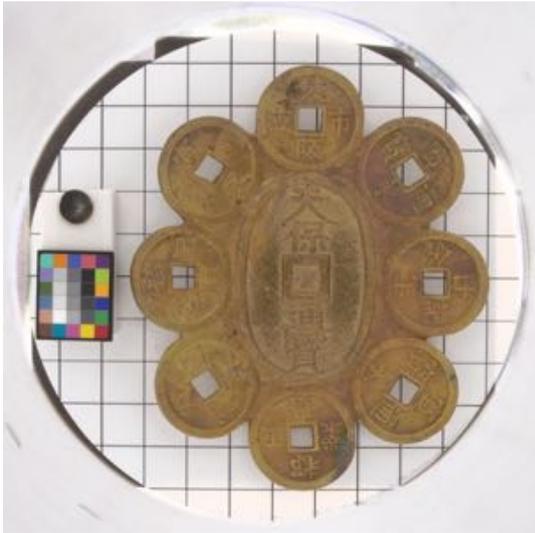


図3 灰色球体の SCE 画像（合成画像）  
(a) 従来の光トラップによる撮影画像、  
(b) 延伸した光トラップによる撮影画像

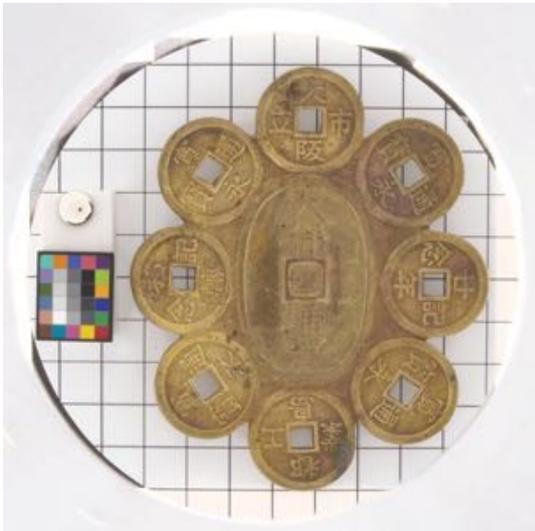
## 3. 測色事例

本非接触式測色システムにより取得した画像を紹介する。図4は、大阪市立大学（現 大阪公立大学）・大学史資料室の所蔵品であり、大阪市立大学工学部の前身である大阪市立都島工業学校機械科の1928年の製作品の SCE 画像、SCI 画像、光沢度分布画像である。図5も同じく、大阪市立大学・大学史資料室の所蔵品であり、大阪市立大学生活科学部の前身である大阪市立高等西華女学校で創立10周年記念品として配布されたもの（1931年）の画像である。どちらも金属製で金属特有の光沢を持つため、一方向からの照明では、陰影が出たり、部分的にハイライトが発

(1) SCE 画像



(2) SCI 画像



(3) 光沢度分布画像

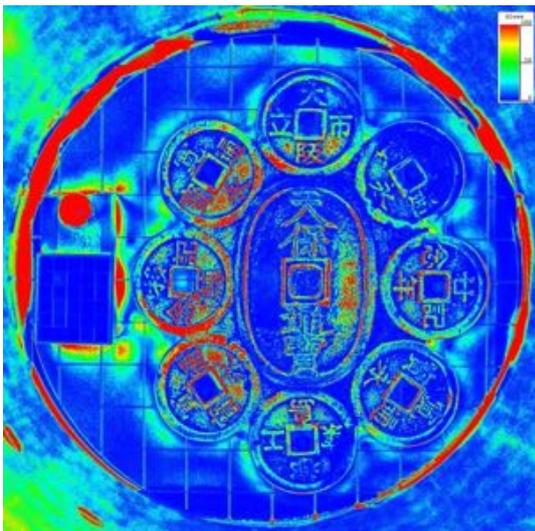
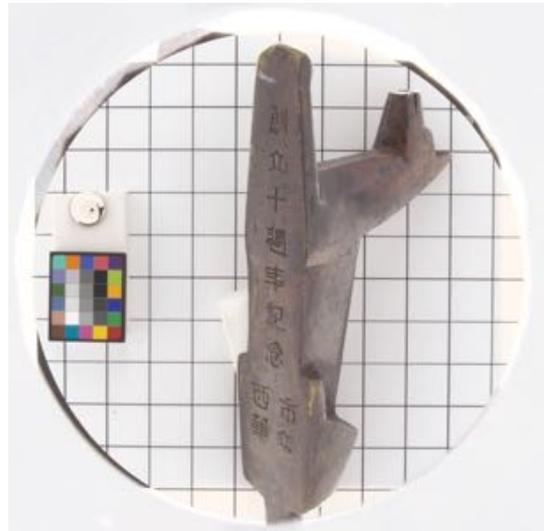


図4 古銭の茶托 (1928年)  
 大阪市立都島工業学校機械科製作品  
 (大阪市立大学・大学史資料室所蔵)

(1) SCE 画像



(2) SCI 画像



(3) 光沢度分布画像

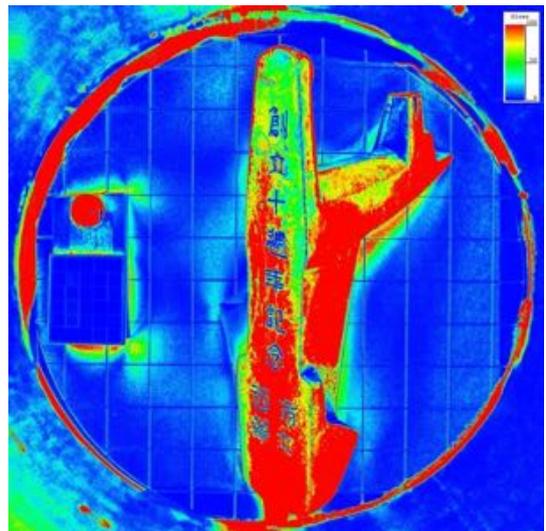


図5 犬をかたどった文鎮 (1931年)  
 大阪市立高等西華女学校創立10周年記念品  
 (大阪市立大学・大学史資料室所蔵)

生するために、全体の色彩分布を記録することは難しい。しかし、本システムでは、陰影が出にくい拡散光照射でありつつ、正反射成分のない SCE 画像としてその色彩分布を記録することができる。さらに、正反射成分のある SCI 画像と比較することで、光沢度の分布も記録できる。

次に、図6は、ヤマトタマムシ（昆虫標本）を撮影したものである。あいまいなことを玉虫色というように、構造色であるタマムシの羽は、照明の当て方や観察する方向によって、色みが変わるため、本来の色を知ることは難しい。これを、本システムで撮影すると、正反射成分のない SCE 画像では、黒っぽい色を呈しており、拡散反射率が低いことが分かる。そして、SCI 画像から、その黒い下地に正反射成分に重ねられることで、彩度の高い色が現れていることが伺える。加法混色によってさまざまな色を表示するテレビ画面の色が、電源オフでは真っ黒であることと同じ原理と言える。

一方、図7は、ヤマトタマムシのプラモデル（エムアイシー社）を撮影したものである。商品説明によると、メッキとインクジェット印刷により玉虫色を表現したとある。SCI 画像は、本物の昆虫標本に比べると、全体的に明るくなっているが、SCE 画像は、昆虫標本と同様に黒い色をしており、再現性が高いことが分かる。

(1) SCE 画像

(2) SCI 画像



図6 ヤマトタマムシ（昆虫標本）

(1) SCE 画像

(2) SCI 画像

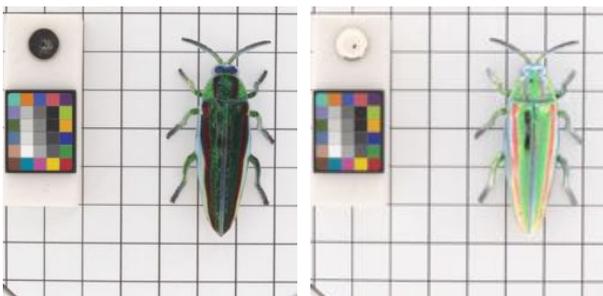


図7 ヤマトタマムシ（プラモデル）

#### 4. まとめ

非接触式測色システムにおいて、光トラップ形状を変更した結果、正反射成分を抑制できる領域が広がり、より多彩な試料形状の測色が可能となった。また、測色事例として、金属光沢を持つ文化財のデジタルアーカイブ、構造色を持つタマムシの撮影結果を報告した。

本システムは、拡散光照射でありながら、正反射成分を抑止して撮影できるという特徴を持つ。本報告の金属光沢面の他にも、水滴や水膜が付いた表面の色彩を、正確に測定することなどに活用できる[8,9]。今後も、さまざまなものを撮影、測色していきたい。

**謝辞** 本研究開発は、JST, SCORE 大学推進型(拠点都市環境整備型), JPMJST2073 の支援を受けたものです。

#### 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, 3S (2021) 5-7.
- 6) 深河, 伊與田, 酒井: (同上) 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, 3S (2021) 8-10.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.

# 構造色を持つ顔料の異なる照明光下における評価

## Evaluation of pigments with structural color under different illumination

玉木 伽奈	Kana Tamaki	芝浦工業大学	Shibaura Institute of Technology
田内 一輝	Kazuki Tauchi	芝浦工業大学	Shibaura Institute of Technology
田邊 匡生	Tadao Tanabe	芝浦工業大学	Shibaura Institute of Technology
関 天嘉	Takahiro Seki	芝浦工業大学	Shibaura Institute of Technology
日高 杏子	Kyouko Hidaka	芝浦工業大学	Shibaura Institute of Technology

**Keywords:** 構造色, 顔料, 照明光.

表1 環境条件

### 1. はじめに

本研究は、層状物質を主要な材料とした構造発色を持つ新しいパール顔料[1]制作への取り組みと異なる照明光下での視感評価である。本研究では「マイカなどの素材を層状に重ね、ファンデルワールス力によって再度結合させる」という過程において、その構造を利用し[2]美的価値を付与することの出来る新たなパール顔料の開発を行うことを目的とする。

### 2. 研究方法

本研究では、セレン化ガリウム (以下 GaSe) とセレン化インジウム (以下 InSe) を用いてパール顔料の生成を試みた。

テープの接着面に GaSe ないしは InSe の結晶を乗せて貼り付ける。テープに貼り付けた結晶を、ピンセットを用いて剥離させ、グラファイト片を貼り付ける。グラファイト片のついた接着面と、何もついていない接着面を重ね合わせテープを引き剥がすことで、テープ上でグラファイトを剥離させた。これらの作業を繰り返し行なうことで、GaSe ないしは InSe をテープ上に薄く広げていく[3]。このとき、剥離された層状結晶の大きさを変化させるため①大面積で低層な層状結晶を得るように貼り付ける②小面積で低層な層状結晶を得るためテープの上から擦り付けるようにして貼り付ける、といった2つの方法を行った。色の測定はコニカミノルタ CR-20 カラーリーダーを用いて行った。

また、環境光によってどれだけ発色が変わるのか[4]観察を行った。それぞれの環境条件は表1の通りである。

	自然光	室内灯
照度	790~800 lux	410~420 lux
場所	芝浦キャンパス 408 教室窓側	芝浦キャンパス 408 教室中央蛍光灯下

### 3. 結果

GaSe の結果は以下の図1~2の通りとなった。①の結晶はキラキラとした強い光沢が見られ、赤色がより強く発色していた。一方、②の結晶は穏やかな光沢を持ち、赤みがかかったグレーに近いような色が見られた。また、より薄い層状結晶を得られた方がくすんだ黄赤のような色になり、層状結晶がやや厚い方が暗い黄みの赤のような色になることが観察された。これは、層の厚さによって透明度が変化したことで、GaSe が本来持つ赤みの発色の強さが変化したからである。



図1 結晶①



図2 結晶②

また、図3、4を比較すると、①の結晶は角度を変えて観察すると黄金色に輝いて見えるのに対し、②の結晶からはピンクや緑、青などの様々な色を発色している様子が観察された。①の結晶から様々な色が観察されなかった理由として、GaSe が本来持つ赤みが透過して見えることで、多層膜による干渉によっての発色が弱められたことが考えられる。



図3 結晶①  
別角度拡大図

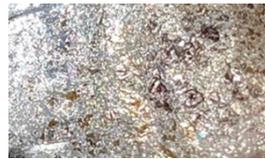


図4 結晶②  
別角度拡大図

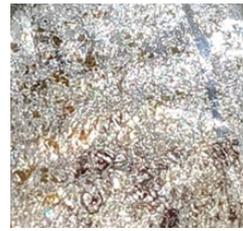


図9 自然光下②



図10 室内灯下②

InSeの結果は以下の図5~6の通りとなった。結晶の光沢はGaSeと同じく、①の結晶はキラキラとした強い光沢が見られ、②の結晶は穏やかな光沢が見られた。また、結晶の色は①は黄みがかかったグレーに近いような色が発色されており、②の結晶は青みがかかったグレーに近い色が見られた。



図5 結晶①



図6 結晶②

自然光の下で観察した際、室内灯の下で観察した時と比べ、InSeの持つ本来の黄みがより強く観察された(図11)。また、室内灯の下では青みを帯びたように観察された(図12)。



図11 自然光下



図12 室内灯下

表2 色の計測結果

マンセル値	GaSe	InSe
H(色相)	1.4YR	7.8YR
V(明度)	5.2	5.6
C(彩度)	1.4	0.9

#### 4. 異なる環境光下での視感評価

自然光の下で観察した際、室内灯の下で観察した時よりもGaSeの持つ本来の赤みがより強く発色された(図7-8)。また、①の広く少し厚みをもった結晶の方がより赤く発色し、②の小さな薄い結晶はより細かく様々な色に発色していた(図9-10)。



図7 自然光下①



図8 室内灯下①



図13 InSe(300倍)

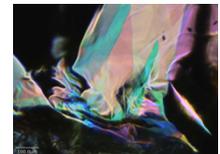


図14 InSe(750倍)

層の枚数が多くなるにつれて構造色が観察されにくくなったため、半導体として利用する際にも構造色としての美しさを得るためには、層をある程度の薄さに抑える必要がある。

また、自然光と室内灯では含まれる波長が異なることで干渉が起こる波長の種類も変化し、見え方が異なっていた。本研究の自然光下と白色光下での見え方以外に、単色光の下での構造色の発色

についても新たに評価が行えるのではないかと考えられる。

## 6. おわりに

GaSe と InSe はその層状構造を利用し多層膜干渉が発生することによって、新たなパール顔料としての利用価値が存在することが分かった。また、より構造色を強く発色させ、パール顔料特有の光沢感を発生させるためには、①なるべく層を薄くすること②粒子は細かい方が良いこと、の2点が重要である。現状はテープ上で剥離させた状態でのみ構造色を確認することが出来ているが、より顔料として用いやすくするために、テープからの剥離が今後の課題となる。

## 参考文献

- [1] 大久保真吾, パール顔料の基礎と最近の技術, 色材協会誌, 第88巻, 第5号(2015), pp.132-136.
- [2] 小野 洋介, 吉田 潤一郎, オパール<sup>®</sup>の微構造と発色を模倣した顔料の作製と陶器への応用, 日本デザイン学会研究発表大会概要集 BULLETIN OF JSSD 2020, pp.374-375.
- [3] 佐藤 祥吾, 高梨 真治, 市川 博亮, 岩田 展幸, 山本 寛, 平成23年度 日本大学理工学部 学術講演会論文集, テープ剥離法によるグラフェン転写の定量化, pp.279-280.
- [4] 木下修一, 発色原理が異なる色ー構造色ー, 日本画像学会誌, 第50巻, 第6号(2011), pp.543-555.
- [5] テクノ・シナジー, 徒然「光」基礎講座, 構造色とは(online), available from<[http://www.techno-synergy.co.jp/opt\\_lectures/about\\_SColor00.html](http://www.techno-synergy.co.jp/opt_lectures/about_SColor00.html)>, (参照日2022年1月9日).

# 『Hidden Plate』の特性を組み込む画像変換アプリケーションの制作と検証 Development and Verification of an Application Producing Images with the Property of “Hidden Plate”

濱崎 光	Hikari Hamasaki	九州大学大学院	芸術工学府	Kyushu University
原田拓弥	Takuya Harada	九州大学大学院	芸術工学府	Kyushu University
村谷つかさ	Tsukasa Muraya	九州大学大学院	芸術工学研究院	Kyushu University
須長正治	Shoji Sunaga	九州大学大学院	芸術工学研究院	Kyushu University

**Keywords:** 色覚多様性, Hidden Plate, 画像変換アプリケーション.

## 1. はじめに

### 1.1 色を見る仕組みとその多様性

色彩とは、可視光の分光組成の量および質的な違いが、脳内にて構築された知覚表象であり、人によって見え方は異なる。この知覚表象を生み出す仕組みを色覚特性という。知覚表象として生み出される色彩は、錐体によって主に決まる。大方の人は、3種類の錐体を保持しており、3色覚と呼ばれている。一方で、3種類の錐体を保持していても、感度ピーク波長が3色覚とは有意に異なる錐体を代わりに持つ異常3色覚や、2種類の錐体に基づく2色覚と呼ばれる色覚特性を持つ人もいる。これらの特性には、見分けづらい色の組み合わせがあり、「色覚異常」と呼ばれている。また、異なる分光感度を持つ錐体、あるいは保持されていない錐体がL錐体、M錐体、S錐体7日により、それぞれ1型、2型、3型色覚と分類され、色覚特性が異なると、同じ光が目に入っても、異なる色彩を知覚している可能性がある。すなわち、色覚特性には多様性が存在する。

### 1.2 『Hidden Plate』とは

色覚特性を判定する方法のひとつである石原色覚検査表には、図1のような「色覚異常」には



図1 石原色覚検査表 15番

解読できるが、3色覚には解読できない検査表がある<sup>1)</sup>。3色覚にとっては色を混同しないこと、すなわち色の違いがノイズとして働くが、「色覚異常」は色を混同するため、色の違いがノイズとして作用せず、情報を解読できる仕組みとなっている。

このようなパターンは、欧米で『Hidden Plate』と呼ばれており、パターンを構成する色の種類が多いことが、情報収集の阻害を引き起こすことは、Morgan<sup>2)</sup>やSaito<sup>3)</sup>によっても報告されている。一般に、「色覚異常」は見分けづらい色の組み合わせがあることから、劣った特性であると認識される傾向があるが、『Hidden Plate』のような3色覚よりも「色覚異常」の方が見分けやすい色の組み合わせも存在する。『Hidden Plate』の存在は、それぞれの色覚特性にて見分けやすい、あるいは見分けづらい色の組み合わせがあり、それは単なる得手不得手の違いであることを意味している。

さらに、『Hidden Plate』は、伊賀<sup>4)</sup>や八木<sup>5)</sup>の作品のように、アート表現のモチーフとしても採用されており、このような表現によって色覚の多様性を社会の共通認識として広めるきっかけとなる可能性を含んでいる。

### 1.3 研究の目的

本研究では、『Hidden Plate』の特性を利用し、「色覚異常」が劣った特性なのではなく、多様な色覚特性のひとつであり、各色覚特性に得手不得手があるだけということに気づくきっかけを作ることとを目的とし、写真や画像から手軽に『Hidden Plate』を作成し、楽しみながら色覚の多様性を体験できるアプリケーションの制作を行った。さらに、本アプリケーションを教育現場での使用用途を検討するために、図画工作や美術を専門とする教育従事者を対象にワークショップを実施し、アンケート調査を行った。また、本アプリケーションで作成した『Hidden Plate』画

像での物体知覚にて、色覚特性間で有意な差がみられるかの検証も行った。

## 2. アプリケーションの開発

本研究のアプリケーションは、iOS14.4のiPadやiPhoneでの動作を想定し、macOS Big Sur上でXcode 13により開発を行った。各デバイスに搭載されているカメラ機能によって撮影された画像や、カメラロールから読み込んだ画像のRGB値を読み取り、デバイスの色域規格である、sRGBや、さらに再現色域が広いDisplay P3のカラープロファイルを用いて、CIEXYZ三刺激値へと変換し、その値をHunt-Pointer-Estéves<sup>6)</sup>のLMS三刺激値へと変換した。その後、各画素のLMSの値を、LMS空間にて、1型色覚に対してはL軸方向、2型色覚に対してはM軸方向、3型色覚に対してはS軸方向に、アプリケーション上でユーザーが指定した増減分コントラストの範囲内でランダムに移動させ、その値をCIEXYZ、RGBの値へと逆変換し、各デバイスのディスプレイ上に画像として表示させた。また、1画素ごとの変換だと、輝度情報から何の画像であるか明確に理解できてしまうため、モザイクを施す処理を加えた。モザイク処理により、輝度情報による物体知覚を阻害させ、『Hidden Plate』の特徴である色ノイズの効果の違いが色覚特性間で現れやすいようにした。図2に完成したアプリケーションの操作画面を示す。

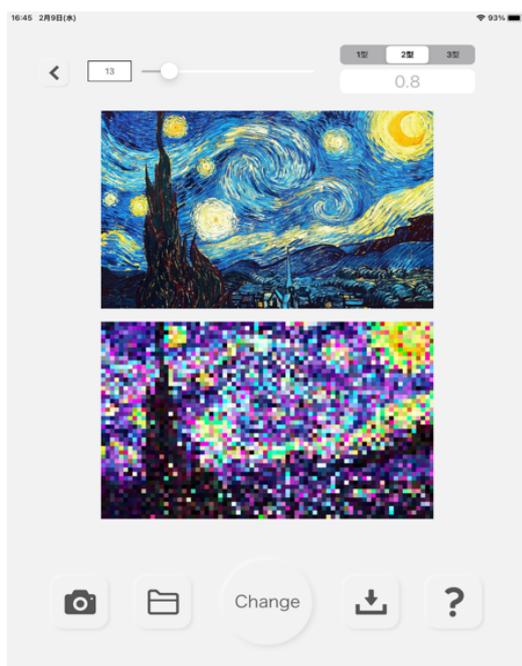


図2 アプリケーションの操作画面

## 3. ワークショップでの検証とアンケート調査

### 3.1 検証と調査の目的と方法

開発したアプリケーションが、教育現場にて、色覚の多様性を社会に広めるきっかけとなるか、また、教育現場でどのような活用方法があるのか、実際に教育従事者を対象に、ワークショップを実施し、アプリケーションの試用とアンケートによる調査を行った。ワークショップでは、本アプリケーションで作成した3枚の『Hidden Plate』を提示し、実際の見えと、1型色覚の見えをシミュレートした際の見えの比較検証を行った。アンケート調査では、本アプリケーションが色覚の多様性を知るきっかけとなるかどうかや、アプリケーションの改善点や活用方法についての意見聴衆を行った。

### 3.2 結果と考察

開発したアプリケーションが、色覚の多様性を社会に広めるきっかけとなるかについての質問では、式覚に関する知識が必要であり、アプリケーション単体での利用を疑問視するとの意見が比較的多く回答された。また、活用方法にはモザイクアートなどが挙げられた。

これらの結果より、本アプリケーションを利用するには色覚に関する前もった知識や説明が必要であり、その知識を補強するためのツールとして活用できることが示唆された。

## 4. 『Hidden Plate』の検証実験

### 4.1 実験の目的と方法

本アプリケーションで作成した『Hidden Plate』画像に対し、実際に3色覚による物体知覚と2色覚による物体知覚に有意差が生じるかを検証する必要がある。本研究では、その前段階として、2型3色覚を含む3色覚を対象に、本アプリケーションにより、M錐体軸方向の色ノイズを付加し、『Hidden Plate』とした画像(以下、Hidden Plate画像と呼ぶ)と、さらに、それらの画像に2型2色覚シミュレーションを施し、『Hidden Plate』により付加したM錐体軸方向の色ノイズを無効化した画像(以下、シミュレーション画像と呼ぶ)との間での物体知覚のパフォーマンスを実験により比較した。刺激には最大0.8のM錐体増減分コントラストのノイズを加え、10段階のモザイクサイズの大きさの画像をそれぞれ30枚用意し、計300枚を刺激画像とした。実験参加者に、これらをランダムに提示し、何の画像か回答してもらった。シミュレーション画像に実験参加者の4名

のうち1名が2型3色覚であった。

もし、3色覚に対し、Hidden Plateの色ノイズの効果が大きく作用するならば、Hidden Plate画像での物体知覚が可能なモザイクサイズは、シミュレーション画像よりも小さくなると予想した。

#### 4.2 実験結果の解析と考察

10段階のモザイクサイズの対数値を横軸に、正答率を縦軸にとり、Hidden Plate画像を評価した実験参加者4名とシミュレーション画像を評価した実験参加者4名のそれぞれの結果とそれらに累積正規分布で近似した結果を図3に示す。

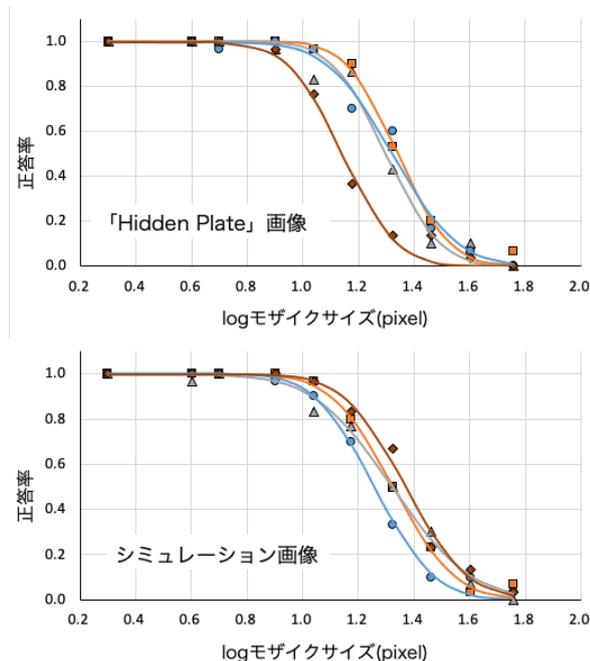


図3 Hidden Plate画像(上)とシミュレーション画像(下)に対する正答率

各実験参加者の累積正規分布から0.5の正答率を与える横軸のモザイクサイズを閾値として算出し、Hidden Plate画像(平均19.2 pixel)とシミュレーション画像(平均20.9 pixel)の2標本間で $t$ 検定の有意差検定を行った。その結果、 $t=0.81$ 、 $p=0.45$ となり、有意差なしという結果となった。

今回の実験では、実際の2型2色覚の特性を持つ被験者の代わりに、2型3色覚を含む3色覚を実験参加者とし、2型2色覚シミュレーションを施した刺激を用いて検証を行ったため、2型2色覚が普段観察している光景とは異なる画像となってしまったため、有意差が認められなかった可能性がある。3色覚の実験参加者に対しては、Hidden Plate画像を介さずに、モザイク処理のみを行った刺激を用いた実験の方が適切な評価になった可能性がある。

#### 5. 結論

本研究では、「色覚異常」が「異常」ではなく、多様な色覚特性のひとつであることを実感してもらうため、『Hidden Plate』を作成するアプリケーションの開発を行い、ワークショップでの試用とアンケート調査を行った。その結果、アプリケーション単体での利用ではなく、色覚に関する授業での補助ツールとしての利用や、色彩に関する正しい知識の習得と並行した体験学習で利用できる可能性が示された。

また、本アプリケーションで作成した『Hidden Plate』画像を用い、3色覚に対し、Hidden Plate画像における物体知覚のパフォーマンスを2色覚シミュレーションの有無による検証実験を行った。その結果、有意差が認められなかった。今後、2色覚を対象に再度、検証実験を行う計画である。

さらに、将来的には、本アプリケーションで取り上げ『Hidden Plate』の課題に代表されるような、色覚特性の違いが「正常」「異常」という分類ではなく、それぞれの色覚特性には、それぞれ得意とする課題があることを体験できる色彩教育プログラムを開発し、実践することで、多様な色覚特性を受容する社会作りに、貢献していく。

#### 参考文献

- 1) 公益財団法人 一新会.石原色覚検査表 株式会社半田屋商店
- 2) M.J.Morgan, et. al., "Dichromats detect colour-camouflaged objects that are not detected by trichromats," Proc Biol Sci., 248(1323), 291-295, (1992)
- 3) A.Saito, et. al., "Advantage of Dichromats over Trichromats in Discrimination of Color-Camouflaged Stimuli in Humans," Percept Mot Skills, 102(1), 3-12, (2006)
- 4) 伊賀公一, <https://www2.cudo.jp/wp/?p=6763> (2021/1/17 閲覧)
- 5) 八木良太, <https://www.ameet.jp/feature/30/-page6> (2021/1/17 閲覧)
- 6) J. J. Vos, et. al., "Improved Color Fundamentals Offer a New View on Photometric Additivity," Vision Res., 30(6), 937-943, (1990)

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費課題番号 JP 21H04243 (基盤 A) の助成を受けて行われた。

# 学生が高齢者疑似体験ゴーグルを着用したときの照明光色による顔表面温度の変化

## Changes in the face surface temperature due to lighting color of students wearing simulated experience goggles for the elderly

上田 直幸	Naoyuki Ueda	神奈川工科大学	Kanagawa Institute of Technology
友部 和樹	Kazuki Tomobe	神奈川工科大学	Kanagawa Institute of Technology
佐藤 優次	Yuji Sato	神奈川工科大学	Kanagawa Institute of Technology
三栖 貴行	Takayuki Misu	神奈川工科大学	Kanagawa Institute of Technology

**Keywords:** 高齢者疑似体験ゴーグル, 顔表面温度, LED.

### 1. はじめに

高齢者の熱中症は近年大きな問題となっている。高齢者は不快な高温多湿環境に早期に気づかない場合が多く、室温が徐々に上昇することや症状が非特異的なものが多く独居の高齢者は熱中症発症後も発見の遅れから重症化するとされている<sup>1)</sup>。熱中症問題解決の研究として「体感温度の見える化」による高齢者の「行動変容」が熱中症予防の効果を持つと推定し、高齢者住宅の夏季における温熱環境の実態調査と居住者の意識と行動変容について把握するためにアンケート調査を行った研究があり、居住者に温湿度計を示す前のエアコンの使用率が42.7%、温湿度を示した場合は使用率が60%と17.3%の増加が確認されている<sup>2)</sup>。

一方で照明光色と照度は心理的な影響を及ぼすことが示されている<sup>3)</sup>。また照度と色温度の組み合わせにより生活のシーンにおける理想的な光色も検討されている<sup>4)</sup>。本研究グループは2020年度に赤色光が人の体感温度に影響を与えることがわかり、顔表面温度は環境温度に $-2^{\circ}\text{C}$ の差がある場合でも $0.32^{\circ}\text{C}$ 上昇した<sup>5)</sup>。

したがって、高齢者が生活の中で照明光色が変化することで温湿度変化を認識できれば熱中症予防に繋がるだけでなく、体感温度も制御できないかと考えた。本研究では照明光色の変化による高齢者の体感温度や体表面温度への影響を検討するために21~22歳の男性被験者に高齢者疑似体験ゴーグル<sup>6)</sup>の白内障、黄視症フィルタを装着しながら白色・青色・赤色の三色のLED光の環境で三種類のゴーグルを装着したときの顔表面温度、心拍数および体感温度への影響について検討する。

### 2. 実験

図1に照度試験室を示す。実験室は10.5畳の一般的な家庭の一室に模した部屋にし、LED照明(東芝ライテック社製LEDH81718LC-LT3天井に2つ設置した。実験の評価項目は心理的評価のVAS(Visual Analogue Scale)と生理的評価としてウェアラブル心電計(myBeat)による体表面温度のバイタルデータの測定、サーモグラフィカメラ(NECAvio製InfRec-R300S)による顔表面温度の測定を行った。図2に白色LED光と青色LED光、赤色LED光のxy色度座標を示す。照明光色はECHONET Liteで制御し、すべての光色は照度を73lxに統一した。

### 3. 実験方法

実験時間は30分間に設定し、3日に分けて行った。実験室のシーリングライトの色を1日目は白色LED光、2日目は青色LED光、3日目は赤色LED光として実験を行った。実験環境は、照度73lx、室温 $24^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ であり、実験は神奈川工科大学に通う20代男子学生10名で行った。実験中

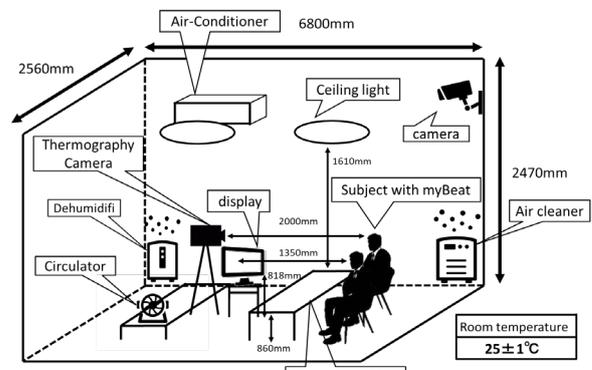


図1 照度試験室

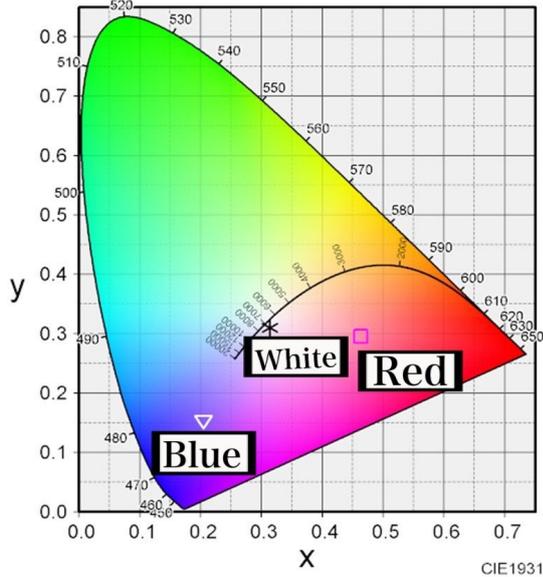


図2 白色LED光と青色LED光、赤色LED光のxy色度座標

は室温24℃、照度73lxの実験室で10分ごとに3種類の高齢者疑似体験ゴーグルを着け替えてもらい、30分間ビデオを見せた。ゴーグル1は白内障フィルタ1枚、ゴーグル2は白内障フィルタ2枚、ゴーグル3は黄視症フィルタ1枚とした。また、着衣量を統一するため服装はジャージ上下に着替えさせた。顔表面温度を赤外線サーモグラフィカメラで測定し、体表面温度と心拍周期、LF/HFをmyBeatで計測した。myBeatは前室から測定を開始し、被験者のみぞおちに装着させた。サーモグラフィカメラの測定間隔は10秒間に設定し、被験者の眉間を測定データに使用した。

4. 実験結果と考察

(1) 高齢者疑似体験ゴーグルの顔表面温度への影響

図3に白色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の顔表面温度の変化を示す。被験者10名のゴーグル着用時間ごとの平均顔表面温度はゴーグル1の着用時が35.6℃、ゴーグル2で35.8℃、ゴーグル3で35.5℃となった。図4に青色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の顔表面温度の変化を示す。被験者10名のゴーグル着用時間ごとの平均顔表面温度はゴーグル1の着用時が35.4℃、ゴーグル2で35.3℃、ゴーグル3で35.4℃となった。図5に赤色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の顔表面温度の変化を示す。被験者10名のゴーグ

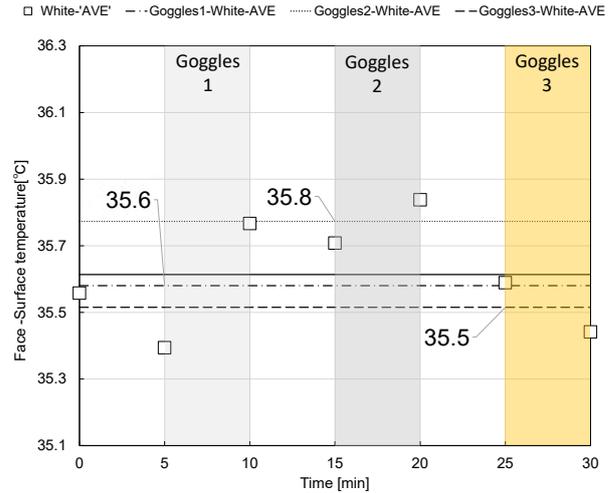


図3 白色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の顔表面温度の変化

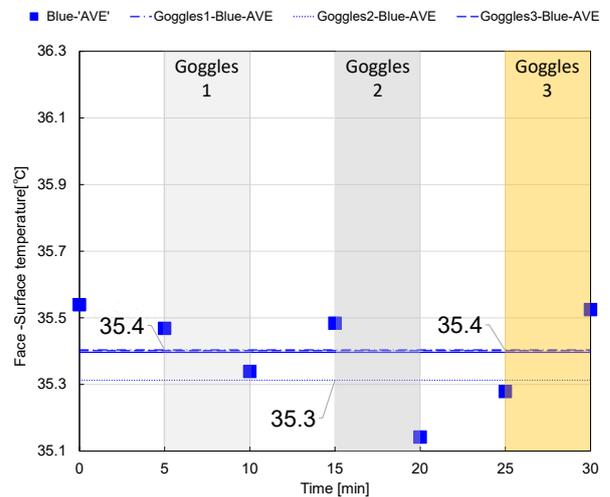


図4 青色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の顔表面温度の変化

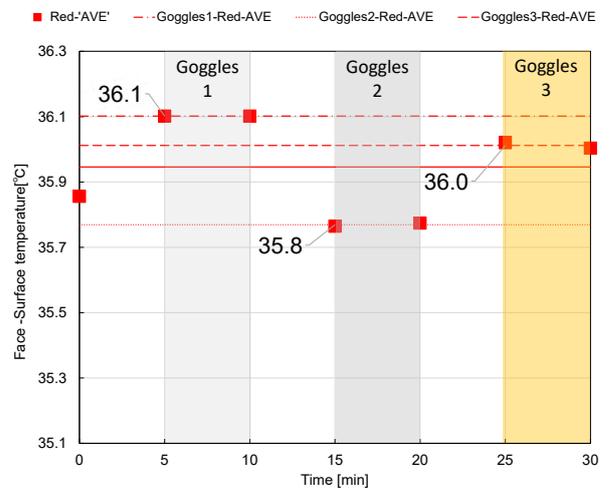


図5 赤色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の顔表面温度の変化

ル着用時間ごとの平均顔表面温度はゴーグル1の着用時間が36.1℃、ゴーグル2で35.8℃、ゴーグル3で36.0℃となった。

(2) 高齢者疑似体験ゴーグルの心拍数への影響

白色、青色、赤色の3つのLED光の条件で心拍数の変化を計測した。図6に白色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の心拍数の変化を示す。被験者10名のゴーグル着用時間ごとの平均心拍数はゴーグル1が89bpm、ゴーグル2で87bpm、ゴーグル3で85bpmとなった。図7に青色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の心拍数の変化を示す。被験者10名のゴーグル着用時間ごとの平均心拍数はゴーグル1が77bpm、ゴーグル2で76bpm、ゴーグル3で77bpmとなった。図8に赤色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の心拍数の変化を示す。被験者10名のゴーグル着用時間

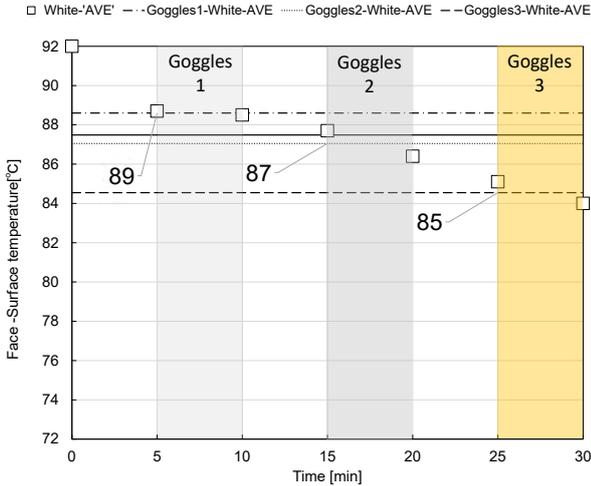


図6 白色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の心拍数の変化

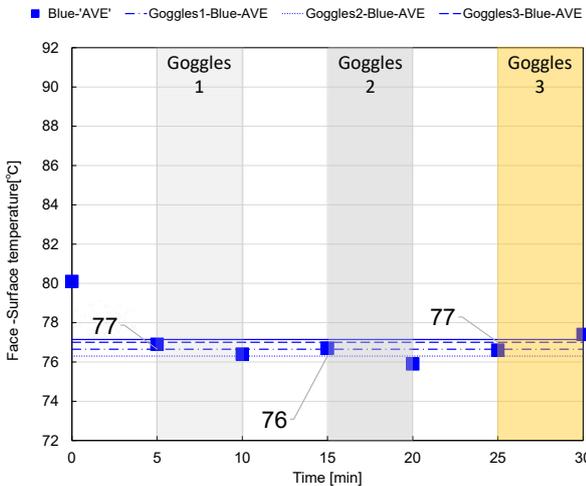


図7 青色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の心拍数の変化

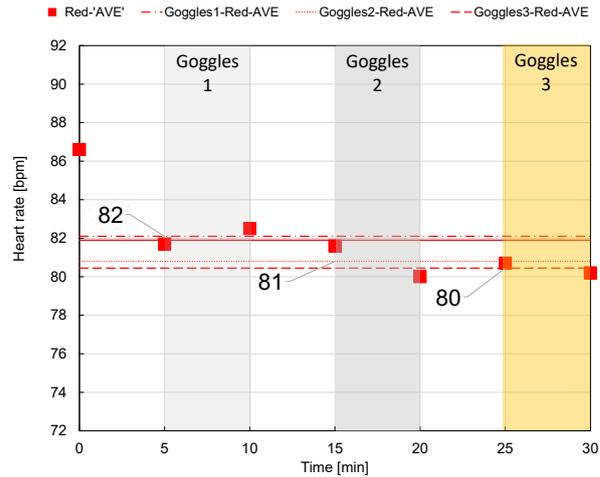


図8 赤色LED光における各高齢者疑似体験ゴーグル着用時の心拍数の変化

ごとの平均心拍数はゴーグル1が82bpm、ゴーグル2で81bpm、ゴーグル3で80bpmとなった。

(3) 高齢者疑似体験ゴーグルの生理的影響と心理的影響の考察

Table 1.に各照明光色における高齢者疑似体験ゴーグル装着時の生理的評価とVAS評価のまとめを示す。ゴーグル1は白内障フィルタ1枚、ゴーグル2は白内障フィルタ2枚、ゴーグル3は黄視症フィルタ1枚とした。白内障フィルタは着用時に各照明光を薄くさせる効果があり、青色LED光は確認しづらくなったが赤色LED光は確認できた。黄視症フィルタは青色LED光が確認しづらくなったが、赤色LED光ではフィルタ色と混色されオレンジ色に見えた。白色LED光暴露時の顔表面温度の高齢者疑似体験ゴーグルの影響は赤色LED光暴露時と逆の変化を示した。また、青色LED光暴露時の顔表面温度の高齢者疑似体

表1 各照明光色における高齢者疑似体験ゴーグル装着時の生理的評価とVAS評価のまとめ

白色LED光				
	ゴーグル1	ゴーグル2	ゴーグル3	
顔表面温度	35.6	+0.2	35.8	-0.3
心拍数	89	-2	87	-2
体感温度	45	-1	44	+8

青色LED光				
	ゴーグル1	ゴーグル2	ゴーグル3	
顔表面温度	35.4	-0.1	35.3	+0.1
心拍数	77	-1	76	+1
体感温度	34	+8	42	+5

赤色LED光				
	ゴーグル1	ゴーグル2	ゴーグル3	
顔表面温度	36.1	-0.4	35.7	+0.3
心拍数	82	-1	81	-1
体感温度	56	+2	58	-2

験ゴーグルの変化はゴーグル 1→ゴーグル 2 で  $-0.1^{\circ}\text{C}$ 、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で  $+0.1^{\circ}\text{C}$  となり、他の LED 光暴露時に比べて変化量が小さくなった。赤色 LED 光暴露時の顔表面温度の変化はゴーグル 1→ゴーグル 2 で  $-0.3^{\circ}\text{C}$ 、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で  $+0.2^{\circ}\text{C}$  となり、LED 光色の中で最も大きな変化が得られた。高齢者疑似体験ゴーグルにより、青色 LED 光では色が薄くなったことが顔表面温度への影響を与えにくくしていると考えた。また赤色 LED 光は黄視症フィルタで暖かさを感じる効果が増したと思われる。体感温度の VAS 値はアンケート用紙上の平均値で  $+1\text{mm}$ 、 $-2\text{mm}$  の変化であり、大きな変化はない。光は皮膚からも感じられると言われていること<sup>4)</sup>、また黄視症フィルタのオレンジ色は代表的な暖色であることから無意識下で体表面温度に影響を及ぼしたと推測している。

図 3～図 5 の結果から各照明光色における顔表面温度の 30 分間の平均値は白色 LED 光で  $35.6^{\circ}\text{C}$ 、青色 LED 光で  $35.4^{\circ}\text{C}$ 、赤色 LED 光で  $35.9^{\circ}\text{C}$  という結果が得られた。白色 LED 光暴露の顔表面温度を基準にすると青色 LED 光で  $-0.2^{\circ}\text{C}$ 、赤色 LED 光で  $+0.3^{\circ}\text{C}$  という結果が得られ、照明光色で顔表面温度が増減すると考えられる。同様に図 6～図 8 の結果から心拍数の 30 分間の平均値は白色 LED 光で 87、青色 LED 光で 77、赤色 LED 光で 82 という結果が得られた。顔表面温度が高くなる LED 光色の心拍数は 80 以上の値が得られ、顔表面温度が低くなる青色 LED 光で 80 未満の値が得られた。心拍数の増減を LED 光色が促すと考えられる。各 LED 光暴露中の試験時間内の心拍数の増減範囲(最大心拍数-最小心拍数)は白色 LED 光で 7、青色 LED 光で 4、赤色 LED 光で 6 となり、ゴーグル装着時間の心拍数の増減範囲にすると白色 LED 光で 5、青色 LED 光で 1、赤色 LED 光で 2 となった。したがって、白色 LED 光暴露による心拍数の増減範囲は赤色 LED 光よりも広いと、顔表面温度が高くなると考えた。

## 5. まとめ

学生が高齢者疑似体験ゴーグルを着用したときの照明光色による体表面温度の変化を検討し、以下の結果が得られた。

- 青色 LED 光は体感温度ではゴーグル 1→ゴーグル 2 で  $+8.2$ 、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で  $+4.4$  と上昇したが、顔表面温度はゴーグル 1→ゴーグル 2 で  $-0.09^{\circ}\text{C}$ 、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で  $+0.09^{\circ}\text{C}$  と変化が少なくなった。

- 赤色 LED 光は体感温度ではゴーグル 1→ゴーグル 2 で  $+1.3$ 、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で  $-1.8$  が得られ、顔表面温度はゴーグル 1→ゴーグル 2 で  $-0.33^{\circ}\text{C}$ 、ゴーグル 2→ゴーグル 3 で  $+0.24^{\circ}\text{C}$  と変化が大きくなった。
- 白色 LED 光 30 分間暴露の平均顔表面温度を基準にすると青色 LED 光暴露により  $-0.2^{\circ}\text{C}$ 、赤色 LED 光暴露で  $+0.3^{\circ}\text{C}$  という結果が得られた。
- LED 光色は心拍数の増減と暴露時間中の心拍数増減範囲に影響を与え、顔表面温度が変化すると考えられる。

## 参考文献

- 1) 三宅康史, 有賀徹, 井上健一郎, 奥寺敬, 北原孝雄, 島崎修次, 鶴田良介, 横田裕行, “本邦における熱中症の実態 - Heatstroke STUDY2008 最終報告 -”, 日本救急医学会雑誌, 第 21 巻第 5 号, pp.230-244, (2010).
- 2) 柴田祥江, 北村恵理奈, 松原斎樹, “高齢者の夏期室内温熱環境実態と熱中症対策—体感温度の認知(見える化)による行動変容の可能性—”, 日本生気象学会雑誌, 第 55 巻, 第 1 号, pp.33-50, (2018).
- 3) 中村肇, 唐沢宜典, 沢辺真由美, “リビング照明の心理要因と物理要因の体系化”, 照明学会誌第 80 巻, 第 11 号, pp.11-18, (1996).
- 4) 高橋啓介, “照明の色温度と照度とが室内環境評価に及ぼす効果”, 医療福祉研究, 第 2 号, pp.30-36, (2006).
- 5) 佐々木柊, 朝原裕樹, 眞田大輝, 三栖貴行, “赤色照明が人体に与える体感温度への影響”, 日本色彩学会誌, 第 44 巻, 第 3 号, pp.70-73, (2020).
- 6) 小浜朋子, 池田光男, 久住亜津沙, 篠田博之, “白内障疑似体験ゴーグルに入射する環境光によって生じる色票の彩度低下”, 日本色彩学会誌, 第 28 巻, 第 2 号, pp.95-101, (2004).

# 先天性色弱者におけるカラーネーミングとその色空間

## Color Naming and Color Space of Congenital Color Deficiencies

阿山 みよし Miyoshi Ayama 宇都宮大学  
大古場 稔 Minoru Ohkoba 宇都宮大学  
石川 智治 Tomoharu Ishikawa 宇都宮大学

Utsunomiya University  
Utsunomiya University  
Utsunomiya University

**Keywords:** 色弱, 色覚, 色空間, MDS, カラーネーミング

### 1. はじめに

カラーネーミングとは色刺激を見てその色名を答えることであるが, それはその視環境におけるその被験者の色知覚と脳内の色名データベースとの照合作業といえる. 本研究では, 1型及び2型の先天性色弱者(CDO)と一般色覚者(CNO)でカラーネーミング実験と色名相違度判定実験を行い, カラーネーミングにおける脳内色空間の導出を試みた.

### 2. 先行研究との関係

これまでに我々は1型及び2型の先天性色弱者(CDO)と一般色覚者(CNO)において, 知覚的相違度判定に基づく色空間を導出し, 色覚メカニズムに基づくモデルを提案した[1, 2]. 上記の研究で用いた色刺激はマンセル表色系の基本色相10色で, CNOではマンセル色相環に似た環状の配置となったが, CDOでは多数の被験者がYとPBで屈曲しRとGが近接する凹型形状となり, 顕著な相違が見られた.

さらに, 上記の研究で用いられた10種のマンセル色票の色相記号に相当する10色名を用いて, 色名間の相違度判定実験を行い, 色名空間を導出したところ, 多数のCDOにおいて, CNOの結果に近い色相環状となり, CDOにおいては色知覚に基づく色空間と色名に基づく色空間が異なることを示した[3].

上記の研究結果は, 多様な視覚特性の被験者群によるShepard & Cooper[4]らの結果のCDOとCNOの結果と類似している. その研究において, 彼らは色名を付した色票での知覚的相違度実験も行い, それに基づく色空間は色名より色知覚に強く影響されることも示した.

しかし日常生活では, 例えば「青い表紙の本を取ってください」など物体に色名を割り当てることが多い. すなわちカラーネーミングである. そこで本研究では, CDOがカラーネーミングを行う場合の色空間と, 知覚的相違度及び色名相違度による色空間との相互関係を検討することとした. なお本研究では色相と彩度を固定して明度軸方向に変化する色票群での相違度判定は行っていない. 従って本研究での「色空間」とは被験者の脳内色空間中の色相付置を指す.

### 3. 実験

テスト色票の一覧を表1に示す. マンセル基本10色相の高彩度・中彩度色票群で, 先行研究で用いた2色のカードの半分に灰色のカバーをかぶせて提示した. 色領域は2.5cm×3.5cmである. 被験者は, N6.5に近い灰色の布をかぶせた机上の中央に置かれた色票を観察し, 自由な色表現でのフリーカラーネーミングと基本11色名に限定したBCT(Basic Color Term)カラーネーミングを行った. 色票の提示順はランダムで, 1セッション中に同じ色票は1回ずつ提示された.

被験者は1型, 2型, 一般色覚各々5名ずつの15名である. 色覚特性は石原式色覚異常検査表, パネルD-15, アノマロスコープを用いて行った.

このうち9名の被験者(1型4名, 2型3名, 一般色覚2名)については基本11色名に黄緑, 青緑, 青紫, 赤紫を加えた15色名の総当たり105対の認知的相違度判定実験を行った. 記載された色名対について, 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)の尺度で評価した.

実験は宇都宮大学の「ヒトを対象とした研究に関する倫理審査委員会」の許可を受け, 被験者から同意書を得た上で実施した.

表1 テスト色票

ラベル	高彩度	中彩度	ラベル	高彩度	中彩度
R	5R 4/14	5R 4/4	BG	5BG 4/9	5BG 4/3
YR	5YR 6.5/14	5YR 6.5/4	B	5B 4/8	5B 4/3
Y	5Y 8/14	5Y 8/4	PB	5PB 4/12	5PB 4/4
GY	5GY 6.5/10	5GY 6.5/4	P	5P 4/11	5P 4/3
G	5G 4.5/10	5G 4.5/4	PR	5PR 4/12	5PR 4/4

## 4. 結果

### 4.1 カラーネーミング

図1に1型色覚者5名の高彩度色票での結果を示す。縦軸は5名×2回の応答内の色名比率である。(a)はフリーカラーネーミングの結果で基本色名での応答のみ色名を記入した。カーキ色部分は基本色名以外の応答で、色票GYでは「黄緑」、色票Pでは「青紫」が多かった。それ以外は多様で、例えば色票Bでは「汚い青」「うすい青」等の応答があった。高彩度色票はフォーカルカラーに近いので、CNOの応答はフリーカラーネーミングでも90%が基本色名であった。それに比べるとCDOの基本色名頻度は低く、図1(a)の1型では78%、本稿に図はないが2型では68%であった。

(b)はBCTカラーネーミングの結果で、CNOと比較すると色票Rの「茶」、色票GYの「黄」、色票BGで「灰」応答が多いのが目立った相違点である。他の色票ではCNOとほぼ同じ応答が得られた。

中彩度色票の結果は、色覚タイプに寄らずフリーカラーネーミングにおける基本色名応答数が減ったが、CDOの方がCNOより顕著に減少した。一方、BCTカラーネーミングにおける特徴の一つはCDOでの「緑」応答の増大で、1型2型共に全色票で少なくとも1回の「緑」応答があった。他には、1型色覚者での「橙」「灰」応答の増大、2型色覚者での「白」応答の出現などが挙げられる。本研究でのBCTカラーネーミングの結果は、高彩度・中彩度含めてCDOでのカラーネーミングに関する既往研究[5, 6]と概ね一致した傾向である。

### 4.2 色名相違度からの色空間導出

ここでは色名間の認知的相違度判定結果を用いた色票間の相違度推定について、被験者P11(1型2色覚)を例にとって説明する。被験者P11は、1回目の提示では色票RとRPの応答は各々「赤」と「ピンク」、2回目の提示では「赤」と「紫」であった。15色名の総当たり105対の認知的相違

度判定実験結果から被験者P11の「赤」と「ピンク」の相違度は2、「赤」と「紫」の相違度は2.5であった。そこで色票RとRPの相違度を2.25(2と2.5の平均値)とした。これは色名相違度を尺度とした色票RとRPの相違度の推定値で、既往研究での色票間相違度推定にも類似の手法が用いられている[5, 7]。10枚の色票の全ての組合せ45対について相違度が算出され、それを基に多次元尺度構成法(iso MDS Kruskal's non-metric multidimensional scaling method)を用いて10枚の色票付置を導出した。次元数は3とした。

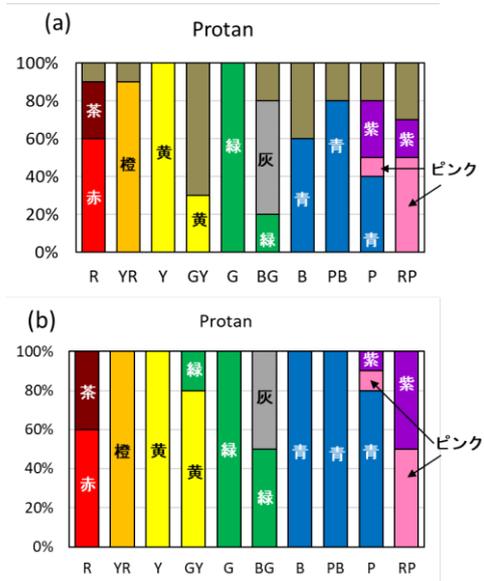


図1 1型色覚者群のカラーネーミング(高彩度色票)(a):フリーカラーネーミング,(b):BCTカラーネーミング

図2に被験者P11の第1軸vs第2軸平面での色票付置を示す。本研究での色票はマンセル表色系の基本10色相から選んでいるので、得られた色票付置はその被験者の脳内色空間における色相構造を反映すると考えられる。

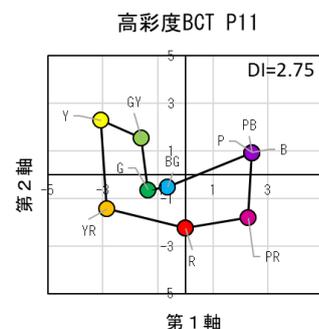


図2 カラーネーミングと色名相違度から導出した10色票の付置(被験者P11).  
 $d_{\max} = |Y-PR| = 6.75$

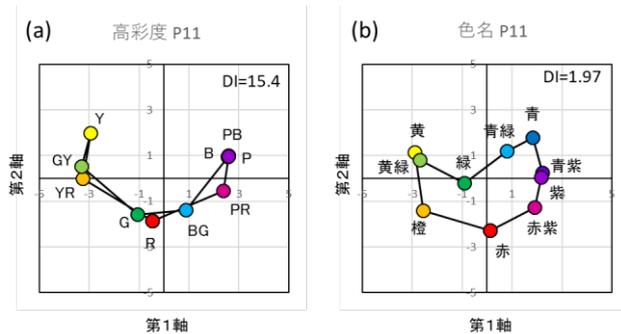


図3 被験者 P11 の結果. (a) : 知覚的相違度に基づく 10 色票の付置.  $d_{max}=|Y-PR|=5.89$  (b) : 色名相違度に基づく 10 色名の付置.  $d_{max}=|YR-B|=5.45$

比較のために図3に先行研究[1, 2, 3]で得られた同じ被験者の知覚的相違度と色名相違度に基づく MDS の結果を示す. 図3(a)は色票対のみ提示され, その2枚の知覚的相違度判定の結果に基づいて導出された10色票の付置である. 図3(b)は色名対(先行研究ではマンセル色相に相当する10色名)のみ提示され, その結果に基づいて導出された10色名の付置である.

(a)の知覚的相違度では色票 R と G が非常に近くなり, 色票 Y と PB で屈曲した凹形となったが, (b)の色名相違度では「赤」と「緑」はやや離れて(a)よりは環状に近い. この結果は, CD0 では知覚的相違度と色名相違度による脳内色空間が異なっていることを示す. CNO ではいずれも環状になり両者で顕著な形状の相違は見られなかった.

脳内色空間中の色相付置は円形が理想である. そこで先行研究では得られた色空間の円形からのずれの指標として, 下記の  $DI$ (Distortion Index)を採用した.

$$DI = \frac{\pi \cdot (d_{max})^2}{4S} \quad (1)$$

ここで  $S$  は各点を結んだ線で囲まれた領域の面積,  $d_{max}$  は2点間の距離の最大値で, 外接円の直径となる. 円の場合  $DI=1$  となり, 円形から乖離すると  $DI$  値は増大する. 図2と図3の右上の数値は各条件での  $DI$  値である.

被験者 P11 の場合, カラーネーミングにおける10色票の付置(=脳内色空間の色相構造(図2))は知覚的相違度と色名相違度の中間形で, どちらかといえば色名相違度(図3(b))に近い.  $DI$  値はそれを反映している. 105 対の色名対の認知的相違度判定実験を行った CD07 名中5名で,  $DI$  値は知覚 > カラーネーミング > 色名の順となった. どちらに近いかは被験者により異なった.

全条件での2名のCNOのMDSの結果は大半がほぼ環状となった. すなわちCNOにおいては, 知覚に基づく場合も, 色名に基づく場合も, さらには色刺激を見てそれに色名を与える場合も基本的には同様の環状の色相構造を持つ脳内色空間を用いていると示唆される.

## 5. まとめ

1型及び2型の先天性色弱者(CD0)と一般色覚者(CNO)において, カラーネーミングと色名相違度評価を行い, 相違度データとMDSにより各条件での脳内色空間の導出を試みた. CD0においてはカラーネーミングにおける色空間は, 知覚と色名の両方に影響されており, どちらにより強く影響されるかは被験者により異なることが明らかとなった.

## 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) 大古場稔ほか: 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—, 日本色彩学会誌 第45巻 第3号 SUPPLEMENT (2021) 121-122
- 2) M. Ohkoba et al.: Color Representations of Normals and Congenital Red-green Color Deficiencies -Estimation of Individual Results based on Color Vision Model-, Color Res. Appl. Early view, <https://doi.org/10.1002/col.22763>
- 3) M. Ayama et al.: Difference Scaling and Color Naming of Red-Green Color Deficiencies, Proceedings of the AIC Conference 2021, 393-398
- 4) R. N. Shepard, L. A. Cooper: Representation of colors in the blind, color-blind, and normally sighted, Psycho. Sci. 3 (1992) 97-104
- 5) V. Bonnardel: Color naming and categorization in inherited color vision deficiencies, Visual Neuroscience, 23 (2006) 637-643
- 6) 名取和幸他: 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—, 日本色彩学会誌 第45巻 第3号 SUPPLEMENT (2021) 179-182
- 7) J. Lillo et al.: Use of basic color terms by red-green dichromats: 1. general description. Color Res. Appl., 39 (2014), 360-371

先天少数色覚型の脳内色空間  
—先天少数色覚型者の色空間の2面性—

Color space in the brain of congenital minority color vision type  
-Two aspects of the color space of congenital minority color vision types

自由研究者 Free Resercher 伊賀公一 koichi Iga

**Keyword:** 色彩、少数色覚、心理構造、多次元尺度構成法、多様性

抄録 佐川ら(2013、2018)の研究によれば、先天盲の人でも色の違い(距離感)が正しく判断でき、この距離感に沿って色を並べると多数色覚の人と同様な色相環が得られる。言語による色名の情報によるものと考えられる。先天少数色覚型の人でも先天盲の人と同様に言語による色の距離感があるはずだ。しかし、実際の色の見えはこの言語による色の距離感には不一致が起こっているはずであり、そうになると色空間を二重に持つことになり、色空間を使い分けて生活しているのではないか。こうしたことから、文字だけでの色の距離感と、色名で代表色を思い浮かべた時のアンケートを29名(C型3名、P型16名、D型10名)から取ってみた。その結果、P型、D型でもC型と同様な色相環が得られる人と、実際の色の見えに沿った三日月型の構造の人が得られた。この結果は少数色覚の人の色空間の2面性を示唆するものである。さらに文字だけの色の距離感と記憶色による距離感に差があるかどうかを調査した。

Abstract According to a study by Sagawa et al. (2013, 2018), congenitally blind people can correctly judge color differences (distance), and arranging colors according to this distance produces hue rings similar to those of people with majority color vision. This is thought to be due to verbal color name information. People with congenital minority color vision should also have the same distance sense of color by language as congenitally blind people. However, actual color vision must be inconsistent with this linguistic color distance perception, and if this is the case, they must have a double color space and use different color spaces in their daily lives. Based on these considerations, we took a questionnaire from 29 people (3 C-type, 16 P-type, and 10 D-type) on their sense of color distance based on letters alone and when they thought of a representative color by its color name. The results showed that some P- and D-types obtained hue rings similar to those of C-types, while others obtained a crescent-shaped structure in line with their actual color vision. This result suggests a two-sided color space for people with minority color vision. We further investigated whether there is a difference in distance perception between letter-only and memory color distance.

1. はじめに

佐川ら(2013、2018)の研究によれば、先天盲の人でも色の違い(距離感)が多数色覚者と同様に判断でき、この距離感に沿って色を並べると多数色覚の人と同様な色相環が得られるとした。視力が無い人において、色名を空間に配置する事が可能なのは視力が先行して起こることではなく、多数色覚者の色に関する話を聞いたりすることで理解し蓄積されていった言語による色名の情報によるものと考えられる。先天盲とは異なるが、人の色覚には1型や2型や3型などの2色型または3色型の先天少数色覚型の人がある。日常生活で多数色覚の人に便利のように作られた配色が期待通りに機能せず、様々な製品や印刷・デジタル表現などの色で困っていることもある。

見逃されがちなのが「色名」については多数

色覚の人たちが作り出したものであり、多数色覚との間で起こる色名の齟齬については、少数色覚の人が「色名を『間違っ』言う」などと一方的に評価されているのが一般的だ。さてこのような環境下で少数色覚の人にはいくつかの生活の中での行動が生まれてくる。ひとつには「わずかな違い」や「蓄積された各種情報」などから「多数色覚者が感じている色の色名を上手に当ててみる」「色名が『正しく』当てられるようにする」「難しいときには回答を避ける」などの行動だ。色名の情報の多くを記憶してゆく人も多い。このような人たちは、佐川らの示した先天盲の人と同様に脳内に言語による色の距離感を持っていてよいはずだ。しかし先天性少数色覚の人においては、実際の色の見えの感覚とそれぞれを指している色名との突合があり、そこではたとえば、赤と緑は離れている色だと知識を持っ

でも、自らの目で見ている赤と緑は近い色に見えていたりする。そうすると、少数色覚者においては言語知識による色の距離感と不一致が起こっているはずだ。色空間を二重に持つことになり、色空間を使い分けて生活しているのではないかと考えられる。

2. 方法

2-1 色彩語

佐川らの先行研究にそるる形で色彩語としては、はマンセル表色系から抽出した基本色名10色(赤、橙、黄、黄緑、緑、青緑、青、青紫、紫、赤紫)の組み合わせとした。

2-2 被験者

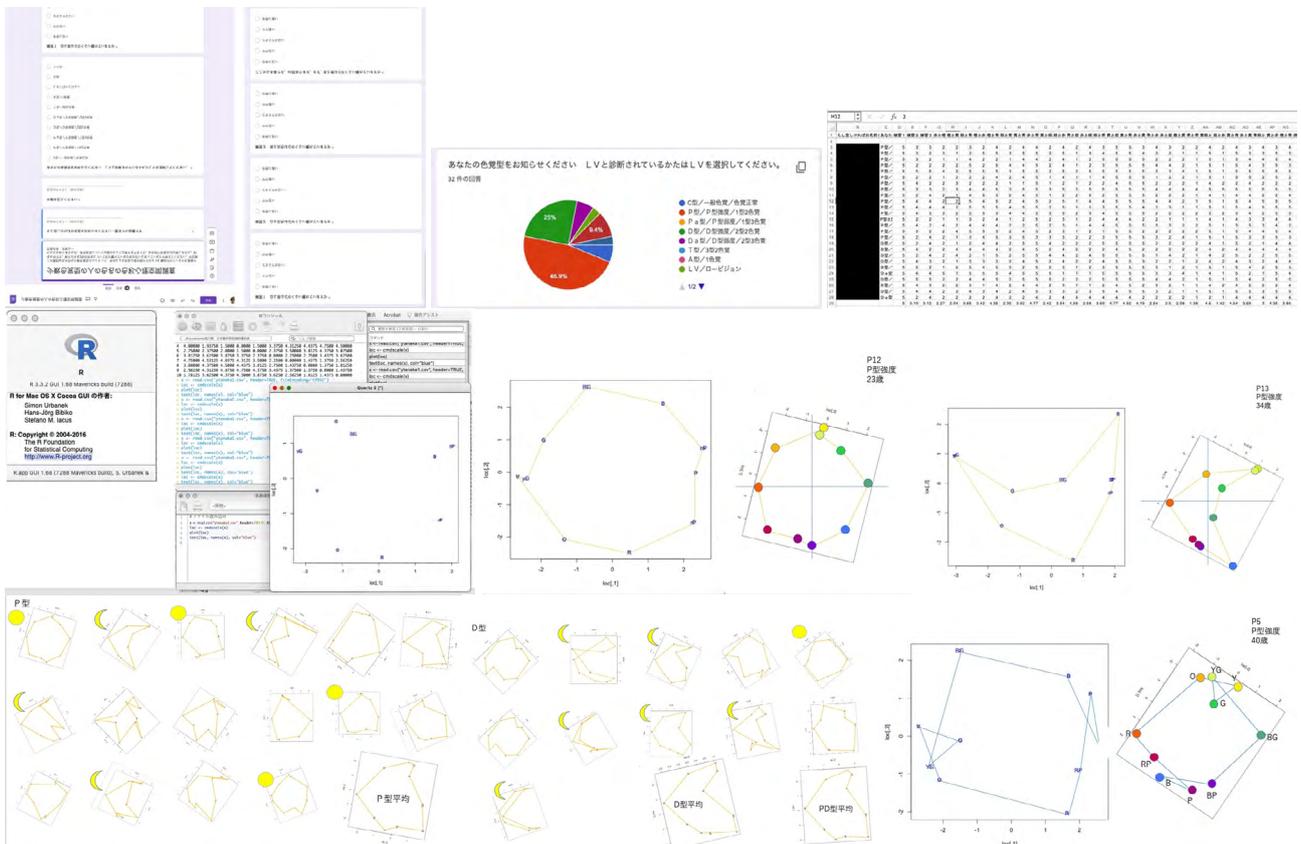
NPO 法人カラーユニバーサルデザイン機構は色覚専門の眼科で確定診断をされた先天性の1型2色覚、1型3色覚、2型2色覚、2型3色覚(以上眼科の呼称)3型X色覚、弱視など多くの色覚型を確保しており、その中から1型、2型の方に依頼した。

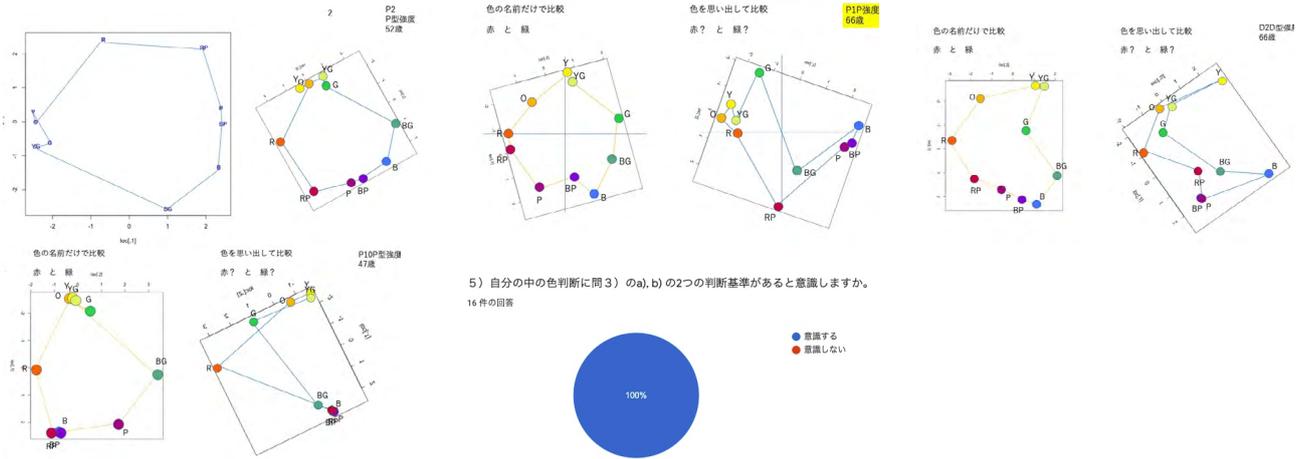
2-3 試験方法

今回は、コロナ禍の元、オンラインアンケート型とした。テストは2回に分け1回目は単に色名での距離感を尋ねた。2回目は色名で各自が代表色を思い浮かべた上での距離感を回答させた。心理的距離判断は佐川らの研究と同様に5段階の離散的尺度(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5段階評価とした。さらにアンケートに自分が少数色覚であることをいつから意識しているか。どの色名について自分が少数色覚であることを感じるか。色を判断にする際に多数色覚との差を意識しているか。それはいかなる場合か。判断の際に多数の色の見え方と自分の見え方のいずれを優先するか。その割合はなどについて尋ねた。

2-4 評価方法

それぞれの回答を多次元尺度解析法により各色の配置を把握した。このとき、比較のために赤の位置が図の左中心に来るようにし、また時計方向に赤、橙、黄色、黄緑の位置が来るように回転させて配置した。





3. 結果

文字だけの色の距離感と、色名で代表色を思い浮かべた時のアンケートを 29 名 (C 型 3 名、P 型 16 名、D 型 10 名) から取った。その結果、P 型、D 型でも C 型と同様の満月型の色相環が得られる人と、実際の色の見えに沿った三日月型の構造の人が得られた。この結果は少数色覚の人によって色空間に 2 面性があることを示唆するものである。さらに文字だけの色の距離感と記憶色による距離感に差があるかどうかを調査した。その結果、文字だけでは満月型だが記憶色では三日月型になる人が 3 名いた。逆はいなかった。設問のラストに自分の色覚が違うことについて意識しているか、色を使うときに気を遣っているか。その時にどちらを優先しているかを聞いたが、93%の回答者が色覚の違いを考慮しており、配色判断に自分の色の見栄を優先する人は 10%で他は多数色覚の色の見え方も意識していた。さらに「自分の中に二つの判断基準があると思うか」については 100%の回答者があると答えた。

4. 考察

本実験が示すものは、少数色覚の人には色に関する二面性の存在が示唆される。ひとつは先天網の人と同様に、周囲の多数色覚型の話や生活から多数色覚型の色の類似性判断による色相環の心理構造であり、ひとつは実際に自分が見ている色とその色を差す色名に基づく色相環の心理構造である。そしてその二つが 1 人の人間の中で同居しており、場合によって使い分けていると回答した。

5. おわりに

昭和 20 年代には優生思想の元に色覚差別が行われたり、過剰な進学・職業制限などが行われたこともあるが、近年色覚型の垣根が取り払われつつあり、社会の中で使われる配色もわかりやすい色に調整することで利用可能対象者を広げたカラーユニバーサルデザインなどの普及が広がってきた。しかし現在も少数色覚の人が色や色の名前を間違えるという理解は続いている。2 色型の者たちの世界観はつねに 3 色型の色彩の世界観の中で語られる。

2021 年 NPO 法人カラーユニバーサルデザイン機構では「ひとつの色世界」-多様な色覚による作品展示-という展示会を行った。「色弱なのにきれいな色使いだ」という言葉に対する疑問点からこの展示は開催された。数色覚型の人々の色使いは多数色覚型に褒められなければならないのか。そうしたことからこの作品展は開催され結果は上記 NPO の HP に掲載されている。誰もが自分の色覚型に誇りを持って生きられる社会を作ってゆきたいものだ。

謝辞 本研究には佐川賢氏にご協力いただきました。またアンケートにご協力いただいた NPO 法人 CUDO 登録の少数色覚型の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

1. 日本女子大学紀要 家政学部第 61 号 「全盲視覚障害者の色彩心理構造」 奥寺沙織・佐川賢
2. フリーソフトによるデータ解析/マイニング R と多次元尺度法 同志社大学大学院文化情報学研究科 Web サイト

# The learning effects of color discrimination

喬ア楠

Qiao Yanan

北海道大学

Hokkaido University

川端康弘

Yasuhiro Kawabata

北海道大学

Hokkaido University

**Keywords:** color discrimination, university students, 100hue test, perceptual learning.

## Introduction

Humans perceive the world through sight. Color discharges a vital function in visual human acuity. The physiological structure of the human eyes is identical for every human being. However, individual differences exist in the ability to discriminate colors.

Nishikawa and Kawabata (2005) found substantial individual differences in color discrimination in both biological sexes but females generally performed significantly better than males. Their study also elucidated that color discrimination was influenced by gender differences as well as individual environments. Kawabata et al. applied an evaluation method that reduced the time limit for the 100hue test to further explore the factors affecting color discrimination abilities. Their results revealed that trichromats with more than three-years' experience with arts clubs and lessons performed better than trichromats with no such experience or less than three years of such exposure. This outcome reflects the high plasticity of higher visual processes (Kawabata, Kawabata, Sasaki, Takahashi & Kasai, 2020).

There are many studies have taken a cross-cultural perspective: Roberson et al. found that learned vocabulary affects color discrimination (Roberson, Davies, I.R.L. & Davidoff, 2000); Winawer et al. used a color discrimination task for Russian and English speakers and compared their perceptual differences of blue. Because Russian has a classification for light and dark blues,

Russian speakers showed faster reaction times to discriminate between light and dark blues than English speakers (Winawer, Witthoft, Frank, Wu, Wade & Boroditsky, 2007).

These previous studies have evidenced that differences in gender, environment, language, culture and experience affect color discrimination. From this perspective, it should be evident that people who like to hike and thus are frequently exposed to green and blue should also display superior discrimination of these two colors. People engaged in film and art-related tasks can evince better color discrimination. In other words, human beings can possess excellent color discrimination abilities through their environments, experiences, and hobbies, which can cause perceptual learning.

The present experiment focuses on repeated learning and not on perceptual learning, administering two 100hue tests to the participants at one-month intervals to analyze the changes, if any, in their color discrimination performance after a one-month gap.

## Method

### Participants

An aggregate of 15 university students from Hokkaido University (nine females and six males) with a mean age of 20.2 years (SD=0.65) participated in this experiment.

### Device

The experiment was conducted using the Japan Color Research Institute's ND100hue test. The device comprises 100 color chips of consecutive hues divided into four boxes, each containing 27 color chips. The two-color chips at each end

of the boxes are fixed but the remaining 25 color chips can be moved within a time limit and are sorted in sequence. Each color chip is marked with a number corresponding to its original position on its back to calculate the error scores after the experiment and to ensure accurate re-sorting.

### Procedure

The experiment was conducted twice at a time interval of one month. The time limit is normally set at 120 seconds when the 100hue test is applied to determine color blindness. The present experiment added 105-second and 90-second conditions to examine individual differences and trends evinced by the participants apropos color discrimination.

The experiments were performed in the following sequence of time limit conditions: first 120 seconds, then 105 seconds, and finally 90 seconds. The two experiments administered one month apart followed identical time limit patterns. Four participants were grouped together, and each participant performed a total of six 100-hue tests. The colors of each box were as follows: box 1 ranged from red to yellowish-green, box 2 spanned yellowish-green to turquoise, box 3 was assorted from turquoise to bluish-purple, and box 4 covered bluish-purple to red. Participants randomly selected a box to begin the experiment.

## Results

### Analysis of Total Error Scores

As noted above, three experimental time limit

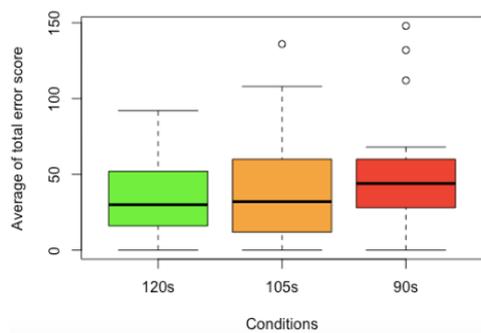


Figure 1 Comparison of total error scores for three conditions

conditions were applied: 120s, 105s, and 90s.

Figure 1 displays the comparison of the total error scores for the three experimental conditions. The 120s condition evinced the lowest total error score at the mean total error count of 36.27 (SD = 25.1) and thus registered the best discrimination performance. The 105s condition recorded a mean total error score of 39.2 (SD = 33) and the 90s condition yielded the poorest discrimination performance with a mean of 47.2 (SD = 35). Overall, the longer the time limit, the more participants could sort the color chips, the smaller their error scores, and the better their discrimination performance; similarly, the shorter the time limit, the larger the error scores. Numerous studies, including Kawabata et al. (2020), have demonstrated these results, which are supported by the present experiment.

The gender comparison disclosed that the mean total error score for females [M = 37.48 ( $\pm 30.88$ SD)] appeared smaller than the mean for males [M = 46 ( $\pm 31.75$ SD)], indicating that females discriminated between colors better than males. However, the t-test yielded no significant difference ( $p > 0.05$ ) between the discrimination performances of males and females. It may thus be asserted that males and females display equivalent color discrimination capabilities. This result does not align with the findings reported by Li and Kawabata's (2013) study.

### Analysis of Trends and Changes in Color Discrimination

A total of two 100hue test experiments were conducted per participant and the second iteration of the experiment occurred one month after the completion of the first. Figure 2 elucidates the change trends in the color discrimination performances of participants as measured after the second experiment. Overall, a significant improvement was noted in the color discrimination performance of participants: a clear decreasing trend was observed in the total error scores. The two-way ANOVA demonstrated a main effect of the frequency of experiments ( $p < 0.05$ ). Next, the

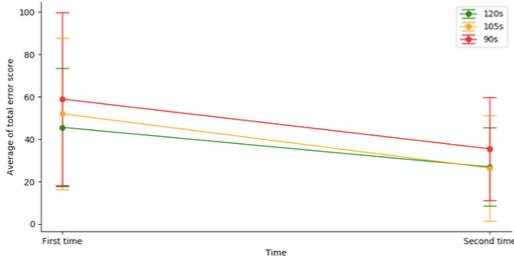


Figure 2 Trends in performance changes between two experiments

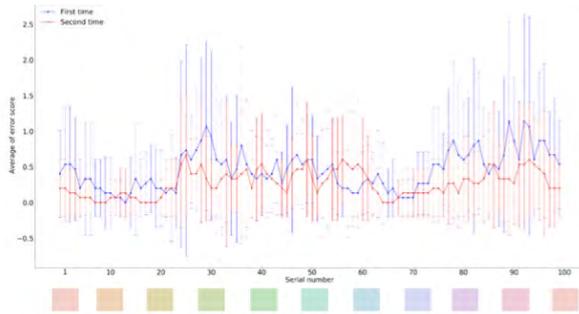


Figure 3(a) Comparison of discrimination scores of two experiments in 120s condition

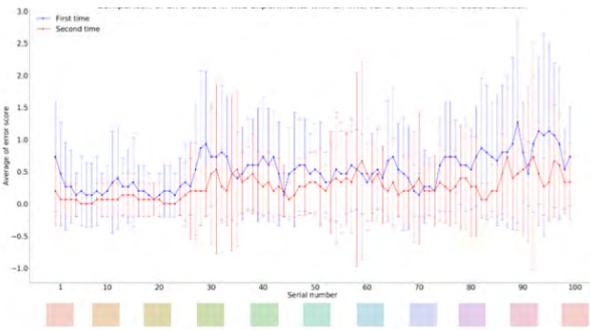


Figure 3(b) Comparison of discrimination scores of two experiments in 105s condition

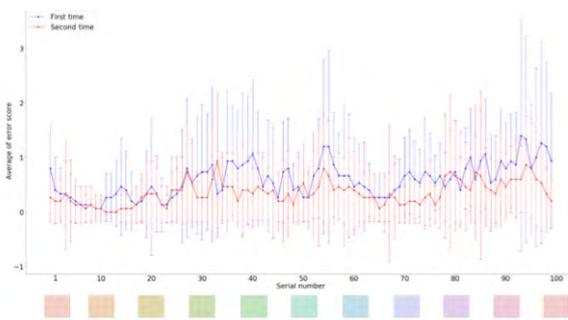


Figure 3(c) Comparison of discrimination scores of two experiments in 90s condition

changes between the first and second iterations of the experimental task performance of discriminating 100 color chips were specifically analyzed.

The 120s condition

Figure 3(a) plots the discrimination results

of the two experiments performed under the purview of the 120s condition. The horizontal axis represents the 100 numbered color chips and the vertical axis represents the average error scores pertaining to the corresponding color chips. Color chips corresponding to numbers appear below the horizontal axis. The blue line represents the error scores registered for the first iteration of the experiment and the red line indicates the error scores for the second repetition a month later. The figure illuminates that the worst performance of the participants in the first iteration involved the discrimination of two-color chips numbered 90 and 93, or purple and reddish-purple. Participants performed their worst at discriminating yellowish-green during the task repetition. Overall, the discrimination scores were better for the second iteration than the first. However, an exceptional situation occurred: the discrimination performance for blue and bluish-purple was significantly better during the first iteration of the experiment than in the second. However, the second application of the experiment yielded an improvement in the discrimination of yellowish-green, purple, and reddish-purple.

The 105s condition

Figure 3(b) displays the color discrimination scores of the two iterations of the experiment given the 105s condition. Participants registered their poorest performance in the first application in discriminating purple (NO.90). During the second execution of the experimental task, they recorded their poorest performance in discriminating between reddish-purple (NO.93) and purple (NO.88). The color discrimination scores improved across the board in the second iteration, apart from the perception of yellowish-green, blue, and turquoise. Participants significantly improved their discrimination performance apropos yellowish-green, purple, and reddish-purple in the second application of the experiment.

The 90s condition

Figure 3(c) presents the discrimination performance of the two experiments given the

90s condition. Participants performed best in discriminating oranges in the first execution of the experiment and registered their worst discrimination scores for reddish-purple. Orange remained the best-discriminated color by participants in the second application of the experiment but their poorest discrimination performance shifted to yellowish-green. The results of the second iteration of the experiment revealed a substantial amelioration in the discrimination of orange, yellow, green, purple, and reddish-purple.

### Discussion

It may be stated that the best discrimination scores occurred in the 120s condition and the worst were recorded during the 90s condition. A significant floor effect was observed in the 120s and 105s conditions, but this floor effect reduced significantly in the 90s condition.

Next, changes were noted in the comparisons of the discrimination performances tendered during the two applications of the experiment for the three times limit-related experimental conditions. Purple was the worst discriminated color during the first execution of the experiment given the 120s and 105s conditions. Reddish-purple was the worst discriminated color in the 120s and 90s conditions, and reddish-purple was the best-discriminated color in the 90s condition. The first performance was better than the second execution for the discrimination of bluish-purple under both the stated conditions. Remarkably large improvements were also observed in the discrimination performance for reddish-purple and purple in the second application of the experiment.

From the physiology perspective, individual differences in color discrimination ability appear to be higher-order processes of vision. For example, in Grandison et al.'s study of perceptual learning of color, they reported a retinal site- and hue-specific learning effect for limited color discrimination (green), which requires relatively short practice.

The experiment iterations administered for the present study and the previous study allow

the claim that repeated learning can improve color discrimination.

### References

- 1) 西川林太郎, 川端康弘: 健常型と障害型色覚における色識別能力の個人差, 認知心理学会第三回大会, 発表論文集(2005)
- 2) 川端美穂, 川端康弘, 佐々木三公子, 高橋文代, 笠井有利子: 100hue test の制限時間を短縮した評価法を用いて示された大学生の芸術系サークル経験による色識別力の向上, 日本色彩学会誌(2020)163-174.
- 3) Roberson D., Davies, I. R. L. & Davidoff J.: Color categories are not universal: Replications and new evidence from a stone Age culture, *Journal of Experimental Psychology General* (2000)369-398.
- 4) Winawer J., Witthoft N., Frank M., Wu L., Wade A., & Boroditsky L.: Russian blues reveal effects of language on color discrimination, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2007)7780-7785.
- 5) A. Grandison; P. T. Sowden; V. G. Drivonikou; L. A. Notman; I. Alexander; I. R. L. Davies: Chromatic perceptual learning but no category effects without linguistic input, *Frontiers in Psychology* (2016)731.

## リップカラーが表情認知に与える効果

# Effects of lip colour on the recognition of emotion in facial expressions

左 沿      Yan Zuo      北海道大学      Hokkaido University  
川 端 康 弘      Yasuhiro Kawabata      北海道大学      Hokkaido University

**Keywords:** Emotional valence, Gender, Facial expression, Lip colour, Eye colour.

### 1. Introduction

There is an increasing awareness that context such as colour has an important influence on perception of emotion (Hess, Adams, & Kleck, 2009). Researches claimed that the effects of colour needed to be considered in interpreting and comparing studies of emotion perception. Previous research has focused on the investigation of background colour and complexion, no research has ever assessed the influence of partial facial colour (i.e. colour of features such as eyes and lips) on the perception of emotion in facial expression recognition.

### 2. Research Purpose

Based on previous studies, this study examines whether highlighting partial facial features (specifically lips), instead of the whole face, with different colours is likely to influence perception of emotion in facial expression recognition.

Therefore I examined whether the presence of partial colour on stimuli photographs influenced perception of emotion in a computerized test of facial expression recognition. Specifically, I aimed to test whether performance (reaction time and accuracy) was higher for certain colours. As the interaction of colour with other parameters, such as gender, is increasingly being considered in emotion perception research, I also compared the performance of male and female participants.

### 3. Hypothesis

It was expected that emotion perception in

facial expression recognition would differ depending on the emotional attribute of each colour and of the facial expression itself. In other words, performance was expected to be influenced not only by the emotion contained in the facial expression itself but also the emotion evoked by colour. Accordingly, we presumed that the higher the similarity between an emotion expressed by facial expressions and an emotion evoked by colour, the shorter the time would be required to discriminate the real emotion from the facial expression. I based the emotional attributes of colour on Itten (1970), who formalized warm and cool colours, and, using a qualitative comparison research model, proposed that light colours represented brightness and beauty, while dark colours represented darkness, sadness and negativity. Consequently, I also presumed that warm colours such as red and orange would improve the recognition of happiness whereas cold colours (purple and blue) would weaken it. I also presumed women would be more influenced by the emotional effect of colour as women are claimed to be better at facial emotion recognition as well as being more susceptible to emotion induced by colour.

### 4. Method

Participants were 100 students (52% female; 100% Chinese) from a junior high school in central China. Their mean age was 13.79 years (standard deviation = 1.06, range: 9 to 16 years). All participants self-reported that they had normal or corrected-to-normal acuity and colour vision. Participation was voluntary and without any financial compensation.

Ekman et al. (1972) identified seven categories

of emotion conveyed through facial expression: happiness, surprise, fear, sadness, anger, interest, and hatred/disdain. These emotions are found to be universally expressed and understood by people. In the current study, we selected happiness, sadness and neutral facial expressions from the aforementioned seven expressions. Stimuli pictures were adapted from the ATR Facial Expression Image Database DB99, which includes images of front face data, face angle change data and gaze change data, as portrayed by ten men and women all aged in their late 20s and early 30s. For the current study, we selected nine original frontal pictures of Asian people who portrayed happy (three images), sad (three images) and neutral (three images) facial expressions.

Three sets of stimuli were used in the experiment. Stimuli set A was made up of the nine original images we selected above. Stimuli set B consisted of 36 colour-processed photographs based on set A. The lip colour of the nine original figures was changed from light pink (original) to orange, red, purple and blue. Stimuli set C was made up of 27 colour-processed photographs based on set A. The eye colour of the nine original figures was changed from brown (original) to blue, red and green. The experiments were computerized and run with the software. Participants were instructed to judge the emotions depicted in each facial image. After giving instructions to the participants, we demonstrated a sample task. Before beginning the experiment, participants were presented with ten face pictures to allow them to become comfortable with the laboratory environment and computer operation. Before the experiment, we recorded participants' name, age and gender (female or male).

The order of materials from stimuli sets A, B, and C were randomized individually for each participant. When a photo was presented, participants were required to click the mouse on the emotion label ('happy', 'neutral', or 'sad' in Chinese) that best described what they thought the individual was feeling, according to their intuition. They were asked to click as fast as possible. Once they made a decision, the picture

changed to the next one and the same process kept repeating until every picture (a total of 72 trials) had been judged. Each answer (for accuracy) and reaction time were recorded automatically. The experiment lasted about five minutes for each participant.

## 5. Results and discussion

For happy and neutral expressions, colour manipulation significantly reduced reaction time (RT), regardless of the position of the colour on, but had no effect on accuracy. Statistically significant differences were found between different colours. However, these significant differences differ depended on the type of emotion. For example, for lip colour, RTs were found to differ between orange and purple, red and purple, supporting our prediction that warm colours are more likely to help decode positive facial expressions. I also noticed that for happy and neutral facial expressions, RTs were significantly reduced by colour manipulation, regardless of the location of the colour (whether on eyes or lips), with no effect on accuracy.

In the present study, I focused on low-level features to detect if there is any colour effect. Previous research has focused on dynamic or static approaches according to the Facial Action Coding System (FACS), which describes each basic facial expression with small facial movements called 'action units' (AUs; Vargas et al., 2019). However, I did this experiment based on the hypothesis that perception of emotional valence in facial expressions was not only affected by the facial movements themselves (this was supported by results of comparing two different facial features) but also by other variables such as colour, or the combination of colour and facial features. I will take AUs into account in the following explanation.

It is interesting to note that colour significantly increased judgement errors of sad expressions. Although colour did not change accuracy for neutral and happy expressions, it did affect accuracy for sad expressions; both lip colour and eye colour analyses saw a significant reduction in accuracy due to the colour manipulation. There

are several possible explanations for this result. Firstly, according to FACS, sadness can be decoded into 'inner brow raised + brow lowered + lip corner depressed', which means that sadness is detected in the eyes and mouth. Assuming that the recognition of sadness was only decided by facial movements, then our colour manipulation should have drawn participants' attention to the eyes and mouth, thus helping them judge more correctly and quickly. However, results here were the opposite. Colour manipulation reduced accuracy, which means that colour itself did affect the perception process. This brings us to a second possible explanation. It is known that human faces often flush during experiences of anger or pleasure, as reflected in the phrase 'flushed with anger.' Similarly, in our daily life, many of us have experienced our lips becoming pale (lack of redness) or our facial colour turning pale when experiencing sadness or grief. In fact, human faces may lose colour when I am in a low emotional state. Sadness is usually associated with 'pale', and, thus, any addition of a brighter colour is likely to confuse observers into thinking the individual 'seems healthier' due to better blood circulation, therefore misdirecting observers to choose an unexpected answer. Moreover, social media conveys emotion through the use of colour. For instance, in modern movies, illustration, TV series or anime works, I am used to the dimming of a scene or the weakening of facial colour to express the low emotion of a character.

One unanticipated finding was that for neutral expressions, the addition of colour, whether it was on eyes or lips, reduced RTs and had no effect on accuracy. I tried to explain this by using FACS, however, according to AUs, happiness is detected by 'Lip corner pulled' and neutral state has nothing to do with any facial movements. This contradicted our findings that colour manipulation of both eyes and lips shortened RTs. Thus, I presumed that this could be attributed to the effect of arousal. That is, colour was a contextual interference and led people to make a faster choice.

I also examined gender difference. This study was unable to demonstrate that females have any

advantages over males for reading facial expressions. This finding is contrary to previous research that has shown that females have more accurate facial emotion recognition compared to males and are faster in correctly recognising facial emotions (Hampson, 2006; Wingenbach, 2018). This inconsistency may be due to two reasons. First, our participants were all children. Since gender roles are influenced by the media, family, environment and society and children have not been exposed to these factors extensively, I propose that they have not internalised gender roles as much as adults. Second, the use of colour may have affected this recognition process. I presumed women would be more influenced by the emotional effect of colour. According to Valdez et al. (1994), men and women react in highly similar emotional ways to brightness and saturation levels of colours, with women consistently showing a slightly stronger pattern of reactions. According to these studies, women are better at facial emotion recognition as well as being more susceptible to emotion induced by colour, and it is possible that this counterbalanced any female advantage.

Although comparing emotion types was not my main purpose, I also noticed that, on the whole, happy expressions were associated with significantly faster RTs than sad expressions, regardless of colour changes. This finding is consistent with the view that positive facial expressions (e.g. happiness and surprise) are identified more quickly than negative facial expressions (Leppanen et al., 2004). However, surprisingly, in our eye colour tasks, it took participants slightly longer to identify sad expressions than happy and neutral expressions, although this effect was not significant. It can therefore be assumed that eye colour was the main factor that influenced overall RTs, especially for sadness, thus reducing the happy face advantage. According to Liao et al. (2017), different cosmetic products elicit varying affective and significance-based responses, which is supported by Manav's (2007) statement that a colour applied on different objects, environments or contexts will produce varying emotional or affective responses and that different colours

stimulate comparable affective responses. However, in this study, I found that the effects of partial colour (regardless of colour types) were all similar. There was almost no statistically significant difference between colour-manipulated groups, which was different from our hypotheses stating that warm colours would help recognition of positive expressions while cold colours would enhance that of negative ones. None of these expected effects were detected. Many previous studies have revealed a relationship between colour and emotion. For instance, Wexner (1954) associates red with 'exciting' and 'stimulating', blue with 'secure/comfortable' and 'tender/soothing', and orange with 'disturbing/distressed/upset'. In relation to colour effects on facial emotions, Takahashi and Kawabata (2014) found that 'anger' was associated with red, 'sadness' with blue, and 'joy' with yellow, orange and pink. None of these colour effects were found in our partial-colour manipulation experiment.

Overall, this study set out to investigate whether partial colour manipulation influences emotion recognition. According to the results, the effects of partial colour manipulation have been supported, and I speculate that there are several reasons. Firstly, partial colour is a contextual interference that arouses people. Secondly, partial colour strengthens the specific facial feature. Thirdly, only minimal difference was found between colours, indicating that any emotion evoked by partial colour is unlikely to be very strong. I hope my study provides a reference for future research and helps people to better understand how they can use colour in their daily life.

#### Reference

- 1) Ursula Hess, Reginald B. Adams, Karl Grammer, Robert E. Kleck; Face gender and emotion expression: Are angry women more like men? *Journal of Vision* 2009; 9(12):19
- 2) Itten, J. (1970). *The Elements of Color*. New York: Van Nostrand Reinhold Co. Inc
- 3) Ekman, P. (1972). Universal and cultural differences in facial expressions of emotions. In J.K. Cole (Ed.), *Nebraska symposium on motivation*, 1971 (pp. 207-283). Lincoln: University of Nebraska Press
- 4) Morales-Vargas, E., Reyes-García, C. A., & Peregrina-Barreto, H. (2019). On the use of Action Units and fuzzy explanatory models for facial expression recognition. *PLoS one*, 14(10), 1-13
- 5) Harshman, Richard & Hampson, Elizabeth & Berenbaum, Sheri. (1983). Individual differences in cognitive abilities and brain organization, Part I: Sex and handedness differences in ability. *Canadian journal of psychology*. 37. 144-92. 10.1037/h0080690
- 6) Wingenbach TSH, Ashwin C, Brosnan M. (2018). Sex differences in facial emotion recognition across varying expression intensity levels from videos. *PLoS ONE* 13(1): e0190634
- 7) Valdez, P. & Mehrabian, A. (1994). Effects of color on emotions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 394
- 8) Leppänen, J.M., Milders, M., Bell, J.S., Terriere, E., & Hietanen, J.K. (2004). Depression biases the recognition of emotionally neutral faces. *Psychiatry Research*, 128(2), 123-133
- 9) Liao, C., Lee, W., Lai, Y., & Wang, L. (2018). The relationship between container colors and the beauty benefits of skin care products. *Color Research & Application*, 43(2), 279-290
- 10) Manav, Banu. (2007). Color-emotion associations and color preferences: A case study for residences. *Color Research & Application*. 32. 144 - 150
- 11) Wexner, L. B., (1954). The Degree to which Colors (Hues) are Associated with Mood Tones. *Journal of Applied Psychology*, vol. 38, 432-435
- 12) Takahashi F, Kawabata Y. (2018). The association between colors and emotions for emotional words and facial expression. *Color Res Appl*. 43:247-257

# Customer's Feelings on Food Photographs affected by Lighting Direction

Chatchai Nuangcharoenporn  
Waiyawut Wuthiastasarn  
Uravis Tangkijviwat

Department of Color Technology and Design  
Faculty of Mass Communication Technology,  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi,  
Thailand

**Keywords:** attractiveness, food photography

## 1. Introduction

Nowadays, food photographs on social media and websites become very popular [1]. One of the factors that helps consumers' decisions to buy food is a photograph. It arouses customers' attention and increases sales [2]. Many factors have an influence customer's attention for instance an expensive ingredient, food decoration, and food composition [3]. In addition, photography techniques such as lighting setup and camera angle are also attention attractiveness in customer [4].

In a previous study, Kazuma et. al. [2] proposed an attractiveness prediction model for Japanese food photographs by using a machine learning system with data set of camera angle and an appearance of the entire food and the food of the main ingredients. Moreover, they also found that food photograph attractiveness on customers could be affected by a lighting technique. A lighting setup is concerned with lighting direction. Illuminants for lighting setup consist of a main light and a fill light. The main light is a primary illuminant that uses for exposing light to objects. It is located at an angle of  $45^\circ$  to the object. The fill light is located at the  $315^\circ$  to the object. The fill light reduces shadows from the main light and the fill light illuminance is always weaker than the key light [6]. In addition, the direction of main light affects to direction and intensity of object's shadow. When the main light changes direction and intensity, a shadow of object could be changed. This study, hence, aimed to investigate a relationship between the direction of light and an attractiveness of a food photography.

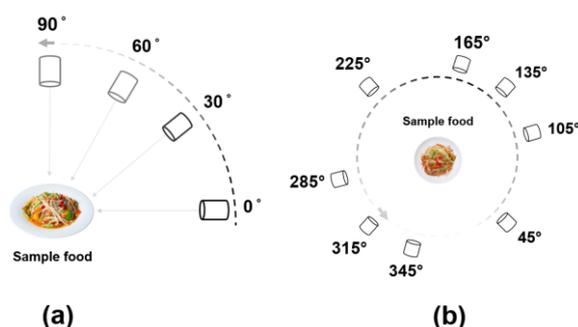
## 2. Methodology

### Participants

A total of 51 subjects (25 male and 26 female) with age ranging from 18 to 48 years (mean = 21.92) participated in this study. All participants were screened color blindness using the Ishihara color test.

### Stimuli

Three types of Thai food, consisting of Pad Thai (Stir-fried rice noodle), Tom Yum Goong Soup, and Papaya Salad, were taken a photograph under a variety of a light direction. The intensity of illuminants was fixed at 11000 lux for main light and 5500 lux for fill light. Figure 2 (a) and (b) showed the position of a main light with moving a vertical elevation angle from  $0^\circ$   $30^\circ$   $60^\circ$  to  $90^\circ$  and a horizontal side angle of the dish from  $45^\circ$ ,  $105^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $165^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $285^\circ$ ,  $315^\circ$  to  $345^\circ$ . The camera was fixed at  $45^\circ$  of a vertical elevation angle. In each food, twenty-five photographs were obtained from a combination of a vertical elevation angle and a horizontal side angle in each food category.



**Figure 1.** A position of lighting on (a) vertical elevation angle from  $0^\circ$   $30^\circ$   $60^\circ$  to  $90^\circ$  and (b) horizontal side angle from  $45^\circ$ ,  $105^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $165^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $285^\circ$ ,  $315^\circ$  to  $345^\circ$ .

### 3. Procedure

This study was conducted in experiment room. The room size was 3 m. in length x 2 m. in width x 2.5 m. in height, and there was no window to avoid illuminance interference. Participants sit in experiment room that simulate as living room with 6500 K fluorescent lamp. Illuminance levels was set at 300 Lux. In the experiment, a set of twenty-five photographs in each food were randomly presented on LED monitor with a screen mode of 1920×1080 pixels. Monitor were set correlated color temperature at 5500 K and color mode sRGB. Size of stimuli were 16.10° cm x 10° or 16.10°cm x 13.7° depending on plate or bowl size. Each participant was asked for rate their feeling on a given food photograph. Feeling scales consist of attractiveness, like, dynamic, appetite, fresh, and intense flavor with a 5-point Likert scale ranging from 1 (not at all) to 6 (very). No time limit for judgment in each photograph. After judgment, gray screen appears in 5 second before appearing a next stimuli photograph.

### 4. Result

#### ***Influences of lighting direction on horizontal side angles***

Data of feeling evaluation scores obtained from all participants were performed by means. As shown in Figure 2, a set of mean attractiveness, like, appetite, dynamic, fresh, tasty, and intense flavor scores for three Thai food photographs was plotted in different horizontal side angles. Fig2. an abscissa axis represented a horizontal side angle from 45° to 345°, whereas a vertical axis represented the mean of the score.

Fig 2a. showed the feeling of mean score of Pad Thai that taken with the direction lighting of vertical angle of 0° in vertical axis and classified by horizontal side angles of 40° to 345° in abscissa axis. The result demonstrates that Pad Thai shot with direction of lighting vertical angle 0° and horizontal side angle 45° show mean score from participant on (a) attractiveness ( $\bar{x}$  =3.71, S.D.=0.879), (b) like ( $\bar{x}$ =3.67, S.D.=0.931), (c) appetite ( $\bar{x}$  =3.71, S.D.=0.923), (d) dynamic ( $\bar{x}$  =3.69, S.D.=1.029), (e) fresh ( $\bar{x}$  =3.75, S.D.=1.163), (f) tasty ( $\bar{x}$  =3.63, S.D.=1.058) and (g) intense flavor ( $\bar{x}$  =3.45, S.D.=1.189).

For figure2b. showed the feeling of mean score of Pad Thai with lighting direction of vertical angle at 30°. In this case, the combination of lighting vertical angle 0° and horizontal side angle 45° show mean score from participant on (a) attractiveness ( $\bar{x}$ =4.31, S.D.=0.812), (b) like ( $\bar{x}$  =4.30, S.D.=0.787), (c) appetite ( $\bar{x}$ =4.14, S.D.=0.895), (d) dynamic ( $\bar{x}$  =3.80, S.D.=1.096), (e) fresh ( $\bar{x}$  =4.24, S.D.=0.885), (f) tasty ( $\bar{x}$ =4.20, S.D.=0.980) and (g) intense flavor ( $\bar{x}$ =4.24, S.D.=0.929).

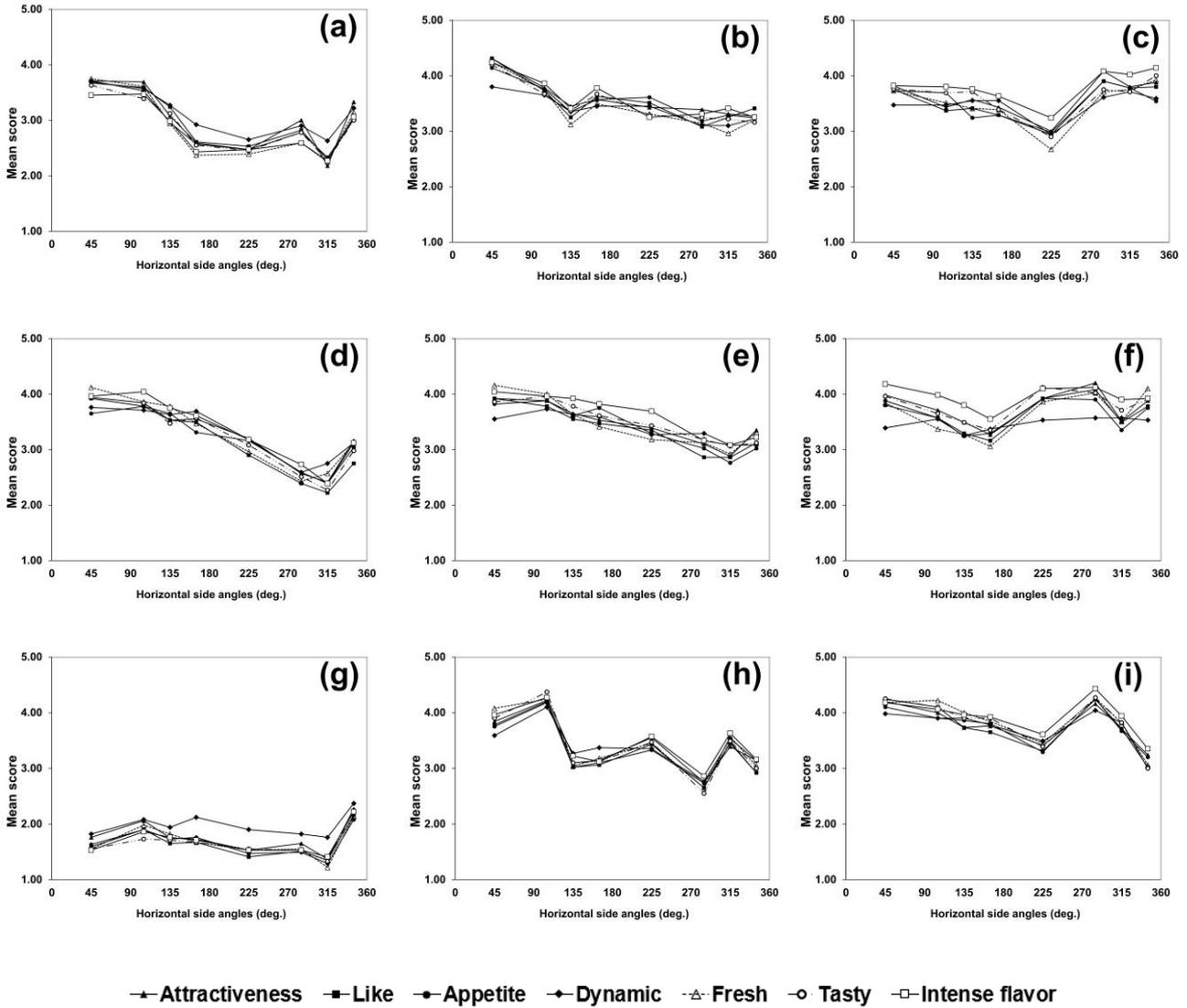
From the figure 2a to 2c, we found the feeling of sense attractiveness, like, appetite, dynamic, fresh, tasty, and intense flavor can increase with higher of vertical angle of lighting. The result showed this trend in Fig3 when the lighting is increased from 0 to 60 Participants can feel highest sense of feeling in Pad Thai photographs.

In addition, a significant difference was tested with One-Way ANOVA. The result showed the mean feeling of Pad Thai photographs in lighting of horizontal side angles was difference at  $p < 0.05$ . We also tested One-Way ANOVA on lighting vertical elevation angle and feeling score. The results of One-way ANOVA revealed that a change of vertical angle lighting can affect participant's feeling significantly different ( $p < 0.005$ ) Furthermore, this tendency was occurred in Papaya salad and Tom Yum Kung Soup photographs.

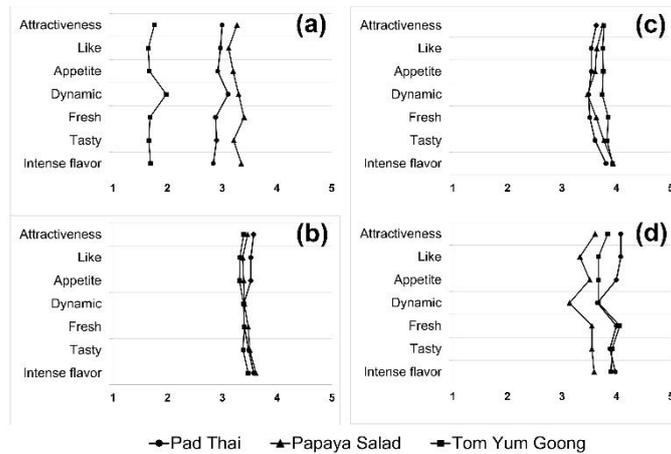
#### ***Influences of lighting direction on vertical elevation angles***

In Figure 3, showed evaluation mean score from Pad Thai (●), Papaya salad (▲) and Tom Yum Goong Soup (■). The Figure3a. show the mean score Papaya salad photographs taken on the vertical angle of 0° had the highest mean score in all of feeling as attractiveness ( $\bar{x}$  =3.00, S.D.=1.139), (b) like ( $\bar{x}$ =2.97, S.D.=1.151), (c) appetite ( $\bar{x}$ =2.92, S.D.=1.175), (d) dynamic ( $\bar{x}$  =3.11, S.D.=1.124), (e) fresh ( $\bar{x}$  =2.88, S.D.=1.205), (f) tasty ( $\bar{x}$  =2.90, S.D.=1.184) and (g) intense flavor ( $\bar{x}$ =2.84, S.D.=1.227).

Whereas, for Tom Yum Goong Soup had lowest mean scores in all feelings among three-foods as attractiveness ( $\bar{x}$ =1.76, S.D.=0.902), (b) like ( $\bar{x}$ =1.67, S.D.=0.895), (c) appetite ( $\bar{x}$ =1.98, S.D.=0.997), (d) dynamic ( $\bar{x}$  =1.98, S.D.=0.997), (e) fresh ( $\bar{x}$  =1.68,



**Figure 2.** The difference of feeling mean score in each lighting vertical elevation angles of 0° (first column), 30° (second column), 60° (third column) classified by horizontal side angles of 40° - 345° of picture of Pad Thai (a to c), Papaya salad (d to f) and Tom Yum Goong (g to i) photographs



**Figure 3.** Comparison of a mean feeling score of lighting of (a) vertical angle of 0°, (b) vertical angle of 30°, (c) vertical angle of 60° and (d) vertical angle of 90° among three of Thai foods photograph

S.D.=0.907), (f) tasty ( $\bar{x}$  =1.66, S.D.=0.908) and (g) intense flavor ( $\bar{x}$ =1.69, S.D.=0.944). The results imply that when the vertical angle of lighting increased lead to increase of feeling on consumer.

The reason why menu of Tom Yum Goong Soup had the lowest mean feeling score at vertical  $0^\circ$ . It can be explained that the Tom Yum Goong container obscures the direction of the light, Vertical elevation angle of  $0^\circ$  and when the lights were moved higher, the mean feeling score was increased close to other food. While both of Papaya salad and Pad Thai were served on a plate. Therefore, there was no part that blocks the direction of the lighting in vertical angle 0 degrees.

## 5. Discussion



**Figure 4.** An example of a comparison of vertical elangle of Tom Yum Goong photos in shadow areas; (a) Vertical angle of  $0^\circ$ - Horizontal side angle of  $285^\circ$ , (b) Vertical angle of  $30^\circ$ - Horizontal side angle of  $285^\circ$  (c) Vertical angle of  $60^\circ$  - Horizontal side angle of  $285^\circ$  and (d) Vertical angle of  $90^\circ$

The present study found that when the lighting of vertical angles increased from  $0^\circ$  to  $90^\circ$ , it led to an increase in the sense of feeling in food photographs. Fig 4 (a) shown that Tom Yum Goong were taken with the lighting of the vertical angle of  $0^\circ$  and compared to Fig 4 (d). that taken with the lighting of a vertical angle of  $90^\circ$  the result proved that less of the intensity of shadows, higher level of lighting on vertical elevation angles may provide a high illuminance to reduced shadow. The results of this experiment can be explained as the intensity of shadows can influence negative feelings and reduce the sense of attractiveness, like, appetite, dynamic, freshness, and intense flavor in consumers.

Our finding was consistency with Aimee Hasenbeck, et al. [5] studied on Color and illuminance level of lighting can modulate willingness to eat bell peppers that participants illuminance level of lighting can affect consumers' liking and acceptance of appearance in bell peppers. Their result showed bright lighting conditions make the surface colors of

bell peppers more clear. In contrast, dark lighting conditions distort the colors of them, which may decrease liking of appearance.

It seems that higher lighting of vertical elevation angle conveys brightness to food looked more attractive, appetite, and fresh. whereas the lighting at the vertical angle of  $0^\circ$  makes shadow distort freshness, appetite, and attractiveness in Thai foods. It implies that a shadow area of foods would be required to understand the direction of lighting in future experiments.

## 6. Conclusion

In the present study, we proposed a method for lighting setup. The lighting on vertical elevation angle and horizontal side angle of dish can modulate the feeling of Thai food photo. The result could be used for increasing the attractiveness like appetite fresh tasty and intense flavor in Thai food photography. This experimental result could be used as a guideline for the lighting setup, especially for Thai photography.

## References

- Cai, W., Richter, S. and McKenna, B. (2019), "Progress on technology use in tourism", *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, Vol. 10 No. 4, pp. 651-672.
- Kazuma T, Tatsumi H, Keisuke D, Yasutomo K, Takatsugu H., Ichiro I, Daisuke D, & Hiroshi, M. (2019) Estimation of the attractiveness of food photography based on image features. *IEICE TRANS. INF. & SYST.*, VOL.E102-D, NO.8 AUGUST 2019
- Chen, X., Ren, H., Liu, Y., Okumus, B. and Bilgihan, A. (2020), "Attention to Chinese menus with metaphorical or metonymic names: an eye movement lab experiment", *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 84, p. 102305
- Martin, C.K., Nicklas, T., Gunturk, B., Correa, J.B., Allen, H.R. and Champagne, C. (2014), "Measuring food intake with digital photography", *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, Vol. 27, pp. 72-81.
- Hasenbeck, A., Cho, S., Meullenet, J. F., Tokar, T., Yang, F., Huddleston, E. A., et al. (2014). Color and illuminance level of lighting can modulate willingness to eat bell peppers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 2049–2056.

# Comparison of Thai Tea Color between from Memory and Real Products

Chanida Saksirikosol	Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand
Pappim Chuenjai	Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand
Kitirochana Rattanakasamsuk	Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand
Chanprapha Phuangsuan	Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand

**Keywords:** Color of Thai Tea, Boundary Color of Thai Tea, Memory color, Munsell

## 1. Introduction

Thai iced tea, Thai milk tea, or Thai tea is a popular beverage in Thailand. The smell and taste of Thai tea made it be a favorite drink widely for not only Thais but also foreigners.<sup>1</sup> Thai tea is one of Thailand's signatures. Its color is quite unique. Compared to iced tea in other countries, Thai tea is an orange tone. Although the color of Thai tea which is seen with bare eyes is orange, there are various colors depending on the mixing of the ingredient such as black tea, condensed milk, fresh milk, and sugar.<sup>2</sup> Importantly, condensed milk is an ingredient that makes Thai tea has various shade of orange. Also, the perception of Thai tea color is various due to personal experience.

There are previous studies related to Thai iced tea on memory. Saksirikosal et al. (2019) investigated the boundary of Thai iced tea by color adjusting method on a display.<sup>3</sup> Those result has shown that the boundary of Thai tea color was identified as the yellowish-orange region. The average color was  $L^* = 52.61$ ,  $a^* = 19.36$ ,  $b^* = 52.81$ . Saksirikosal et al. (2021) also continually studied the color of Thai iced tea for advertising by using the Munsell Color System.<sup>4</sup> The color chips were selected as a representative color of Thai tea based on their field experience. The result showed that there were 8 colors representing Thai iced tea: 3.75YR 6/12, 3.75YR 5/12, 5YR 5/12, 1.25YR 5/12, 5YR 6/10, 2.5YR 6/12, and 2.5YR 5/14.

In this research, we investigated the different colors between Thai tea in memory<sup>3, 4)</sup> and real products. The sample was placed inside the illuminance-controlled cabinet and was measured by using a CS-100A. The CIEYxy value was transformed to CIE  $L^*a^*b^*$  color space.

The result of this study will be advantageous for the maker to improve their Thai tea's color.

## 2. Methodology

Thai tea samples were randomly bought from 33 shops located in Bangkok metropolitan. All samples were ordered without any specific request such as low sweetness, or extra condensed milk to get Thai tea which was generally sold. Each sample was prepared by pouring 100 ml of Thai tea into a white paper cup as shown in Figure 1. Each sample was placed inside the experimental cabinet for color measurement.



Figure 1. Thai Tea Color.



Figure 2. Experimental Booth.

The inside wall of the experimental cabinet was covered by the gray paper as shown in Figure 2. The illuminance at the cup position was 2500 lux and the correlated color temperature of illumination was 5000 K.

A Chroma Meter Konica Minolta CS-100a was used for color measurement. The direction of measurement was 45 degrees to the surface of Thai tea to avoid the specular reflections. Color value of each Thai tea sample was reported by the average of three measurements. CIE Yxy of the white reference measured at the cup position was [712 cd/m<sup>2</sup>, 0.321, 0.371].

To compare the results with previous research by Saksirikosol et al. (2019) and Saksirikosol et al. (2021), All color values were transformed to CIE L\*a\*b\* color space by the following equations:

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \quad (1)$$

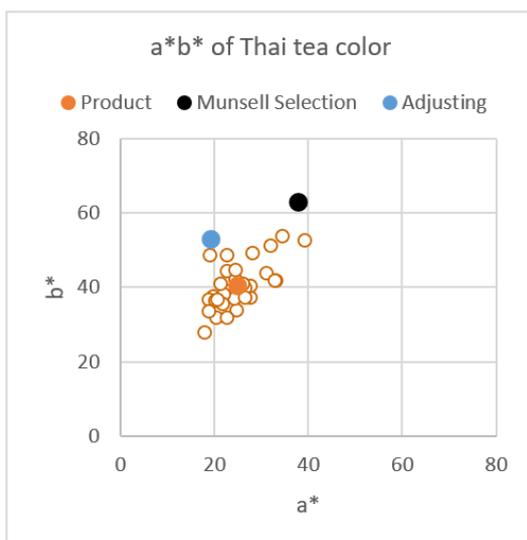
$$a^* = 500 \left\{ \left( \frac{X}{X_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} \right\} \quad (2)$$

$$b^* = 200 \left\{ \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - \left( \frac{Z}{Z_n} \right)^{1/3} \right\} \quad (3)$$

where X<sub>n</sub>, Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub> is CIE XYZ of the white reference.

### 3. Result and Discussion

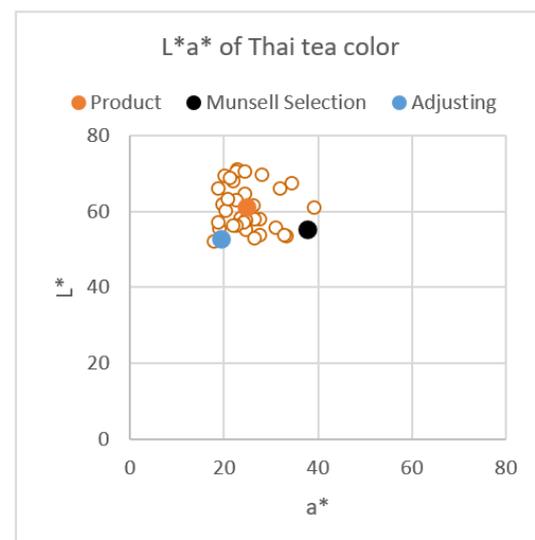
The measurement result of Thai tea samples from 33 shops located in Bangkok metropolitan showed with opened circles with an orange color border in Figure 3.



The color was plotted on a\* b\* plane in the picture from the left side, and on a\* L\* plane in the right side. Those result indicated the Thai tea color samples were in the range of L\* between 50-70, a\* between 18-39, and b\* between 27-54. The filled orange circle showed the average of CIE L\*a\*b\* of 33 samples which equal with L\*= 61.12, a\*= 24.93, b\*= 40.32. It is seen that the color of Thai tea from real products was yellowish orange. Moreover, there was moderate relative lightness.

The black circle was the average Thai tea color in memory from Munsell color selection, the value was L\*= 55.12, a\*= 37.95, b\*= 62.82. The blue circle was the average Thai tea color in memory from the color adjustment, the value was L\*= 52.61, a\*= 19.36, b\*= 52.81. Table 1 shows the comparison of those average Thai tea colors. It was found that the real color of Thai tea had more L\* value than Thai tea color in memory. That means the color in the memory was darker than the real one. The value of b\* was lower than color in memory from both the Munsell color selection and the color adjustment. The value of a\* of the real products has larger than the monitor adjustment but smaller than the selection from Munsell Book.

If the color difference was considered ( $\Delta E^*_{ab}$ ), it is found that the color of Thai tea in memory was rather different from the real one. The difference was  $\Delta E^*_{ab} = 26.72$  for the selection from Munsell Book and 16.11 from the monitor adjustment.



**Figure 3.** CIE L\* a\* b\* of Thai tea color measured from products (blanked orange circle) and their average (orange circle). Black and blue circle represent the result from Munsell selection and color adjusting method

**Table 1.** Average CIEL\*a\*b\*, chroma, and hue angle of Thai tea from the real product, Munsell selection, and adjusting.

Thai tea color	L*	a*	b*	C*	h°	$\Delta E^*_{ab}$
Product	61.12	24.93	40.32	47.41	58.3	-
Munsell selection	55.12	37.95	62.82	73.39	58.9	26.72
Adjusting	52.61	19.36	52.81	56.25	69.9	16.11

The chroma ( $C^*$ ) and hue angle ( $h^\circ$ ) from the average CIEL\*a\*b\* of the real product, Munsell selection, and adjusting methods were calculated. The  $C^*$  of the real product was 47.41, 56.25 for adjusting, and 73.39 for Munsell selection. Both adjusting and Munsell selection showed higher  $C^*$  than the real product.

In the case of the  $h^\circ$ , it showed a similar hue angle between the real product ( $h=58.3$ ) and Munsell selection ( $h=58.9$ ), but the hue angle of adjusting ( $h=69.9$ ) showed different from the others.

#### 4. Conclusion

The real color of Thai tea showed quite different from consumers' memory. The real one was lighter and had lower saturation. Therefore, for advertising design of the color of Thai tea, it is better to adjust the color of Thai tea to an orange color that is high saturation ( $C^*\sim 65$ ) and low lightness ( $L^*\sim 54$ ) than the color of real Thai tea to suit the Thai tea color memory.

#### References

- 1) Tim Cheung. (2018). World's 50 Most Delicious Drinks. Retrieved from <https://edition.cnn.com/travel/article/most-delicious-drinks-world>.
- 2) W. Jullaya and R. Wongpaisarnrit: 105 Recipe of Coffee and Tea, (2015), pp.57
- 3) Saksirikosol, C., Jarernros, J. and Rattanakasamsuk, K. (2021). The Investigate Color of Thai Iced Tea for Advertising. The 6th Asia Color Association Conference 2021: Color and Culture. Yogyakarta, Indonesia, pp.78-80.
- 4) Saksirikosol, C., Rattanakasamsuk, K., Jarernros, J. and Phuangsuwan, C. (2019). Color of Thai Iced Tea. Journal of the Color Science Association of Japan, Vol.44, No.3 Supplement, Kyoto, June 27-28, pp.180-181.
- 5) Phuangsuwan, C. and Ikeda, M. (2020), Vision and Color. Pathum Thani: Innovation Design Center and Media Convergence.

# K-mean Cluster Analysis of Representative Color of Thai Alternative Gender

Kitirochna Rattanakasamsuk      Color Research Center, RMUTT, Thailand  
Chanida Saksirikosol              Color Research Center, RMUTT, Thailand  
Chanprapha Phuangsuan          Color Research Center, RMUTT, Thailand

**Keywords:** Representative color, alternative genders, LGBTQ+, memory color

## 1. Introduction

People who do not define their gender identities as "Male" and "Female" are generally called "LGBTQ+". In Thailand, however, the term "LGBTQ+" is not commonly used. People who have a variance in gender identity and sexual orientation are normally called "Alternative Gender".

Much research has been studied on the relationship between color and gender. Ellis and Ficek (2003) have revealed that male prefers blue while female prefers green. They also reported that there was no significant effect of gender and sexual orientation on color preference. While blue is a universally preferred color, Hurbert and Ling (2006) showed that there is a gender difference in blue preference. Female tends to prefer reddish blue, while male prefers greenish blue. Gender association of pink with the girl and blue with the boy is longer established especially in children's cloth and toys. For the LGBTQ+ or alternative gender, the rainbow color is associated with them based on the use of a rainbow color flag in the social and political movement. However, it is questionable whether the rainbow color should be the representative color of the alternative gender. Rattanakasamsuk et al. (2020) have conducted an experiment to identify the representative color of the alternative genders. The result showed that the alternative gender subjects did not select the rainbow color as their representative color. On the other hand, the most selected color was in the range of purple hue. Jarernros et al. (2021) have conducted an experiment to specify the representative color of the alternative gender by color selecting method. The subjects were asked to select the Munsell color chips whose hue was 10PB, 2.5P, 5P, 7.5P, and 10P. Their

result showed that the most selected color was 7.5P 4/12. However, there was an arguable point that the subject was limited to selecting only the purple color. They could not select other colors, even though they might think that the representative color of the alternative gender was not purple.

In this research, we conducted an experiment to identify the representative color of the alternative gender by asking the subjects to adjust the color on a monitor to match their memory color. By this method, the subjects could select any color without the limitation of the presented hue.

## 2. Methodology

### *Subject*

106 university students aged between 18 and 25 years old voluntarily participated in this research. All of them had passed the Ishihara test to confirm normal color vision.

### *Apparatus*

The experimental room was divided into two parts separated by a wall. The first part was a test room. A monitor (EIZO ColorEdge CG277) connected to a computer was placed inside this room. The white point of the monitor was set to match D65 with maximum luminance at 300 cd/m<sup>2</sup>. The color presented on this monitor could be adjusted by pressing a keyboard or moving a mouse. The second part was a subject room which was illuminated by a set of ceiling lamps. The room's illuminance was 1200 lux measured at the subject's seat position. The wall in the subject room was pasted with white wallpaper. On the front wall which connected to the test room, a 25 × 25 cm<sup>2</sup> gray paper was pasted. At the center of this gray paper, a 5 × 5 cm<sup>2</sup> aperture was made so that the subjects could see the color presented on the monitor inside the test room. From

the subject's viewpoint, the stimulus configuration was  $2^\circ \times 2^\circ$  and color patch surrounded by a  $10^\circ \times 10^\circ$  gray background.

### Experimental Procedure

Before starting the experiment, the subjects sat inside the experimental room for at least two minutes. The experimenter explained how to use the mouse and the keyboard to adjust the color patch. The subjects' task was to specify the representative color of the alternative gender by adjusting the color patch. There was no time limit for the color adjusting. After each color adjusting, CIE Yxy of the color patch was measured by using a Konica Minolta CS-100a. Each subject had to finish three repetitions.

### 3. Result and discussion

The experimental result showed that most of the specified colors were in a range of luminance between 10 and 75  $\text{cd}/\text{m}^2$ . Their chromaticities were in a range of x values between 0.1 and 0.4 and in a range of y values between 0.1 and 0.3. These colors were in magenta, violet or purple region which were named as "Muang" in Thai language. There were also some specified colors which located in other region such as yellow or red. Hence, it is not suitable to use average of all data to be the representative color of the alternative gender. Data clustering was necessary to reduce the error from the uneven data dispersion. Since we did not do categorical color naming of each specified color, we cannot cluster the colors based on their color name. Therefore,

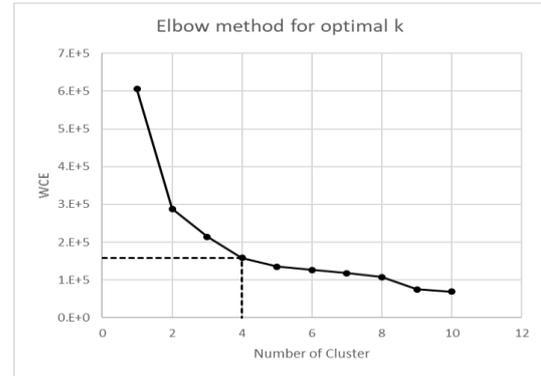


Figure 1. Elbow method for optimal k

statistical data clustering was necessary. In this research, k-mean cluster analysis was implemented to cluster the data.

K-mean cluster analysis is a method to partition data into k clusters. Two important points are needed to concern. The first one is the Euclidian distance between data. In our research, the color coordinate in CIE Yxy is not a uniform 3D color space. Therefore, CIE Yxy of the specified colors was transformed to CIE1976  $L^*a^*b^*$  color space which is a more uniform 3D color space. The second one is the number of clusters or k value. We used the Elbow method to find the optimal k by coding a program with Python (Van Rossum and Drake, 2009) and Pylustering library (Novikov, 2019).

Figure 1 showed the relationship between the number of clusters and WCE (within cluster error). It clearly showed the elbow form, so the optimal number of clusters or k value was four clusters.

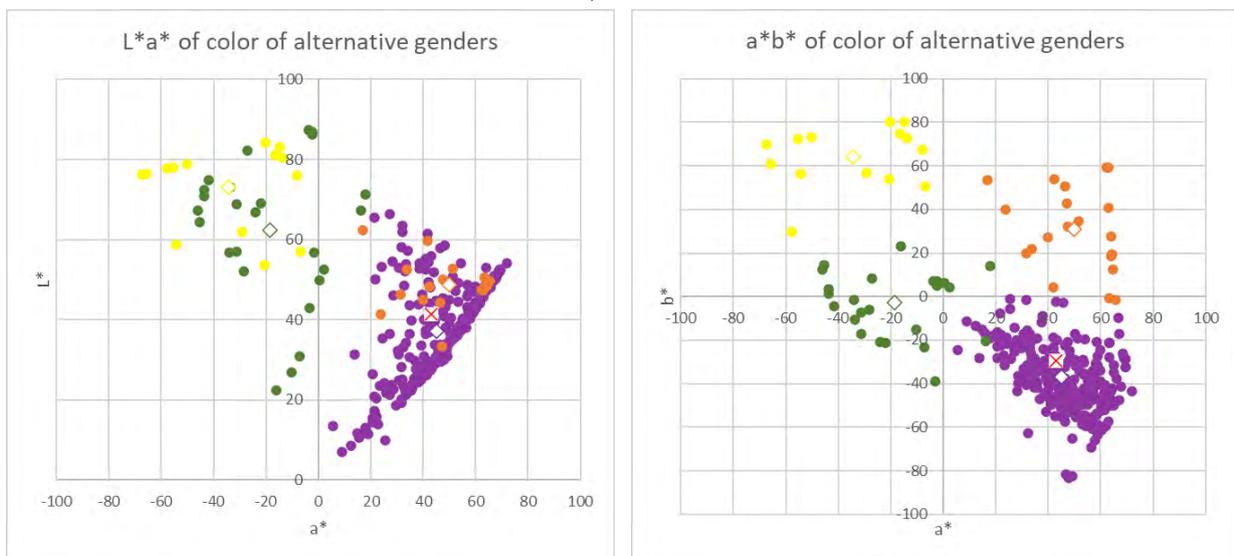


Figure 2. k-mean cluster analysis of the representative color of the alternative gender. Diamond symbols represent the centroid. Cross symbols represent 7.5P 4/12.

Figure 2 showed the result of k-mean cluster analysis for the representative color of the alternative gender in CIE L\*a\*b\* color space. The Left and right panels showed the result plotted in L\*a\* plane and a\*b\* plane, respectively. Each circle represented the specified color of the alternative gender. Members of each cluster were differentiated by the different color circles. The centroid of each cluster was represented by the diamond symbol.

From the result, the largest cluster was the purple cluster which contained 81.4% of total data while the green, orange, and yellow clusters contained only 7.9%, 6.3% and 4.4% of total data respectively. This result can be implied that purple was commonly accepted to be the representative color of the alternative gender in Thailand. The CIEL\*a\*b\* of the centroid of the purple cluster was [37.03, 45.18, -37.08].

From previous work, Jarernros et al. (2021) have proposed that the representative color of the alternative gender was the Munsell color 7.5P 4/12. CIEL\*a\*b\* of this color was measured and compared with our result as shown by the cross symbol plotted in Figure 2. We can see that our result agrees quite well with the previous work. Color difference ( $\Delta E^*_{ab}$ ) between 7.5P 4/12 and the centroid of the purple cluster was 8.8. Compared to 7.5P4/12, our result was slightly darker ( $\Delta L^* = -4.3$ ), more vivid ( $\Delta C^* = 6.3$ ) and less reddish ( $\Delta h^\circ = -5^\circ$ ).

#### 4. Conclusion

Our results confirmed that the representative color of the alternative gender in Thailand should be purple. By color adjusting method and k-mean cluster analysis, CIEL\*a\*b\* of the representative color of the alternative gender obtained from the centroid of the purple cluster is [37.03, 45.18, -37.08].

#### References

- 1) Ellis, L., & Ficek, C. (2001). Color Preferences According to Gender and Sexual Orientation. *Personality and Individual Differences*, 31(8), 1375–1379. doi: 10.1016/s0191-8869(00)00231-2
- 2) Hurlbert, A. C., & Ling, Y. (2007). Biological Components of Sex Differences in Color Preference. *Current Biology*, 17(16). doi: 10.1016/j.cub.2007.06.022
- 3) Rattanakasamsuk, K., Nontawongsa, C., Srisuro,

P. and Phuangsuwan, C. (2020) Does Rainbow Color Truly Represent Alternative Gender? *Journal of the Color Science Association of Japan*, 44 (3+), 27-28.

4) Jarernros, J., Saksirikosol, C. Srisuro, P. and Rattnakasamsuk, K. (2021). Colors to Represent Thai Alternative Gender. *Proceedings of the 6th Asia Color Association Conference*, 2-3 November 2019, Yogyakarta, Indonesia, 171-176.

5) Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2009). *Python 3 Reference Manual*. Scotts Valley, CA: CreateSpace.

6) Novikov, A., (2019). PyClustering: Data Mining Library. *Journal of Open Source Software*, 4(36), p.1230. Available at: <http://dx.doi.org/10.21105/joss.01230>.

## Hue shift direction under vivid color LED

Phubet Chitapanya  
Chanprapha Phuangsuan  
Mitsuo Ikeda

Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

**Keywords:** Hue shift, LEDs, RVSI, Complementary color, Elementary color naming

### 1. Introduction

Light Emitting Diode or LEDs became the dominant light system in both household and commercial companies with several benefits such as less energy consumption, lifespan, ETC. The apparent advantage is the ability to beam various colored lights with a combination of three diodes, red, green, and blue.

Chromatic adaptation is one of the human functions to perceive an object under various light situations. An object appears identical to the same object under the normal condition as white light though this ability is never perfect. The recognized visual space of illumination or RVSI<sup>[1]</sup> is a concept to describe the footprint of this function. This assumption was proved by the two-room technique<sup>[2]</sup> to see the effect of chromatic adaptation and the RVSI concept.

In the previous research<sup>[3]</sup>, we studied the color appearance of the color chip under RGB-LEDs based on color constancy analysis. We found that color constancy was poor under yellow, green, and cyan illuminations. In this article, we continued to analyze the same experiment in terms of hue shift to understand the characteristic of chromatic adaptation under vivid illumination.

### 2. Apparatus

Figure 1 shows the experimental booths for this experiment. The left booth was designed to obtain the color appearance of the object, with participants adapting to the colored light. The booth was decorated with many kinds of stuff to simulate a real-life situation for a participant. The booth was illuminated by only RGB-LEDs of Phillips product model Kinetics color cover MX power core attached on the ceiling. The colored light is changeable and controllable by a computer on the outside of the booth. The right booth in Figure 1 shows the extended room of the left booth and is divided as a two-room technique. Each color chip would be placed under the RGB-LEDs called the test room, while a participant had to move to the introduced room called the subject room, illuminated by only standard white illumination as D65.

### 3. Stimulus and illumination

The stimulus was printed by Konica Minolta C83HC. There were twenty-four color chips used as stimulus in this experiment composed of three groups. The first group was based on 15 test color samples used in studying the color rendering index. The second was eight-color chips derived from the



Figure 1 The experimental booths

printer's color gamut, and the last group was achromatic chips, as shown in Figure 2.

The illumination condition is shown in Figure 3 on the  $u^*v^*$  color diagram. There were six vivid colored lights, red, yellow, green, cyan, blue, and magenta. D65 was used as standard illumination in this experiment. The illuminance of all the lights was approximately 100 lx except for the blue condition, which was about 80 lx. In this experiment, the color code was R2, Y2, G2, C2, B2, and M2, respectively.

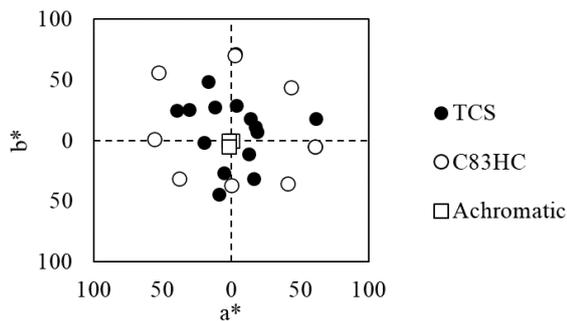


Figure 2 Color chips on  $a^*b^*$  color space

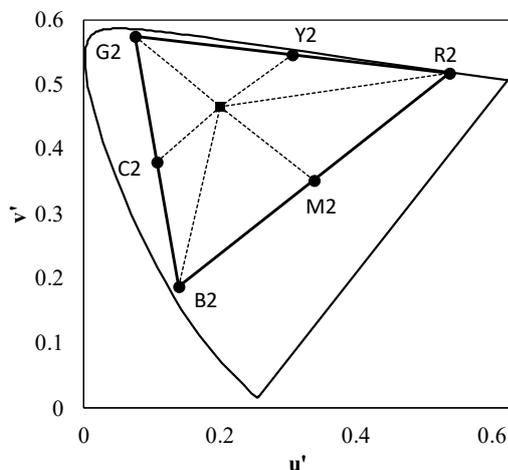


Figure 3 Illumination conditions

#### 4. Procedure and participation

Each subject had to name each color chip using the elementary color naming. The subject had to judge how much percentage of chromaticness, whiteness, and blackness. Then, the participant had to judge the percentage of red, yellow, green, and blue colors.

There were 100 subjects participating in this experiment. Most of them were students who took a color vision class and had a chance to learn about

the naming method. They had normal color vision tested by the Ishihara test.

The subject had to judge twenty-three color chips under the RGB-LED one by one, as shown in Figure 1(a), in order to obtain the color appearance of the object, which the subject had to adapt to the colored light. Then, the achromatic test patch as the grey chip will be placed in the test room in Figure 1(b) to obtain the color appearance of the color illuminations, while the subject adapts to only the white light. By using the two-room technique, each colored room illumination could be observed.

#### 5. Result and discussion

The result of naming can be plotted on a graph called the polar diagram, as shown in Figure 4. The maximum of each axis of the diagram is 100 and is the most saturation of color chip along the axis as green and red on the horizontal axis and yellow and blue on the vertical axis. In the figure, it is an example of an average naming result under the R2 condition. The open squares indicated the average result of each color chip under the standard illumination, D65. The solid triangles were the result under test illumination as R2.

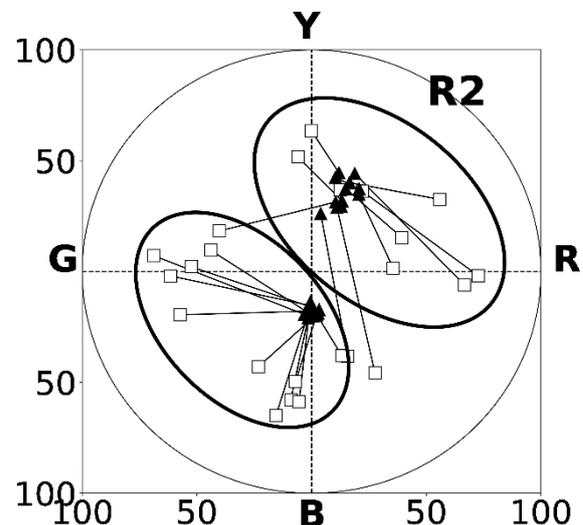
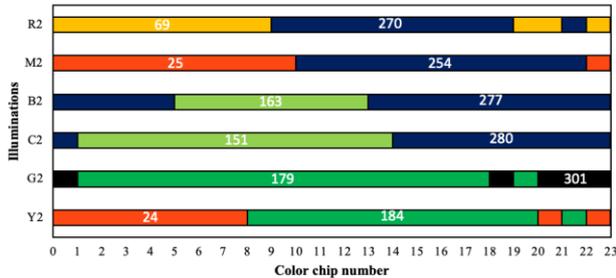


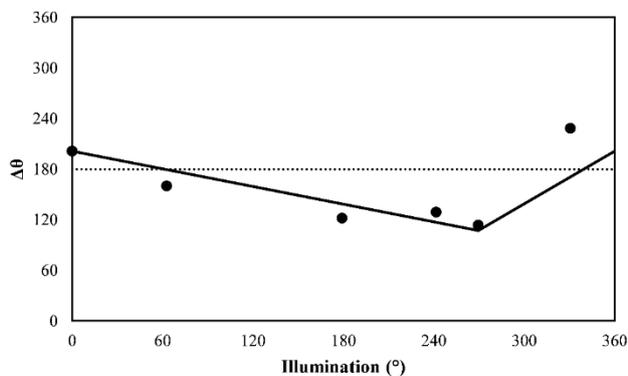
Figure 4 The naming result under the R2 condition

We found at least two converging points in each illumination condition as two eclipses shown in Figure 4. Then, we averaged the triangle symbol positions in each ring. The average position was called centroid for each group. The result of the average centroid is shown in Figure 5. On the abscissa was

the color chip arranged by the hue of the color chip under white light. On the ordinate was illumination condition ranged from the hue of illumination. The numbers in the squared scheme were the average hue of each centroid.



**Figure 5** The centroid color scheme of each illumination condition



**Figure 6** The difference between each centroid of each group

We calculated the difference between each centroid of each colored illumination and plotted the result, as shown in Figure 6. In the graph, abscissa was colored illumination in terms of hue angle. The ordinate was the difference between the two centroids. The line indicates that the pattern of the difference does not follow the opponent color theory as the solid lines do not follow the dotted line. The black line had a similar pattern to previous studies [4-5].

We believe that the present and previous analysis result was related to the illumination adaptation at the brain level, not the retina. A human adapted to the illumination and constructed information called RVSF inside our brain. Any object in the illumination space would be adapted relating to the size and color of the lighting. The black line in Figure 6 was not based on the opponent color theory but trended to be the complementary color that typically existed at our brain level [6].

## References

- 1) Ikeda, Mitsuo. "Color Appearance Explained, Predicted and Confirmed by the Concept of Recognized Visual Space of Illumination." *Optical Review*, vol. 11, no. 4, 2004, pp. 217–225.
- 2) Punggrassamee, Pontawee, et al. "Color Appearance Determined by Recognition of Space." *Optical Review*, vol. 12, no. 3, 2005, pp. 211–218.
- 3) Chitapanya, Phubet, et al. "Color Appearance of Color Chips under Light - Emitting Diodes Lamps." *Color Research & Application*, 2021.
- 4) Phuangsuan, Chanprapha, et al. "Color Appearance of Afterimages Compared to the Chromatic Adaptation to Illumination." *Color Research & Application*, vol. 43, no. 3, 2018, pp. 349–357.
- 5) Ikeda, Mitsuo, and Chanprapha Phuangsuan. "Strong Effect of the Simultaneous Color Contrast in an Afterimage." *Color Research & Application*, vol. 44, no. 1, 2018, pp. 50–53.
- 6) Pridmore, Ralph W. "Complementary Colors Theory of Color Vision: Physiology, Color Mixture, Color Constancy and Color Perception." *Color Research & Application*, vol. 36, no. 6, 2011, pp. 394–412.

# DEVICE DEPENDENCY INVESTIGATED BY SIMULTANEOUS COLOR CONTRAST

Janejira Mepean

Color Technology and Design, Mass Communication Technology, RMUTT, Thailand

Chanprapha Phuangsuwan

Color Research Center, RMUTT, Thailand

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, RMUTT, Thailand

**Keywords:** Color appearance, Devices, Elementary color naming, Perceive color, Simultaneous color contrast.

## 1. Introduction

The simultaneous color contrast is a well-known phenomenon; a gray test patch surrounded by a color appears complementary color. This is considered as the result of the chromatic adaptation to surrounding color<sup>1)</sup>. It has been studied for a long time with various experimental methods such as colored paper, electronic display, two-rooms technique, and projector. These different devices showed the different results. Previous studies compared the color appearance of simultaneous color contrast on different devices and indicated that the simultaneous color contrast is device dependent<sup>2, 3)</sup>. However, it was noted that some experimental conditions were not strictly controlled, such as chromaticities, luminance values, the visual size of the stimulus. This could be

one of the factors that affect the results shown.

Therefore, the present study investigates the simultaneous color contrast by controlling the conditions of the stimuli with four different devices.

## 2. Experiment

### 2.1 Devices

Fig. 1 illustrates four devices used in the present investigation; colored paper, electronic display, projector, and two-rooms technique. The former three devices were used in a same room with illuminance at 200 lx. The colored paper was printed on matt coated paper for surround and test patch by a digital printer. The electronic display was 24.1 inches EIZO LCD Display with sRGB mode, and the projector was Viewsonic model PA503S the projector, two types of screens were used, a white paper screen (Projector W) and a black paper screen (Projector B). They were to control color and luminance to become close to those of other devices.

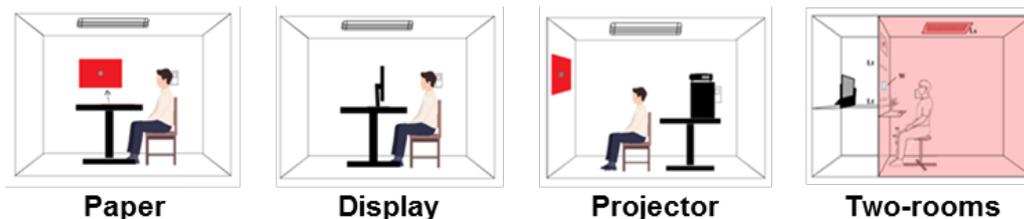
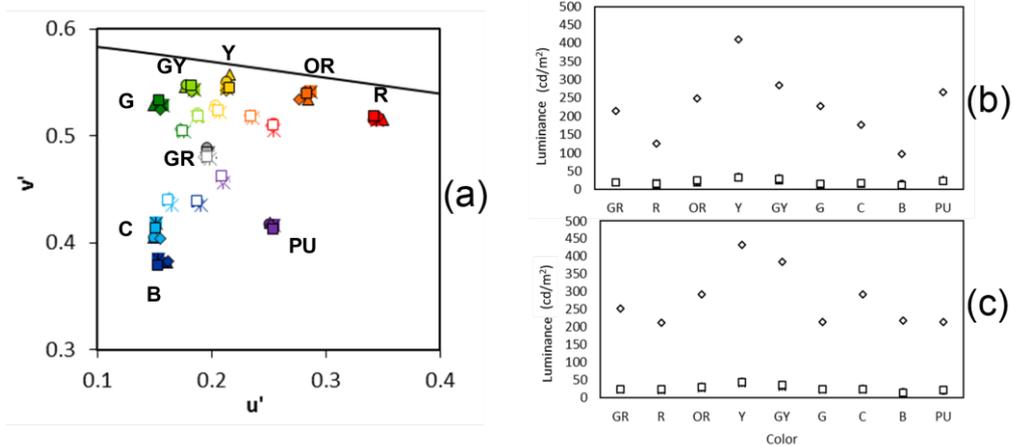


Figure 1. Four devices of observation

Table 1 The visual angle of the stimulus

Devices	Size (cm)		Viewing distance (cm)	Size (°)	
	Surround	Test patch		Surround	Test patch
Paper	31.5*45.5	4*4	50	35*49	
Display	31.5*45.5	4*4	50	35*49	
Projector	45*65	5.6*5.6	70	35*49	4.6*4.6
Two-rooms	110 (wall width)	4*4 (window)	50	95.5	



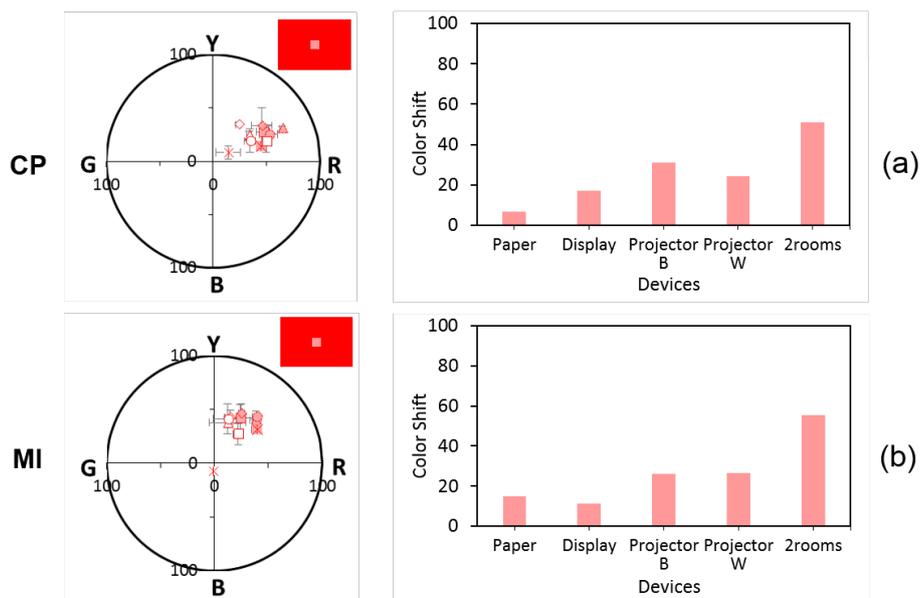
**Figure 2.** The  $u'v'$  chromaticity coordinate (a) filled symbols for surround and open symbols for test patch and the luminance values of the surround (b) and test patch (c).  $\triangle$  paper,  $\circ$  display,  $\diamond$  projector W,  $\square$  Projector B, and  $*$  two-rooms

The two-rooms technique was composed of a subject room and a test room which a small window on the separating wall between the two rooms. A subject looked at a test patch paper placed in the test room through the window. The color of the subject room was controlled by LED ceiling lamps. The test room was illuminated by two florescent lamps of the daylight type.

The visual angle of stimuli was controlled to keep them almost same size for all devices as shown in Table 1.

## 2.2 Stimuli

We employed nine colors for both test patch and surround; red, orange, yellow, greenish yellow, green, cyan, blue, purple, and gray. They were printed on papers by controlling CMYK. Saturated colors for surrounds and their desaturated colors for test patches. The colors were measured with color luminometer as standards for other services. Colors of other devices were made almost same as the standard on  $u'v'$  chromaticity coordinates. The results are plotted on the  $u'v'$  diagram as illustrated in Fig. 2a. All the five points of devices overlapped on



**Figure 3.** Left, color appearance of red test patch with red surround and with a gray surround from the subject CP and MI. Filled symbols for test patch under red surround and open symbols for test patch under gray surround. Right, size of the color shift with devices. a for CP and b for MI

the graph. Points of test patches came between the surround colors (filled symbols) and a white point to show desaturation. About the luminance, it was made equal in Most devices except projector W and they are shown by respective symbols in Fig. 2 b,c but they overlapped with open squares of Projector B. The luminance of Projector W gave very high luminance as shown by open diamonds in the figure. The luminance was reduced by projecting stimuli on a black paper and the luminance became same as other devices as shown by open squares in Fig. 2b,c.

Ten observers with normal color vision participated in the experiment, they were asked to judge the color appearance of the surround and test patch by the elementary color naming method, which was to estimate the amounts of chromaticness, whiteness, and blackness in percentage including the apparent hue by the unique hues (red, yellow, green, and blue). The repetition of each device was 3 times on different days.

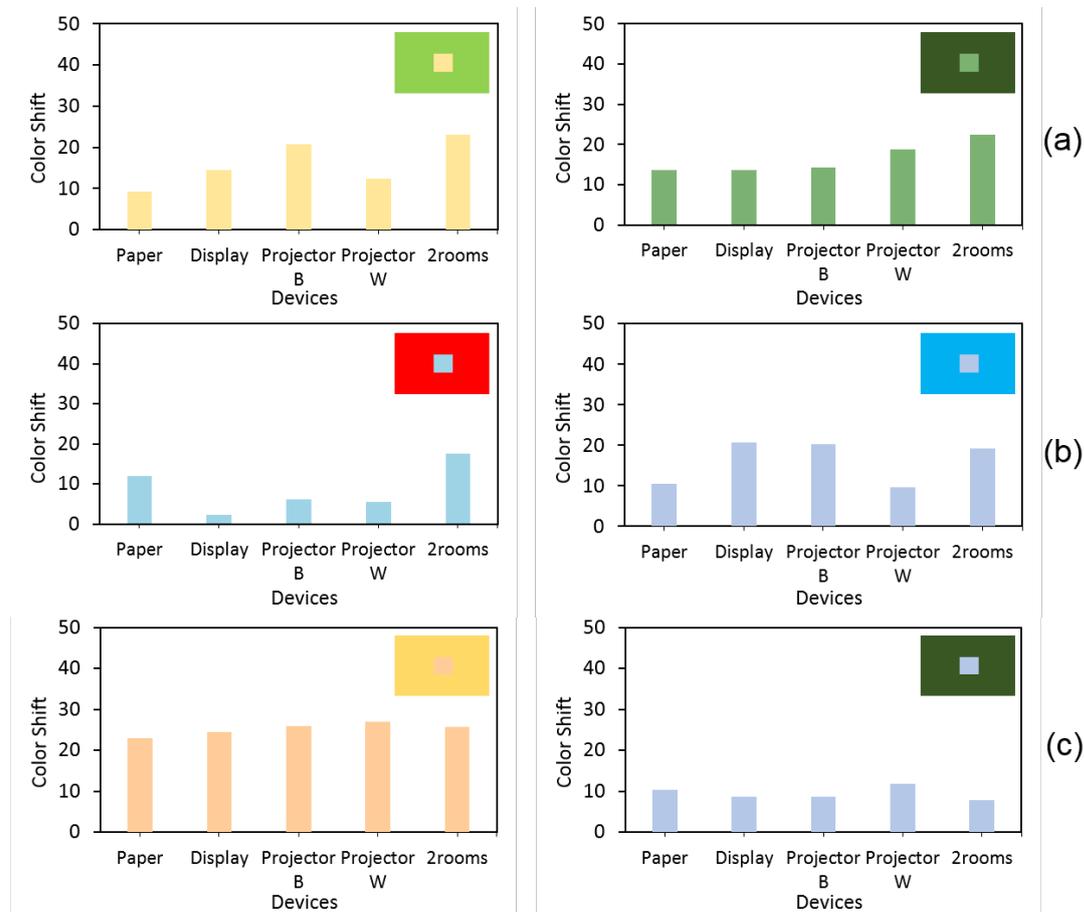
### 3. Results

Examples of results are shown on the left of Fig. 3 taken from the subject CP (a) and MI (b) for red test patch with red surround by filled symbols. They are plotted on a polar diagram normally used in the opponent-colors theory. The red test patches under gray surround are also plotted by open symbols. Different symbols correspond to devices as in Fig. 2. We can see that the color appearance of red test patch changed by changing the surrounding color from gray to red.

We calculated the change by the equation

$$\text{color shift} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

by calculating the color difference between the test patch under a gray surround ( $x_1, y_1$ ) compared to those under a red surround ( $x_2, y_2$ ) and show in the right graph to compare the size of color shift for all devices. The size of the color shift shows different in each devices the smallest at paper and the largest



**Figure 4.** The size of the color shift of test patches with surrounding for different devices. a, yellow-greenish yellow and green-green, b, cyan-red and blue-cyan, c, orange-yellow and cyan-green.

is Two-room.

Fig. 3b shows similar results from another subject MI the results show the same tendency as subject CP.

Finally, we took the average of the color shift of all color pairs from ten subjects and the results are shown in Fig. 4 in samples of color pairs to represent the tendency of the results.

#### 4. Discussion and Conclusion

Fig. 4a, the result of yellow test patch under greenish yellow surround and green test patch under green surround show the similar tendency as the result of Phuangsuwan and Ikeda<sup>2,3)</sup> that smallest on object (colored paper) and being larger on display, projector, and two-rooms, respectively. Which can be explained by RVSI theory<sup>1)</sup>, the chromatic adaptation takes place to the color of light that illuminates the space as in the two rooms technique, a space is illuminated by colored light and the visual system adapts to the color and an electronic display which is self-luminous, the subjects can recognize the color as the illumination. So, the effect should be very small in the colored paper which is object mode.

Fig. 4b, some color pairs were shown dependent on the device also, but no tendency as in Fig. 4a such as cyan test patch under red surround and blue test patch under cyan surround. On the other hand, some color pairs show independent for all device as in Fig. 4c.

Here, the different results were shown under controlled conditions, it would be interesting to investigate this further to explain for these findings. However, the results suggested that the simultaneous color contrast was dependent on the device under controlled conditions as in previous studies, except in some color pairs.

#### Acknowledgments

Janejira Mepean is grateful to Dr. Fusako Ikeda for the Fusako scholarship. For graduate studies in the department of Color Technology and Design, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

#### References

- 1) V. Ekroll and F. Faul: Transparency perception: the key to understanding simultaneous color contrast. *J. Opt. Soc. Am. A.* 30-3 (2013). pp.342-352
- 2) C. Phuangsuwan and M. Ikeda: Simultaneous Color Contrast Demonstrated on Different Devices, Supplement in *Journal of the Color Science Association of Japan (CSAJ)*. 42-3 (2018). pp. 54-56.
- 3) C. Phuangsuwan and M. Ikeda: Device dependent simultaneous color contrast, Supplement in *Journal of the Color Science Association of Japan (CSAJ)*. 43-3 (2019). pp. 121-124

# SIMULTANEOUS BRIGHTNESS CONTRAST MEASURED BY TWO TECHNIQUES: PAPER STIMULI AND SPACE

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech.  
Thanyaburi, Thailand

Chanprapha Phuangsuwan

Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech.  
Thanyaburi, Thailand

**Keywords:** Simultaneous brightness contrast, Paper stimuli, Space stimuli, Whiteness, Elementary color naming.

## 1. Introduction

When an experiment of the simultaneous color contrast SCC was carried out by using a two-rooms technique, where the stimuli were produced on the front wall of the subject room by colored illumination, the phenomenon is much more enhanced compared to stimuli that were produced by printed papers.<sup>1)</sup>

In this paper, the same two-rooms technique is applied to the simultaneous brightness contrast SBC and results of printed paper and space stimuli were compared.

## 2. Paper experiment

### 2.1 Paper stimuli

Coated papers of A4 size were printed to nine different lightness to be used as surrounds as shown in the first column of Table 1 as  $L_s^*$ . Five other papers were printed as shown in the second column of Table 1 as  $L_t^*$ . They were cut to pieces of  $2 \times 2 \text{ cm}^2$  size to serve test stimuli of the size  $2.3^\circ$  with a view distance 50 cm. Forty-five different stimuli were prepared altogether. Increment or decrement of the test patch is defined as  $\Delta L^* = (L_t^* - L_s^*)$  and they are plotted in Fig. 1 for  $L_s^*$ . The abscissa gives  $L_s^*$  and the ordinate  $\Delta L^*$ . Each curve corresponds to different  $L_t^*$ . A horizontal dotted line is at  $\Delta L^* = 0$ , or zero contrast, when no test patch is seen.

Table 1 Lightness of surrounds and tests.

$L_s$	$L_t$
11	31
18	37
30	46
39	60
46	69
61	
68	
78	
86	

## 2.2 Procedure

The experiment was carried out on a table in a normal room with ceiling lamps of the daylight type. The illuminance on the table was 370 lx. Stimuli were presented one by one in a pseudorandom order and subjects assessed the brightness of surround and test patch by the elementary color naming method. When all the forty-five stimuli were observed, one session was over. Six subjects participated in the experiment, four of them did at Mizokami laboratory of Chiba university, Japan and two did at Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand.

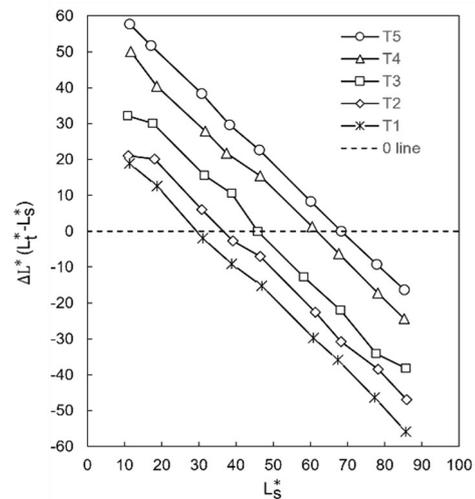


Fig.1 Lightness increment of paper stimuli plotted for the lightness of surround.

## 2.3 Results of the paper experiment

Whiteness of surrounds are shown in Fig. 2, where the abscissa gives the lightness of surround  $L_s^*$  and the ordinate the whiteness of surround  $W_s$ . Each point is the average of six observers. Points can be approximated by a liner equation,

$$W_s = 1.13L_s^* - 6.60, \quad [1]$$

which is in accordance with a previous finding by Phuangsuwan et al.<sup>2)</sup>, where patches of the size  $3 \times 3 \text{ cm}^2$  were employed. We can conclude that the

amount of whiteness is linearly related to the lightness of papers.

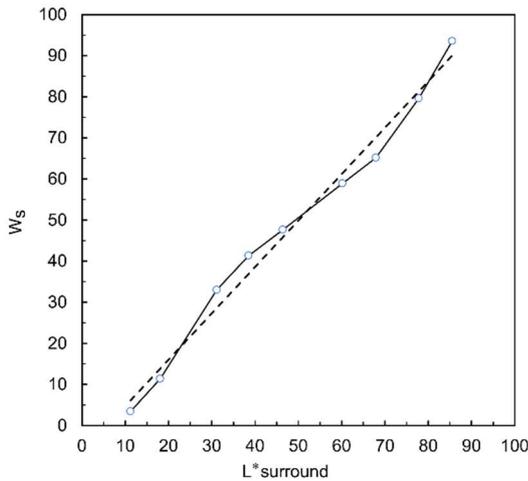


Fig. 2 Whiteness amount of surround  $W_s$  plotted for the surround lightness with a regression line.

The amounts of whiteness of test patch  $W_t$  are shown in Fig. 3, each curve corresponding to a test patch lightness  $L_t^*$ . The short bars attached to curves of T5 and T1 show SD of six subjects. They are not small but the shape of all the curves shows a gradual decrease for larger  $L_s^*$ .

Wallach emphasized contrast of the test patch to the surround in determining the brightness of test patch<sup>3)</sup>.

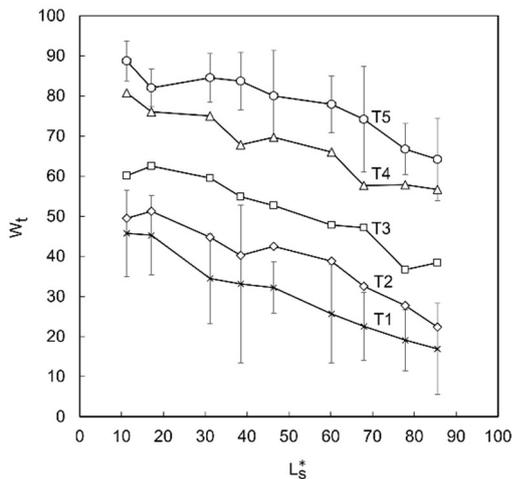


Fig. 3 Amount of whiteness of test patch  $W_t$  for five test patches, T1 (bottom) through T5 (top) for surrounding lightness  $L_s^*$ . Short vertical bars indicate SD of 6 subjects.

So, we replotted data of Fig. 3 for the luminance contrast  $C$ ,  $\Delta L/L_s$ , where  $\Delta L=L_t-L_s$ . This luminance was measured with Konica Minolta CS150 under the observing situation in the experiment. The results are

shown in Fig. 4. Five curves correspond different test patch.

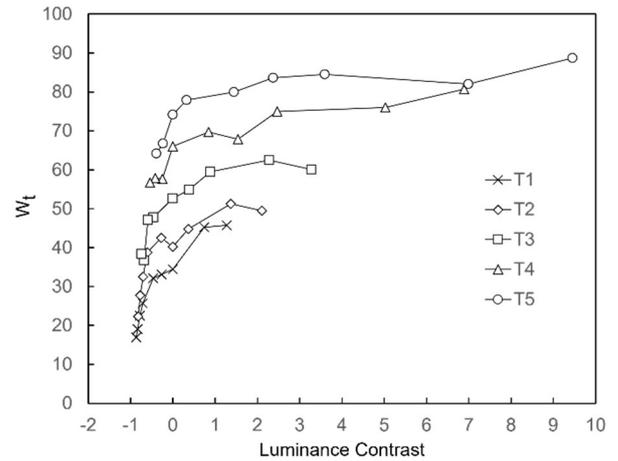


Fig. 4 The amount of whiteness of test patch  $W_t$  plotted for the luminance contrast.

It is clear that a same contrast does not necessarily give a same  $W_t$ , not in agreement with Wallach's assertion. But we notice that all the curves have a similar shape feature, a rapid rise, a gradual rise, and a saturation.

### 3. Space experiment

#### 3.1 Space stimuli

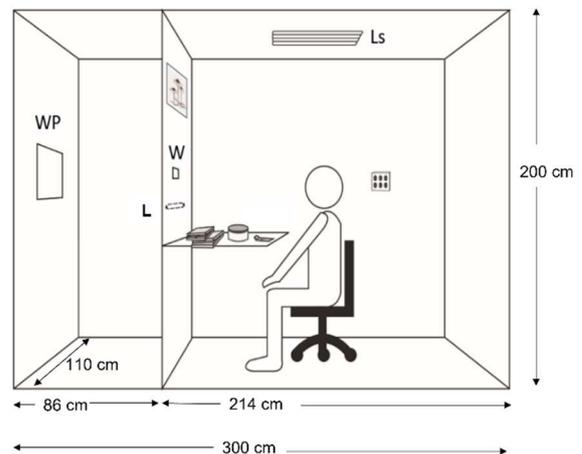


Fig. 5 A scheme of the two-rooms apparatus.

To present space stimuli, a two-rooms technique was used as shown in Fig. 5. The room was composed of a subject room and a test room. On the separating wall a small window  $W$  of the size  $5 \times 5$   $\text{cm}^2$  was opened through which a subject saw a white plate  $WP$ .  $W$  served a test patch, having the visual angle  $2.6^\circ$  at viewing distance 108 cm. Illuminance

of the subject room and that of the test room were controlled by fluorescent lamps of the daylight type,  $L_s$  and  $L$ , respectively. By controlling them the luminance of the front wall and of WP were made equal to the luminance of the surrounds and the test patch of the paper stimuli, thus giving the same quantal distribution on the retina of the subject as the paper stimuli.

Two subjects, CP and MI participated in the experiment, the authors of the present paper. The experiment was done similarly as in the paper experiment in the way presenting stimuli and responding stimuli by the elementary color naming method. The subjects repeated five times of measurement.

### 3.2 Results of the space experiment

Results are shown by solid symbols and solid lines in Fig. 6, where the abscissa gives the luminance of the surround  $L_s$  and the ordinate the amount of whiteness  $W_t$ . Each curve corresponds to a test patch, the curve of T1 locating at the bottom. Dotted lines indicate points of zero contrast. All the curves seem to converge a point of  $W_t = 100$  and from there they gradually drop down separately.

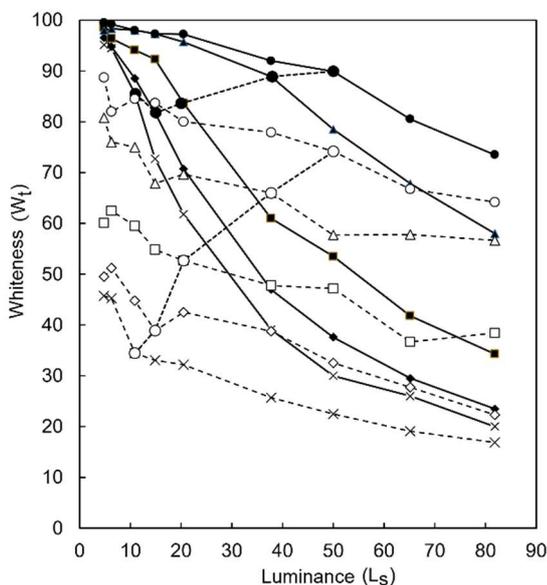


Fig. 6 Averaged amount of whiteness of test stimulus plotted for the surrounding luminance. Filled symbols are from the space experiment and open symbols are from paper experiment. Points connected by dotted lines indicate zero contrast between the test stimulus and the surround.

Dashed curves are for the results of paper experiment.

Open symbols connected by dashed lines are from Fig. 3 of the paper experiment. All the curves are smooth in their shape and do not show any peculiarity at the zero contrast points as reported by Heinemann<sup>4)</sup>. Results of both stimuli, space and paper are quite different in spite of the same quantal distribution on the retina for stimuli.

Let show the results of space experiment for the contrast following Wallach's idea. The results are shown on the left in Fig. 7 by filled symbols for the subject MI and open symbols for CP. Data of both subjects came close and the averages were taken for  $W_t$  as the figure on the right. Different symbols indicate different test patch. All the data points construct one curve of a nonlinear power equation<sup>5)</sup>,

$$Y = a10^{-bx}. \quad [2]$$

In the present case,  $Y$  corresponds to  $W_t$  and  $x$  to the  $L$  contrast  $C$ .  $a$  and  $b$  are some constants.

After applying a nonlinear regression, we got

$$W_t = 98 - 13 \times 10^{-0.9 \times C}, \quad [3]$$

which is shown by a solid curve in Fig. 7 right.

### 4. Discussion and Conclusion

Heinemann reported<sup>4)</sup> that at the point of zero contrast of stimulus some peculiarity occurred, but in the present case no such phenomenon occurred as shown in Fig. 7. Heinemann used the matching method to assess the brightness of the test patch. The reference stimulus was composed of only a patch, while the test stimulus was composed of a test patch with surround. When the luminance of the surround becomes higher than the test patch, the patch begins to appear black, which cannot be reproduced by the reference stimulus, thus causing the mercuriality. The present method of the elementary color naming has no such problem and did not show the peculiarity. On the other hand, the elementary color naming method judges the whiteness in percentage with 100 % as the maximum. When the luminance of the surround became low the test patch appeared luminous, but the answer was still 100 or near to it, thus showing at the lowest  $L_s$  as seen in the space stimuli in Fig. 7. This is one of the drawbacks of the elementary color naming method.

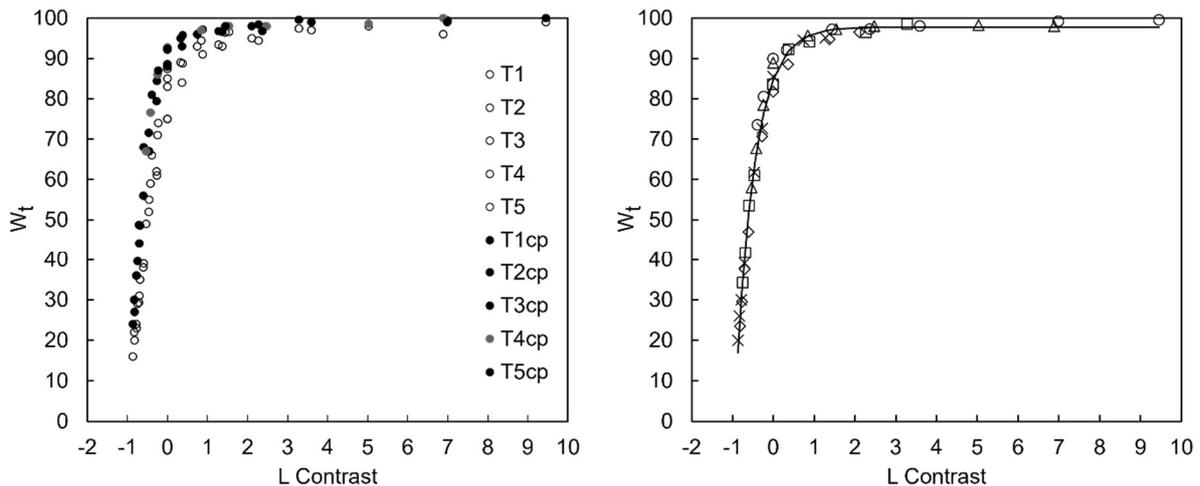


Fig. 7 Left, results of the space experiment from the subject CP (open symbols) and MI (filled symbols).  
Right, The averaged results of two subjects and a nonlinear regression curve

Both data of paper and space can be expressed by  $W_t$ -C curves. So, the Wallach's notion of emphasizing the contrast is appropriate. But it is so for the space experiment but for the paper experiment some other factor should be considered.

#### Acknowledgement

Four of our students could do part of the paper experiment at Prof. Y Mizokami's lab. of Chiba University, Japan. We thank her for offering them the Asia Student Workshop scholarship. We thank Prof. M Ayama of Utsunokiya University, Japan to suggest us the nonlinear equation for the results of the space experiment.

#### References

- 1) C. Phuangsuwan and M. Ikeda: Chromatic adaptation to illumination investigated with adapting and adapted color, *Col. Res. Appl.* 43 (2017), pp. 571-579.
- 2) C. Phuangsuwan, S. Saingsamphun, and M. Ikeda: Whiteness (W) and lightness ( $L^*$ ) relationship, *J. Col. Sci. Assoc. Jpn.* 40 (2016), pp. 157-159.
- 3) H. Wallach: Brightness constancy and the nature of achromatic colors. *Jr Experimental Psychol*, 38 (1948), pp. 310-324.
- 4) E. G. Heinemann: Simultaneous brightness induction as a function of inducing- and test-field luminances, *Jr. Exp. Psychol.* 50 (1955), pp. 89-96.
- 5) The nonlinear equation was suggested by M. Ayama who referred to a paper by Shinoda et al.<sup>6)</sup>

# USE OF REPRESENTATIVE GENDER COLOR FOR TOILET SIGNS

Chanprapha Phuangsuwan

Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech.  
Thanyaburi, Thailand

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, Rajamangala Univ. of Tech.  
Thanyaburi, Thailand

Wipada Pumila

Department of Digital Printing and Packaging Technology,  
Rajamangala Univ. of Tech. Thanyaburi,, Thailand

**Keywords:** Representative gender color, Toilet sign, Distance, Cataract experiencing goggles.

## 1. Introduction

This research aimed to investigate the advantage of using representative gender color to the toilet signs by measuring detection distance. The use of color for toilet identification has not been practiced in Thailand as shown in Fig.1 as an example. Pumila et al. (2019) investigated the color to represent gender and showed 5PB4/12 (blue) and 7.5RP5/14 (pink) for male and female, respectively.<sup>1)</sup> We further investigated by printing those colors in the rectangular to avoid the recognition by shape. The achromatic stimuli having male and female shape were included to check the influence of chromatic and figures of toilet signs. There were two viewing conditions to observe the toilet signs: with naked eyes and with cataract experiencing goggles. The experiment was carried out outdoor. We expect that the advance of use representative gender color to toilet sign will be clearly shown.



Fig. 1 Example of toilet signs in Thailand.

## 2. Experiment

### Stimuli

Two pairs of stimuli were prepared, one for figures and the other for colors by printing them on papers

as shown in Fig. 2. The figures were printed black, and their height was 15 cm. The distance between hands were 6 cm in the male figure and 8.5 cm in the female figure. As for the color stimulus two colored rectangles were prepared. The size was 15 x 7 cm for both male and female, and the color was followed Pumila et al.<sup>1)</sup> 5PB4/12 ( $L^* = 54.36$ ,  $a^* = -6.44$ ,  $b^* = -37.42$ ) for male and 7.5RP5/14 ( $L^* = 52.16$ ,  $a^* = 33.2$ ,  $b^* = 2.54$ ) for female. We determined the size of stimuli by surveying the toilet signs around the university campus including a supermarket nearby.

### Procedure

The experiment was carried on a straight road in front of the faculty of Mass Communication Technology, MCT under clear sky, where illuminance was around 50,000 lx. The stimulus was presented one by one (one figure or one color) at a time on the standing of which height was 135 cm from the ground as shown in Fig.3. An observer drove a motor bicycle to move away from stimulus to about 300 meters or until she/he could not detect toilet sign at all. Then the observer approached the stimulus by driving a motor bicycle very slowly at about 10 km/hr. The observer stopped from time to time confirming whether he/she could detect the gender. If not, he/she again approached the stimulus and finally found a point where the stimulus was just detectable and measured the distance from the stimulus which was marked on the road and reported it to an experimenter together with the gender of toilet sign that observer had seen by a mobile. This method of obtaining the detectable distance is the method of limits, but only approaching close to stimulus direction. After an experimenter recorded the answer and then changed the stimulus to a male or female figure or one of the representative gender colors. For the color stimulus the observer reported the distance

and color only that he/she detected. The experiment was carried out both by naked eyes and by eyes with cataract experiencing goggles. The cataract experiencing goggles was invented by Obama et al. of Panasonic co.<sup>2)</sup> The goggles transmittance was 54% and haze value was 16%.

Six subjects with normal color vision and good visual acuity participated in the experiment. The daily glasses were allowed to use while observer carrying the experiment. They were students and staff of RMUTT. There were 4 females and 2 males with ages range from 20-44 years old. The repetition was 5 times.

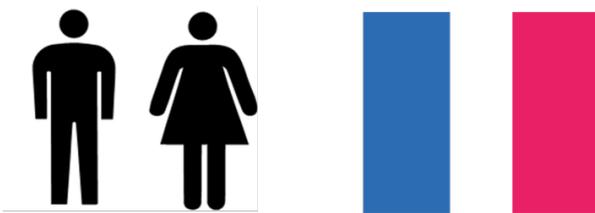


Fig. 2 Stimuli used in the experiment: figures and colors.



Fig. 3 Stimuli used in the experiment: a figure.

### 3. Results and Discussion

The detection distance of six observers for figure and colors were presented in Fig. 4. Upper figure of Figure 4 shows the detection distance with naked eyes and below with goggles for figure (open bars), for blue (filled bars), and for pink color (shadowed bars). The detection distance of male and female figures was almost same, here we took the average.

The ordinate indicates the detection distance in meters and the abscissa indicates observers by their initials. The observers are arranged in the order of the detectable distance for pink with naked.

The result showed clearly that the figures needed the closest distance for detecting the toilet sign. The blue color showed slightly longer distance than the figure sign. The pink color gave longest distance to detect than any other stimuli. The same tendency result occurred in the goggles condition. Moreover, it is clear that detectability decreased with goggles. To see the advantage of colors to figures, the distance ratios (colors/figures) were calculated, and the result is shown in Fig. 5.

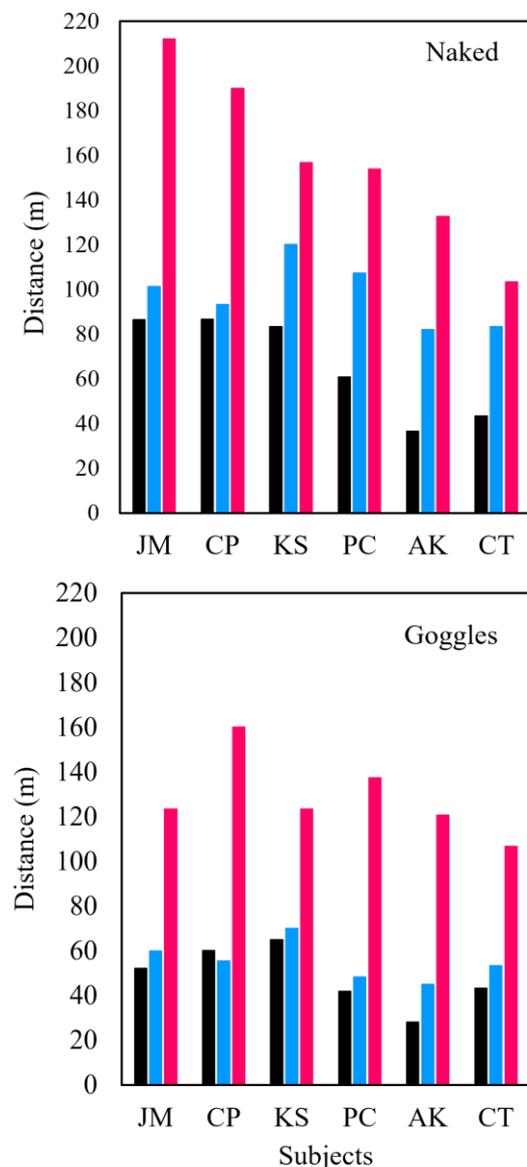


Fig. 4 Detecting distances shown by bar graph. Upper, with naked eyes; lower, with goggles.

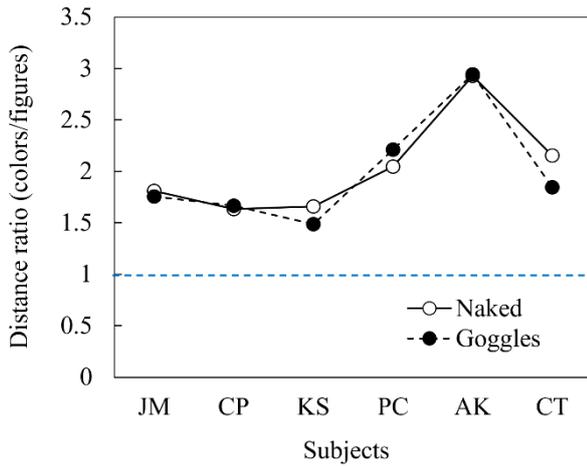


Fig. 5 Distance ratio between figures and colors.

The abscissa indicates observer's initial, and the ordinate indicates distance ratio. Opened symbols were the ratios of naked eyes and filled symbols of goggles. The ratios were obtained from color divide by figures (for the colors, an average distance of pink and blue; for the figures, an average distance of male and female figures). All the ratios are over unity to imply that observers could detect the colors stimuli better than figures stimuli with both normal and cataract eyes.

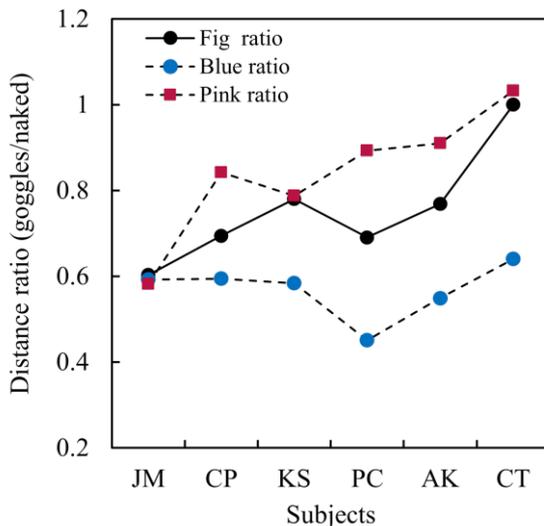


Fig. 6 The distance ratio between goggles and naked eyes.

To see the detectability of each stimulus: pink, blue and figures, the distance ratio calculated by distance of goggles divided by distance of naked eyes were obtained and shown in Fig. 6. The abscissa indicates the observer's initial, and the ordinate indicates the distance ratio. The ratio results showed variance among observers excepting blue.

The highest ratio occurred at the pink color except for the observer JM. The result implies that elderly people (normally with cataract) can see pink color well even it locates at far distance. The ratio of blue color showed lowest compared to others. But if we use the pink together with blue for the toilet signs, people can detect the pink color easily to judge it a female toilet and they will automatically guess another nearby sign to be male.

## 5. Conclusion

It was shown that to adopt representative gender color for toilet is useful for detecting toilet signs for normal and elderly people. We recommend the Thailand government to consider improving the toilet sign by using the color codes as examples shown in Fig. 7.

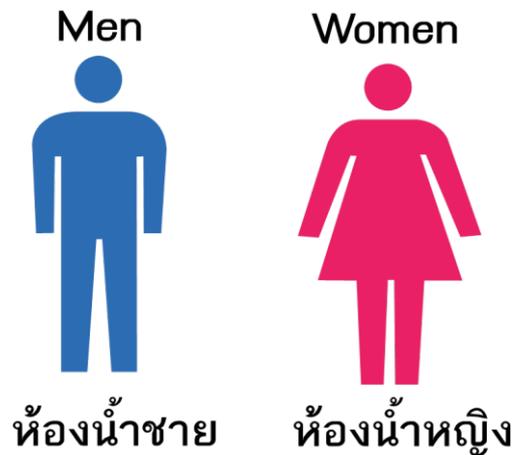


Fig. 7 Toilet signs with representative gender colors.

## Acknowledgement

We acknowledge all the students who belong to Ikeda and Chompoo laboratory, who participated in this experiment.

## References

- 1) W. Pumila, C. Phuangsuwan, Y. Mizokami and M. Ikeda: Colors for female and male image by Thai and Japanese people, Proceedings of ACA2019Nagoya conference. (2019), pp. 204–209.
- 2) T. Obama, H. Uozato, H. Teramachi and M. Matsuoka: A qualitative determination of senile cataract experience filters, J. Col. Sci. Assoc. Jpn. 28 (2004), pp. 245-252. [in Japanese]

# Colors, Color Preferences, and Everyday Objects

Mahshid Baniani

Mejiro University

**Keywords:** Color preference, bedroom, clothes, kitchen appliances, color pencils

## 1. Introduction

Numerous studies<sup>1,2</sup> have examined human preferences for simple patches of color but is not yet clear how these abstract color preferences generalize to different object contexts.

The purpose of this study is to investigate and identify the association between color preferences and everyday objects. The aim is to identify whether personal color preferences extend to everyday products when there are numerous color choices, or to what degree might an individual want personal color preference to feature in their everyday objects.

## 2. Methodology

### 2-1. Participants

122 Japanese university students (67 female and 55 male) between the ages of 19 to 24 ( $M=20.7$ ) participated in this study.

### 2-2. Procedure

Before the experiment, each participant was provided with a set of 48 color pencils. The name of the color pencils was written on them, and participants were to use those names. The experiment consisted of the following steps which was done randomly among the participants:

- Respondents were asked to choose most/least favorite, happiest/saddest, most beautiful/ugliest, masculine/feminine, warmest/coolest, brightest/darkest, most powerful/weakest, most peaceful/chaotic, most modern/old-fashioned, most formal/casual, most unique/ordinary, softest/hardest, most refreshing/boring, most elegant/unsophisticated color among the color pencils. They were advised to write the name of the color pencil as well as use the chosen color pencil to write the answer.

- Participants were given detailed realistic drawings of bedroom, car (sports car and SUV), clothes (women's night gown, men's suit, polo shirt), and kitchen tools (pots, utensils, dinnerware) and were asked to consider these items as their own and color them accordingly. *(Due to copyright issues, the figures cannot be shared in this research paper.)*

## 3. Results

### 3-1. Color Preferences and characteristics

This section focuses on the step where participants had to choose a color for a specific character and adjective. Due to space, only some of these are discussed within this research paper. In addition, please note that only colors selected are shown in the figures.

As it can be observed from Figure 1, blue and red hues are among most favorite colors of the participants. White, light yellow, and yellow are considered bright.

Moreover, blue hues are considered masculine, while light carmine and pink are considered feminine. Lavender and turquoise are considered the most beautiful colors by the respondents. Lavender is considered elegant as well. Peach and lime green are considered as peaceful colors.

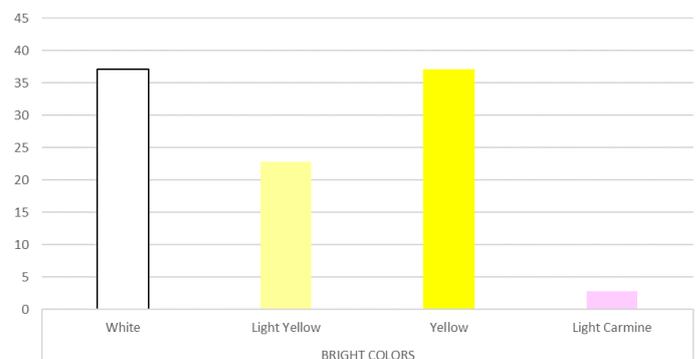


Figure 1A. Bright colors

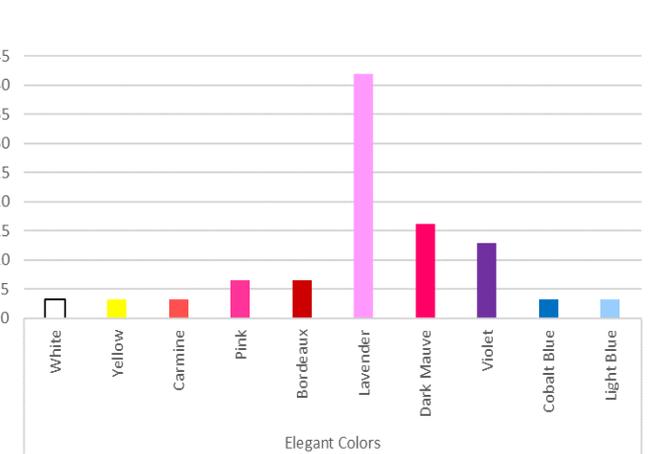
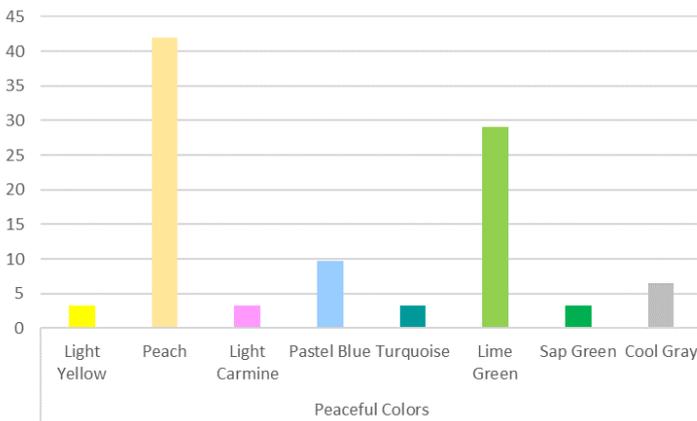
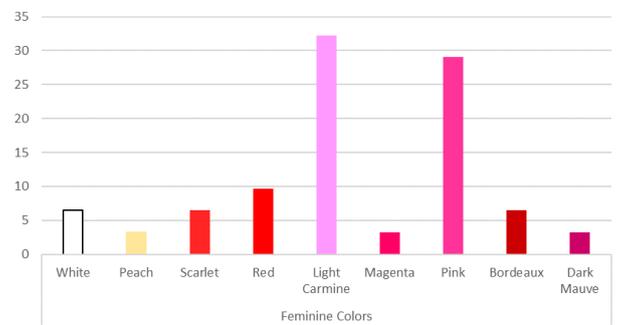
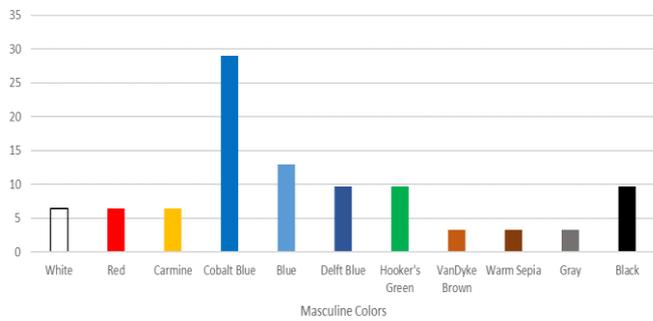
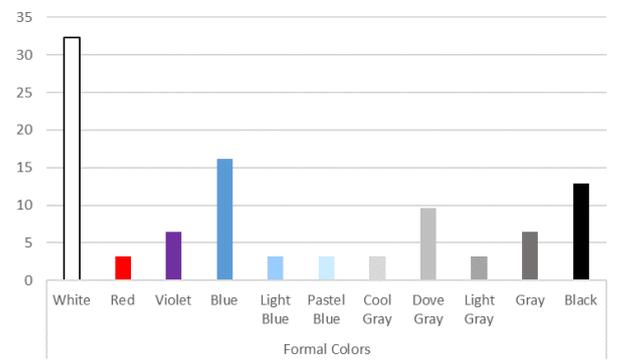
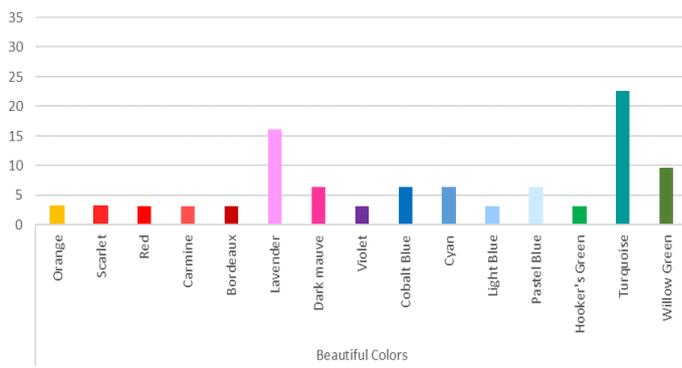
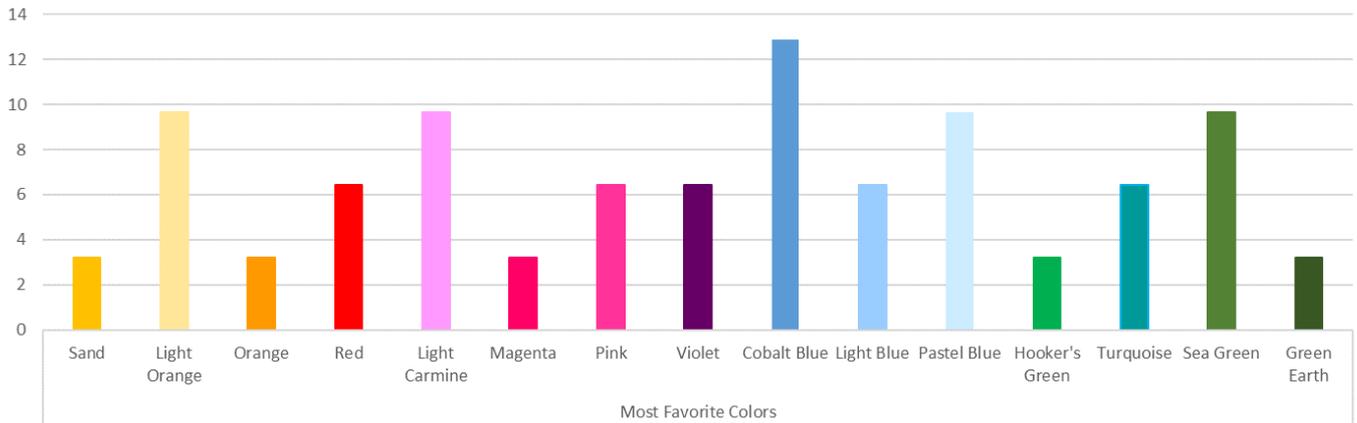


Figure 1B. Favorite, beautiful, formal, masculine, feminine, peaceful, and elegant colors

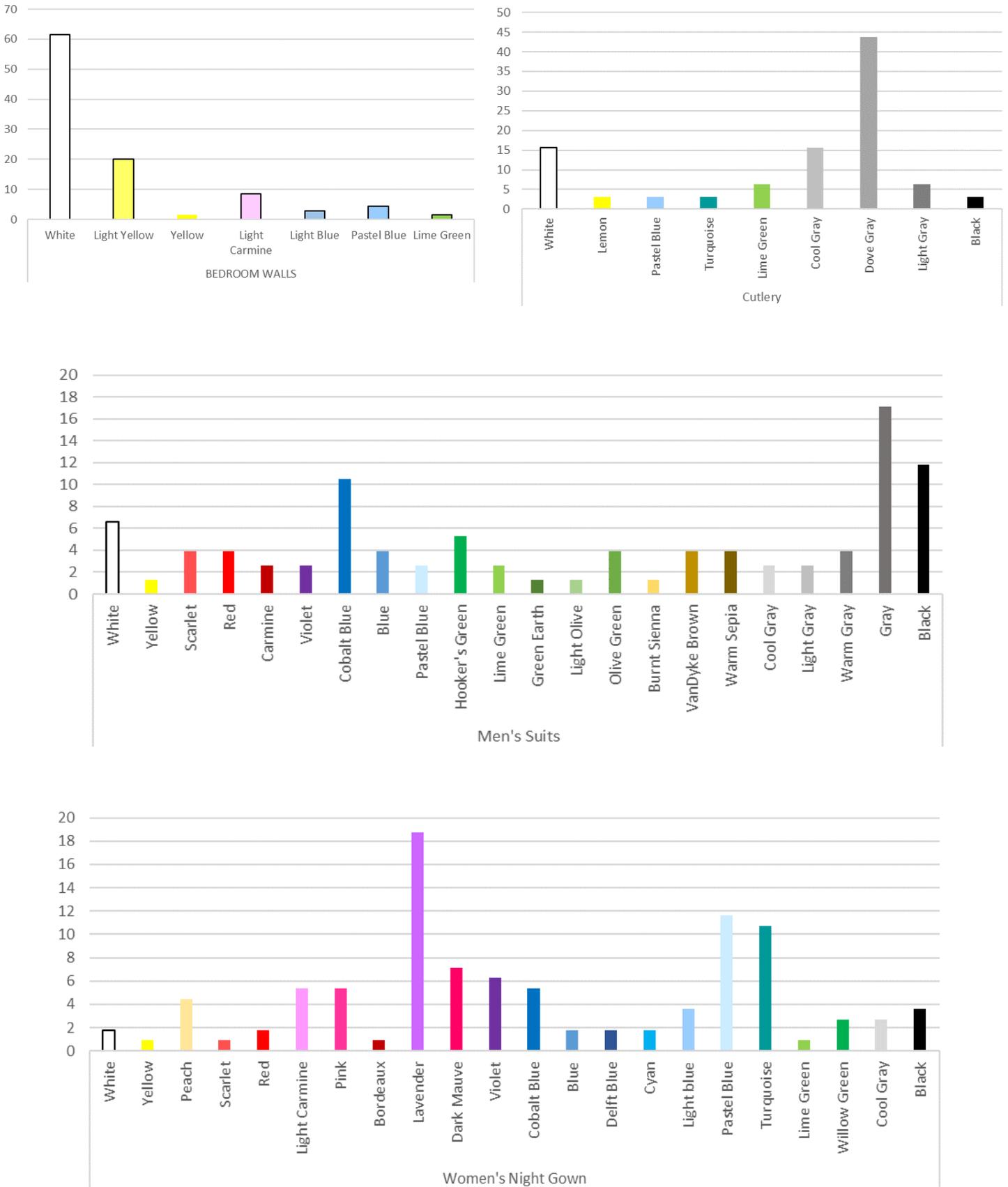


Figure 2. Color preferences for bedroom walls, cutlery, men's suits, and women's night gown

### 3-2. Preferences for objects

Participants were given realistic drawings of different items and were asked to consider these items as their own and color them accordingly. The results can be seen in Figure 2. As can be observed, white is the color used the most in the bedroom walls ( $P < 0.01$ ).

Gray hues, blue hues, and black are colors used in the men's suits. These are colors that are considered masculine and formal. Lavender, turquoise, and pastel blue are colors selected the most for the night gown. These are colors that are considered elegant and beautiful. Moreover, gray hues were used for cutlery. Participants stated that they like silverware and that's why they chose these colors.

## 4. Discussion

The purpose of this study was to identify whether personal color preferences extend to objects when there are numerous color choices. It was observed that participants used colors considered bright in their bedroom walls. Moreover, more than 60% used white. Similar result was observed in another study<sup>3</sup> as well. The participants of this study were Japanese and since Japanese houses are small, this could be the reason for using bright colors. The night gown was mainly in colors they consider beautiful and elegant, and the suit was in colors they consider masculine and formal. Moreover, although some participants did choose their favorite color for the cutlery, but they mainly selected gray hues as they stated that they like silverware.

Although not featured in this research paper, but other kitchen tools were in colors they consider normal for these items. For example, black was selected the most for frying pan. They stated that this is the best color for heat. White was mainly selected for plate because they said that white makes food look delicious. Warm sepia was selected the most for chopsticks as it resembles the color of wood. Red was most selected for the sports car. SUV was in colors they thought is suitable for outdoor activities.

In sum, it was observed that rather than using their preferred color for every item, the participants used colors which they thought were most suitable for the product.

## References

- 1) K.B Schloss, E.D. Strauss, and S.E. Palmer: Object Color Preferences, *Color Research and Application*. 38-6 (2013), pp. 393-411
- 2) S.E. palmer and K.B. Schloss: An ecological valence theory of human color preference, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 107-19 (2010), pp. 8877-8882
- 3) M. Baniani and S. Yamamoto: A comparative study on correlation between personal background and interior color preference, *Color Research and Application*. 40-4 (2015), pp. 416-424

## 顔の明るさ知覚へのメラニン・ヘモグロビンの影響

# Effects of Melanin and Hemoglobin on the Perception of Facial Brightness

北野卓久	Takahisa Kitano	千葉大学大学院融合理工学府	Graduate School of Science and Engineering, Chiba University
佐藤弘美	Hiroimi Sato	千葉大学大学院工学研究院	Graduate School of Engineering Chiba University
溝上陽子	Yoko Mizokami	千葉大学大学院工学研究院	Graduate School of Engineering Chiba University

**Keywords:** 顔, 明るさ知覚, ヘモグロビン, メラニン, 明度.

### 1. はじめに

日本人は同明度でも赤みがかった肌を黄色がかった肌より明るく知覚することが示されている<sup>1)</sup>. この原因として, 赤みが強いほど明度が低いという肌色分布, もしくは血流変化による肌色明度低下を補正してより明るく知覚している可能性が考えられるが, 明らかではない. また, 肌色は, 主としてメラニンとヘモグロビンの色素成分量によって変化し, 色識別はその変化方向により異なることが示唆されている<sup>2)</sup>. そこで, 本研究では, メラニンとヘモグロビン色素成分量が変化したときの肌色の明度変化に対して, 顔の明るさがどのように知覚されるか検証する.

## 2. 実験

### 2.1. 実験環境

実験は暗室ブースで行った. 図1に, 顔画像<sup>1,3)</sup>を呈示した際の実験環境の例を示す. 視距離は60cm, 画像の視角は $17^\circ \times 13^\circ$ , 白線の幅の視角は $1.2^\circ$ とした. ディスプレイの左側に評価刺激, 右側にマッチング刺激を呈示した.

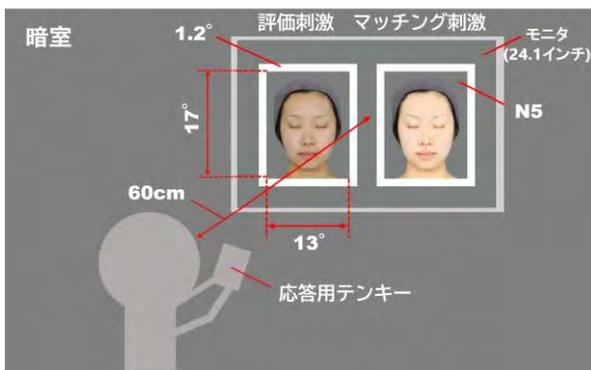


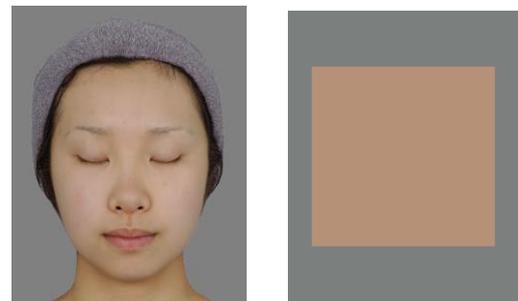
図1 実験環境(顔画像<sup>1,3)</sup>呈示の例

### 2.2. 実験刺激

図2に, 実験に用いた基準刺激を示す. 顔画像は, 先行研究で使用された, 資生堂が作成した平均顔である<sup>1,3)</sup>. 刺激には顔画像(a), 単色画像(b)を用いた. 単色画像の大きさは, 顔画像の顔部分の面積に合わせた.

基準刺激の顔色を, メラニン・ヘモグロビン増減方向に濃度倍率を0.3~1.9倍まで6段階に変化させた刺激を評価刺激とした. 図3は評価刺激の各顔色平均色をCIELAB色空間に示したものである. ヘモグロビン変化方向では, 21段階に変化させた刺激を用いた評価もした.

また, 色相を変えずに評価刺激の明度を増減方向に1ずつ変調させたマッチング刺激を作成した.



(a) 顔画像<sup>1,3)</sup> (b) 単色画像

図2 基準刺激

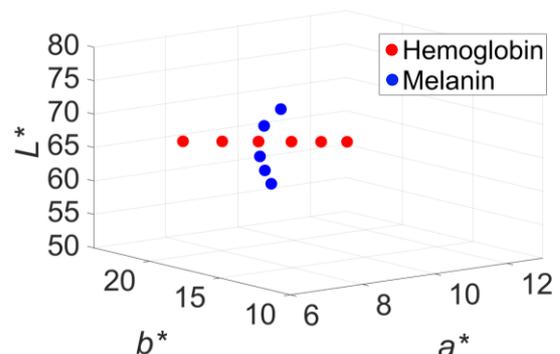


図3 メラニン・ヘモグロビンによる色変化

### 2.3. 実験手順

実験では調整法を用い、被験者自身が手元のテンキーでマッチング刺激の明るさを調整した。明順応、暗順応を1分ずつ行った後、評価刺激の明るさに一致するまでマッチング刺激の明るさを調整した。この作業を6枚分または21枚分繰り返し、1セッションとした。各条件につき合計5セッションずつ行った。ここで、刺激はランダム順に呈示し、呈示時間の制限は設けなかった。

### 2.4. 被験者

被験者は日本人6名(男性、色覚正常)である。

## 3. 結果と考察

図4にメラニン濃度方向での顔画像(オレンジの丸)と単色画像(灰色の四角)のマッチング明度の結果を示す。ここで、青色の三角は顔刺激の実際の明度(測定値)を示す。縦軸に応答明度、横軸にメラニン濃度倍率をとり、標準偏差をエラーバーとしている。メラニン濃度が増加する際、彩度が低いと明るく見え、彩度が高いと暗く見えている。これは、Shimakura & Sakata<sup>5)</sup>が示した明るさ知覚への彩度の効果と一致している。

図5に、ヘモグロビン濃度方向での顔画像(オレンジの丸)と単色画像(灰色の四角)のマッチング明度の結果および測定値(青色の三角)を示す。軸と凡例、エラーバーはメラニンと同じである。ヘモグロビン増減方向に変化させると、単色画像の時より顔画像の時の方が明るく知覚していることが分かる。濃度の倍率が2.0を超えると、この違いは統計的に有意であった。この傾向はメラニン濃度増減方向では見られなかったことから、ヘモグロビン濃度方向では、明るさ知覚への彩度以外の効果が働いており、ヘモグロビン増加による肌色の明度低下を補正する特性が示唆された。

この結果が出た要因として、顔の肌色分布特性が赤みの肌が低明度であることが考えられる。人はこれを補正して知覚する視覚メカニズムが働くため、同明度の場合に赤みの肌が明るく見えると解釈できる。また、ヘモグロビン濃度が上昇すると顔の明度は低くなり色は赤みがかかるという短期的な顔色に対して安定した明るさ知覚になるよう、顔色を明るく補正して認識している可能性が考えられる。

また、メラニン・ヘモグロビンの濃度成分量を変化させた際、各被験者における効果の大きさにはばらつきがあった。そこで、肌色変化に対する明るさ補正能力に個人差がある可能性を考え、先行研究<sup>1)</sup>と同様の条件で、基準刺激の色相を変えた際の明るさ知覚の実験を行った。しかし、色相の黄-赤み変化に対する見えの明るさ変化の大きさと本実験の変化の大きさに明確な関連は見られなかった。

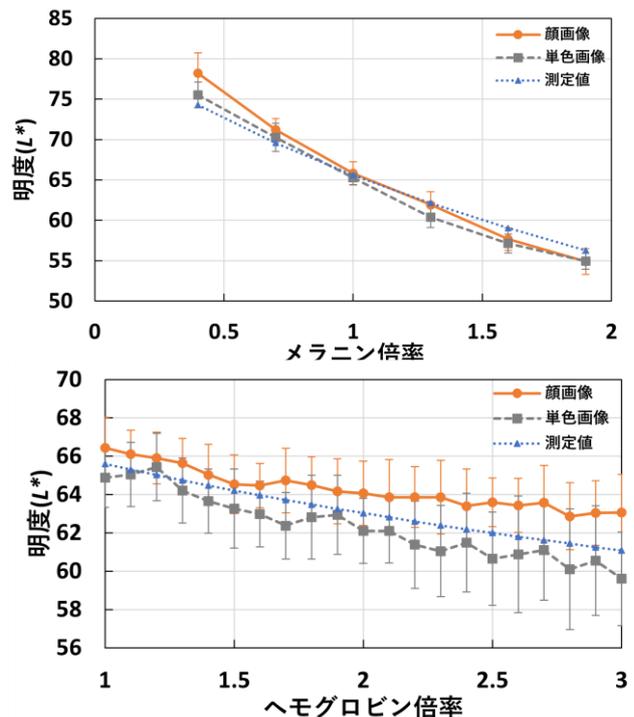


図5 ヘモグロビン濃度増減方向(顔単色比較)

## 4. まとめ

メラニンとヘモグロビン色素成分量が増加した時の顔の明るさ知覚を検証した結果、メラニン濃度方向に増減させると、顔画像、単色画像共に、彩度による明るさ補正の傾向を示した。

しかし、ヘモグロビンが増加すると彩度の効果が見られず、実際の肌の明度低下と比較して、より顔を明るく知覚する傾向が見られた。この傾向は同じ  $L^*a^*b^*$  を用いた単色画像では見られなかったことから、ヘモグロビン増加による肌色変化を補正する特性が示唆された。

また、ヘモグロビン増加による肌色変化を補正する特性が現れるのは、2.0倍以降であった。このことから、ヘモグロビン濃度倍率が一定以上に増加した時に補正効果が現れると考えられる。

### 参考文献

- 1) H. Yoshikawa, et al. Effect of chromatic components on facial skin whiteness, *Color Research & Application* 37 (2012) 281-291.
- 2) 濱田ら. 肌画像における肌色の弁別特性. *日本色彩学会誌* 42 (2018) 50-58
- 3) Y. He, et al. Comparisons in perception of facial skin brightness, as influenced by differences in skin color: Asian observers, *Color Research & Application* 46 (2021) 808-820
- 4) H. Shimakura & K. Sakata: Desaturation-induced brightness in face color perception. *i-Perception*, 10 (2019) 2041669519854782.

# 顔の印象が「似合う色」判断に及ぼす影響

## Facial Impression Influences the Judgment of "Suitable Colors"

森田 愛子	Aiko Morita	広島大学	Hiroshima University
山下 彩花	Ayaka Yamashita	広島大学	Hiroshima University
渡辺 樹里	Juri Watanabe	jewelblooming 株式会社	jewelblooming, LTD

**Keywords:** 似合う色, 顔, 印象, クラスタ分析

### 1. はじめに

ファッションやメイクなどにおいて、「似合う色」の使用を重視する人は多い。「似合う色」の判断基準として、現在最も主流となっている規準は、自身の持つ色と調和する色を「似合う」とする、色彩調和論に基づいた考え方であろう。「パーソナルカラー(その人の肌, 髪, 眼などのもって生まれた色素をもとに客観的に導き出された似合う色; 中根, 2020)」という用語も、一般的に用いられている。

一方、色彩調和論だけでは、似合う色を判断しきれていない可能性も指摘されてきた。例えば、楨・山本(1998)は、イエローベース, ブルーベース(パーソナルカラー診断の基本的な分類)の色が似合うグループに人々を分類できないという結果を報告した。三枝・渡邊(2014)は、その人の色以外の視覚的な特徴が、似合う色に影響する可能性を指摘している。もし、色彩調和のみで「似合う色」を判断することが困難であるならば、その人のどのような要素が判断に影響するのかを明らかにする必要がある。そして、その要素を客観的に示すことができれば、例えば診断を行う側, 行われる側の両者にとって、その判断の妥当性はより高まり、また、より説得力を持つだろう。そこで、本研究では、色彩調和以外の要素が似合う色の判断に影響を及ぼす可能性について検討する。

色彩調和以外に、似合う色に影響を与える要因として、その人の持つ印象が挙げられる。例えば、商品の場合ならば、私たちは、黒は香水瓶には合う色であり(Grossman & Wisenblit, 1999)、保湿クリームには合わない(Hanss et al., 2012)、などと判断する。この判断は、その商品のイメージと色のイメージとの一致度に影響されることが実

証されている(Hanss et al., 2012)。したがって、人の場合でも、その人の印象に一致する色の方が、そうでない色よりも似合うと判断されやすいのではないだろうか。そこで本研究では、似合う色と人物の印象との関連について顔画像を用いて検討する。研究1では色画像と顔画像の印象をそれぞれ測定して実験刺激を作成する。研究2では、顔画像に似合う色の判断を求める実験を実施する。互いに類似した印象を持っている顔と色の組み合わせは、より「似合う」と判断されやすいと予測する。

### 2. 研究1

色画像と顔画像の印象の類似度を操作した組み合わせ画像を作成するため、色画像・顔画像それぞれの印象評価を実施した。その際、両者の印象評価に、全く同じ項目を用いた。本研究では、色印象の調査(中川・富家・柳瀬, 1985)で使用された3因子12項目の評定項目のうち、顔画像では判断が困難であると考えられる2項目(きれい—きたない, 澄んだ—にごった)を除外した尺度を用いた。使用した項目とその因子は次のとおりである: Activity 因子(以下A. 暖かい—冷たい, 陽気な—陰気な, 動的な—静的な), Potency 因子(以下P. 濃い—うすい, 重い—軽い, かたい—やわらか, 強い—弱い), Evaluation 因子(以下E. 好き—きらい, 明るい—暗い, 派手な—地味な)であった。評定後、3因子の得点を用いてクラスタ分析を行い、その結果から、色画像と顔画像の印象を比較し、印象の類似した色と顔の組み合わせを抽出する。

#### (1) 色の印象調査の方法

**参加者** クラウドソーシングサービス「ランサーズ」を通して募集した日本人女性118名。年齢は20-60歳代であった(無回答20名)。

**刺激** 基本の10色相(R, YR, Y, GY, G,

BG, B, PB, P, RP) について, 稲葉 (2018) を参考に, それぞれ 3 トーン (vivid, pale, deep), 合計 30 枚の単色画像を作成した. それに無彩色 3 色 (Black, White, Gray) の単色画像を加え, 33 色の単色画像を用いた.

**手続き** オンライン上での調査であった. 参加者は, クラウドソーシングサービスを経由して本調査の URL を受け取り, 調査に回答した. 上に述べた 33 色の色画像のうち 1 色の画像を提示し, 先述の 10 項目の形容詞対について 7 段階で評定を求めた. それを 33 回, 全色画像について繰り返した. 所要時間は約 10 分であった.

## (2) 顔の印象調査の方法

**参加者** クラウドソーシングサービス「ランサーズ」を通して募集した日本人女性 216 名. 年齢は 20–60 歳代であった (無回答 70 名).

**刺激** 森田・山下 (2021) と同様の顔画像から, 本研究に適した刺激を選定した. もとの顔画像は, AI による顔生成サイトを用いて作成した (<https://generated.photos/>). 正面を向いており, 日本人と認識できる女性の顔画像 120 枚であった. 加工アプリを用い, それらの顔画像をより日本人らしい顔に加工した. さらに, 顔立ちの差が, 異なる印象を与える (落合・永井・齋藤, 2008) ことから, より多くの印象を与える顔を生成するため, 九島・齋藤 (2015) を参考に, パーツ配置・形状について加工を行った. これらの顔画像について予備調査を行い, 日本人らしさと, 顔の自然さが一定以上であった 84 枚を用いた. 調査の際には, 参加者の負担を考慮し, これらを 42 枚ずつの 2 セットに分けた.

**手続き** オンライン上での調査であった. 参加者は, クラウドソーシングサービスを経由して本調査の URL を受け取り, 調査に回答した. 顔画像を 2 秒間提示したのち, 色印象調査と同様に 10 項目について 7 段階で回答させた. 1 人の参加者につき 1 セット 42 枚の顔画像を評定させた. 度の参加者がどちらのセットの評定を行うかはカウンターバランスをとった. 所要時間は約 20 分であった.

## (3) 結果

33 色の色画像, 84 枚の顔画像について, 中川他 (1985) と同様, A, P, E 因子の平均得点を算出した. その際, 7 段階の評定結果について, 得点が高いほど因子名の表す方向の性質が高くなるように得点化した. 顔画像の調査については回答に不備のなかった 207 名のみを分析対象とした.

まず, 色画像の印象について, A, P, E 因子の得

点をデータとして, ユークリッド平方距離を用い, Ward 法による階層的クラスター分析を行った. デンドログラムの状態とクラスター間の特徴から, Figure 1 の 3 クラスターに分類するのが妥当であると判断した. 各クラスターの特徴に基づき, 1: APE 高クラスター, 2: APE 低クラスター, 3: P 高クラスターと命名した. 顔画像についてもクラスター分析を実施したが, 特徴のあるクラスターには分類されなかった. したがって, 以下の画像の類似度の操作には, 色の印象に基づいた 3 クラスターを用いた.

次に, 研究 2 で用いる色画像, 顔画像の選択を行った. まず, 色画像については, 各クラスターにおいて, 最もそのクラスターの特徴が反映されている色を 2 色ずつ選定し, 各クラスターの代表色とした. APE 高クラスターの代表色は vivid トーンの R と YR, APE 低クラスターの代表色は pale トーンの GY と BG, P 高クラスターの代表色は deep トーンの BG と PB であった. 顔画像の選定時には, 84 枚の画像の中から, 相対的に, 各クラスターの特徴に合う得点を有する画像を 4 枚選定し, 各クラスターの代表顔とした. ただし, APE 高クラスター, APE 低クラスターの代表顔には, 真顔というよりは笑顔といえる顔画像が含まれた. そこで研究 2 では, 笑顔といえる顔画像を含む笑顔あり課題と, それらの顔画像を真顔に入れ替えた笑顔なし課題を実施することとした. 笑顔なし課題に用いた顔画像は, クラスターの特徴を反映する程度は低下するが, 表情の影響を統制することができるためである.

## 3. 研究 2

### (1) 方法

**参加者** クラウドソーシングサービス「ランサーズ」を通して募集した日本人女性 188 名. 平均年齢は 42.6 歳 ( $SD = 10.0$ ) であった.

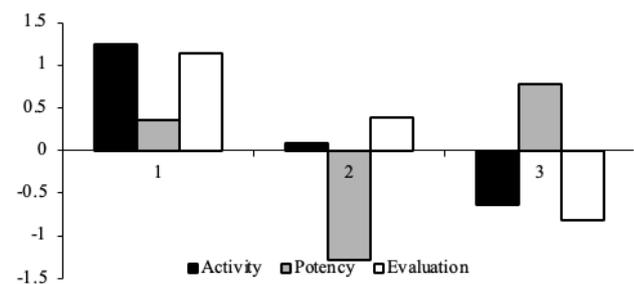


Figure 1. 色画像の印象評定のクラスター分析の結果.

**課題** PC画面上に表示される2枚の画像から、より似合うと感じる1枚を選択する、似合う色判断課題を実施した。参加者の半数は笑顔あり課題、半数は笑顔なし課題を行った。

**刺激** 研究1の結果選択された色画像6枚、顔画像12枚(ただし、笑顔あり課題となし課題で画像が異なる)を組み合わせた刺激画像を作成した。顔にその色が似合っているかを判断できるように、顔画像の下部に色画像を貼り付けた。これは、パーソナルカラー診断で一般的に行われている、顔の下にカラードレープをあてる方法に近い刺激画像である。

**手続き** 似合う色判断課題の判断対象となる画像ペアの顔画像は同一であり、顔の下に貼られている色画像のみが異なっていた。必ず、ペアの一方では顔と色の印象が一致しており(顔と色が同一クラスター)、もう一方では、印象が一致していなかった(顔と色が異なるクラスター)。各顔画像に対して、印象一致色2種類×不一致色4種類の、計8通りの組み合わせのペアがあった。笑顔あり課題・笑顔なし課題のいずれにも顔画像が12枚ずつあり、提示位置(左右)のカウンターバランスをとった。したがって、参加者は、12枚×8通り×2の合計192試行を行った。提示されるペア画像の順序はランダムであった1試行は、注視点(250ms)と、判断を求める2枚の画像ペアの提示から成っていた。どちらか一方の画像をクリックして判断を行うと、100msのブランクののち、次の試行に移行した。所要時間は、約10分であった。

## (2) 結果と考察

参加者が各顔に、どちらの色が似合うと判断したかについて、「同一クラスターの色を選択した率」、すなわち、印象一致色の選択率を算出した。

全参加者の、すべての顔画像について、印象一致色選択率の平均値を算出したところ、笑顔あり課題では62.3% ( $SD = .10$ ) であり、チャンスレベルを有意に上回った ( $t(93) = 11.476, p < .001, d = 1.676$ )、笑顔なし課題では58.6% ( $SD = .08$ ) であり、やはりチャンスレベルを有意に上回った ( $t(92) = 10.208, p < .001, d = 1.499$ )。つまり、全体的に、印象一致色がより「似合う」と判断されたことがわかる。

次に、クラスターごとに、印象一致色の選択率を集計した(Table 1)。まず、笑顔あり課題の結果について述べる。APE高クラスターの顔画像について、印象一致色の選択率は、APE低クラスター色とのペアでも ( $t(93) = 14.035, p < .001, d = 2.050$ )、P高クラスター色とのペアでも ( $t(93) = 8.120, p < .001, d = 1.186$ )、有意にチャンスレベルを上回った。すなわち、どちらのクラスターの色とのペアで提示された場合でも、APE高クラスターの色は、APE高クラスターの顔画像に似合うと判断されやすかった。P高クラスターの顔画像についても同様であり、印象一致色の選択率は、APE高クラスター色とのペアでも ( $t(93) = 3.014, p = .003, d = 0.440$ )、APE低クラスターとのペアでも ( $t(93) = 6.907, p < .001, d = 1.009$ )、チャンスレベルを有意に上回った。しかし、APE低クラスターの顔画像については、印象一致色の選択率は、APE高クラスター色とのペアではチャンスレベルを上回らず ( $t(93) = 1.061, p = .291, d = 0.155$ )、P高クラスター色とのペアでは、チャンスレベルとの差は有意傾向にとどまった ( $t(93) = 1.865, p = .065, d = 0.272$ )。

笑顔なし課題についても同様の分析を行った。APE高クラスターの顔画像について、印象一致色の選択率は、APE低クラスター色とのペアでも ( $t(92) = 6.711, p < .001, d = 0.985$ )、P高クラスター色

Table 1. 研究2における顔と色の印象一致色の選択率 (%)

課題	提示された顔のクラスター	比較対象画像の色のクラスター		
		APE高	APE低	P高
笑顔あり	APE高	—	75.9	67.1
	APE低	52.7	—	54.6
	P高	57.0	66.3	—
笑顔なし	APE高	—	62.8	58.8
	APE低	49.6	—	56.9
	P高	58.5	65.0	—

注: 顔のクラスターと色のクラスターが交わるセルにおいて、顔クラスターと一致するクラスターの色が選ばれた率を示している

とのペアでも ( $t(92) = 4.466, p < .001, d = 0.656$ ), 有意にチャンスレベルを上回った. P 高クラスターの顔画像についても同様であり, 印象一致色の選択率は, APE 高クラスター色とのペアでも ( $t(92) = 3.645, p < .001, d = 0.535$ ), APE 低クラスターとのペアでも ( $t(92) = 6.889, p < .001, d = 1.012$ ), チャンスレベルを有意に上回った. APE 低クラスターの顔画像については, 印象一致色の選択率は, P 高クラスター色とのペアでは, 有意にチャンスレベルを上回ったが ( $t(92) = 3.225, p = .002, d = 0.474$ ), APE 高クラスター色とのペアではチャンスレベルを上回らなかった ( $t(92) = 0.181, p = .857, d = 0.027$ ).

これらの結果から, APE 高クラスターや P 高クラスターの顔画像については, 安定して, 印象一致色が「似合う色」として選択されやすかったことがわかる.

ただし, APE 低クラスターについては, 印象一致色が選択されやすかったとはいえない. そこで補足的に, 顔ごとに印象一致色の平均選択率を算出し, チャンスレベルとの比較を行った. 笑顔あり課題なし課題で, 顔画像全5枚を用いたが, そのうち笑顔あり課題の1枚でのみ, APE 高クラスター色とのペアでも P 高クラスター色とのペアでも, 印象一致色の選択率が有意にチャンスレベルを上回った. 笑顔なし課題の1枚では, P 高クラスター色とのペアで印象一致色の選択率が有意にチャンスレベルを上回った. つまり, APE 低クラスターに関しては, 特定の顔でのみ印象一致色が選択されやすい場合があったということになる. それ以外の顔画像, ペアでは印象一致色の選択率が高くなかったことから, 本研究の APE 低クラスターについては, 全体的に, 印象が一致する色が選択されやすかったとはいえない. 顔ごとの分析結果から推測できるのは, APE 低クラスターの特徴に, 顔画像が十分に合致していなかったことである. 本研究で準備した顔画像の中から, 相対的に, APE 低クラスターにあてはまる顔画像を選択したものの, それらは APE 低クラスターの特徴を十分に備えていなかったと推測される.

#### 4. 総合考察

本研究の結果を全体的にみると, 顔画像の印象に近い色の方が似合うと判断されやすかったといえる. したがって, 似合う色の判断に, 顔画像と色の印象の類似度が影響することが示唆された. 三枝・渡邊 (2014) が述べたように, 色以外の視覚的な特徴が, 似合う色に影響することを実証したといえるだろう. 似合う色の診断において

も, 本研究のように SD 法を用いて顔の印象を測定し, 顔と色の印象の類似度から似合う色をある程度選定することができる可能性がある.

ただし, 印象一致色の選択率は, それほど高かったわけではない. このことは, 印象だけで似合う色を判定することが困難であることを示唆しており, 他の要因も同時に考慮すべきであることを示している. また, 本研究の課題として, 顔画像のバリエーションが挙げられる. 特に APE 低クラスターの分析の結果から, 顔画像の特徴に合致する顔画像の収集に問題があったことが推測される. 今後は, 顔画像のバリエーションを増やして, さらに検討する必要があるだろう.

#### 参考文献

- 1) 中根 かつみ: パーソナルカラー・ワークブック 第1版 色彩検定基礎 (2020)
- 2) 槇 究・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
- 3) 三枝 千尋・渡邊 克巳: 髪色と顔の「似合い」と魅力度——自己評価と他者評価—— 日本感性工学会論文誌. 13 (2014) 253-258.
- 4) Grossman R. P. & Wisenblit, J. Z.: What we know about consumers' color choices. *Journal of Marketing Practice: Applied Marketing Science*. 5 (1999) 78-88
- 5) Hanss, D., Böhm, G., & Pfister, H.R.: Active red sports car and relaxed purple-blue van: affective qualities predict color appropriateness for car types. *Journal of Consumer Behaviour*. 11 (2012) 368-380
- 6) 中川 正宣・富家 直・柳瀬 徹夫: 色彩感情空間の構成 日本色彩学会誌. 8 (1985) 147-158

## 顔色が表情の類似度認識に与える影響

### Influence of Facial Color on Facial Expression Similarity Recognition

道下 涼	Ryo Michishita	千葉大学大学院融合理工学府	Graduate School of Science and Engineering, Chiba University
山田 真希子	Makiko Yamada	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所	National Institute of Radiological Sciences, National Institutes for Quantum Science and Technology
佐藤 弘美	Hiromi Sato	千葉大学大学院工学研究院	Graduate School of Engineering, Chiba University
溝上 陽子	Yoko Mizokami	千葉大学大学院工学研究院	Graduate School of Engineering, Chiba University

**Keywords:** 顔色, 表情認識, 類似度認識.

ヘモグロビンの2種類の肌色条件の合計14枚を用いた.

#### 1. はじめに

ヒトの顔色は表情認識に対して影響を与えることが知られている<sup>1-3)</sup>. 加藤らは, ヘモグロビン増加方向の肌色変化は怒りの表情認識を促進し, ヘモグロビン減少方向の肌色変化は幸せの表情認識を促進することを示した<sup>2-3)</sup>. したがって, ヘモグロビン濃度の高い赤みの強い顔とヘモグロビン濃度の低い赤みの弱い顔では, 同じ顔刺激であっても認識される表情やその印象が変化することが予想される. 特に, あいまいな表情では, 情動の判断が困難なため, 顔色によって表情認識のカテゴリが変化しやすい可能性が考えられる. したがって, 怒りと幸せの中間的な表情では, 同じ顔刺激を使用してもその肌色によって, 顔の赤みが強ければ怒りと認識され, 顔の赤みが弱ければ幸せと認識されると予想される. そこで本研究では, 怒りから幸せへと表情が順に変化していく際の類似度認識を調べることで, 肌色が表情認識に与える影響を検証する.

#### 2. 実験

##### 2. 1. 実験刺激

図1に示すように, ATRデータベースの顔画像から男性の無表情, 幸せ, 怒りの表情の平均顔をそれぞれ作成した. さらに, 怒りから無表情, 無表情から幸せへと表情の割合を1/3ずつ変化させたモーフィング画像を作成した. その後, 作成した各顔刺激に対して, ヘモグロビン増加方向と減少方向に顔色を変調した. したがって実験には, 図2に示すように, 怒りから幸せへと表情が変化する7枚の顔刺激, それぞれ高ヘモグロビンと低



図1 実験刺激

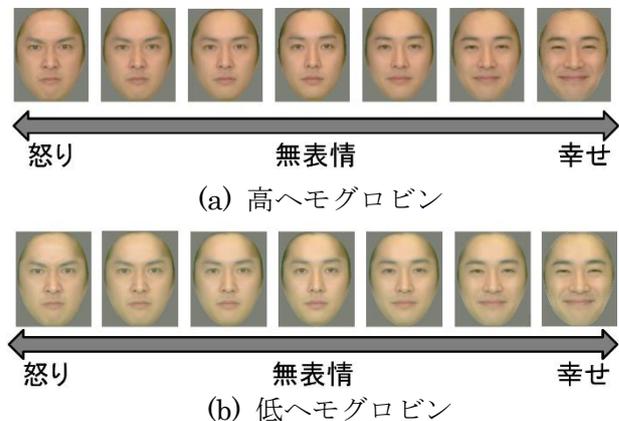


図2 表情モーフィング画像

##### 2. 2. 実験手順

実験は, 暗室で刺激をLCDモニタに呈示して行った. 1枚目の刺激, 固視点, 2枚目の刺激の順にそれぞれ0.5秒間呈示し, その後被験者は1枚目と2枚目に呈示された顔刺激に対する表情の類似度について応答した. 応答時間は無制限である. ここまでを1試行とし, これを14枚の顔刺激について総当たりで比較を行った合計196試行を1セッションとした. 刺激の呈示順は全てランダム

であった。各被験者につき合計2セッションずつ行った。

また、類似度の応答は1~8の8段階で行い、5を「どちらかというとき似ている」とし、数字が大きくなるほど類似度が高く、8で最大の類似度「全く同じ」とした。反対に4を「どちらかというとき異なる」とし、数字が小さくなるほど類似度を低く、1で最小の類似度「全く異なる」とした。また、被験者は男性5名だった。

### 3. 結果と考察

実験においてそれぞれの顔刺激のペアから得られた類似度をマトリックス状に配置し、非類似度行列を作成した。行列の各要素は4回の類似度応答の平均値が用いられた。また、非類似度行列は、肌色条件の同じ刺激同士（高ヘモグロビン×高ヘモグロビン、低ヘモグロビン×低ヘモグロビン）と、肌色条件の異なる刺激同士（高ヘモグロビン×低ヘモグロビン×低ヘモグロビン）の3種類に分類して示した。図3に、非類似度行列の被験者全体平均をヒートマップにより表す。Agは怒りの表情、Neは無表情、Hpは幸せの表情を表しており、Ag1などの各ラベルの数字が大きいかほど怒りや幸せの割合が高いことを表している。また、非類似度を表した行列であるため、数字が大きいかほど類似度が低く、ヒートマップ上で色が白に近いほど類似度が高いと応答されたことを示す。

(a)の高ヘモグロビン同士の比較から、左上の怒りの領域で全体的に類似度が高くなっていることがわかる。これはヘモグロビンの高い肌色条件により怒りの認識が促進された結果と考えられ、加藤らの結果<sup>2-3)</sup>とも一致する。一方で(b)の低ヘモグロビン同士の比較では、怒り、幸せともに類似度応答に対する影響はみられず、加藤らとは異なる結果となった。(a)では無表情に近いほど影響が大きかったことから、より表情変化を細かくした場合、幸せの表情についても低ヘモグロビンで促進の効果が得られる可能性が考えられる。最後に(c)の高ヘモグロビンと低ヘモグロビンの異なる肌色条件での比較では、顔色が異なることにより同じ表情でも類似度が低くなっていた。Ag1、Ne、Hp1で特に類似度が低くなっていること、(a)においてもAg1、Neで特に類似度が高くなっていることから、顔色の影響は無表情に近い表情ほど顕著であるといえる。

さらに、作成した非類似度行列を多次元尺度構成法(MDS)を用いて2次元平面上に変換したものが図4である。赤色のマーカーはヘモグロビン

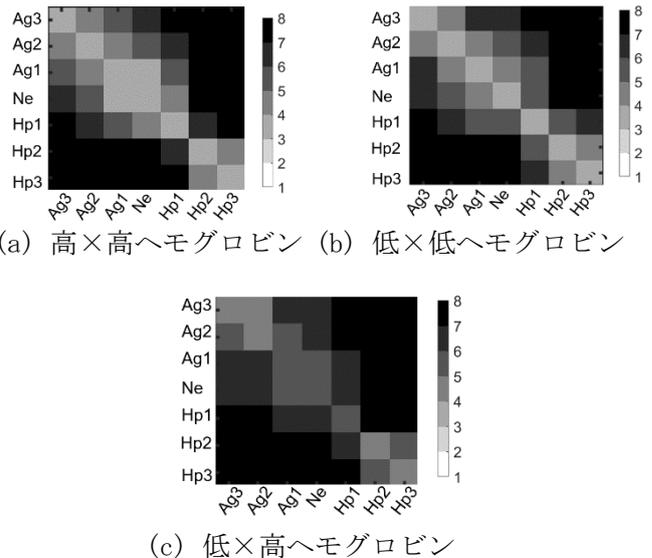


図3 全体平均の非類似度行列（白に近いほど類似度が高いことを示す）

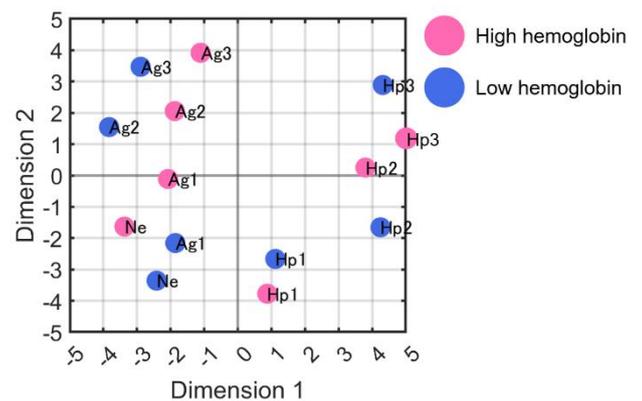


図4 表情類似度に関する全体平均のMDS

の高い肌色条件を、青いマーカーはヘモグロビンの低い肌色条件を表している。各マーカーにつけられたラベルについては図3と同様である。また、MDSでは、類似度の大きさが平面上での距離と対応しており、類似度が高いほど近くに、低いほど遠くに配置されている。

図4から、表情の種類ごとに各要素がまとまって配置されていることがわかる。同じ表情の刺激は互いに類似度が高く評価され、被験者が正しく応答できていたといえる。異なる肌色条件であっても、表情が同じ刺激同士は距離が近く類似度が高いと判断されている。ただし、高ヘモグロビンの無表情顔刺激Neは、低ヘモグロビンの怒りの顔刺激Ag1よりも、他の怒り刺激の集団の近くに位置していた。ここからも、ヘモグロビンの高い肌色条件によって怒りの認識が促進されたこと

が読み取れる。一方、MDSにおいても低ヘモグロビンで幸せの認識が促進されるという結果は得られなかった。

#### 4. まとめ

表情の類似度認識を調べることで肌色が表情認識に与える影響を検証した結果、高ヘモグロビンの肌色条件では怒りの表情について全体的に高い類似度がみられた。これは、ヘモグロビン濃度の高い顔色によって怒りの認識が促進されたためと考えられる。本研究においては、低ヘモグロビン条件では類似度の評価に対し影響は見られなかった。また、顔色が表情認識に与える影響は、無表情に近いほど大きいことが示唆された。

#### 参考文献

- 1) K. Nakajima, E. Minami & S. Nakauchi: Interaction between facial expression and color, *Scientific Report*, 7 (2017) 41019
- 2) 加藤雅大, 溝上陽子: メラニン・ヘモグロビン増減による肌色変化が表情の認識に与える効果, 日本視覚学会2020年夏季大会, *Vision*, 32, (2020) 146 (1S12)
- 3) M. Kato, H. Sato & Y. Mizokami: Effect of natural skin color change on facial expression recognition, *Proceedings of the 6th Asia Color Association Conference* (2021) 32-37

# 照明の分光強度分布がオンライン会議における顔の見えに与える影響

## Effect of the Spectral Power Distributions of Illumination on Facial Appearance at an Online Meeting

岩崎拓真 Takuma Iwasaki 千葉大学 Chiba University  
 佐藤弘美 Hiromi Sato 千葉大学 Chiba University  
 溝上陽子 Yoko Mizokami 千葉大学 Chiba University

**Keywords:** 照明, オンライン会議, 分光強度分布, 顔印象

### 1. はじめに

顔に照射する照明の色や分光強度分布が異なれば、相手に与える印象も異なる可能性がある<sup>1)</sup>。近年では、COVID-19の感染拡大により、オンライン会議を行う機会が増加している。しかし、オンライン会議の際、照明が顔の印象に与える影響については、具体的な知見が得られていない。

また、照明の色が顔の印象に与える影響は調べられているが<sup>2)</sup>、照明の分光強度分布の影響については十分検証されていない。

本研究では、カメラに映る際の照明の分光強度分布が、撮影画像における顔の見え方に与える影響を明らかにすることを目的とする。

### 2. 実験

#### 2. 1. 実験刺激

実験刺激用顔写真の撮影環境を図1に示す。部屋を模したブースにおいて、10種類のカメラで撮影した。

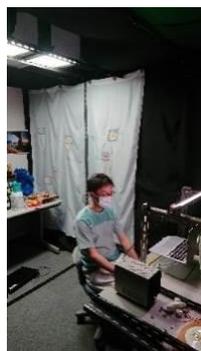


図1. 顔写真撮影の様子  
(実際の撮影時にはマスク未着用)

被写体のモデルに当てるデスクライトには、5種類の直管型LED光源を用いた。相関色温度は同等であるが分光強度分布が異なる、赤み強調

(相関色温度: 4800 K)、高演色(相関色温度: 5000 K)、ビビッドカラー(相関色温度: 5000 K)、一般型(相関色温度: 4800 K)、加えて電球色(相関色温度: 3000 K)である。図2に各デスクライトの分光強度分布を示す。

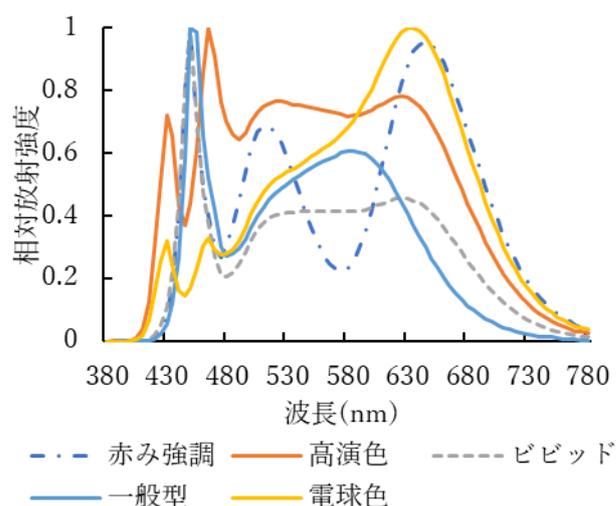


図2. デスクライトの分光強度分布

デスクライトは、机から45 cmの高さ、カメラの手前10 cmの位置に配置した。モデルの顔の高さは、机から30 cmの高さ、カメラから50 cmの位置とした。

#### 2. 2. 実験環境

図3に示す通り、評価実験は暗室内のLCDモニタに、実験刺激を呈示して行った。各顔画像の大きさは、視角で11°×11°程度とした。

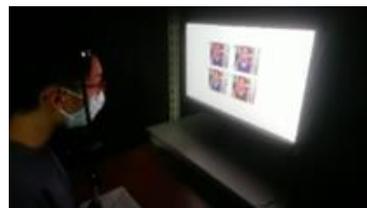


図3. 顔画像評価の様子

### 2. 3. 実験手順

観察者は、評価刺激の顔の見え方を、7段階で評価した。評価項目は、「明るさ(0. 暗い-6. 明るい)」、「好ましさ(0. 好ましくない-6. 好ましい)」、「自然さ(0. 自然でない-6. 自然である)」、「肌の色(緑~赤)(0. 緑っぽい-6. 赤っぽい)」、「肌の色(青~黄)(0. 青っぽい-6. 黄色っぽい)」、「肌の状態(0. 荒れている-6. 良好である)」、「影の薄さ(0. 濃い-6. 薄い)」、「顔のパーツの明瞭さ(0. ぼんやりしている-6. はっきりしている)」、「顔の見やすさ(0. 見にくい-6. 見やすい)」の9項目であり、概ね点数が高いほど高評価となる。観察者は10名とした。

### 3. 結果

図4に、デスクライトごとにまとめた、印象評価の結果を示す。横軸は評価項目、縦軸は評価点数を表す。棒は各デスクライトの結果であり、全観察者および全カメラの評価点数の平均値である。エラーバーは標準偏差である。ビビッドカラーと高演色の照明の評価が高く、一般型の照明は中間程度の評価になり、電球色の照明とは低い評価が得られた。

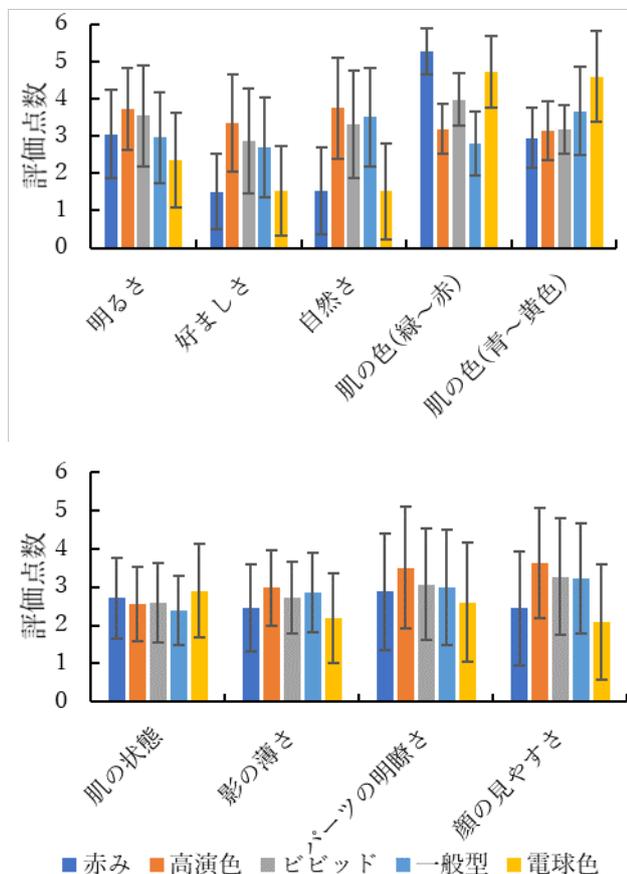


図4. デスクライトの種類ごとの評価結果

図5に、カメラごとにまとめた印象評価の結果を示す。各棒はそれぞれカメラA~Jの結果であり、全観察者および全デスクライトの評価点数の平均値である。エラーバーは標準偏差である。

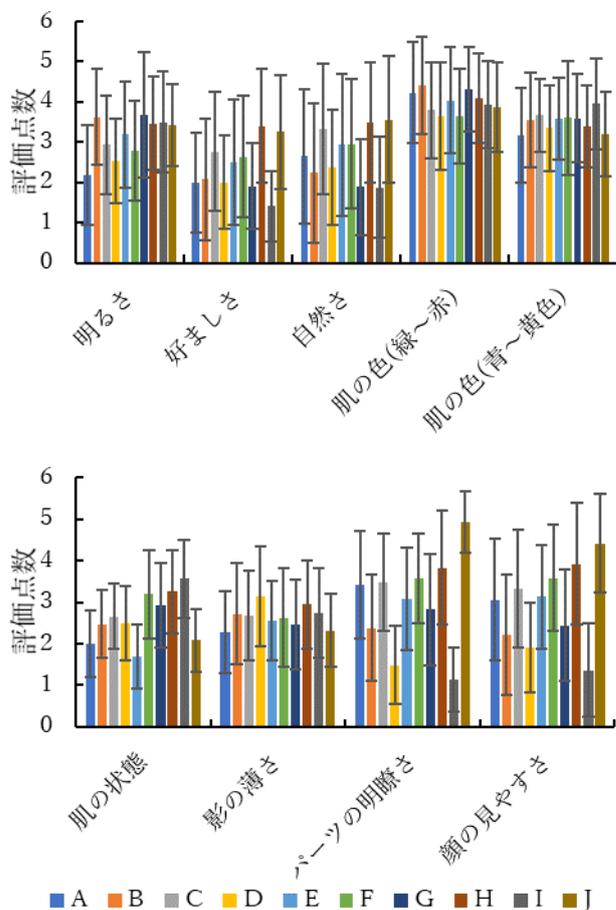


図5. カメラの種類ごとの評価結果

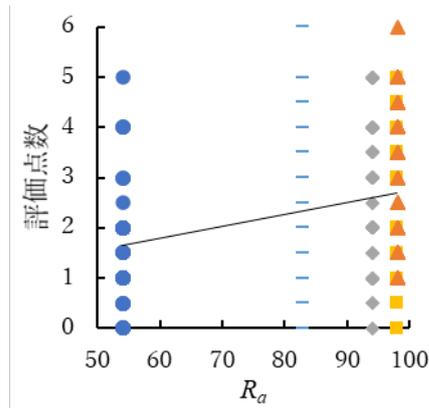
図5より、明るさの評価が高かったカメラの中には、好ましさや自然さの評価が低かったものもあった。このようなカメラの中には、白飛びが発生することで、好ましさや自然さの評価が低くなったと考えられる。

### 4. 考察

図4の結果から、顔が過度に赤く見える条件では、好ましさや自然さが低下したと考えられる。

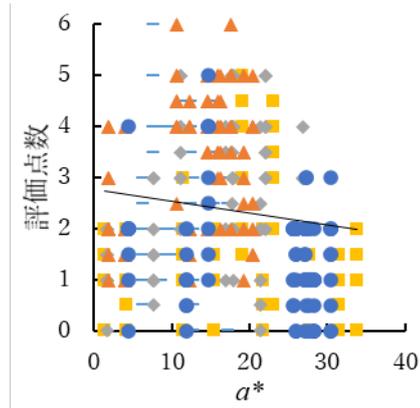
そこで、デスクライトの演色性や刺激に用いた顔の赤みと、好ましさおよび自然さの評価結果を検証する。

まず、好ましさおよび自然さと、各照明の平均演色評価数  $R_a$  の関係を調べたグラフを、図6に示す。各グラフの直線は、電球色の照明を除いた4種類の照明における近似直線である。



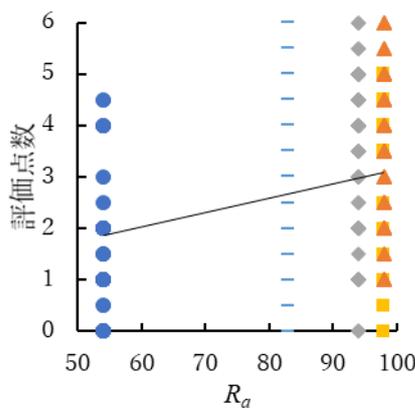
● 赤み強調 ▲ 高演色 ◆ ビビッドカラー — 一般型 ■ 電球色

(a) 好ましさと各照明の  $R_a$  の関係



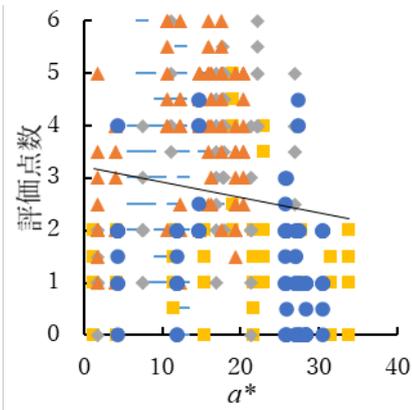
● 赤み強調 ▲ 高演色 ◆ ビビッドカラー — 一般型 ■ 電球色

(a) 好ましさと  $a^*$  の関係



(b) 自然さと各照明の  $R_a$  の関係

図 6. 好ましさと自然さと各照明の  $R_a$  の関係



(b) 自然さと  $a^*$  の関係

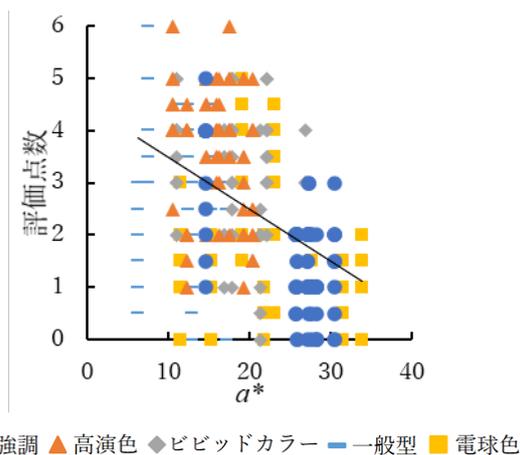
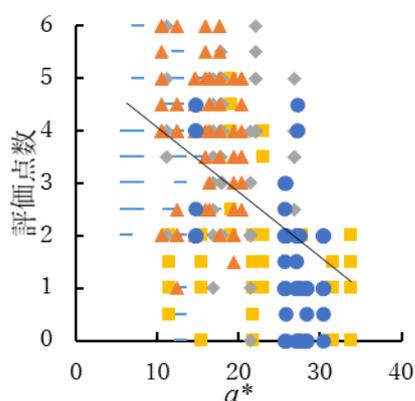
図 7. 好ましさと自然さとの  $a^*$  の関係

相関色温度が他の照明よりも低い電球色の照明を除き、演色評価数の低い自然光から離れた照明ほど、好ましさと自然さの評価が低くなることがわかった。なお、電球色の照明を除いた4種類の照明について、 $R_a$ と、好ましさと自然さの相関係数を求めたところ、 $R_a$ と好ましさは  $r = 0.47$ 、 $R_a$ と自然さは  $r = 0.53$ であった。

次に、図7に好ましさと自然さと赤み成分を表す CIELAB の  $a^*$ との関係を表したグラフを示す。ここで、 $a^*$ は各顔画像の顔写真の右頬部分の値である。各グラフの直線は、電球色の照明を除いた4種類の照明における近似直線である。

電球色の照明を除いた4種類の照明について、 $a^*$ と、好ましさと自然さの相関係数を求めたところ、 $a^*$ と好ましさは  $r = -0.13$ 、 $a^*$ と自然さは  $r = -0.16$ であり、目立った相関は見られなかった。

しかし、図7で示したグラフから、白飛びが発生した、カメラGとカメラIから得られたデータを取り除くと、図8に示すように、電球色の照明を除いた4種類の照明の間で、 $a^*$ が大きい、つまり赤みが強い照明ほど、好ましさと自然さの評価が低くなる傾向が見られた。

(a) 好ましさと  $a^*$  の関係(b) 自然さと  $a^*$  の関係図 8. 好ましき・自然さとの  $a^*$  の関係

電球色の照明を除いた 4 種類の照明について、 $a^*$ と、好ましきおよび自然さの相関係数を求めたところ、 $a^*$ と好ましきは  $r=-0.45$ 、 $a^*$ と自然さは  $r=-0.51$  であり、負の相関が見られた。

## 5. 結論

カメラに映る際の照明の分光強度分布が、撮影画像における顔の見え方に与える影響を調べた結果、同等の相関色温度を持つ照明でも、分光強度分布の違いにより、印象評価が異なることがわかった。また、相関色温度や演色性が高い照明ほど、より高い評価になること、顔の赤みが強調される照明は評価が低いことが示唆された。

## 参考文献

- 1) 佐藤千穂, 湊田隆義, 小堀正, 小松原仁, 鈴木恒男: 素肌・化粧肌の見えに及ぼす照明の影響, 照明学会誌, 77-10 (1993) 627-635
- 2) 矢野正, 橋本健次郎: 照明光の色温度の違いによる顔色の評価, 照明学会誌, 79-11 (1995) 665-671

# リップカラーの違いが肌の色の見えに与える影響 —視対象の提示方法の違いによる検討—

## Effects of Lip Color on Appearance of Facial Skin Depending on Visual Targets

駒井 香里 Kaori Komai 同志社女子大学 Doshisha Women's College of Liberal Arts  
 賀好 舞由紀 Mayuki Kako 同志社女子大学 Doshisha Women's College of Liberal Arts  
 奥田 紫乃 Shino Okuda 同志社女子大学 Doshisha Women's College of Liberal Arts  
 岡嶋 克典 Katsunori Okajima 横浜国立大学 Yokohama National University

**Keywords:**肌の色, リップカラー, 評価実験

### 1. はじめに

化粧は現代の女性にとって嗜みや自己表現の手段である。人は肌の色の変化に対して感度が高く<sup>1)</sup>, 肌の色の単色より肌画像の方が色変化に対する弁別機能が高いことが示されている<sup>2)</sup>。また, 肌に隣接するリップカラー等のポイントメイクによって, 肌の色の見えや顔の印象は異なると考えられる。そこで本研究では, リップカラーの違いが肌の色の見えに与える影響を明らかにすることを目的として, 顔画像, イラスト画像, 色票画像の3種の視対象の提示方法による主観評価実験を実施した。

### 2. 実験概要

実験に先立ち, 化粧品の主要メーカー4社のリップカラーを分光測色計[CM-700d/KONICA MINOLTA]で測色し, 測色値が近似しているものや, 化粧品市場において一般的でない色を除外した18色を, 本実験におけるリップカラー条件とした。これらのリップカラーを塗布, 及び塗布していない20代女性の化粧顔を, D65光源下で二次元分光放射計[SR-5000/TOPCON]を用いて測定し, 色度値を精確に再現した顔面鉛直面照度が500lxの顔画像を生成した。表1に視対象人物の化粧顔の下頬(口角横)部の測色結果を, 表2に視対象画像の唇部の測色結果を示す。次に, 肌, 唇, 頭髪, 眉の色・面積が顔画像と同値となるよう, 顔のイラスト画像を作成し, 各部位の色・面積を同値としながら唇・頭髪・眉を矩形に変え, さらに配置を変えて顔と認識できないよう, 色票画像を作成した。図1にリップカラー条件c5の場合の各種画像条件を, 図2にリップカラー無しの場合の各種基準画像を示す。なお図1と2の顔画像は視対象人物から使用許諾を得ている。

実験では, 暗室内に設置したモニタ[CG248-4K/EIZO]に, 18種のリップカラーを塗布した画像とリップカラー無しの画像を併置して評価者に提示し, リップカラー無しの画像を基準として, リップカラーを塗布した画像の肌の色の見え, 及び肌の色の印象

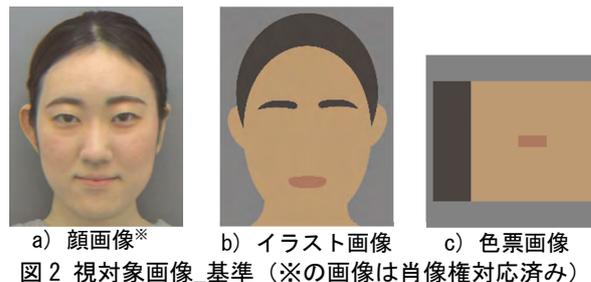
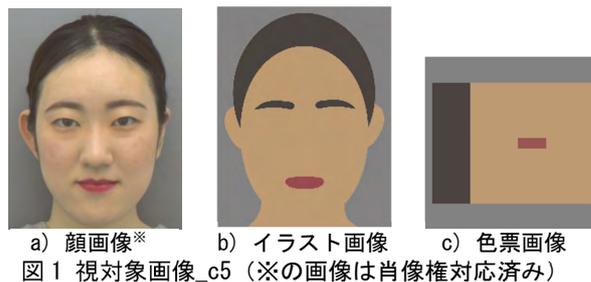
表1 視対象人物の化粧顔の下頬(口角横)部の測色値

視対象人物	L*	a*	b*	C*	h(°)	Melanin Index	Hb Index
下頬(口角横)	65.8	10.4	13.6	17.1	52.6	0.86	1.39

Melanin Index :メラニン量指数, Hb Index :ヘモグロビン量指数

表2 視対象画像の唇部の測色値

条件名	L*	a*	b*	C*	h(°)	条件名	L*	a*	b*	C*	h(°)
c1	53.7	46.6	11.0	47.9	13.3	c10	49.8	45.7	20.2	49.9	23.8
c2	51.1	42.0	11.1	43.4	14.8	c11	52.4	44.4	23.2	50.1	27.6
c3	51.1	41.0	14.2	43.4	19.1	c12	58.3	31.5	17.3	35.9	28.7
c4	58.0	36.8	13.0	39.0	19.4	c13	48.2	42.5	23.7	48.7	29.1
c5	51.6	41.2	14.9	43.8	19.9	c14	53.0	39.1	26.8	47.4	34.5
c6	47.1	46.5	16.9	49.5	20.0	c15	59.5	27.7	20.0	34.1	35.8
c7	46.8	33.7	12.4	35.9	20.2	c16	62.2	28.3	20.4	34.9	35.8
c8	52.0	40.2	15.5	43.1	21.0	c17	58.7	27.7	20.6	34.5	36.7
c9	45.7	36.9	15.2	39.9	22.3	c18	50.5	26.6	20.6	33.6	37.7
						リップカラー無し	62.9	24.5	19.1	31.1	38.0



を評価させた。肌の色の見えに関する評価(明るさ, 白-黒, コントラスト, 赤み-黄み)では, 顔画像, イラスト画像, 及び色票画像を視対象とし, 肌の色の印象に関する評価(自然さ, 品性, 活気, 好ましさ)<sup>3)</sup>では, 顔画像, 及びイラスト画像を視対象として, いずれも-10から+10の数値尺度で回答させた。視対象が顔画像, 及びイラスト画像の場合には, 左右の下頬(口角横)部を, 色票画像の場合には, 中央短形の上下部分の評価対象とするよう, 評価者に教示した。評価者は同志社女子大学生生活科学部に所属する20代女性7名とし, 1名につき3回実施した。

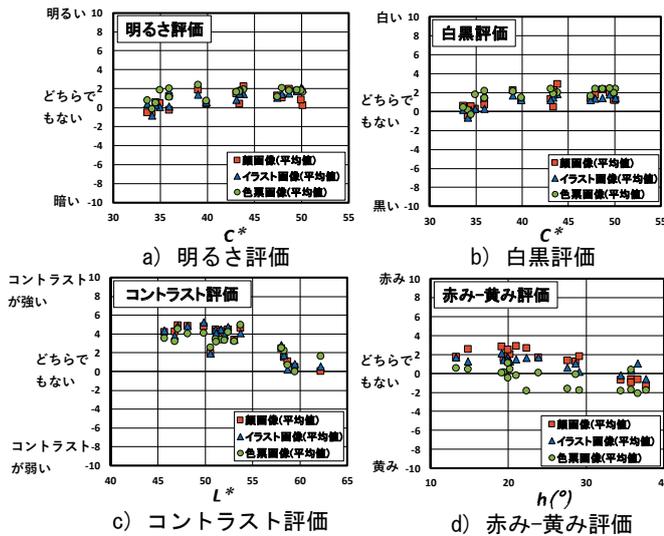


図3 肌の色の見えに関する評価結果(平均値)

### 3. 実験結果

#### 3.1 肌の色の見えに関する評価結果

図3に肌の色の見えに関する評価項目の結果を平均値で示す。リップカラー(18色)と視対象の種類(顔, イラスト, 色票)を要因として二元配置分散分析を行った結果, 全ての評価項目でリップカラーの主効果が認められ( $P < .005$ ), コントラスト評価を除く3つの評価項目で視対象の種類の主効果が認められた( $P < .05$ )。明るさ評価と白-黒評価では, リップカラーの $C^*$ 値が低い条件で肌がやや暗く, 黒く見える傾向がみられ, リップカラーの $C^*$ 値が約50(条件c10, c11)のとき, 顔画像はイラスト画像・色票画像よりも暗く, 黒く見える傾向が示された。また, 顔画像とイラスト画像に対する両評価項目の結果に相関関係が見られた( $R > 0.7$ )。

コントラスト評価では, リップカラーの $C^*$ 値が高いほどコントラストが強い傾向が見られ, 肌の色との明度差がコントラスト評価に影響することがわかる。赤み-黄み評価では, リップカラーの色相角が小さいほど赤みに見える傾向が見られるが, 顔画像では, リップカラーの色相角が20°のときよりも15°未満の条件で, やや赤みが低下する傾向も読み取れた。また, 条件c16を除く全てのリップカラー条件において, 色票画像は顔画像・イラスト画像よりも黄みに見える傾向が示された。

#### 3.2 肌の色の印象に関する結果

図4に肌の色の印象に関する評価項目の結果を平均値で示す。リップカラー条件(18色)と視対象の種類(顔, イラスト)を要因として二元配置分散分析を行った結果, 全ての評価項目でリップカラー条件の主効果が認められたが( $P < .005$ ), 視対象の主効果はいずれの項目でも認められなかった( $P > 0.05$ )。自然さ評価, 及び品性評価では, リップカラーの色相角が

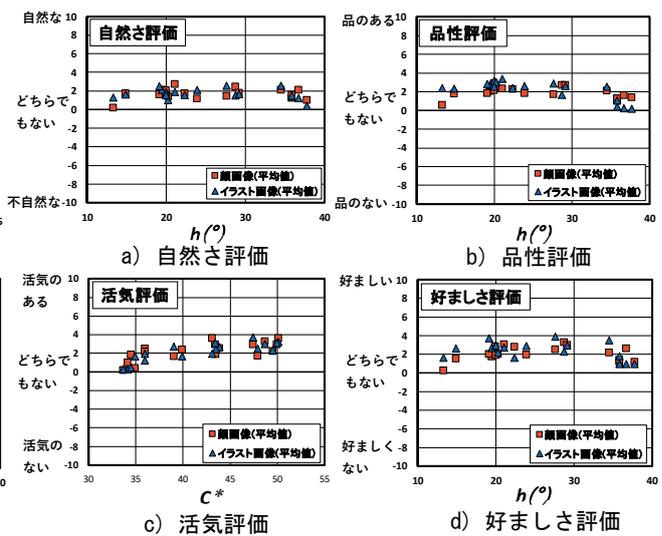


図4 肌の色の印象に関する評価結果(平均値)

20°未満, 及び35°以上のとき評価がやや低い傾向が見られた。活気評価では, リップカラーの $C^*$ 値が高いほど活気がある傾向が示された。また, 好ましさ評価では, リップカラーの色相角が20~30°の条件下で, 好ましく感じられることがわかった。

好ましさを独立変数, 自然さ・品性・活気を従属変数として重回帰分析を行った結果, いずれの視対象画像においても, 自然さ, 品性, 活気が好ましさに同程度に影響し, これら3つの評価項目で好ましさを説明できることが確認された。

### 4. おわりに

本研究では, リップカラーの違いが肌の色の見えに与える影響を明らかにすることを目的として, 顔画像, イラスト画像, 色票画像の3種の視対象の提示方法による主観評価実験を実施した。その結果, いずれの視対象においても, リップカラーの違いが肌の色の見えや印象に影響を与えることが示された。また, 人の顔や顔のイラストにおける肌の色は, 同じ色・面積条件の色票の肌の色よりも, 赤みに見えることから, 視対象の提示方法の違いが肌の色の見えに影響を与えることが示された。

#### 【謝辞】

本研究は2021年度同志社女子大学研究助成金(個人研究, 整理番号'21-12)の助成を受けたものである。また本実験で使用した画像の生成において, 横浜国立大学の永田雅人氏と鍵本明里氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 淵田隆義: カラー画像色量子における肌色依存性, 照明学会誌81(2), pp.73-79, 1997
- 2) 濱田一輝, 溝上陽子, 菊地久美子, 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42(2), pp.50-58, 2018
- 3) Shino Okuda and Katsunori Okajima: Effects of Spectral Component of Light on Appearance of Skin of Woman's Face with Make-up, Journal of Light & Visual Environment 40, pp.20-27, 2016

# 色弁別の知覚学習がカテゴリカル色知覚を変化させる

## Perceptual learning of color discrimination alters categorical color perception

堀内涼葉 Suzuha Horiuchi 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

**Keywords:** 色弁別, 知覚学習, カテゴリカル色知覚, ユニーク色.

### 1. はじめに

数日間の知覚課題の訓練による知覚感度上昇を知覚学習という。従来研究から、方位弁別やコントラスト感度など様々な知覚課題に対し知覚学習の効果があることが示されてきた<sup>1)2)</sup>。

一方、色知覚における知覚学習の研究は乏しい。色知覚に知覚学習が生じることは示されている<sup>3)</sup>。しかし、例えば色弁別の知覚学習を行った後、学習色以外の色における弁別感度や他の色課題の感度にどのような影響を与えるかはほとんどわかっていない。

本研究では、色弁別に対し知覚学習を行うことで、色知覚特性がどのように変化するかを明らかにすることを目的とする。その際に、他の色や色弁別以外の課題への学習効果の転移から、色知覚学習の基盤となるメカニズムについて考察する。

## 2. 実験概要

### 2.1. 実験全体の流れ

実験は、一般的な知覚学習のパラダイムである、テスト-訓練-テストの方式に従って行った。訓練期間は5日間で、その間は同じ色において色弁別課題を繰り返し行った。一方テストはその前後に1日ずつ行った。そのため、実験全体の期間は7日間であった。なお、この7日間は、2日以内の空きを含む、なるべく連続した7日間とした。また、以下に示す4種類のテストの実施順は被験者間でカウンターバランスを取った。

### 2.2. 被験者

実験には東京工業大学の学部生、大学院生、教員の合計17名が参加した。うち4名が女性であり、年齢は22才から57才であった。

全被験者は正常な視力または矯正視力を有していた。また、実験前に、石原式色覚検査表IIを

用いて全被験者が正常色覚を有していることを確認した。本実験は、ヘルシンキ宣言に基づいた倫理審査の承認を受け、全被験者からのインフォームドコンセント(実験同意書)を取得した。また、被験者は、色弁別訓練の色方向が異なる、L-M群8名とS群9名の2群に分けられた。

### 2.3. 装置

実験は暗幕で覆われた暗室実験ブースにて行われた。刺激は実験ブースに設置された液晶ディスプレイ(EIZO社 ColorEdge CG2730)に呈示した。色彩輝度計と分光放射輝度計によりディスプレイの校正を行った。刺激の呈示や被験者の応答取得などの実験のコントロールには、MATLAB 2020bとPsychtoolbox3によるプログラムを用いた。実験中、被験者はテンキーボードを用いて応答した。被験者は、暗室実験ブースの中で、頭の位置を顎台で簡易に固定され、75cmの距離から刺激を観察した。

## 2.4. 刺激

### 2.4.1. 色空間

本実験では、刺激色を定義する色空間として、Stockman & Sharpe (2000)<sup>4)</sup>の錐体分光感度に基づくMacLeod-Boynton色度図を修正した色空間を用いた。原点は等エネルギー白色の色度であり、L-M軸とS軸はディスプレイの色域で正規化された。以後、この色度図をMB色度図と呼ぶことにする。

刺激の色度は、MB色度図における原点からの距離である彩度 $s$ と、角度 $\theta$ で表す。 $\theta = 0^\circ$ がL-M軸の正方向、 $\theta = 90^\circ$ がS軸の正方向に対応する。また、刺激の輝度は $20 \text{ cd/m}^2$ に固定されており、等輝度刺激であった。

### 2.4.2. 刺激の空間構成

刺激の空間構成を図1に示す。これは、色弁別訓練、テスト1から4すべてに共通して用いられた。

背景の色は $20 \text{ cd/m}^2$ の MB 色度図の原点の色であり、背景上に固視点と円が 4 つ表示された。これらの円の色は、訓練と各テストで設定が異なっているため、以下の節で詳述する。

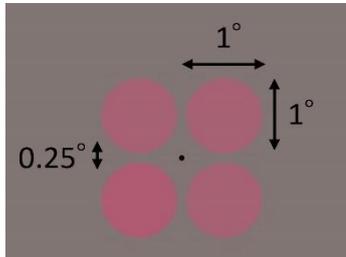


図 1: 刺激の空間構成

### 3. 色弁別訓練

#### 3.1. 刺激

色弁別訓練の刺激では、4 つの円のうち、1 つだけ色が異なっていた。3 つの同色刺激を「基準刺激」、1 つだけ色が異なる刺激を「ターゲット刺激」と呼ぶ。また、基準刺激の色を「基準色」と呼ぶ。基準刺激とターゲット刺激の色差は、実験中に PSI 上下法<sup>2)</sup>により制御した。基準色は、MB 色度図における $(\theta, s) = (0, 0.81)$ であった。ターゲット刺激の色度は、基準色から L-M 群は L-M 方向に、S 群は S 方向に変化させたものであった。

#### 3.2. 手続き

実験が開始されると、0.5 s の間刺激が呈示され、その後グレーの背景に固視点のみが表示される状態となる。このとき、被験者は 4 円のうち異なる色に見える円を 4 肢強制選択 (4AFC) により選ぶように求められた。被験者が応答すると、円刺激が消え試行が終了した。誤答となった場合に警告音を鳴らし、フィードバックを与えた。その後次に次の試行に移行し、再び刺激が呈示された。

1 セッションでは 200 試行の実験を行った。訓練は 1 日 1 セッションのみ行い、また 5 日間行われた。すなわち、訓練全体では、合計 1000 試行の応答が得られたことになる。

#### 3.3. 結果

例として、L-M 群の 5 日間の閾値の推移を図 2 に示す。点線は各被験者の結果、赤実線は被験者間の平均値である。エラーバーはブートストラップ法により得られた 95% 信頼区間を表す。黒実線は、全被験者の平均値に対し、線形近似から得られた直線である。個人差はあるが、全体的な傾向としては学習日が進むと閾値減少していることが見て取れる。対応のある有意水準 5% の片側 t 検定により、5 日目の閾値は 1 日目より有意に小さ

かった。S 群でも同様の結果であった。この結果から、色弁別訓練により弁別閾値が減少したことが示された。

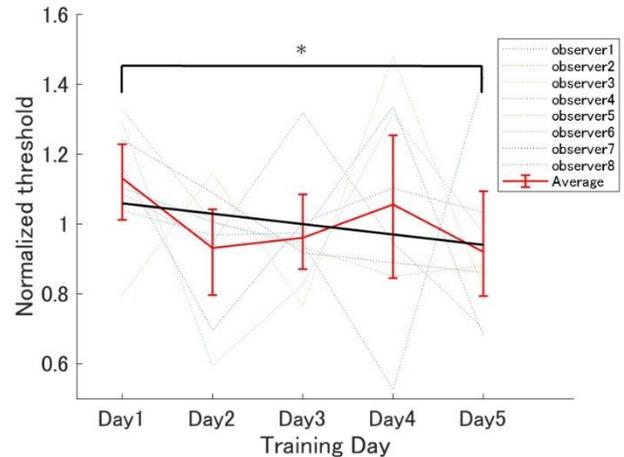


図 2: 色弁別訓練: L-M 群の正規化弁別閾値

### 4. テスト 1: 色弁別

#### 4.1. 方法

テスト 1 の刺激は、色弁別訓練と同様であった。基準色の色相 $\theta$ は、MB 色度図における 0, 90, 180, 270°の 4 種類であり、彩度 $s$ は、どの条件においても 0.81 であった。また、ターゲット刺激の色は、PSI 上下法によってそれぞれの基準刺激色から L-M 方向あるいは S 方向に変化させた。そのため、計 8 条件の弁別閾値を測定したことになる。以下、ターゲット刺激を、L-M 方向に変化させた条件を「L-M 方向条件」、S 方向に変化させた条件を「S 方向条件」と呼ぶ。

手続きは基本的に色弁別訓練と同一であったが、テストにおける知覚学習の進行を避けるため、誤答の際のフィードバックは与えられなかった。1 セッションでは、8 種類の色条件のうちいずれか 1 条件について、100 試行の実験を行った。

#### 4.2. 結果

例として、L-M 群の学習前後の閾値を図 3 に示す。パネルが色条件に対応する。各パネルの横軸は訓練の前か後かを、縦軸は被験者ごとの訓練前後の閾値の平均値で除算した正規化閾値を表す。

多くの条件で閾値が訓練後に減少しているが、全体的には L-M 方向条件の方がその傾きが大きく見える。正規化した閾値について、学習前後の違いについて、8 条件それぞれにおいて有意水準をホルム法により補正した上で対応のある片側 t 検定を行った。その結果、統計的有意差が見られたのは 0°L-M 方向のみであった ( $p < .05$ )。これは、訓練条件と基準色・色方向が同じ条件であった。

ただし、 $90^\circ\text{L-M}$  方向、 $270^\circ\text{L-M}$  方向、 $0^\circ\text{S}$  方向も、有意傾向であった( $p < .10$ )。これらの  $90^\circ\text{L-M}$  方向、 $270^\circ\text{L-M}$  方向は、訓練と同じ色方向、 $0^\circ\text{S}$  方向は訓練と同じ基準色の条件であった。一方、S 群では、訓練前後で有意差を示したのは、 $0^\circ\text{S}$  方向のみであった( $p < .05$ )。この結果から、色弁別学習は、学習時と違う基準色でも同じ色変化方向に対し、また違う色変化方向でも同じ基準色に対し、波及する可能性が示唆された。

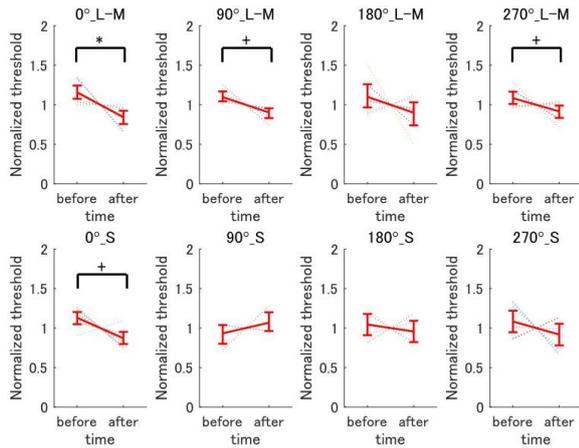


図 3：テスト 1：L-M 群の正規化弁別閾値

## 5. テスト 2：色差知覚

テスト 2 では、閾上色差を調整法により測定した。この実験では、被験者は有彩色の色差を無彩色の明るさの差として再現した。テスト 1 と同様に、4 基準色  $\times$  2 方向の合計 8 条件を行ったが、すべての条件において訓練前後で有意差が見られなかった。本稿ではグラフの掲載を割愛する。

## 6. テスト 3：色カテゴリー境界知覚

### 6.1. 方法

テスト 3 は、色カテゴリー境界を PSI 上下法により測定する実験であった。この実験では、学習基準色に近い、オレンジとピンクの境界、紫とピンクの境界の 2 種類を計測した。

テスト 3 の刺激では、4 円はすべて同じ色であった。PSI 上下法によって、被験者の応答に基づいて呈示色の色相を変化させた。この変化は、彩度  $s$  が 0.81 の円環上で行われた。

オレンジとピンク、紫とピンクの実験は別々のセッションで行われた。実験が開始されると、0.5 s の間刺激が呈示された。このとき、被験者は 4 円の色が、ピンクと呼べるか、ピンクと呼べずどちらかと言えばオレンジか（または紫と呼べるか、紫と呼べずどちらかと言えばピンクか）を 2 肢強制選択 (2AFC) により選ぶように求められた。被

験者の応答が得られた後、履歴効果や呈示色への順応を防ぐために、彩度  $s = 0.81$  の円環上からランダムに 5 色を選び、0.1 s ずつ呈示した。その後 0.3 s の背景呈示を挟んで次の試行に移行し、再び刺激が呈示された。また、1 セッションは 100 試行からなり、各被験者は 1 セッションのみの実験を行った。

## 6.2. 結果

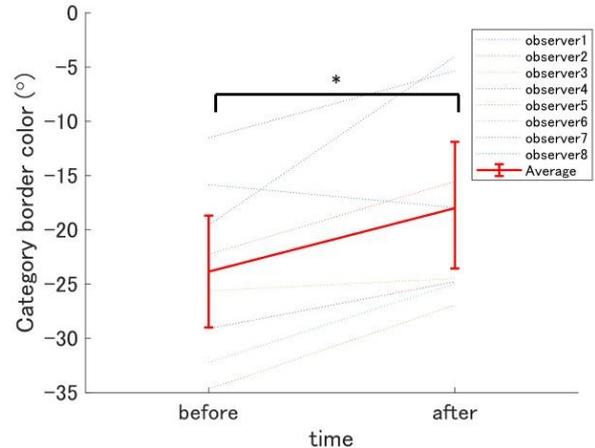


図 4：テスト 3：L-M 群のオレンジとピンクの境界

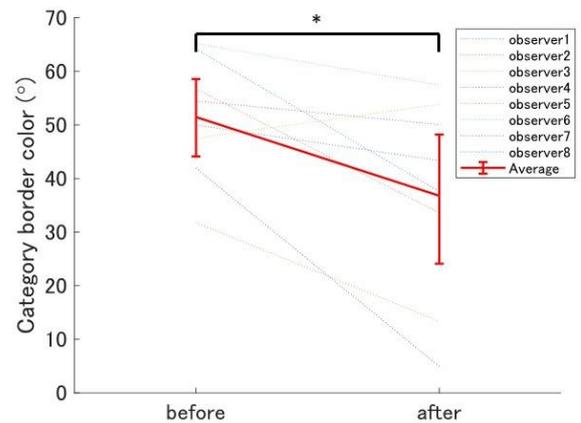


図 5：テスト 3：L-M 群の紫とピンクの境界

L-M 群の学習前後のオレンジとピンクの境界の推移を図 4 に示す。全体的に学習後にオレンジとピンクの境界が  $0^\circ$  方向にシフトしていた。有意水準 5% で対応のある両側 t 検定を行ったところ、訓練後にオレンジとピンクの境界が有意に変化することが示された( $p < .05$ )。一方、S 群に対しても同様の解析を行ったが、訓練前後で有意差は見られなかった。

L-M 群の学習前後の紫とピンクの境界の推移を図 5 に示す。全体的に学習後に紫とピンクの境界が  $0^\circ$  方向にシフトしていた。有意水準 5% で対応のある両側 t 検定を行ったところ、訓練後に紫とピンクの境界が有意に変化することが示され

た ( $p<.05$ ). S 群に対しても同様の解析を行ったところ、L-M 群と同様の結果となった。

## 7. 実験4：ユニーク色知覚

### 7.1. 方法

テスト4では、色の見えをユニーク色の変化により計測した。具体的にはユニークレドを計測対象とした。刺激は、テスト3と同様であった。手続きもテスト3と同様であったが、インストラクションのみが異なっていた。被験者は4円の色が、どちらかと言えば青みを帯びている（紫寄りの色）か、黄みを帯びている（オレンジ寄りの色）かを2肢強制選択（2AFC）により応答した。

### 7.2. 結果

L-M 群の学習前後のユニークレドの推移を図6に示す。訓練前にユニークレドの位置が $0^\circ$ 以下であった被験者は、全員訓練後にユニークレドの位置が $0^\circ$ 方向に移動していた。有意水準5%で対応のある両側t検定を行ったところ、訓練前後でユニークレドの色が有意に変化することがわかった( $p<.05$ )。S 群に対しても同様の解析を行ったが、訓練前後で有意差は見られなかった。

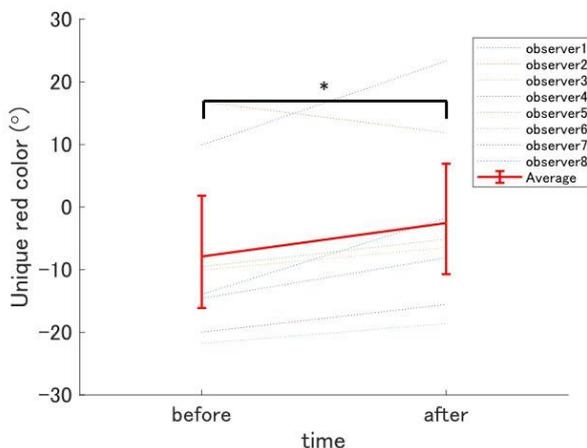


図6：テスト4：L-M群のユニークレド

## 8. 考察

色弁別訓練の結果より、訓練を通して色弁別感度が上昇したことが確認できた。これは先行研究⑨と同様の結果であり、色弁別においても知覚学習が働くことが改めて確認された。

テスト1の色弁別の結果より、色弁別感度の上昇効果は、基準色が異なっても色変化方向が訓練と同方向であれば波及する可能性が示唆された。しかしながら、この効果は微弱なものであるため、更なる実験が必要である。

テスト3では、特にL-M群において、オレンジ-ピンク、紫-ピンクの境界がいずれも訓練色であ

る $0^\circ$ 方向にシフトした。この結果は、色弁別の訓練により、ピンクと呼べる色範囲が狭くなったことを意味している。さらに、テスト4のユニークレドの測定では、L-M群において、訓練前後にユニークレドに知覚される色が $0^\circ$ に近づいた。ユニークレドは色の見えの指標と考えることができるため、色弁別訓練によりL-M群では色の見え自体が変化する可能性、その影響を受けてカテゴリー境界が変化する可能性が示された。

ただし、課題も多く残っている。この学習による色の見えやカテゴリーの変化が、色を見続けたことによる影響なのか、色弁別を繰り返したことによる影響なのかは不明である。また、訓練基準色から離れた色における見えやカテゴリーの変化も本研究では計測していない。これらは今後の研究で検討を続ける予定である。

## 9. おわりに

本研究では、色弁別学習が様々な色課題の感度に与える影響を調べた。その結果、学習していない色へ訓練効果が波及する可能性が示唆された。さらに、特にL-M群で、ユニークレドならびにオレンジ-ピンクと紫-ピンクの境界が学習基準色方向に有意にシフトした。この結果は、色弁別学習が色の見えを変化させ、それが色カテゴリーをも変化させる可能性を示している。

## 参考文献

- 1) A. Schoups, R. Vogels, N. Qian, and G. Orban: Practising orientation identification improves orientation coding in V1 neurons, *Nature* 412 (2001) 549-553
- 2) P. T. Sowden, D. Rose, and I. R. L. Davies: Perceptual learning of luminance contrast detection: specific for spatial frequency and retinal location but not orientation, *Vision Res.* 42 (2002) 1249-1258
- 3) E. Ozgen, and I. R. L. Davies: Acquisition of categorical color perception: a perceptual learning approach to the linguistic relativity hypothesis, *J. Exp. Psychol. Gen.* 131 (2002) 477-93
- 4) A. Stockman and L. T. Sharpe: Tritanopic color matches and the middle- and long-wavelength-sensitive cone spectral sensitivities. *Vision Res.* 40 (2000) 1739-1750
- 5) L. L. Kontsevich and C. W. Tyler: Bayesian adaptive estimation of psychometric slope and threshold. *Vision Res.* 39 (1999) 2729-2737
- 6) A. Grandison, P. T. Sowden, V. G. Drivonikou, L. A. Notman, I. Alexander and I. R. L. Davies: Chromatic perceptual learning but no category effects without linguistic input. *Front. Psychol.* 7:731 (2016)

# 視覚特性の個人差を考慮した ipRGC が色弁別に与える影響の考察 Consideration of Influence of ipRGC on Color Discrimination Considering Individual Differences in Visual Characteristics

大津昌也  
田中 緑  
堀内隆彦

Masaya Ohtsu  
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:** ipRGC, 色弁別, 分光分布, 条件等色, 錐体個人差.

## 1. はじめに

21世紀に入り、錐体、桿体とは異なる第3の光受容体細胞である内因性光感受性網膜神経節細胞 (intrinsically photosensitive retinal ganglion cell, 以後 ipRGC と称す) が発見された[1]. これまでの研究によって、ipRGC は概日リズムの調節や、瞳孔径変化に影響を与えることが確認されている[2-3]. また近年では、ipRGC が明るさ知覚に影響を与えることが報告されている[4]. 著者らは、ipRGC が色知覚に与える影響について、分光プロジェクタを用いた色弁別実験によって検証を行ってきた[5]. しかし、実験において、視覚特性の個人差が考慮されていなかった. 本稿では、色弁別実験の結果に対して、視覚特性の個人差を考慮した上で、ipRGC が色弁別に与える影響について実験的に考察する.

## 2. ipRGC の色弁別に対する実験

### 2. 1. 実験手法

ipRGC が色弁別に与える影響を調査するために、分光プロジェクタを用いた色弁別実験を行った. 本実験では刺激色として、以下の6つの色相 (Group 1~Group 6) を選定した.

- Group 1: 赤~紫
- Group 2: エメラルドグリーン
- Group 3: オレンジ
- Group 4: 青~紫
- Group 5: 青
- Group 6: 黄緑

各 Group において、ipRGC 刺激量の変調量が1%, 2%, 3%, 4%となる色度点を4箇所ずつ、計24箇所を選んだ. 実験刺激に選んだ24箇所の色度

点を、 $xy$ 色度図上にプロットして図1に示す. ここで、分光分布 $p(\lambda)$ を持つ刺激光の ipRGC 刺激量 $I$  (%) を次式で定義する.

$$I = 100 \frac{\int_{380}^{700} p(\lambda) i(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{700} p_w(\lambda) i(\lambda) d\lambda}$$

$i(\lambda)$  は ipRGC の分光感度関数、 $p_w(\lambda)$  は分光成分が全て100の白色光である. その後、各色における ipRGC 刺激量が最大の光刺激および最小の光刺激を作成した. この ipRGC メタメリック刺激対を、分光プロジェクタ[6]を用いて被験者に提示し、被験者が色弁別できるかを調査した. 図2にメタメリック刺激対の例を示す.

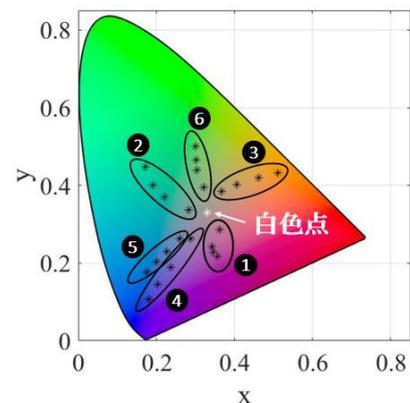


図1. 実験刺激24箇所の $xy$ 色度図

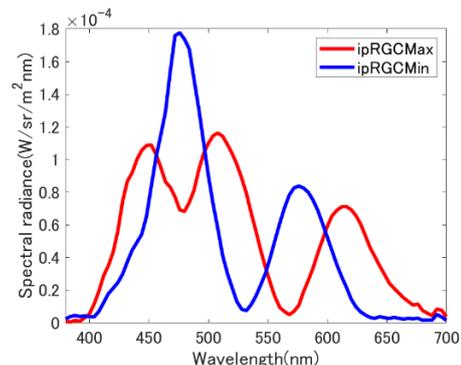


図2. ipRGC メタメリック刺激対の例

実験手順を図3に示す。各刺激色の ipRGC 刺激量を最小にした光刺激を基準刺激とし、評価刺激は ipRGC メタメリック刺激(ipRGC 刺激量を最大にした光刺激)と、基準刺激と全く同じダミー刺激の 2 種類とした。基準刺激提示後に ipRGC メタメリック刺激またはダミー刺激をランダムに提示する。被験者(正常色覚者の 20 代男性 5 名)は中心視で各刺激を観察し、基準刺激と比べて色の見えの違いを感じたのはどちらかを回答した。

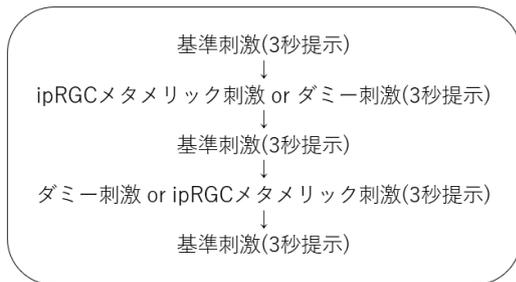


図 3. 実験手順

## 2. 2. 実験結果

実験結果を図4~図6に示す。図4において、横軸はメタメリック刺激対における ipRGC 刺激量の差を、縦軸は基準刺激と ipRGC メタメリック刺激の間で、色の見えの違いを感じた回数の割合を示す。図5は ipRGC 刺激量差ごとの平均弁別率を、図6は Group ごとの平均弁別率をそれぞれ示す。図5より、刺激対間の ipRGC 刺激量の差と、被験者が色の見えを感じる割合の間に相関性が確認された。また図6より、色相が緑、赤に近い実験刺激 (Group 1, 2, 3, 6) に比べて、色相が青に近い実験刺激 (Group 4, 5) の方がより色弁別されやすいことが確認された。

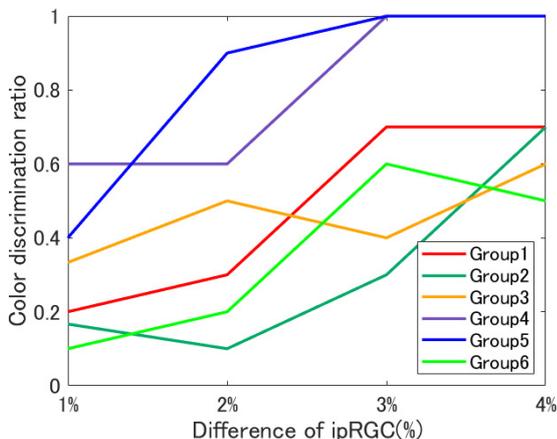


図 4. ipRGC の刺激量と平均弁別率の関係

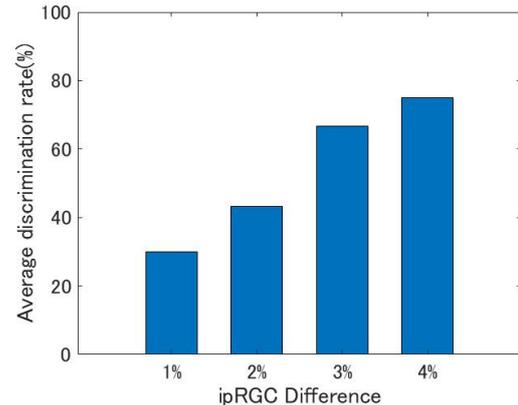


図 5. ipRGC 刺激量差ごとの平均弁別率

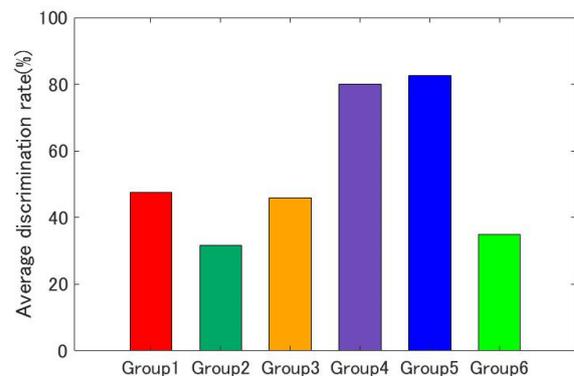


図 6. Group ごとの平均弁別率

## 3. 視覚特性の個人差に関する実験

### 3. 1. 実験概要

前章の実験で用いられた ipRGC メタメリック刺激対は、標準観測者の LMS 錐体分光感度関数 (CIE2006, 22 歳, 2° 視野) に基づいて作成していた。しかし、錐体分光感度には個人差が存在することが知られている。そのため、標準観測者においてメタマーな刺激対であっても、被験者の錐体分光感度の個人差によってメタマー性が成り立たず、これが弁別に影響を与えている可能性は排除できない。そこで、錐体個人差が実験結果に与える影響を調査するため、被験者 5 名に対して追加実験を行った。

### 3. 2. 実験手法

各 Group の ipRGC 刺激量の差が 4% の色度点について、錐体、桿体、ipRGC に与える 5 次元の刺激量が全て一定となるペンタミックメタマー刺激対[7]を作成した。図7に、刺激対の例を示す。この刺激対を被験者に提示し、色弁別できるか否かの実験を行った。

実験では、被験者はまず 10 秒間、順応刺激 (分

光成分が全て100の白色刺激)を観察する。次に、基準刺激を5秒間提示した。その後チャイム音が鳴り、50%の確率でペンタミックメタマー刺激(基準刺激とは異なる刺激)に切り替えた。被験者はチャイム音の前後で色の見えが変わったか否かの評価を行った。試行回数は一つの刺激対につき10回とした。すなわち、10回のうち、5回をペンタミックメタマー刺激に切り替えた。

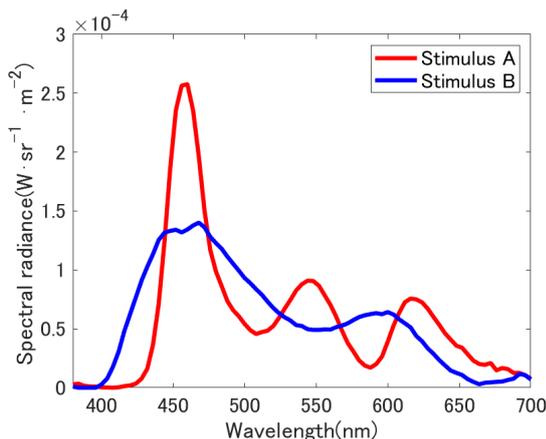


図7. ペンタミックメタマー刺激対の例

### 3. 3. 実験結果

実験結果を表1に示す。表1において、ペンタミックメタマー刺激に切り替えた5回の試行のうち、色の見えが異なると評価した割合(%)を、被験者ごとに示している。この割合が高いほど、被験者の錐体分光感度関数が標準観測者と差異があることを示し、前章の結果に錐体個人差の影響が及ぼす可能性が高いことを表す。表1より、Group 4の実験結果について、多くの被験者において錐体個人差が実験結果に影響を及ぼす可能性があり、前章の結果は個人差の影響の可能性が強いことが示唆された。一方、Group 5については多くの被験者がペンタミックメタマー刺激対を色弁別できておらず、Group 5の実験結果に錐体個人差の影響が寄与する可能性は低く、ipRGCが青色傾向の刺激の色弁別に影響を及ぼすことが示唆される結果となった。

表1. 実験結果 (%)

	Gr.1	Gr.2	Gr.3	Gr.4	Gr.5	Gr.6
Subj.1	80	100	80	100	100	20
Subj.2	20	0	0	100	20	20
Subj.3	20	20	20	60	0	40
Subj.4	40	80	0	60	40	20
Subj.5	60	100	60	60	80	60

## 4. まとめ

本稿では、ipRGCメタメリック刺激対を用いた色弁別実験結果に対して、標準観測者と同等の視覚特性を持つ被験者に対する考察を行った。その結果、視覚特性の個人差も考慮した上でも、色相が青に近いほどipRGCが色弁別に影響を及ぼすことが確認された。

一方、本実験では中心視におけるipRGCの色弁別への影響を調査したが、ipRGCは周辺視野に多く分布する。そこで、今後は周辺視環境下で同様の実験を行い、ipRGCが色知覚に与える影響について、より詳細に調査を行う。

## 参考文献

- [1] S. Hatter, et al., "Melanopsin-Containing Retinal Ganglion Cells: Architecture, Projections, and Intrinsic Photosensitivity", *Science*, 295, pp.1065-1070, 2002.
- [2] F. H. Zaidi, et al., "Short-Wavelength Light Sensitivity of Circadian, Pupillary, and Visual Awareness in Humans Lacking an Outer Retina", *Current Biology* 17, pp.2122-2188, 2007.
- [3] S. Tsujimura, et al., "Contribution of human melanopsin retinal ganglion cells to steady-state pupil responses", *Proc. R. Soc. B* 277, pp.2485-2492, 2010.
- [4] T. M. Brown, et al., "Melanopsin-Based Brightness Discrimination in Mice and Humans", *Current Biology* 22, pp.1134-1141, 2012.
- [5] M. Ohtsu, et al., "Color Discrimination Experiments using Metameric ipRGC Stimuli", *Proc. Electronic Imaging, Color Imaging XXVI: Displaying, Processing, Hardcopy, and Applications*, pp.307-1-307-7(7), 2021.
- [6] K. Hirai, et al., "Multi-primary Image Projector using Programmable Spectral Light Source", *Journal of the Society for Information Display*, 24(3), pp.144-153, 2016.
- [7] A. Kagimoto et al., "Perfect appearance match between self-luminous and surface colors can be performed with isomeric spectra", *Scientific Reports*, 10, 18350, 2020.

# 高齢者の生活環境における色彩弁別能力の評価

～100 Hue テスト色刺激を適用したカラーカード提示による弁別評価の試み～

## Evaluation of Color Discrimination in the Living Environment for the Elderly

- Evaluation of Discrimination by Color Card Presentation Method Applied for 100 Hue Test Stimulus-

吉澤陽介 Yosuke Yoshizawa 木更津工業高等専門学校 National Institute of Technology, Kisarazu College  
 小粥将直 Masanao Ogai (株)D&P メディア D&Pmedia Co., Inc  
 NPO 法人メディアユニバ Media UniversalDesign Association (NPO)  
 ーサルデザイン協会

キーワード：色弁別評価, 照明有無による比較, 背景色による比較, カラーユニバーサルデザイン

### 1. 本研究の目的

高齢者や色覚障がい者は、色覚正常者とは色の見えが異なっていると言われている。このことは、複数の色を用いて配色された情報提示物の「見分けづらさ」についても同様であると考えられる。様々な情報提示物において、「見分けやすさ」と「見分けづらさ」の閾値を把握した上で色彩設計を行うことによって、多様な色覚特性においても「見分けられる情報提示物」に繋がるものと考えられる。

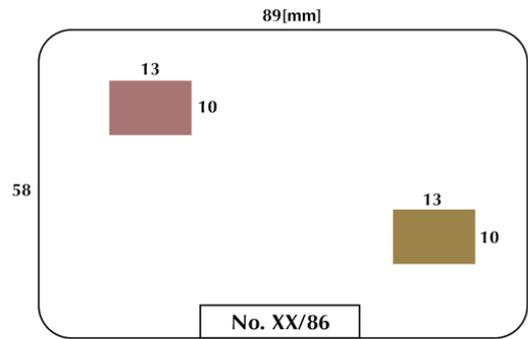
以上を踏まえて、本稿では 100Hue テストに用いられる中明度かつ中彩度色を適用した色弁別評価を試みるものであり、色差を変えて見分けづらさを統制した2つの色刺激が印刷されたカラーカードを呈示して、2 刺激の一致率を算出した上で、黒・灰・白の3つのカラーカードの背景色毎に照明有無における一致率の比較を試みた。

### 2. 方法

#### 2-1. 本研究で使用したカラーカード

図1に、本研究で用いたカラーカードの仕様を示す。カラーカードは58×89mmのサイズとした。カラーカードはオフセット印刷により製作され、表1に示す CIE L\*a\*b\*の3値に示す色刺激が2箇所に印刷されている。

色刺激には赤、黄、緑、青系の4種類があり、表1に示す色刺激が用いられた。赤系の場合には表1の★1の色刺激を固定として、1から21までの色がもう一方の刺激として用いられた。カード番号1については、2刺激ともに同色となり、カード番号が大きくなると2刺激の色差が大きくなる。同様に表1において、黄系は★22の色刺激を固定として22から42まで、緑系は★43を固定として43から63まで、青系は★64を固定として64から86までとなる。



※赤系は★1を固定して、1から21を片側刺激に提示。  
 ※黄系は★22を固定して、22から42を片側刺激に提示。  
 ※緑系は★43を固定して、43から63を片側刺激に提示。  
 ※青系は★64を固定して、64から86を片側刺激に提示。  
 ※背景色は黒、灰色(N5)、白の3種類。

図1 カラーカードの詳細

表1 カラーカードの CIE L\*a\*b\*値

色相	カード番号	色	L*	a*	b*	色差	色相	カード番号	色	L*	a*	b*	色差
赤系	★1	色	56	21	10	0.0	緑系	★43	色	57	-25	0	0.0
	2	55	22	13	2.2	44		57	-24	-2	1.5		
	3	54	21	16	4.5	45		58	-25	-3	2.3		
	4	54	22	17	5.0	46		58	-27	-5	3.7		
	5	53	20	18	6.4	47		58	-28	-6	4.4		
	6	53	19	19	7.4	48		58	-26	-6	4.3		
	7	53	19	20	8.0	49		58	-25	-8	5.7		
	8	53	19	20	8.0	50		59	-23	-9	6.9		
	9	53	16	24	11.6	51		58	-20	-12	9.4		
	10	53	15	26	13.2	52		58	-19	-13	10.4		
	11	54	14	27	14.1	53		58	-18	-13	10.7		
	12	54	13	29	15.6	54		59	-15	-13	12.1		
	13	55	12	30	16.5	55		59	-14	-13	12.6		
	14	55	12	34	18.3	56		58	-12	-15	14.6		
	15	55	9	35	20.2	57		58	-9	-17	17.1		
	16	56	8	35	20.7	58		57	-8	-17	17.6		
	17	57	5	35	22.4	59		58	-6	-17	18.8		
	18	56	3	35	23.6	60		57	-4	-19	20.4		
	19	58	1	36	25.1	61		58	-4	-18	20.2		
	20	58	0	35	25.4	62		57	-1	-18	21.9		
	21	57	-2	34	26.4	63		55	1	-17	23.1		
黄系	★22	色	57	-6	36	0.0	青系	★64	色	59	2	-16	0.0
	23	58	-7	30	2.9	65		57	2	-16	1.8		
	24	58	-9	29	4.2	66		57	3	-16	2.2		
	25	58	-10	27	5.6	67		57	6	-17	4.8		
	26	59	-12	25	7.7	68		58	6	-15	5.1		
	27	58	-13	23	8.9	69		58	7	-14	6.6		
	28	59	-15	22	10.5	70		58	8	-13	8.1		
	29	59	-15	22	10.5	71		58	9	-12	9.5		
	30	59	-17	20	12.4	72		58	11	-11	11.8		
	31	58	-18	18	13.7	73		58	11	-10	12.2		
	32	59	-21	19	14.7	74		57	13	-8	14.6		
	33	59	-22	15	16.8	75		58	14	-7	15.6		
	34	59	-22	14	17.2	76		56	16	-6	17.4		
	35	59	-23	13	18.0	77		57	18	-5	18.7		
	36	58	-24	11	19.1	78		57	19	-3	19.8		
	37	57	-24	7	20.9	79		56	20	-2	20.6		
	38	58	-25	7	21.2	80		56	21	-1	21.3		
	39	57	-25	5	22.1	81		56	21	2	22.2		
	40	58	-24	3	22.8	82		56	21	3	22.4		
	41	57	-25	2	23.6	83		55	24	5	24.1		
	42	58	-26	2	23.8	84		55	23	7	24.3		
					85	54	23	8	24.7				
					86	56	21	10	24.4				

## 2-2. 手順

被験者は、86枚のカラーカードを観察して、同一色か否か（弁別できるか否か）を回答した。

回答にあたり、照明が点灯している環境（照明あり）および照明が消灯している環境（照明なし）の2パターンについて実施した。なお、「照明あり」および「照明なし」における照度などの光環境の詳細については統制をかけていない。

また、カラーカードの背景色による影響を調べるために、背景色として黒、灰（N5相当）、白の3パターンについて試行を行った。

得られた回答は、3種類のカラーカード毎に、「照明あり」の場合、および「照明なし」の場合の一致率を算出した。

## 2-3. 得られたサンプル数

表2に得られたサンプル数を示す。本稿では黒背景において85サンプル、灰背景において139、そして白背景において73サンプル、合計297サンプルが集計された（※表2には、性別および年齢についても記載しているが、本稿では性別比較と年齢比較については割愛する）。

表2 本研究におけるサンプル数

背景色	属性	性別 (男性 / 女性)	年齢 (69歳以下 / 70歳以上)	合計
黒		37/48	61/24	85
灰		68/71	41/98	139
白		35/38	59/14	73
合計				297

## 3. 結果

### 3-1. 全ての背景色を合算した一致率

カラーカードの背景である黒、灰、および白における試行を合算した297サンプルにおける一致率を図2に示す。

赤系（カード番号1から21）については、2刺激の色差が0であるカード番号1からカード番号が大きくなることにより色差が大きくなるが、それに合わせて一致率が小さくなる結果となった。この傾向は黄系、緑系、青系においても類似した傾向が見られた。

さらに赤系について、カード番号7までは「照明あり」の一致率が「照明なし」よりも高いが、カード番号8以降からは逆転する傾向が見られた。ここで照明有無における一致率に差が見られるか否かを評価するために $\chi^2$ 乗検定を行なったところ、有意な差は認められなかった（ $\chi^2 [19]=23.73, p=0.21$ ）。

黄系（カード番号22番から42番）の一致率につ

いては、赤系と比較して2色刺激の色差が0であるカード番号22から27までの間に急激に一致率が下がる傾向が見られた。カード番号28以降については一致率が10%以下の結果となった。黄系についても $\chi^2$ 乗検定を行なったが、照明有無に有意な差は見られなかった（ $\chi^2 [19]=9.95, p=0.96$ ）。

緑系（カード番号43から63）の一致率は、カード番号46までは「照明あり」の一致率が高いが、カード番号47からは「照明なし」の一致率が高い結果となった。同様に $\chi^2$ 乗検定を行なったところ、照明有無の差が有意であった（ $\chi^2 [19]=39.62, p<0.01$ ）。

そして、青系（カード番号64から86）の一致率は、カード番号68までは「照明あり」の一致率が高いが、カード番号69からは「照明なし」の一致率が高い結果となり、カード番号75以降については一致率が5%未満となった。同様に $\chi^2$ 乗検定を行なったところ、照明有無の差は有意でない結果となった（ $\chi^2 [19]=6.53, p<0.99$ ）。



図2 全ての背景色を合算した一致率

### 3-2. 黒背景における一致率

3-1において、カラーカードの全ての背景色における2色刺激の一致率を算出したが、黒背景85サンプルのみにおける一致率についても評価を行った(図3)。

3-1と同様に4色系ごとに $\chi^2$ 乗検定を行なったところ、赤系(カード番号1から21)、および緑系(カード番号43から61)において照明有無の差は有意であった。

赤系については、カード番号1と2といった2刺激の色差が小さいものについては「照明あり」の一致率が高いが、カード番号3から16において「照明なし」の一致率が高い結果となった( $\chi^2 [19] = 42.56, p < 0.01$ )。

また、緑系についても色彩の小さいカード番号43から44では「照明あり」の一致率が高いが、カード番号47から60については、「照明なし」の一致率が高い結果となった(緑系: $\chi^2 [19] = 56.39, p < 0.01$ )。

黄系と青系については、 $\chi^2$ 乗検定において照明有無の差は検出されなかった。

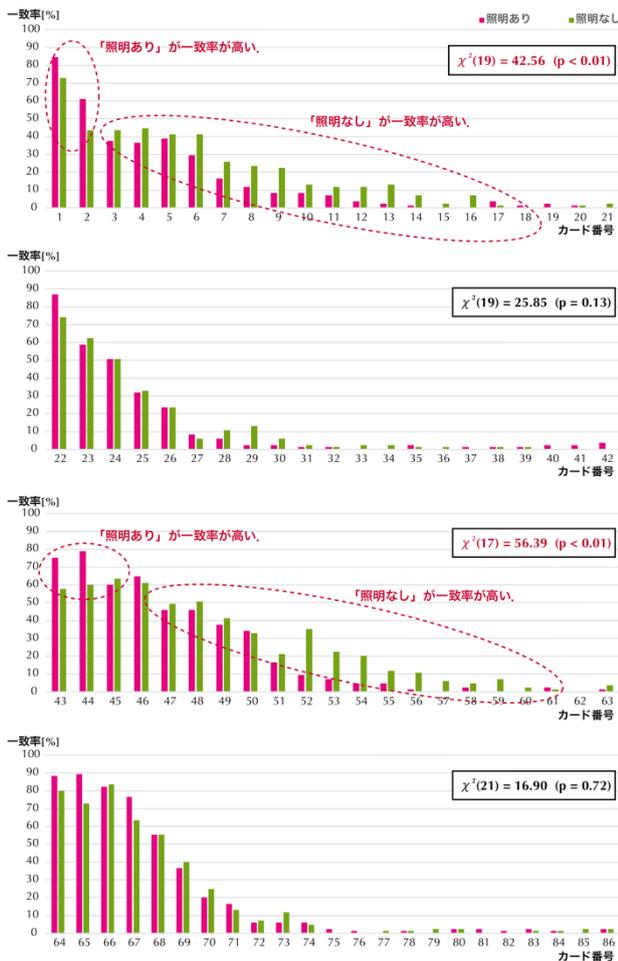


図3 黒背景における一致率

### 3-3. 灰背景における一致率

灰背景の139サンプルにおいても同様に $\chi^2$ 乗検定を行なった(図4)。その結果、4色系全てにおいて有意でなかった。ただし緑系については、有意水準の $p < 0.05$ を満たさないものの $p = 0.08$ となり、有意傾向が見られると判断できる。このことを踏まえ、カード番号48から63において、色差が大きくなるにつれて「照明なし」の一致率が高い傾向が見られた( $\chi^2 [19] = 27.95, p = 0.08$ )。

赤系については、カード番号5を除き、1から7において照明ありの一致率がやや高い結果となったが、カード番号8以降においては、照明有無による差が小さく、赤系全体としても有意な差が検出されなかった( $\chi^2 [19] = 11.85, p = 0.89$ )。

黄系、青系についても、2色刺激の色差の小さい区間においては「照明あり」の一致率がやや高いが、黄系についてはカード番号27以降において、青系においてはカード番号72以降において照明有無に関わらず一致率が10%以下となり、結果的に照明有無の差は検出されなかった。

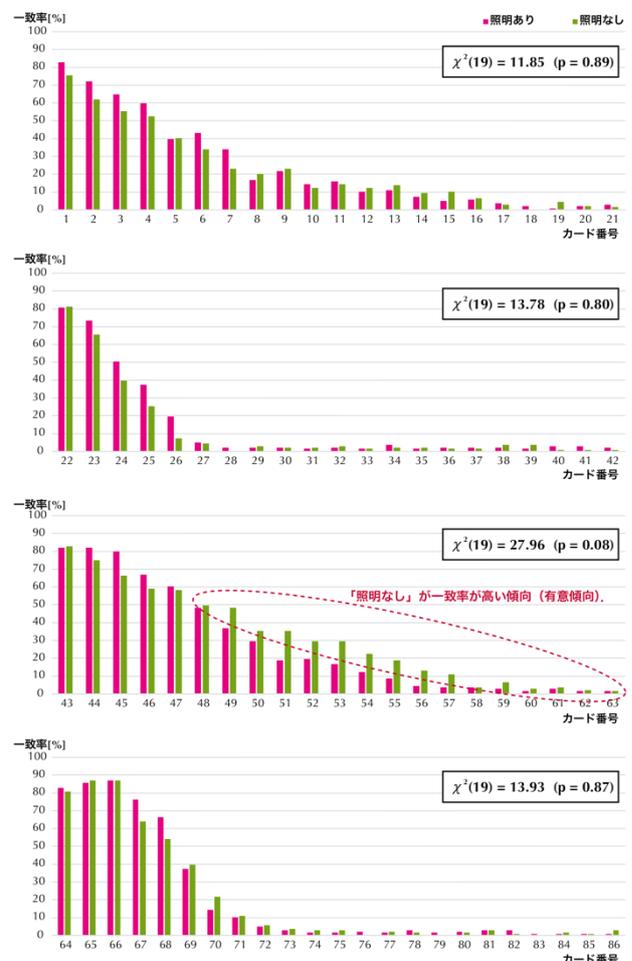


図4 灰色背景における一致率

### 3-4. 白背景における一致率

白背景の73サンプルにおいても同様に $\chi^2$ 乗検定を行なった(図5)。その結果、4色系全てにおいて有意であった。

赤系については、2刺激の色差が小さいカード番号6までについては、わずかに「照明あり」の一致率が高かったが、カード番号7以降から「照明なし」の一致率が高い結果となった( $\chi^2[19] = 101.84$ ,  $p < 0.01$ )。

黄系については、カード番号22から25および27までは「照明あり」の一致率が高いが、カード番号28以降は「照明なし」の一致率が高い結果となった( $\chi^2[19] = 40.68$ ,  $p < 0.01$ )。

緑系については、カード番号43から46、および48から49までは「照明あり」の一致率が高いが、カード番号50以降は「照明なし」の一致率が高い結果となった( $\chi^2[19] = 97.20$ ,  $p < 0.01$ )。

そして青系については、カード番号64から71、までは「照明あり」の一致率が高いが、カード番号72以降は「照明なし」の一致率が高い結果となった( $\chi^2[19] = 32.85$ ,  $p < 0.05$ )。

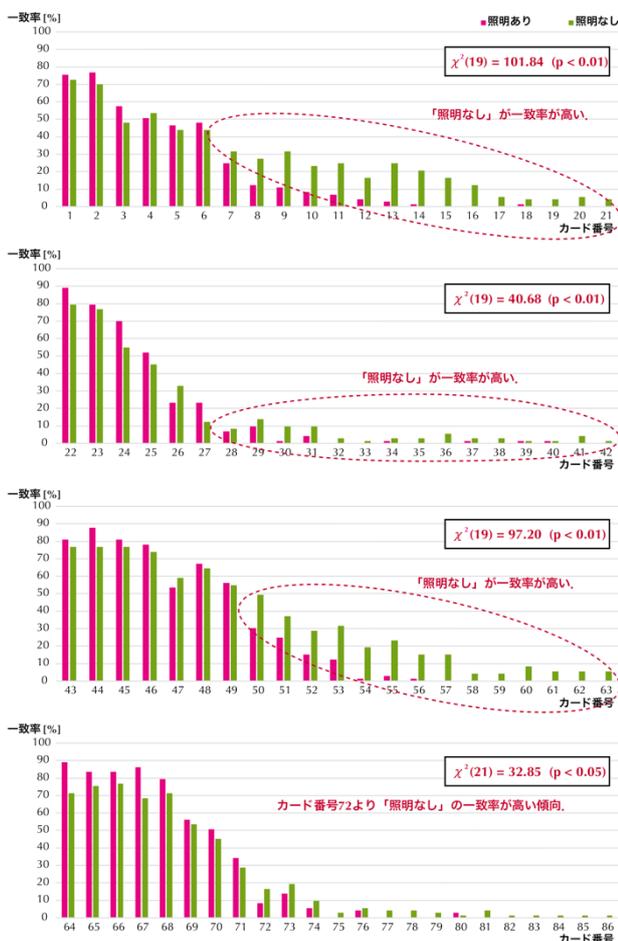


図5 白背景における一致率

## 4. まとめ

### 4-1. 背景色の違いについて

本稿の結果をまとめたものを表3に示す。

刺激色の観点においては、背景色に関係なく緑系の刺激色において、少なくともカード番号50以降(色差:6.9以上)において「照明なし」の一致率が高い結果となった。

また、背景色の観点においては、白背景のカードを提示した際に、2刺激の色差が各色系において特定の値以上になった際に、「照明なし」の一致率が高くなる結果となった(図5と表3を参照)。

本稿では上記2つの傾向を掴むことができたが、被験者の属性である年齢、性差、白内障治療歴、緑内障治療歴などの点を考慮することによって、より詳細な考察が可能であると考えられる。

表3 刺激色と背景色との対応

背景色 刺激色	黒+灰+白 図2	黒 図3	灰 図4	白 図5
赤系 1-21		3から 「照明なし」の 一致率が高い		7から 「照明なし」の 一致率が高い
黄系 22-42				28から 「照明なし」の 一致率が高い
緑系 43-63	47から 「照明なし」の 一致率が高い	47から 「照明なし」の 一致率が高い	48から 「照明なし」の 一致率が高い傾向	50から 「照明なし」の 一致率が高い
青系 64-86				72から 「照明なし」の 一致率が高い

※注:  $\chi^2$ 乗検定により有意水準の $p < 0.05$ は満たさなかったが、 $p = 0.08$ であったため「傾向有り」として記載。

### 4-2. 今後の課題

本稿では、2刺激の見分けができるか否かを回答するものであるが、2刺激が同一色の場合には一致率が100%であること、一方で2つの色刺激に少しでも色差があれば一致率が0%であることが理想といえる。本稿では、照明有無および背景色の影響による色差の見分けについて大まかな傾向を掴めた。

今回、 $\chi^2$ 乗検定によって照明有無による「一致率」の差の検定まで実施したが、「見分けやすさ」と「見分けにくさ」の閾値決定については $\chi^2$ 乗検定のみで行うことが困難であると考えられ、例えばJISに基づいた色の許容差、特に日常生活において必要と考えられるC級許容差(色差:6.5~13.0)などを加味した上での閾値の検討を行う必要がある。

## 謝辞

本研究は、「ちばぎん研究開発助成制度 2020」により実施された。また本研究にあたり、千葉県老人クラブ連合会およびNPO法人メディアユニバーサルデザイン協会のご協力をいただいた。

## 参考文献

[1]色彩検定UC級公式テキスト, 色彩検定協会

# 金色の見えを想定したプロジェクションマッピングによる 色票の金色知覚

## Perception of Gold Color in Color Charts Using Projection Mapping with Assuming an Appearance of Gold

櫻井 将人 Masato Sakurai 静岡理科大学 Shizuoka Institute of Science & Technology  
山本 二千翔 Nichika Yamamoto 静岡理科大学 Shizuoka Institute of Science & Technology

**Keywords:** 金色, プロジェクションマッピング, 色の見え, 金属感, 主観評価.

### 1. はじめに

現代では、建築物へのプロジェクションマッピングだけでなく、立体物や室内壁面などへ投影され、質感までも変化させるようなプロジェクションマッピングが存在し、そのエンターテインメント性が増している。プロジェクションマッピングは、テーマパークはもちろんのこと、各種イベントや祭りで頻繁に使われるようになってきており、地方活性化の重要な要素となっている。プロジェクションマッピングの更なる発展は、地方創世や賑わい創出の上でも欠かせないものとなっている。プロジェクションマッピングを用いて映像を提示し、質感を変化させる方法としては、カメラで立体物を取得し、その画像を元に質感を変化させるための映像をプロジェクションマッピングにより投影する方法<sup>1)</sup>と、プロジェクションマッピングによる映像を立体物に投影し、小さい開口から見せることで、見えのモードの変化も踏まえ質感が変化する方法<sup>2)</sup>とがある。両者ともに今後の発展による汎用性が期待されている。一方、視覚科学の分野では、表面の色のみならずその質感を含めた質感知覚の研究が進められている。例えば、金属的な質感としては、表面の色、ハイライト、鏡面反射が重要とし、金属的な見えの代表である金色の色度範囲など報告されている<sup>3)</sup>。そこで本研究では、これらの知見を踏まえ、市販のPC、プロジェクター、webカメラを用いて、投影後の対象物が金色の見えになることを想定した映像をプロジェクションマッピングにより投影し、一般的な機材で対象物が金色に見えるかどうか調査した。そして、プロジェクションマッピングにおけるエンターテインメント性の更なる可能性について検討することを目的とした。

### 2. 実験

投影後の対象物が金色の見えになることを想定した映像による投影の概要としては、赤と緑を混ぜると黄色になる光の等色実験を考慮して、webカメラで撮影した対象物の画像の色が例えば赤ならば、先行研究で金色と見える色度<sup>3)</sup>の色(黄色)の色相角を中心として逆方向の緑の色を投影し、対象物を金色の見えになるようにするものである。投影先の対象物となる色票としてはスチレンボードを採用した。スチレンボードは大きく分けて2種類用意し、特に表面にラメ加工のない赤、橙、黄、緑、青、水色、白色のものと、表面にラメ加工のついた赤、ピンク、緑、青、紫、黒、金、銀色の全15種類を対象とした。先行研究により最も金色と知覚された色度である $(x, y)=(0.452, 0.481)$ <sup>3)</sup>を基準色とし、それよりも赤方向の色の対象物には緑色の光、緑方向の色の対象物には赤色の光を当てることで、対象物の色相を基準色へ近づけ、金色の見えとしての知覚を目指した。また、彩度が10%以下である白、黒、灰色と、基準色から遠い青方向の色に対しては、基準色に近く調整した投影光を提示した。webカメラで刺激となる対象物の画像を取得し、その画像の色を踏まえ上記概要の金色の見えになることを想定した映像を色票の右半分投影し、左右の比較も含め、金色として見えるか評価を行った。刺激の例として図1(a)~(d)にラメ加工有り(ラメ有)赤、金、ラメ加工無し(ラメ無)赤、黄の4種類の刺激を示す。実験参加者は外光を遮断した空間に座り、実験者によってランダムに提示された刺激を視距離約1.8mから観察し評価を行った。評価としては何色に見えるか(色評価)、光沢感評価(0-10の11段階)、金属感評価(0-10の11段階)の3つを行った。1セットを15刺激とし、参加者1人当たり3セット行った。参加者は本学学生の男子10名であった。

3. 結果と考察

図2に図1の刺激の色評価の応答割合を示す。3回中2回以上同じ色名だった場合はその色を採用し、3回全て異なる場合はその他としている。横軸は色評価の色名の応答割合を示し、縦方向に図1の刺激を各々示している。上段が元色での見えの評価、下段がプロジェクションマッピングを施した見えの評価(PMあり)となっている。図2より、(a)のラメ加工有りの場合、元色では赤と評価されているが、プロジェクションマッピングにより金色の応答が出現し、今回用いた映像による金色知覚への有効性を示唆している。このPMありの表面の色度は、基準色とした先行研究の結果の色度に近く、金色応答の出現も妥当であると考えられる。一方、図2の(d)より、ラメ加工無しでは、プロジェクションマッピングにより黄色の応答が増加しているが、金色の応答は上昇せず、黄色方向への色の変化だけでは不十分であることが分かる。また、図3に色票表面の輝度と金属感評価の結果を示す。横軸は輝度、縦軸は金属感度合いを示している。シンボルは凡例の示す通りであり、元色とプロジェクションマッピングを施したもの(PMあり)を結んでいる。図3より、ラメ加工有りではPMありで輝度が高くなり、それにより金属感評価が高くなっていることが分かる。一方、ラメ加工無しで表面の輝度はPMありで上昇しているが、ラメ加工ありのような金属感が上昇する傾向はな

い。色の見えの変化だけでなく、表面そのものの質感も重要であることが示唆される。

4. まとめ

一般的な機材で対象物が金色に見えるかどうかを調査した結果、投影後の対象物が金色の見えになることを想定した映像によるプロジェクションマッピングを施すことでそれは可能であることが分かった。色の見えとして色相を黄色方向に近づけるだけでなく、金色に代表される金属的な質感(鏡面反射やハイライト)も重要であることが示唆された。一般的な機材で実現可能であることから、プロジェクションマッピングにおけるエンターテイメント性の更なる可能性も示唆された。

参考文献

- 1) 天野敏之, 質感プロジェクションマッピング, 日本バーチャルリアリティ学会誌, 19(2), 78-81 (2014).
- 2) Midori Tanaka, Takahiro Horiuchi, Perception of gold materials by projecting a solid color on black materials, Color Res. & Appl., 42(4), 522-530 (2017).
- 3) 松本知久, 福田一帆, 内川恵二, 金, 銀, 銅色知覚を生起するための要因の解明, 日本感性工学会論文誌, 15(3), 387-397 (2016).



図1 刺激例 (a)ラメ有赤, (b)ラメ有金, (c)ラメ無赤, (d)ラメ無黄

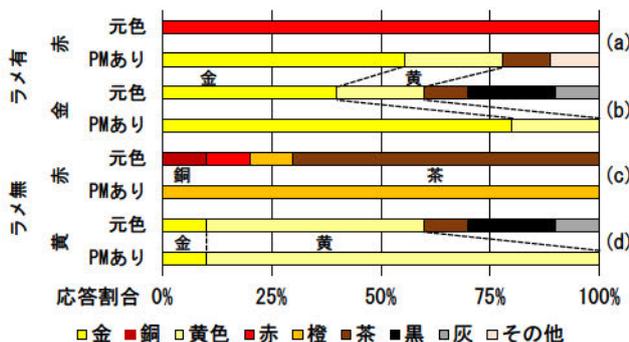


図2 色評価の結果

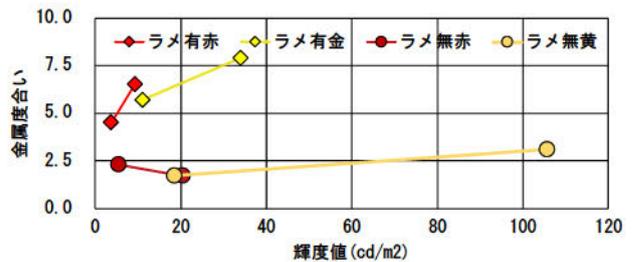


図3 金属感評価の結果

## "演光沢感性"に関わる照明環境特性の探索

### Properties of lighting environments for "Glossiness rendering index"

永井岳大 Takehiro Nagai 東京工業大学  
牧平顕也 Kenya Makihira 東京工業大学

Tokyo Institute of Technology  
Tokyo Institute of Technology

**Keywords:** 光沢感, 照明, 質感, 心理物理学

#### 1. はじめに

日常生活で物を見たときに私たちはしばしば光沢感を感じる。光沢感は物体表面の光学特性に関する知覚と考えられるが、実際には光学特性のみならず、物体形状や照明環境によって大きく変化する<sup>1)</sup>。例えば、良い質感を呈する製品を作っても、それを観察する照明環境によって、そこから感じられる光沢感が大きく異なってしまうのである。そのため、照明環境が光沢感に与える影響、すなわち照明の“演光沢感性”に関わる照明環境要因を解明することは重要な問題である。

しかし、照明環境と光沢感の関連性は十分には理解されていない。例えば、照明の特徴量と光沢感の関係が検討された例もあるが、人工的に極端に統計量が操作された刺激が使われたり、その条件数が極めて少ない場合が多い<sup>2)</sup>。また、照明環境の光沢感への適合具合を示す Brilliance と呼ばれる照明環境指標も提案されている<sup>3)</sup>が、その有効性の検証も限られた数の照明環境に対してしか行われていない。

本研究では、多様な照明環境を対象にして、演光沢感性に関わる照明環境中の特性を明らかにすることを目的とする。従来研究では、照明環境ごとに心理物理実験を行う際の時間的コストが、解析対象の照明環境数が不足する原因の1つであった。そこで本研究では、同じ物体であれば光沢感と物体画像統計量に強い相関が見られる[4]という光沢感の性質を活用することで、心理物理実験の時間的コストを抑えながら多くの照明環境と光沢感の関連性を検討する。

#### 2. 研究の流れ

本研究は、以下の3つのパートを順に行っていくことで進められた。

**a. 心理物理実験** 30種類の照明環境下でレンダリングされた物体画像に対し、心理物理実験によ

り光沢感を計測する。これが、光沢感と照明環境の対応関係に関する起点の定量的データとなる。

**b. 物体モデルの構築** a.の実験で用いた各物体画像に対し、光沢感と物体画像特徴量の関連性を線形回帰モデルで表現する。これにより、心理物理実験には用いていない多様な照明環境における光沢感を推定可能にする。

**c. 照明モデルの構築** 照明環境下での物体画像とb.のモデルから、各照明の演光沢感性を推定できる。そこで、照明環境の画像特徴量に基づいて演光沢感性を予測する線形回帰モデルを構築する。これにより、演光沢感性に関わる照明環境中の特性を見出す。

#### 3. 心理物理実験

##### (1) 実験方法

この実験の目的は、異なる物理特性を持ついくつかの物体に対して、30種類の照明環境下で作成されたコンピュータグラフィックス(CG)画像を刺激として用い、心理物理実験によりその光沢感知覚量を定量化することであった。

20代男性6名が実験に参加した。この実験は東京工業大学の倫理審査委員会によってヘルシンキ宣言に準拠した基準で承認され、実験前に全被験者からインフォームドコンセントを受けた。実験はMATLABとPsychtoolboxを用いて作成されたプログラムにより制御された。実験刺激は液晶ディスプレイ(EIZO社 ColorEdge CX241)に呈示された。被験者は簡易暗室内で視距離55cmの位置から両眼自然視によりディスプレイを観察した。

実験に用いた物体画像の例を図1に示す。これらは、Blender 2.79により形状等のジオメトリが指定され、Mitsuba 0.5により光学特性の設定とレンダリングが行われたCG画像であった。このCG画像はReinhard関数によりトーンマッピングが施され、色度はD65と一致するように修正さ

れた。物体の素材としては Mitsuba プリセットの銅とプラスチックであり、それぞれ形状の複雑さが3種類(単純, 中間, 複雑), 表面粗さが2段階であった。すなわち, 計12種類の物体が用いられ, これらを物体条件と呼ぶことにする。物体画像作成に使われた照明環境は, PolyHaven からダウンロードされた30種類であった。その際, 屋内や屋外などなるべく多様な照明環境が使われるように留意した。

実験刺激全体の例を図2に示す。上部には, 物体画像が1枚呈示された。これはテスト刺激と呼ばれ, 上述した物体画像のいずれかであった。また, 表面粗さが異なる6種類の Stanford bunny のCG画像が画面下部に0~5点のスケールとともに呈示された。これらの画像は参照刺激と呼ばれ, 光沢感評定に用いられた。なお, 銅とプラスチックでは異なる参照刺激群が用いられた。

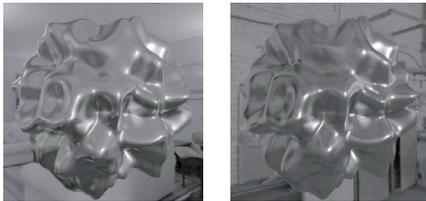


図1 物体画像の例。同一の銅物体を異なる照明環境でレンダリングすることで作成された。

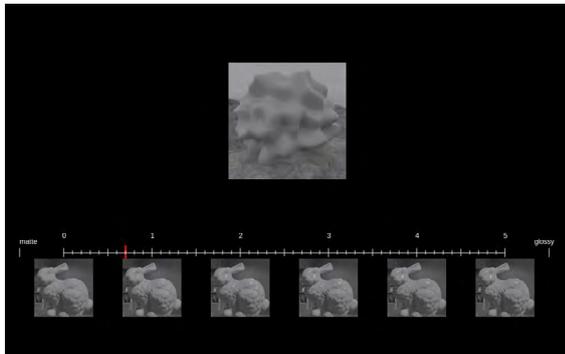


図2 実験刺激の例。同一の銅物体を異なる照明環境でレンダリングした。

1試行では図2のような刺激が呈示された。被験者は, 参照刺激を参考にしながら評定刺激の光沢感を0点から5点の間で Visual Analog Scale により評定した。実験は複数回のセッションに分けて行われ, 各セッションでは銅またはプラスチックのみの評定を行った。実験全体では, 各被験者は各テスト刺激の評定を3回行った。

この評定実験の結果では, 銅とプラスチックでは異なる参照刺激群が用いられ, さらに評定結果

と心理量との線形性が担保されていなかった。そこで, 追加実験としてサーストンの一対比較法による光沢感評価実験を参照刺激に対して行うことで, 評定値を補正した。

## (2) 実験結果

実験結果の一例として, プラスチックの単純形状に対する光沢感知覚量を図3に示す。横軸が照明環境の番号, 縦軸が補正済み光沢感知覚量を表す。この図から, 照明環境により光沢感が変化していることがわかる。統計的にも, 分散分析と多重比較により, 多数の照明環境の組合せ間で光沢感が有意に異なっていた。この結果から, 照明環境が光沢感に影響を与えるという従来知見が再確認されたとともに, その影響を定量化することができた。

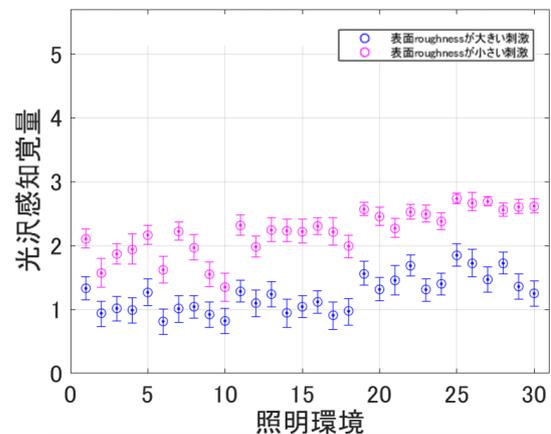


図3 プラスチック単純形状に対する光沢感知覚量。

## 4. 物体モデル

次に, 心理物理実験の結果に基づいて, 物体画像特徴量から光沢感を予測する線形回帰モデルを, 物体条件ごとに構築する。物体条件ごとにモデルを構築するのは, 物体形状や素材の違いによる光沢感変化まで予測しようとする, 複雑な画像特徴量が必要となる可能性が高いためである。

実験で用いた物体画像の輝度成分について, 低次モーメント統計量(平均, RMS コントラスト, 歪度), サブバンド画像の RMS コントラストと歪度(6帯域分), ハイライトのコントラストと空間サイズの計17の特徴量を説明変数として求めた。また, 目的変数は心理物理実験で求められた光沢感の物体条件ごとの平均からの偏差, すなわち照明環境による光沢感変化量であった。この値が本研究における“演光沢感性”となる。

回帰分析は物体条件ごとに行われ, 手法として

過学習を防ぐため Ridge 回帰が用いられた。正則化の強さを決めるハイパーパラメータは 10-fold 交差検証により平均二乗誤差が最小になるように決められた。さらに、モデルの評価は、leave-one-out 交差検証により行われた。

結果の一例として、「銅・単純形状・表面粗さ小」条件に対するモデルによる光沢感予測を図4に示す。銅では決定係数が概して 0.7 以上と高く、プラスチックでは条件によるがそれよりも低く 0.4 程度であった。この原因として、銅では輝度パターンが鏡面反射成分のみで構成される一方で、プラスチックでは拡散反射成分もそれに寄与するため、輝度統計量と光沢感の関連性が弱いことが影響したことが考えられる。しかし、物体画像特徴量から演光沢感性をある程度予測するモデルが構築できた。

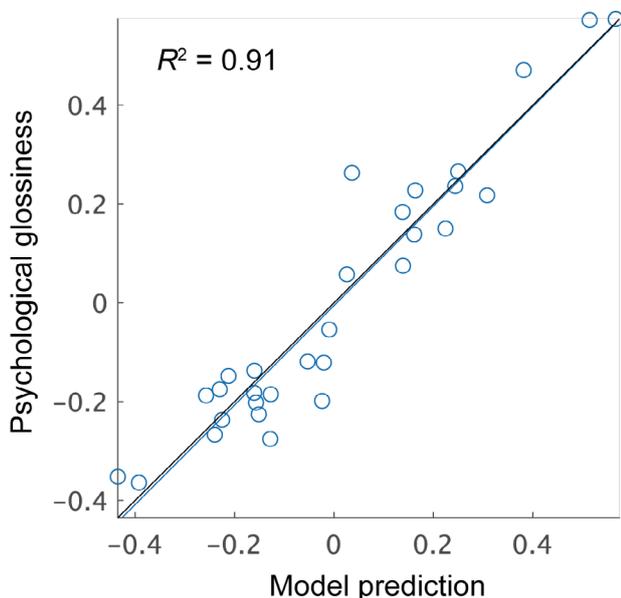


図4 物体モデルによる光沢感予測(銅・中間形状・表面粗さ小。Leave-one-out 交差検証の結果)。

## 5. 照明モデル

最後に、演光沢感性に影響する照明環境中の特性を検討するため、照明モデルを構築する。このモデルを構築するにあたり、心理物理実験や物体モデルで解析対象とした 30 種類の照明環境に、PolyHaven から新たに取得した 265 種類を加え、合計 295 種類の照明環境を用いた。

モデル解析における目的変数は、物体モデルの出力とした。そのため、295 種類の照明環境下で、心理物理実験用の物体画像作成と同じ手順で CG 画像を生成し、その画像特徴量から物体モデルに基づいて演光沢感性を求めた。この演光沢感性を、12 の物体条件すべてについて求めたものを、目的

変数とした。

一方、説明変数は、照明環境画像から計算される画像特徴量であった。その準備として、照明環境を物体表側(カメラ側)半分(表側と呼ぶ)と、物体裏側半分(裏側と呼ぶ)に分割した。その後、表側成分を1度鏡像反転により合成した。これにより、物体画像に強く寄与する表側成分だけを解析対象とすることができる。続いて、表側の照明環境より以下に示す画像特徴量を算出した。

- 輝度の低次モーメント統計量、エントロピー
- 6帯域サブバンドの低次モーメント統計量
- 10次までの球面調和関数のパワー
- 従来研究<sup>3)</sup>で提案された質感に関連する球面調和関数指標(Brilliance, Diffuseness)
- 照明のサイズと個数

さらに、物体裏側の照明環境の輝度低次モーメント統計量とエントロピーも算出した。これにより全部で41種類の変数を得た。

照明モデル構築の目的は演光沢感性に影響する照明環境中の要因を検討することであるため、その構築においてLasso回帰により説明変数の選択を行った。正則化の強さを決めるハイパーパラメータは、平均二乗誤差が最小+1標準誤差以下になる範囲で、最も大きくなるように決定した。モデルの評価は、心理物理実験で用いた30の照明環境に対するleave-one-out交差検証により行われた。物体モデルとは異なり全ての物体条件のデータに対してまとめて回帰分析を行ったため、多様な物体条件での演光沢感性に共通して影響を与える照明環境が見いだせると考えられる。

目的変数に対する照明モデルの決定係数は0.46程度となった。しかし、照明モデルの目的変数はあくまで物体モデルによる演光沢感性予測値に過ぎず、照明モデルの評価も心理物理実験に基づいて行うのが望ましい。そこで、心理物理実験で用いた照明環境を対象に、leave-one-out交差検証に基づく、照明モデルによる演光沢感性の予測結果を図5に示す。縦軸は心理物理実験から求められた演光沢感性である。照明モデルでは全物体条件の結果を単一の回帰モデルで表現しているにも関わらず、心理物理実験の結果に対して0.52とある程度高い決定係数を示した。さらに、この決定係数を物体条件ごとに求めると、どの物体条件でも0.5を超える相関係数となった。以上から、照明モデルが様々な物体条件において光沢感に対する照明環境の影響をある程度予測できることがわかった。

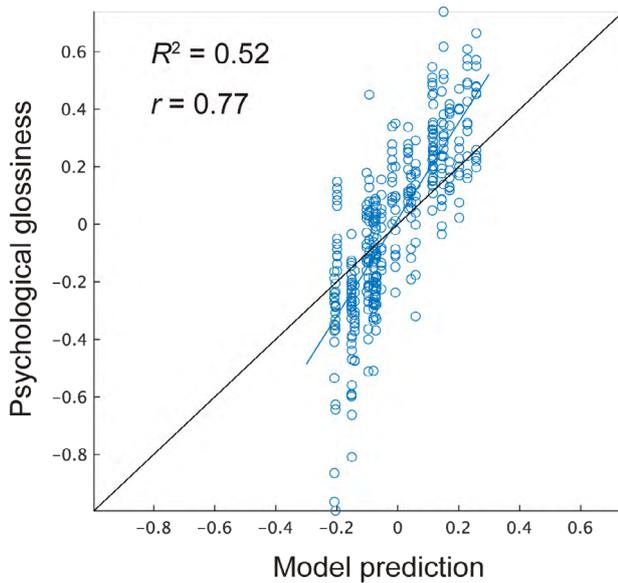


図5 照明モデルによる演光沢感性予測 (Leave-one-out 交差検証).

## 6. 考察

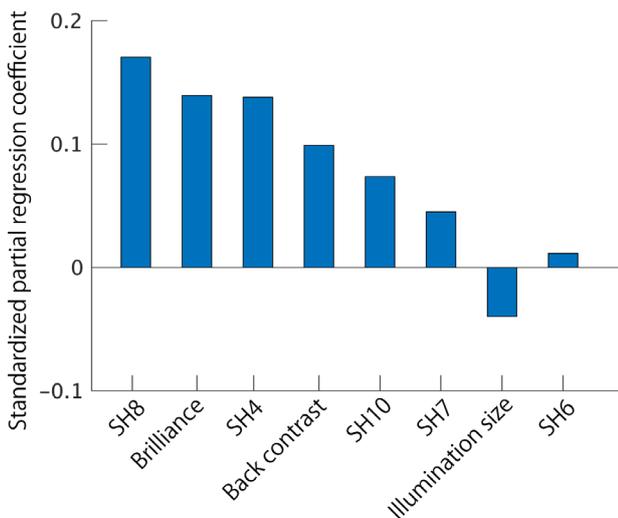


図6 照明モデルの標準化偏回帰係数.

照明モデルに寄与した説明変数について考察する。照明モデルの標準化偏回帰係数を図6に示す。Lasso回帰では回帰への寄与が小さい説明変数の回帰係数が0になりやすいため、ここでは回帰係数が0ではなかった説明変数のみを掲載した。図中の横軸の「SH」は球面調和関数のパワーを示し、「SH8」の「8」などの数値は球面調和関数の次数を表す。

まずひと目で分かることは、高次の球面調和関数パワーの係数が大きいことである。高次の球面調和関数は照明環境中の高空間周波数の情報を保持していることから、鋭い照明が存在する環境

下で光沢感が強くなると考えられる。また、Brillianceの係数も大きい。Brillianceは高次球面調和関数の相対的なパワーを示す指標であるため、やはり鋭い照明の存在に対応すると考えられる。一方、物体裏側のコントラスト(図中の“Back contrast”)も係数が大きく、物体裏面の情報も例えば物体画像エッジ付近の輝度情報に寄与するようである。また、著者が鋭い照明の指標と考えていた輝度歪度やエントロピーは光沢感へ影響する要因として選択されなかった。これらを総合的に考えると、従来研究で提案されたBrillianceのように、球面調和関数で評価された照明環境中の輝度高空間周波数コントラストが光沢感に大きく影響することが示唆された。

本研究では多様な照明環境と光沢感の関連性を見出すことができた。しかし、物体形状や素材にはさほど大きなバリエーションがなかったため、今後これを増やす必要がある。また、多様な照明環境を解析対象としたことが本研究の大きな利点であるため、その結果を活かし、Brillianceに代わるような演光沢感性指標を構築することも今後の大きな課題となるだろう。

## 7. おわりに

本研究では、知覚的光沢感が物体画像統計量により予測可能であるという性質を利用し、どの照明環境中の要因が照明の演光沢感性に影響を与えるかを検討した。その結果、高次球面調和関数で取得できる照明環境中の高空間周波数コントラストが演光沢感性に関わることが示唆された。

## 参考文献

- 1) P. J. Marlow, J. Kim, and B. L. Anderson. The perception and misperception of specular surface reflectance. *Curr. Biol.*, 22 (2012), 1909-1913.
- 2) W. J. Adams, G. Kucukoglu, M. S. Landy, and R. K. Mantiuk. Naturally glossy: Gloss perception, illumination statistics, and tone mapping. *J. Vision*, 18(13):4 (2018).
- 3) F. Zhang, H. de Ridder, P. Barla, and S. Pont. A systematic approach to testing and predicting light-material interactions. *J. Vision*, 19(4):11 (2019).
- 4) M. Sawayama, and S. Nishida. Material and shape perception based on two types of intensity gradient information. *PLoS Comput. Biol.*, 14(4):e1006061 (2018).

# 3DCGIにおける色彩に対する意識と色彩教育の重要性について

## Awareness of color in 3DCGI and the importance of color education

森友 令子 Reiko Moritomo オフィス森友

Office Moritomo

**Keywords:** アニメーション, ライティング, 混色, 色彩教育, 3DCGI.

### 1. はじめに

アニメーションにはさまざまな制作方法があり、その一つに3Dコンピュータグラフィックスソフトウェア(以下3DCGソフト)が挙げられる。本研究は、色彩を学ぶ前や初学者にとって、3DCGソフトによる作品制作時における色彩に対する意識と色彩教育の重要性について考える。ここでは、ライティングに注目する。今回、学生に色彩の理解を深めるため、また、作品制作における光の重要性を理解してもらうため、球とプレーンのモデリングにライティングだけで、加法混色の図を作成させる等の課題を行なった。その際、加法混色という言葉は覚えていても認知度の低さと光に対する意識があまりないことがあきらかになった。これらのことを踏まえ、3DCGソフトを使用することで、アニメーションにおける光に対する認識と色彩教育への有用性を明らかにしたい。

### 2. 彩色の混色とデジタルの混色について

#### (1) セルの混色とデジタルの混色の意識の違い

2013年以降の2Dアニメーション(以下2D)の彩色はデジタルで行われている。セルを使用していたときは、絵の具を使っていた。また、求める色が市販色になれば、メーカーや制作会社内で絵の具を混色して新たな色を作り出していた。だが、デジタル彩色では色を作るという感覚はなく、色を選ぶといった感の方が強いだろう。例えば、RETAS STUDIOでは、RGB各チャンネルあたり8bit(0~255)の24bitフルカラーに加えて、16bit(0~65535)の48bitカラーとHSV値に加えアルファチャンネルを操作して透明度を持った色が用意されている。デジタル彩色で色を作るための混色は必要ない。デジタル彩色での二つの色を混色するという行為は、A色とB色を重ね合わせた際に現れるグラデーションを作り出すような

ものだ。Photoshop 1.0が1990年にリリースされてから31年経ってようやく、青と黄色を混色することで緑ができるペイントデジタルツールが登場したことで理解できるだろう。

#### (2) 3DCGソフトでの混色について

3DCGソフトは、商業アニメーションでも多数使用されており、個人でも手軽に利用できる。だが、その制作工程は、2Dとはかなり異なる。3DCGソフトでの制作は、イメージ的にどちらかといえば人形やクレイなどで制作する立体アニメーションの方が近いだろう。3DCGIの製作工程は、次の通りである。企画、ストーリーボード、絵コンテ等までは2Dと変わらない。それらをもとにモデリング、サーフェイス、セット&カメラ、アニメーション、シミュレーション、ライティング、レンダリングと行われ、2Dと同様、ポストプロダクションの工程に進み完成させる(一例)。色に関する工程は、マテリアル・テクスチャ、ライティングが当てはまる。マテリアル・テクスチャでは色を素材、質感とともに設定していく。だが、混色の意識は薄い。混色を意識せねばならない工程はライティングである。

#### (3) 直感的に色を選択する

2Dであっても、3DCGIであっても、デジタルは加法混色である。原色はRed, Green, Blueであり、全て足すとWhiteになる。PhotoshopのカラーピッカーはHSB, RGB, LAB, CMYK, webカラーのカラー値を選択するが、通常HSBが選択されている。HSBでは直感的に色を選択できる。3DCGソフトの一つ、MAYAは、RGBが設定されている。RGBでも直感的に色を選択できるのは、Photoshopと同様である。

### 3. 3DCGのライティングについて

3DCGIでのライティングは、直接照明、間接照明、透過光、反射、屈折、影などを設定し、シーンを作り出す。ライティングデザイナーは、光の色や位置、明るさなど照明効果を駆使し、シーンに強弱をつ

け、ストーリーの情感を引き立てる。また、観客の視線を誘導する重要な役割を担っている。優れたライティングについて、ジェレミー・ボーンは「意図したポイントに関心を向けさせる他に、見る人の気を散らさないようにする効果」があり、「音楽や音響効果と同様に、アニメーションを引き立たせる効果」があるとしている。だが一方で、どのような光を表現したいのか、なぜそこに光があるのかも考えず無造作にライトをシーン追加する人が多いとも述べている。これは、学生やアマチュアの話ではなく、3DCG 業界内での話である。

実際のライティングは、サーフェイスにも影響を与え、サーフェイスからも影響を受けている。シンプルに光を当てるだけなら、無造作でも気にならないだろう。しかし、3DCGI では、キャラクターに照明を当て最高の演技を引き出させ、演技内容によってはライティングを変えねばならない。「色は物体の特性ではなく、光の特性」であることや「アーティストにとって重要なことは、光が変われば色も変わる、ということ」が理解できていれば、ライティングに無頓着ではいられないはずである。

#### 4. 課題からみるライティング意識について

##### (1) 目的と課題内容

筆者が担当した 3DCG ソフト (MAYA) を使用してワンショットを作成する課題を出した当初、多くの学生がライトを設置せず提出してきた。ライトがないとレンダリング結果が得られない為、それ以降の課題の条件にはライティングをつけるよう指示した。だが、まさしく無造作に配置する学生が後を立たなかった。また、ライティングに工夫をするも、光量が足りない、課題が求めるイメージにそぐわないケースも見受けられた。そこでライトのみに集中した課題で、ライティングへの意識を促すこととした。課題内容は、課題①事例を示し時間内で同じような光のシーンを作成する、課題②加法混色の図を時間内で作り出す、とした。

##### (2) 課題の実際

課題①については、正解があるわけではない。各々の創意工夫で同じような、もしくはそれ以上に見えるシーンを作り出すことを目的とした。従って、学生の自由度は高くなった。また、ゴールに向かって光が作り出す空間を作り出すことで、光源の色、位置、光量などを意識することで、ライティングに注意が向けやすくなったことがわかった。

一方、課題②は、課題①よりも簡単だろうと考えていたのだが、実際はいくつかの問題が発生した。まず、三原色について記憶はあるが、詳細は覚えて

いないなど、色彩の知識不足である。次に、色光の三原色と課題に明記しているにも関わらず、三原色の一色を Yellow や Magenta といった色料の三原色を選択するものや、色光と色料の三原色を混同したものも見受けられた。また、3色重ねて White を作り出していないものもあった。

##### (3) ライティングに対する意識

シーンに必要なライティングを求められた際、二つの必要が考えられる。一つ目は、シーンが求める情感、雰囲気に必要なライティングである。二つ目は、レンダリングするために必要なライティングだ。一つ目の必要なライティングを求めるためには、光に対する意識がより求められる。ライティングに対して意識が向かないというのは、3DCGI にとって問題である。課題②の結果を踏まえて課題①をみると、課題①では光によって世界観を作り出しているという意識ではなく、色料で色彩構成している感覚に近いものだったのかもしれない。また、課題②で明らかになったように、色彩や光の知識が身に付いているとは言い難いこともわかった。

#### 5. おわりに-色彩教育への有用性

光による色の変化が理解できていないと、求めるシーンを作り出すためのライティングは出来ない。そのためにも、色彩教育が求められている。また、3DCGI の為だけでなく、色彩教育においても、3DCG ソフトを使用することは有用である。例えば、光を遮断した暗闇が身近にない環境の学生において、光がないと何も見えないという疑似体験を得ることが出来る。加法混色についても、色の変化する様を自身でも確認できる。光源色よる物体色の変化も容易に理解できる。もちろん、複雑な光の振る舞いは 3DCG ソフト側での設定が必要となる。だが、簡易的なものであれば、疑似的に作り出すことが出来る。色は光であり、光は色であることを、体感させることで光に対する意識も変わり、色彩への理解もより深まるのではないだろうか。

#### 参考文献

- 1) ŠÁRKA SOCHOROVÁ and ONDŘEJ JAMRIŠKA : Practical Pigment Mixing for Digital Painting, <https://scrtwpns.com/mixbox/>, ACM Trans. Graph., Vol. 40, No. 6, Article 234. (2021)
- 2) Jeremy Born : ライティング&レンダリング. 翻訳 株式会社Bスプラウト, ボーンデジタル(2014)
- 3) デービッド・ルーア/スティーブン・ペンタック : DESIGN BASICS 改訂版, 訳 大西央士/小川晃夫/二階堂行彦, 株式会社ビー・エヌ・エヌ新社(2012)

# 色覚多様性の観点から色彩を教育するための要点整理

## Essential points for color education design to include the diversity of color vision

村谷つかさ Tsukasa Muraya 九州大学大学院芸術工学研究院 Kyushu University  
 須長 正治 Shoji Sunaga 九州大学大学院芸術工学研究院 Kyushu University

**Keywords:** 色覚異常, 色覚多様性, 色彩教育, 社会包摂.

### 1. はじめに

「色覚異常」を多様性の文脈から捉え、色覚の「正常/異常」という思考を超えた包摂的な社会のデザインを行うためには、どのような研究や実践の起点が必要となるのか。

色覚とは、色を認知する感覚のことをいう。「色覚異常」とは、かつて色盲といわれた色覚特性を指す医学用語である。遺伝的要因により、色を感じる細胞の種類や働き方が多数派とは異なることで、色の識別の仕方や色に関わるコミュニケーションにおいて、大多数の人との間に齟齬が生じる場合がある。また、「色覚異常」を理由に、進学や就職に不当な制限を受けたり、偏見や差別を受けるなど社会的不利益を受けてきた歴史があり<sup>1)</sup>、今でも問題は完全に解消されてはいない。

そこには、色覚を異常/正常に二分する概念の影響が指摘され、連続性の中に多様な色覚特性が存在することへの理解が求められる<sup>2)</sup>。遺伝学会では、2017年に、色覚とはそもそも多様なものであるという概念とともに「色覚多様性」という用語を示した<sup>3)</sup>。色覚多様性の概念を基盤として社会を捉え直すことで、色や色覚特性に関する思い込みや差別意識を軽減し、全ての色覚特性の人が住みやすい社会の実現に資すると期待される。

多様性と、少数派の存在を包摂した社会の実現は、障害分野など様々な領域で重要性が指摘される。そこでは、少数派に対する一方的な支援や配慮ではなく、多数派と少数派それぞれが主体として互いの理解や存在の受容、相互作用や変容を通じた道筋が重視される<sup>4)</sup>。しかしながら、色覚分野において、そのような道筋を作るための研究は十分とはいえない。特に、自身の色覚特性を自覚する学齢期において、学校現場で多様な色覚特性を包摂する教育プログラムが望まれるが、そのための要点は体系的に整理されていない。

よって本研究では、文献調査により、色覚多様性の観点を基に多様な色覚特性が包摂された社会の実現に向け、研究や実践を促進させるための要点を明らかにし、整理することを目的とした。

### 2. 研究方法

色覚多様性の観点から必要な要素を網羅的に捉えるため、3名の著者による文献を選出し(表1)、色覚多様性の観点に立った教育に必要な記述を抽出して内容を質的に分析した。選出した文献を読み込み、色覚多様性に関する記述を抽出した上で、類似した内容をまとめてグループ名をつけるという作業を理論的飽和になるまで行った。それにより、3つの大項目と、各大項目に属する下位項目を整理した。

表1 要素抽出に用いた文献リスト

No.	著/監修	タイトル(出版年)	内容(選出理由)
i	川端裕人	「色のふしぎ」と不思議な社会(2020) <sup>2)</sup>	色覚多様性の観点から「色覚異常」の概念や社会の常識の捉え直しで執筆した書籍
ii	柳田多聞	国際生活機能分類(ICF)に基づく色覚に関する障害の評価(2003) <sup>5)</sup>	生活機能に関する国際的な基準を示すICFの枠組みを利用し、「色覚異常」を社会的受容状況を含めて捉え直した論文
iii	岡部正隆	色覚の多様性に配慮した社会の実現のために(2017) <sup>6)</sup> 色覚検査の事後措置: 学校における配慮と指導(2017) <sup>7)</sup> 色弱の子どもがわかる本 コミック Q&A(2020) <sup>8)</sup>	色覚多様性の社会の実現に向け、教育現場において「色覚異常」の児童生徒(本文では「色弱」を使用)に対する配慮や指導について具体的な情報をまとめた記事、書籍

### 3. 結果

分析の結果、選出した文献の著者らには、多様な色覚特性が包摂された社会の実現に向けて共通する視点があり、3つに分類できた。それは、「色覚異常」の人が色に関して疎外される存在や

色に関する情報弱者にならないようにする「環境づくり」(本研究では、学校現場に焦点を当てる)。「色覚異常」の人が自身の色覚特性を知るとともに色覚多様性の観点や対処法を獲得できるようにする「エンパワメント」、そして、色知覚や「色覚異常」に関する正しい知識の理解を促すとともに、色覚多様性の観点に立った認識や態度を社会通念として根付かせる「知識の普及・土壌づくり」であった(表2)。それらが大項目とし、属する下位項目の整理を行なった結果を、以下に示す(表3~6の左端3列は、表1の文献に該当する)。

表2 著者らに共通する色覚多様性の観点(大項目)

大項目	内容
環境づくり(学校現場)	色に関して疎外される存在・色による情報弱者を作らない環境づくり
エンパワメント	自身の色覚特性の把握、色覚多様性の観点と対処法の獲得による、「色覚異常」の児童生徒に対するエンパワメント
知識の普及・土壌づくり	色や「色覚異常」に関する正しい知識の普及と、色覚多様性の観点に立った認識や態度をもたらす土壌づくり

3-1 「環境づくり(学校現場)」の要素

「環境づくり(学校現場)」に属する要素を、表3の通り7項目に分類した。「色覚異常」の児童生徒の存在を前提に、色による情報弱者を作らないための配慮に関する項目から成る。

表3 「環境づくり(学校現場)」の要素

i	ii	iii	項目	内容
○	○		前提・意識	「色覚異常」の児童生徒が存在するという前提
	○	○		色による情報弱者を作らない環境づくりへの意識
○	○	○	物理的環境	学校施設のサインや色で区別する情報に対する工夫
		○		色以外の情報(形、素材、文字、下線・枠線など)の併用
		○		色名の提示
	○	○		どの色覚特性でも識別しやすい色の組み合わせの選定
○		○		カラーユニバーサルデザイン(CUD)の教材や教具の選定
	○		人的環境	専門知識を持つ者
	○	○		協力者・理解者(教員、同級生、保護者)
	○	○	設備・機能	相談窓口の設置(担任、養護教諭など)
○	○	○		学校における色覚検査(必要に応じた実施)
	○	○		眼科医による精密検査(必要に応じた促し)
○	○	○	学習・タイミング	学習機会の設定(教員)
	○	○		学習プログラム、学習支援ツールの提供(「色覚異常」の児童生徒)
○		○		色覚特性の認知・学習を促す適切なタイミングへの考慮(「色覚異常」の児童生徒)
	○	○	テクノロジー	色の測定機器等の開発、使用
	○	○	色表現(図画工作・美術)	本人の自由に任せ、感じた通り描くことを促す
○				色の見え方を知った上での対応

3-2 「エンパワメント」の要素

「エンパワメント」に属する要素を、表4の通り10項目に分類した。「色覚異常」の児童生徒が自身の色覚特性や社会生活の中で起きうる活動制限などを知るとともに、自分の生活をより良い方向に導くための方法や力、考え方を獲得するための学習ポイントに関する項目から成る。

表4 「エンパワメント」の要素

i	ii	iii	項目	内容
○	○		色覚特性	色の認知に関する他者との違和感
○	○		の自覚	自身の色覚特性(「色覚異常」)への気づき
○			起きうる	色に関する話題の回避
○	○	○	活動制限	色を使った制作や作業に対する躊躇や物怖じ
○	○	○		周囲ないし社会から揶揄や偏見を受ける
○		○		進学や就職への制限(制度、過度な制限、他者・自身の思い込み)
○		○		自分自身への負のラベリング
○	○	○	知識・理解	色、色覚、「色覚異常」に関する正しい知識を得る
○	○	○		病気ではなく遺伝による形質
		○		色の見え方が異なるだけで日常生活に支障はない
		○		相談できる環境の存在や協力者の存在を身近に感じる
○		○		様々な職に就き(工夫しながら)働く人の存在を知る
○	○		色覚特性の把握	自身の色覚特性(混同しやすい色、場面など)の把握
	○	○		自身と他者の色覚特性の違いの把握
○			色覚多様性の観点	色覚多様性の観点から自身の色覚特性を捉える
○		○	の獲得	区別が得意な色の組合せがあることを知る
○	○	○	対処方法の獲得	色以外の手がかりに着目して識別し手段を講じる力
○	○	○		目的や状況に沿った多様な方法を用いて対処する力
○		○		収集した正しい情報を基に必要な判断をする力
	○	○		カラーチャートや色名表示アプリなどツールの活用
	○	○	コミュニケーション力	色名を使ったコミュニケーションへの積極的態度
○	○	○	の獲得	周囲へ理解や協力を働きかけるスキル
○		○	自己研鑽	より良く(幸せに)生きるために自己研鑽する意欲
		○	強みとして活かす	色覚特性を作品制作や仕事に活かす

3-3 「知識の普及・土壌づくり」の要素

「知識の普及・土壌づくり」の中で、「知識の普及」については「色知覚に関する知識」と「『色覚異常』に関する知識」に分類して整理した(表5)。「色知覚に関する知識」は4項目に、「『色覚異常』に関する知識」は7項目に分類した。科学的な知見を基に、「色知覚の主観性」や「色知覚の外在性」、「色覚異常」であることで「生じる状態」や「正しい理解の妨げ」となる思い込みなど、

色覚多様性の観点を知ることに関連した項目から成る。

表5 「知識の普及」の要素

i	ii	iii	項目	内容
○	○	○	科学的特性	可視光線を網膜で受け、脳内で生じる感覚
○	○	○		同じ波長の色が全ての人に同じ色に見えるとは限らない
○	○	○	色覚の主観性	色の知覚は主観性の高い現象
○	○	○		誰でも同じ色に見えているという思い込み
○	○	○	色覚の外在性	違う色に見える可能性に対する感覚的イメージの難しさ
○	○	○		色は物体についているものだと感じる(属性帰属)
○			条件や文化などの影響	周囲の環境や条件により色の見え方は変化する
○				文化や言語によって色の認知の仕方は異なる
○	○	○	用語	「色覚異常(先天性色覚異常)」:医学用語
○	○		発生	日本人の男性の5%, 女性の0.2%に存在(潜在的な割合はそれ以上)
○	○	○	機能	様々な遺伝形式をとる
○	○	○		病気ではない(治療により改善しない)
○	○	○	生じる状態	色覚をもたらず細胞の働き方が多数派と異なる
○	○	○		色覚をもたらず3種の細胞(L, M, S錐体)の働き方により, 3つの型(1型, 2型, 3型)に分けられる
○	○	○	活動制限	「色を区別できるか」と「何色に見えるか」は別の問題
○	○	○		主に色相の識別を苦手とする
○	○	○	色覚異常に関する知識	混同しやすい色の組み合わせがある(混同色現象)
○	○	○		色の見え方の違いやその程度には幅がある
○	○	○	正しい理解の妨げ	色覚の経験の差から生じるコミュニケーションの齟齬
○	○	○		他者のネガティブな反応に応じた色に関わる活動の抑制
○	○	○	歴史的経緯の理解	見ている色に相当する色名が存在しない(色名が言えない)難しさ
○	○	○		全ての色の見え方が異なるわけではないため、「色間違い」が起きる場面に対する混乱や予測の困難さがある
○	○	○		誤った内容を含む知識の流布
○	○	○		「色覚異常」であると色がわからないという思い込み
○				「色覚異常」は個性として捉えることで十分だという思考
○				「色覚異常」であっても色に関して困る場面は限定的であるため, その困難に対する想像や理解が難しい
○	○	○		進学や就職, 結婚など社会的に差別されてきた歴史(優生思想とのつながり)
○	○	○		学校での色覚検査が与えてきた苦痛(排除のための装置となり得る)

「土壌づくり」に属する要素は、表6の通り9項目に分類した。「土壌づくり」は、色覚多様性の観点から「色覚異常」を捉え直した際にポイントと

なる捉え方、考え方から成る。

表6 「土壌づくり」の要素

i	ii	iii	項目	内容
○	○	○	理解・態度	色覚多様性の概念や知識の理解
○	○	○		色覚の多様性を当たり前のこととする態度
○	○		多様性と連続性の枠組み	人物を表すのではなく、その人が持つ特性の一つ
○	○	○		色覚特性はスペクトラム状の分布の中に位置付けられる
○	○	○		「正常からの逸脱」ではなく「標準からの偏り」と捉える
○	○	○		「標準からの偏り」自体に対する偏見の解消
○	○	○	条件による基準の変化	正常/異常に二分できるものではない
○	○	○		全ての人は色覚の多様性の中に位置付けられる当事者
○	○	○	用語との違和	「色間違い」は存在しない(「正しい色」はない)
○	○	○		線引きの基準は固定的でなく必要な条件により変化する
○	○	○	差異としての捉え方	「異常」「障害」「病気」ではなく細胞の機能の違い
○	○	○		「異常」でも「変異」でもなく多型や多様性の一部
○	○	○	色覚の特性と強み	「異常」と付く用語に対する違和感
○	○	○		「色覚異常者」という、人格と結びつけたような表現への違和感
○	○	○	双方向の意識	社会における少数派
○	○	○		優劣ではなく差異
○	○	○	多様であることの意味	2色覚の色の世界がある(白黒ではない)
○	○	○		「色覚異常」の中でも色の見えの状態は多様
○	○	○	幸せへのリンク	「色覚異常」の方が区別しやすい色の組み合わせがある
○	○	○		2色覚と3色覚色の見えそれぞれに得手不得手がある
○	○	○		コミュニケーション:色に限らず互いに常に関連合うもの
○	○	○		一方方向ではなく互いに相手を思いやる関係づくり
○	○	○		多様であることは集団として強みとなる
○	○	○		「色覚異常」はヒトの多様性の典型例
○	○	○		全ての当事者の豊かな生活, 幸せにつながる概念として活用

4. 考察

以上の結果から、色覚多様性の観点から研究や実践を行うための起点として整理した要点の意味や、今後の課題について考察を行う。

まず、調査に選出した文献に関してだが、いずれも色覚多様性の概念が反映された文献であったため、記述内容には多くの共通する視点が見られた。大項目として整理した「環境づくり(学校環境)」「エンパワメント」「知識の普及・土壌づくり」は、いずれの著者も不可欠な視点として重視していた。選出した文献は書籍、寄稿文、論文と、形式や文字数、目的の異なるものであるため大項目ごとに該当する内容に濃淡はあるが、下位項目にも多くの共通した内容があることがわか

る(表3~6の左端3列参照)。

「環境づくり(学校環境)」(表3)に属する項目の中で「学習・タイミング」について、現状として、教師への研修も十分でないと推察するが、多数派の色覚特性を持つ児童生徒に対する学習機会をいかに作るかということも、同様に不可欠な要点と考える。また、「色表現」に関しては、色の識別に関する配慮や感じたままの色使いの受容という点に留まらない問題を含むので、更に焦点を絞った調査研究が必要となると考える。

「エンパワメント」(表4)に属する項目を見ると、「色覚異常」の児童生徒が、自身の色覚特性を把握し、他者の色覚特性も理解した上で、実社会の中で自身の望む方向に進む手段を獲得するための項目となっている。ただ、当事者に努力を求めるだけの「自己責任論」に終始しないよう<sup>2)</sup>、学校の「環境づくり」や「知識の普及・土壌づくり」の要点を併せて考えることが必要である。

「知識の普及」(表5)に属する項目は、科学的な知見を基に、色覚多様性の概念の理解に関わる内容をまとめた。例えば「色知覚に関する知識」に関し、色は物体についているものだと感じやすい(「色知覚の外在性」)点は、色の見えには多様な特性があるという理解を難しくする。理解を促すには、具体的に色の見えの違いを想像できるような仕掛けを考案することが必要となるだろう。

また、「『色覚異常』に関する知識」に関し、例えば「正しい理解の妨げ」として整理した『『色覚異常』は個性として捉えることで十分だという思考』については、人により意見が分かれる点であろう。柳田は、「障害は個性であり皆と同じだ」とする考えを「乱暴な同一視」と表している<sup>5)</sup>。そこには、身体状態と人格とを固定的に結びつけて捉えることに対する危惧がある。個性という言葉の概念の捉え方にも依るが、例えば障害分野において、障害を個性と捉える考え方は、一見、障害による問題は存在しないという状態を作り出すようだが、問題を見えない状態にしているだけという場合もあるため、慎重な解釈が必要となる。

「土壌づくり」(表6)に属する項目は、これまで病気や異常とされた「色覚異常」の状態を色覚多様性の観点から捉え直した内容である。多様な色覚特性が包摂される社会に向けて研究や実践を行う際には、問題を抱える少数派に対しての支援やアプローチのみでなく、多数派とされる人たちの意識の変化をどのように促せるかという、「双方向の意識」に対する視点を持つことが重要である。配慮する側/される側など、関係性は、条件や場面により入れ替わるものだという

経験的に理解できる工夫が求められる。

これまで学校などで配布されてきた「色覚異常」に関する資料の内容は、「色覚異常」に関する基本的な説明と、学校で行う配慮としての「環境づくり(学校環境)」が主であった。本研究では、「色覚異常」の児童生徒に対する「エンパワメント」や、社会通念として色覚多様性の観点を伝えるための「知識の普及・土壌づくり」に関する要点も捉え整理した。今後、色覚多様性の観点から研究や実践を進めていく際、色覚多様性の観点を体系的に捉えた上で、研究や実践の計画を行うことに役立つことが期待できる。今回は、文献調査により、著者らが項目を整理した段階であるが、文献の著者や学校関係者、「色覚異常」当事者など関わる専門家に、さらに検証を行い改善を図るとともに研究や実践に使用しやすいツールの開発を行うことが課題である。

## 5. おわりに

本研究では、色覚多様性の観点から研究や実践を促進するための要点について、文献調査により整理を試みた。その結果、「学校環境づくり」「エンパワメント」「知識の普及・土壌づくり」という3つの大項目を生成し、その下位項目も作成し表に整理した。これにより、色覚多様性の観点を体型的に捉えた上で、研究計画や色彩教育の内容を考えることに役立つことが期待できる。今後、本研究で得られた要素について、有識者や関係者への検証を行うとともに、活用可能性に向けた検討や試行を行うことが課題といえる。

### 参考文献

- 1) 高柳泰世. たたかえ!色覚異常者 「色盲・色弱」は病気ではなく、個性なのです. 共同印刷株式会社, 1998
- 2) 川端裕人. 「色のふしぎ」と不思議な社会. 筑摩書房, 2020
- 3) 日本遺伝学会. 「遺伝学用語改訂について」: [https://gsj3.org/wordpress\\_v2/wp-content/themes/gsj3/assets/docs/pdf/revisionterm\\_20170911.pdf](https://gsj3.org/wordpress_v2/wp-content/themes/gsj3/assets/docs/pdf/revisionterm_20170911.pdf) (最終閲覧日: 2022年4月11日)
- 4) 村谷つかさ. 障がいのある人の創作活動を社会との関係で捉え直すー活動の論点整理と推進の仕掛けー. 文化政策研究, 2019, 第12号, pp.47-67.
- 5) 柳田多聞. 国際生活機能分類(ICF)に基づく色覚に関する障害の評価. 県立長崎シーボルト大学国際情報学部紀要, 2003, 4, pp.129-140.
- 6) 岡部正隆. 色覚の多様性に配慮した社会の実現のために(特集 眼の健康とQOL). 公衆衛生, 2017, 81, 5, pp.417-423.
- 7) 岡部正隆. 色覚検査の事後措置: 学校における配慮と指導(特集 子どもの目を守るために). 心とからだの健康: 子どもの生きる力を育む, 2017, 21(10), pp.19-23.
- 8) カラーユニバーサルデザイン機構原案, 福井若恵コミック, 岡部正隆監修. 増補改訂版 色弱の子どもがわかる本 コミック Q&A 家庭・保育園・学校でできるサポート術. かがわ出版, 2020.

謝辞

本研究はJSPS科研費課題番号JP 21H04243(基盤A)の助成を受けて行われた。

# 図画工作や美術の授業における 色覚多様性を意識した色彩教育の実態調査

## Survey on Color Education for Diversity of Color Vision in Art Class

主税礼菜 Reina Chikara 九州大学大学院芸術工学府 Kyushu University  
 村谷つかさ Tsukasa Muraya 九州大学大学院芸術工学研究院 Kyusyu University  
 須長正治 Shoji Sunaga 九州大学大学院芸術工学研究院 Kyusyu University

**Keywords:** 色彩教育, 色覚異常, 図画工作, 美術.

### 1. はじめに

「色覚異常」は少数派の色覚特性を指す医学用語であり、割合として男女半々の40人クラスに1人は存在するため<sup>1)</sup>、学校現場において珍しい存在ではない。「色覚異常」の児童生徒は、大多数の人には容易な色の区別が困難なことがあり、周囲と異なる色名や色使いをすることで、揶揄の対象となったり<sup>2)</sup>、進学や就職の際に過度な制限を受けたりする<sup>3)</sup>などした経験が報告されてきた。近年は、色覚は正常/異常に分けられず、多様な特性が連続的に存在することが、色覚多様性の概念とともに発せられている。

学校現場において、直接的に色を扱う科目として、図画工作や美術があるが、「色覚異常」の児童生徒が教師や同級生に「間違っただけ」色使いを指摘された経験から、アートに興味を失ったという報告もある<sup>4)</sup>。図画工作や美術の教科書や指導要領にも「色覚異常」に関する記述はないことから<sup>5)</sup>、授業の中で児童生徒や教師に、混乱や困難が生じている可能性がある。

これまで、学校現場に配布されてきた「色覚異常」に関する資料は、「色覚異常」の児童生徒を色による情報弱者にしないことを主眼に置いた内容であった<sup>6)</sup>。ところが、色を使った表現を行う図画工作や美術の授業においては、それとは異なる質の配慮や指導が必要といえる。しかし、「色覚異常」の児童生徒を対象とした表現活動に関する配慮や指導に関する先行研究は少なく、図画工作や美術の授業における実態も明らかになっていない<sup>7)</sup>。

よって、本研究では、図画工作や美術の授業における色彩教育の内容や、「色覚異常」の児童生徒に対する教師の対応や認識について実態調査を行う。それにより、課題と要点を整理することを目的とした。

### 2. 方法

調査は、学校現場において図画工作や美術の授業を行う教師を主な対象に、アンケート形式で行った。福岡市内の公立小中学校と福岡県内の公立高校全て

に加え、便宜的サンプリングで抽出した他県の教師にも回答を依頼した。複数回答可の選択肢式と自由記述式を併用した全19問の質問項目(表1)に対し、オンラインまたは、紙面による回答を得た。

表1 アンケート質問内容

No.	質問内容	質問形式
I	図画工作や美術の授業における色彩教育の内容と、児童生徒への対応	
	i 図画工作, 美術の授業における色彩教育の内容	選択
	ii 色彩に関して教育する際に大切にしていること	選択
	iii 周囲とは異なる色使いをする児童生徒がいた際に行ったことのある対応	選択
II	図画工作や美術の授業において、「色覚異常」の児童生徒に対し行ったことのある対応や、持っている認識	
	i 「色覚異常」の児童生徒に対し行った配慮	選択
	ii 「色覚異常」の児童生徒に対し行った指導	選択
	iii 「色覚異常」の児童生徒の色の見え方や色使いに対する捉え方	選択
III	色や色覚, 「色覚異常」に関して持っている知識や認識	
	i 色に関する科学的な知識	選択
	ii 「色覚異常」に関する科学的な知識	選択
	iii 「色覚異常」を巡る社会的な状況に対する認識	選択
IV	「色覚異常」の児童生徒を受け持った経験	
	i 受け持った経験のある「色覚異常」の児童生徒の人数	記述
	ii 「色覚異常」であることを把握した経緯	選択
V	「色覚異常」に関する学校全体での取組	
	i 「色覚異常」に関する研修機会や活用資料	記述
	ii 「色覚異常」の児童生徒に対し行っている配慮	選択
	iii 「色覚異常」に関する相談窓口の設置	選択
VI	対象者の基本情報(主に色彩教育に関わる内容)	
	i 役職(担任・副担任, 管理職, 養護教諭, 正規雇用の教員, 常勤/非常勤講師, その他)	選択
	ii 学歴(教育学専攻, 美術・芸術専攻, それ以外)	選択
	iii 色覚や「色覚異常」に関する学習経験の有無	選択
	iv 勤務経験(小学校, 中学, 高校, 特別支援学校, 大学, その他)と, 各勤務年数	選択
	v 勤務地(都道府県名)	選択

調査期間は、令和3年11月17日から令和4年1月17日迄であった。

### 3. 結果

アンケートの回答者数は210名であった。勤務先の内訳は、小学校のみ勤務経験がある教師124名、小学校と中学、高校など複数の学校に勤務経験がある教師22名、小学校以外の学校のみ勤務経験がある教師64名であった(表2)。回答内容の分析を行った結果は以下である。( )内は回答率を示す。

表2 回答者の勤務経験内訳

勤務経験	回答者数
A群：小学校のみ勤務	124名
B群：小学校を含めた複数の学校に勤務	22名
C群：小学校以外の学校に勤務	64名
計	210名

#### 3-1 色彩教育の内容と授業における対応や認識

図画工作や美術の授業における色彩教育の内容と、「色覚異常」の児童生徒に対する教師の対応と認識について、質問項目ごとに単純分析した結果を示す。

##### 3-1-1 色彩教育の内容

質問I-iから、色彩教育の内容として「混色・重色」(78.1%)、「色名」(71.9%)のように、実技と関連する内容を選んだ教師は多かった。一方で、「色の見え方に関する科学的な知識」(17.1%)、「色覚の多様性に関する知識」(15.2%)を選択する率は低かった。色彩教育の内容として、知識に関する教育はあまり行われていないことがわかった。

##### 3-1-2 授業における配慮と指導

質問II-iにおいて、「色覚異常」の児童生徒に対し、授業の中で「特に配慮をしていない」(45.7%)とする教師は、半数近い率であった。教師が行う配慮として選択した回答には、「他の同級生と色の見えが異なることに本人が気付かないように気を配る」(3.8%)、「模写や皆で共通したモチーフの描写を行う際など、正しい色をさりげなく伝える」(6.7%)という回答も含まれていた。

また、質問II-iiにおいて、「特に指導を行っていない」(46.2%)とする教師の率は、配慮に関する質問と同様、半数近かった。教師が行う指導として選択した回答には、「色を使わない表現方法を用いることを勧める」(0.5%)、「本人が困っていないなら、特別に『色覚異常』を意識した指導は必要ないと考え」(11.9%)という回答も含まれていた。

##### 3-1-3 表現活動の中での「色覚異常」に対する認識

質問II-iiiにおいて、「色覚異常」の児童生徒の色の見えや色使いが、周囲と異なることに対し、図画工作や美術の授業の中では、「機能不全ではなく、個

性や感性として捉えることで十分だ」(46.2%)とする回答を選んだ教師が半数近くいた。一方で、「『色覚異常』であることが美術において強みになる」(13.3%)という回答の選択率は低かった。「色覚異常」であることが、表現活動において強みになる可能性に対する認識は低いことがわかった。

##### 3-1-4 児童生徒への対応

質問I-iiiにおいて、図画工作や美術の授業の中で、周囲とは明らかに異なる色使いをする児童生徒がいた場合の対応について、「『色覚異常』『色盲』『色弱』かもしれないと思い、保護者や他の教員に連絡した」(10%)、「『色覚異常』『色盲』『色弱』かもしれないと思い、気をつけて様子を見るようにした」(31.4%)であった。周りとは異なる色使いをする児童生徒に対し、「色覚異常」かもしれないという意識を持ち、対応を行う教師の率は高くなかった。

#### 3-2 教師の背景要因が関連する対応や認識の違い

勤務経験の違い(表2)や研修機会の有無など、教師の持つ背景要因が、「色覚異常」の児童生徒に対する対応や認識の仕方に与える影響に関し、複数の質問項目の間でクロス分析を行った結果を示す。

##### 3-2-1 受け持った「色覚異常」の児童生徒の人数

質問IV-iにおいて、受け持った経験のある「色覚異常」の児童生徒の人数を問うた結果、「0人」(51.4%)、「1人以上いた」(47.6%)となり、「10人以上」という回答も複数みられるなど、回答人数には開きがあった。この結果と、質問VI-ivで尋ねた教師の勤務経験に関する回答との関連について分析した。受け持った経験のある人数を「1人以上いた」と回答した教師の率は、A群：小学校のみ勤務経験を持つ教師では35.5%、C群：小学校以外の学校勤務経験を持つ教師では73.4%と、約40%の差があった。

同様に、質問VI-iiiの「色覚異常」に関する研修機会の有無に関し尋ねた回答との関連を見ると、「1人以上いた」と回答した教師の率は、研修機会が有った教師群では59.2%、無かった教師群では41.2%と、約20%の差がみられた。

##### 3-2-2 教師の勤務経験の違いが影響する教育の内容

3-1-1で示した結果に関し、教師の勤務経験との関連について分析すると、A群では、「知識を教えている」と回答した率は、「色の見え」「色覚の多様性」に関する知識ともに4.8%であったのに対し、C群ではともに40%前後であり、約35%の差があった。

また、3-1-2で示した結果に関しても、同様に教師の勤務経験との関連を見ると、A群では、配慮、指導ともに「行っていない」と回答した率は約60%、C群では25%と、約35%の差がみられた。

#### 3-3 色覚多様性に関する教育におけるの矛盾

質問項目間でクロス分析を行った結果、色覚多様

性に関する知識、授業での対応など、色覚多様性に関する教育においてみられた矛盾について示す。

### 3-3-1 科学的に正しい知識

質問Ⅰ-iで、色覚や色覚多様性に関する知識について、授業を行っているとは回答した教師であっても、質問Ⅲ-iにおいて、色に関し科学的に正しい知識を示す回答のみを不足なく選択した教師は1人もおらず、回答には誤答も含まれていた。特に多く選択された誤答は「色は光の波長によって決まる」(78.7%)であり、色覚多様性の理解と結びつきの強い選択肢である「色は脳内で生じる感覚である」(46.8%)の回答率は、50%に満たなかった。

### 3-3-2 理想的な考え方と実際の行動

質問Ⅱ-iiiにおいて、授業における「色覚異常」の児童生徒の色の見えや色使いに関し、「他の児童生徒も色覚の多様性を学ぶ良い機会となる」(61%)など、色覚多様性を肯定的に捉えた回答を選択した教師は多かった。肯定的な回答を選択した教師であっても、質問Ⅱ-i、Ⅱ-iiにおいて「色覚異常」の児童生徒に対する対応を行っていない率は、配慮(43.8%)、指導(45.3%)と、ともに40%以上であった。

また、配慮や指導を行うとは回答した教師であっても、「色について先生や同級生にたずねやすい雰囲気や関係作りに気を配る」(28.1%)、「使いたい色や表現したいイメージを児童生徒が自ら伝え、制作への協力を周囲に働きかけられるようにする」(12.5%)というような、「色覚異常」の児童生徒と同級生が色に関して関わり合いながら、ともに学ぶことを後押しするような回答を選択する率は低かった。

### 3-4 「色覚異常」に関する学校全体での取り組み

「色覚異常」に関する学校全体での取り組みについて、質問項目ごとに単純分析をした結果を示す。

#### 3-4-1 活用資料や研修機会

質問Ⅴ-iにおいて、「色覚異常」について理解するために、学校全体で活用している資料や研修機会について尋ねた結果、「特にない、わからない」(61.9%)という回答が最も多かった。実施している場合の中では、「研修がある」(10.5%)「養護教諭と連携した研修などの取り組みがある」(6.7%)という回答が多かったが、その回答率は高くても約10%であり、全体から見るとかなり低いことがわかった。

#### 3-4-2 学校全体で行われている配慮

質問Ⅴ-iiにおいて、「色覚異常」の児童生徒に対して学校全体で行っている配慮については、「チョークの色使い」(64.3%)、「色使い以外の板書の書き方」(39%)という選択肢の回答率が順に高かった。

#### 3-4-3 学校に設けられている相談窓口

質問Ⅴ-iiiで、学校に設けられている「色覚異常」に関する相談窓口について尋ねた結果、「養護教諭」

(46.7%)が最も多く回答された。

## 4. 考察

以上の結果から、色覚多様性の観点に立った色彩教育を行うための、課題と要点を整理する。

### 4-1 色覚の違いを前提とした色彩教育の必要性

3-1-1より、色彩に関する教育を実技の中で行う教師が多い一方で、色覚や色覚多様性に関する知識を教える教師は少なく、知識を教えている教師であっても、3-3-1で見たように必ずしも正しい知識を持っているわけではない。これらから、「色覚異常」の児童生徒は、自身の色覚特性を理解しないまま、図画工作や美術の授業において、周囲の児童生徒と同じ方法で色に触れて学ばねばならず、違和感や困難を抱えながら、多数派の色の見えを基準とした色の学習を求められる状況があると推察する。

3-2-1の通り、半数以上の教師が「色覚異常」の児童生徒を受け持った経験がないと回答したが、「色覚異常」の割合として男女半々の40人学級に1人は存在することから、いなかったのではなく、実際には、教師が気づいていなかった可能性が高い。今回、教師が研修を受けた経験の有無は、「色覚異常」の児童生徒を受け持った経験の有無についての回答率とも関連することが示された。多くの学校で「色覚異常」に関する資料の活用や研修が十分に行われていないことも示されたが、学校が教師の後ろ盾となり、まずは「色覚異常」や色覚多様性に関する適切な知識を学ぶ機会を保障することが必要だといえる。

その際、色は主観的な感覚であり、色覚には多様性があることを理論のみで理解することは難しいため、具体的な経験を通じた理解をいかに促せるかは要点となる。色覚は多様であることを知り、色の見えが異なる児童生徒の存在を前提とした上で、色を学ぶことの意味や目的を、原点から考え直した色彩教育の実施が必要であると考えられる。

### 4-2 表現活動における「色覚異常」の児童生徒への適切な配慮や指導

3-1-2より、「色覚異常」の児童生徒の多くは、図画工作や美術の授業の中で適切な配慮や指導を受けておらず、他の児童生徒と同じように色に関する表現活動を行えていないことが示唆された。また、教師が、授業で「色覚異常」の児童生徒が自身の色覚特性に気づかないように気を配ったり、色を使わない表現方法を勧めたりするなど、「色覚異常」であることを表現活動において障害になりうるものと捉えた回答が、少数ながらあった。これは、教師が、色を扱う授業の中で「色覚異常」の児童生徒に対し、適切な配慮や指導方法に関する知識を十分に持っていないためだと考える。3-3-2で示された、色覚多

様性に関し教師が持つ理想としての考えと、実際の対応との間に隔たりがある要因の一つでもあろう。しかしながら、そもそも表現活動における「色覚異常」の児童生徒に対する配慮や指導として何が適切か、また、目指すべき方針は何か、指標となるものが無いことが、根本的な課題であるといえる。

3-4-2 より、多くの教師が、チョークの色使いや板書の書き方などを配慮していると回答したが、こうした配慮は、あくまでも色による情報の識別をしやすいするための配慮であり、図画工作や美術における表現活動で必要となる配慮や指導とは、質が異なる。そこには、「色覚異常」による色の見えの特性を生かした表現をすることや、多数派の色の見えの鑑賞者を意識した作品制作を行うことなどがあり得る。いずれにせよ、「色覚異常」の児童生徒がどのような色の表現を望むかを自身で考え、主体的に使用する色を選択し、自身の表現を心から楽しめるようにするための配慮や指導が必要であると考えられる。

#### 4-3 表現活動における「色覚異常」に対する認識

色を用いた表現活動において「色覚異常」が強みになる可能性に対し、認識を持つ教師が少ないことが、3-1-3 よりわかった。その要因として「色覚異常」の特性が、表現の中で有利に働く場面を見た経験の乏しさがあると考えられる。これは、特に模写などにおいて、多数派の色の見えに基づいた「正しい色」を用いた彩色を基準とした際、周囲の児童生徒とは異なる色で塗られた作品に対する評価指標を持たないことが要因の一つと考える。色の見え方は主観的なものであることを踏まえ、正解のない表現活動の場において、色覚多様性の観点から評価する軸を持つことが課題といえる。

#### 4-4 色覚多様性を包摂した教育のための意識

3-1-2, 3-1-3 から、「色覚異常」は個性や感性として捉えることで十分であり、特別な指導は必要なものではないと考える教師が多いことが伺える。これは「色覚異常」自体を個性とみなすことで、障害などは発生しないとする見方であるとも捉えられる。「色覚異常」に由来する多数派の色覚者との齟齬が見えない状態になることで、「乱暴な同一視」となる可能性もある。多様な色覚特性があることや、色の見えの差異を互いに受け入れた上で、「色覚異常」の児童生徒も、多数派の色覚の児童生徒も、そして教師も、皆がともに学び育つ環境づくりに対する意識を育むことができる教育を行うことが課題といえる。

#### 4-5 小学校に関する課題

小学校における色彩教育には、中学・高校とは異なる難しさがある。勤務経験が小学校のみの教師は、「色の見え」や「色覚の多様性」に関する知識を教える率や、「色覚異常」の児童生徒に対する配慮や指

導を行う率などが低いことが、3-2-2 で示された。これには、教師の美術に対する専門性の違いが影響していると考えられる。中学・高校では、教師が美術を専門とするため、色彩に関する専門性が小学校教師よりも高く、色彩表現に対する理解も深い。美術や色彩を専門としない教師が、教育や対応を行えるようにする方法の考案は課題である。

また、色覚や色覚多様性に関する知識は、小学校の図画工作の教科書には掲載されておらず、児童が学習するには難しい内容であることも課題である。図画工作の授業の中で、自身の色覚特性に気づいたという例が多く報告されていることから、ゲーム性を用いるなど、小学生が楽しみながら学べる色彩教育を開発することが必要であると考えられる。

#### 4-6 養護教諭との連携

学校において、「色覚異常」に関する専門知識を持つ存在として、養護教諭があげられる。「色覚異常」の児童生徒への支援や指導を、養護教諭が主導していることも、3-4-1, 3-4-3 で示された。色覚多様性の観点に立った表現活動に関しても、授業を行う教師と養護教諭が連携することで、学校の風土づくりも含め、より効果的に展開できる可能性があることから、良い協力体制を作ることが課題となる。

#### 5. おわりに

本研究では、図画工作や美術の授業における色覚多様性を意識した色彩教育に関する実態調査を行い、多様な色覚が包摂された色彩教育を行うための課題と要点を整理することを目的とした。そのため、図画工作や美術に携わる教師を主な対象に、アンケート調査を行った。結果、多様な色覚特性を前提とした色彩教育が行われていないこと、「色覚異常」の児童生徒に対する色を使った表現活動で必要となる配慮や指導の指標がないことなどを課題として示した。今後は、整理した課題と要点を踏まえて教育プログラムを考案し、検証することが課題となる。

#### 参考文献

- 1) 岡部正隆, “色覚に多様性に配慮した社会の実現のために”, 公衆衛生, 81(5), 2017, 417-423
- 2) 宮浦徹他, “平成 22・23 年度における先天色覚異常の受診者に関する実態調査(続報)”, 日本の眼科, 83, 2012, 1541-1557
- 3) 高柳泰世他, “色覚異常者に対する社会的制限調査”, 日本の眼科, 58, 1987, 801-814
- 4) 辻清佳他, “色覚異常を持つ人のアートへの関心度調査”, 日本色彩学会誌, 44(3+), 2020, 207-210
- 5) 文部科学省, “小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 図画工作編”, 日本文教出版株式会社, 2018
- 6) 色覚に関する指導の資料,  
[https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/2470/00004402/sik\\_ikaku.pdf](https://www.pref.osaka.lg.jp/attach/2470/00004402/sik_ikaku.pdf) (2022年4月11日閲覧)
- 7) 真下賢一他, “小学校における多様性の教育-図画工作を中心に-”, 鈴鹿大学・鈴鹿大学短期大学部教職研究, 第1巻, 2020, 120-133

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費課題番号 JP 21H04243 (基盤 A) の助成を受けて行われた。

# 色彩教育におけるデジタルデバイス用配色トレーニング アプリケーションの開発 -アプリケーションの開発について-

## Development of color scheme training applications for digital devices in color education - Development of application -

折戸 隆樹	Takaki Orito	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology
河西 大介	Daisuke Kasai	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology
大野 綾	Aya Ono	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology
越水 重臣	Shigeomi Koshimizu	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology

**Keywords:** 色彩教育, 配色トレーニングアプリケーション

### 1. はじめに

美術やデザイン分野における色彩教育では座学と実習を通して、色彩理論(知識的側面)、色彩表現(感覚的側面)、色彩解釈(理解的側面)の3つを重視して行われてきた<sup>1)</sup>。その中で、色彩調和や配色方法が与える心理的な効果と物理的な表現方法の習得方法として、絵の具を使用した平面構成や色票を切り貼りするなどの実習が行なわれている。

一方で、昨今のパソコンやスマートフォンの急激な普及により、広告媒体は、従来の紙媒体やテレビだけでなく、インターネットの領域に瞬く間に領域を広げている。このような状況から、これまでの色彩教育にパソコンなどのデジタルデバイスを取り入れた、デジタル色彩への取り組みが進められている。教育面では、メディア芸術・デザイン系の大学生を対象とした「デジタルカラー演習」という授業の取り組みが報告<sup>2)</sup>されている。また、研究においては iPad ディスプレイにおける PCCS 表色系の視感測色に関する研究<sup>3)</sup>や、色票とディスプレイにおける色彩感情に関する研究<sup>4)</sup>など多くの研究が取り組まれている。

上記のことから、今後の美術やデザイン分野における色彩教育では、これまでの習得方法に加えてデジタルデバイスを利用したデザインワークは欠かせないものであり、それに伴う教育方法の

検討やアプリケーションの開発が重要である。

本研究では、色彩教育における色彩の仕組みや配色方法などを習得するための配色トレーニングアプリケーション(以下、配色トレーニングアプリ)の開発を行った。

### 2. 配色トレーニングアプリ

#### 2.1 概要

本研究において開発した配色トレーニングアプリは、色彩教育における色彩の仕組みや配色方法などを、デジタルデバイスを使って習得することを目的としている。

トレーニング内容としては、色彩が感情に及ぼす影響を調べるために、感情を表す言葉やフレーズと結びつく色彩を選ぶトレーニング項目を設問として設定することとした。色彩の選択方法としては、156色(12色相×12トーン+無彩色12色)のカラーパレットから選択する方法を採った。

なお、注意点として、Webページに表示した配色トレーニングアプリの色見え方はデスクトップパソコンもしくはノートパソコンのディスプレイなどの環境により変化することを前提に使用する必要がある。

#### 2.2 機能

##### (1) 設問項目と色彩選択

配色トレーニングアプリにおける設問項目は、①好きな色について、②9つの名詞から連想する色について、③9つの形容詞から連想する色につ

いて、④住んでいる国で親しまれている色について、⑤出身地から連想する色に関する5項目20問とした。

それぞれの設問項目は、各設問に設定された言葉やフレーズと結びつく色彩の組み合わせを選択しトレーニングできるようにするため、独立した3色を自由に選択できるようにした(図1)。

さらに選択した3色の配色パターン面積比まで操作できるようにした(図2)。色面積比の変更操作はマウスドラッグで行えるようにしている。

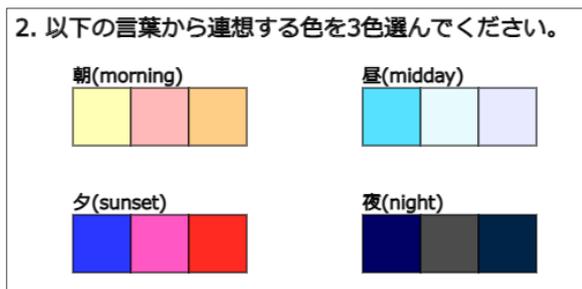


図1 設問項目の一例

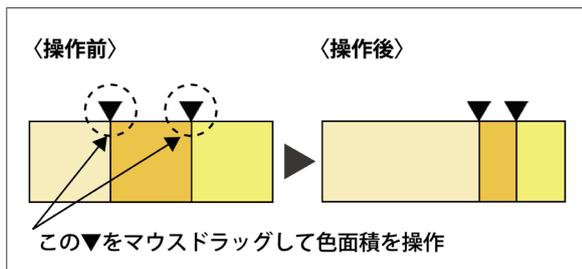


図2 配色パターン面積比の操作画面例

## (2) カラーパレットと選択可能色数

従来の色彩教育では、絵の具や色票などの画材を使った手法が行われていたが、これらの手法にはトレーニングのたびに画材を準備する必要があった。色票を使ったトレーニングを実施する場合、物理的に色票を切り貼りする手間がかかることや、多くの色票は一色ごと短冊状に束ねられていることから配色したい色を選定しづらく、それぞれの色を比較する際にも手間を要するなど、色彩教育以外の工程に時間を費やすことが多くみられる。

今回開発した配色トレーニングアプリでは、カラーパレットからマウスクリックで簡単に色選択できるようにすることで、従来の絵の具や色票などの画材を使った手法にはないデジタルデバイスならではの簡便な操作を可能にした。

カラーパレットから選択できる色は、PCCS カラーチャート<sup>5)</sup>より12色相と12トーンの有彩色

144色に加えて無彩色12色のRGB値を使用し、カラーパレットに並べた際に色相とトーンの変化が均等になるように微調整した計156色とした(図3)。

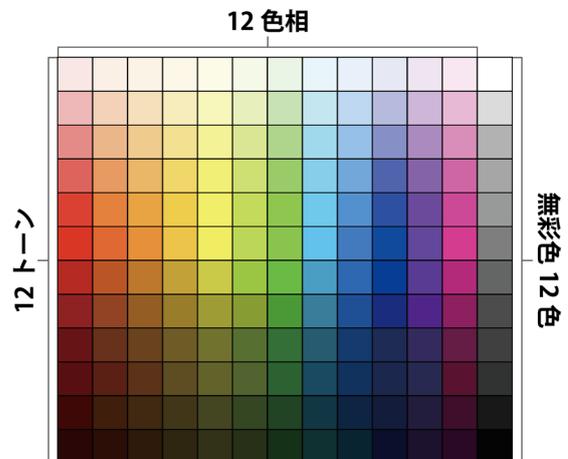


図3 カラーパレット画面

## (3) アプリケーションとトレーニング結果データの再利用性

設問項目に提示する言葉やフレーズを設定ファイル(JSONファイル)の書き換えだけで変更できるようにするカスタマイズ機能、カラーパレットの選択可能色設定をCSVデータファイルの入れ替えでカスタマイズする機能も作成した。これにより、設問項目やカラーパレットの設定をトレーニングの目的に合わせて変更することができるようになり、多様な色彩の仕組みや配色方法を習得するトレーニングツールとして活用することができるようになる。

また、トレーニング結果をデジタルデータで保存・蓄積する機能を作成したことで、多人数のトレーニング結果の比較・検討がしやすくなり、学修者の作業負担(紙の色票を切り貼りする手間など)の低減、トレーニング実施に係る費用負担(毎回紙の色票を準備しなくて良い)の低減にもつながる。

## (4) Webアプリケーション化

アプリケーションの実装形態をWebアプリケーションとすることで、デジタルデバイスのプラットフォームに依存しないトレーニングを可能にした(図4)。アプリケーションの実装には、Processingのp5.jsモードを使い記述し、これをNode.jsを使ってWebサーバ上に公開できるようにした。

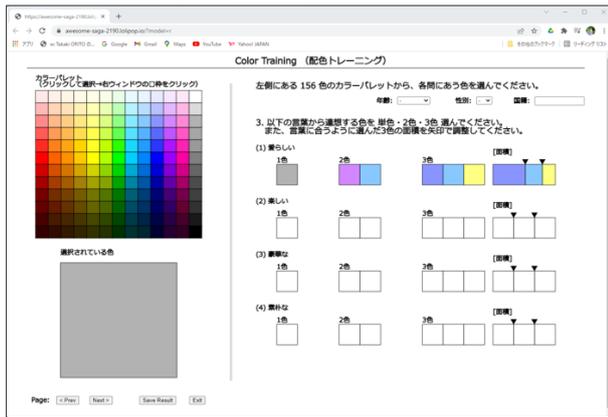


図4 配色トレーニングアプリのメイン画面

### 2. 3 使用方法

配色トレーニングアプリの操作方法について、図5を参照し説明する。画面左側には色を選択する156色のカラーパレットと下部に選択した色が確認できるスペースが表示される。画面右側には設問が表示される。操作手順は次の通り。

#### 1) 設問内容の確認

画面右側に表示される設問の内容を確認する。

#### 2) 色をクリック

設問の内容に従い、適切と思われる色をカラーパレットから選択しクリックする。

#### 3) 選択した色の確認

選択した色が期待通りの色かどうか、確認スペースの表示を見て確認する。

#### 4) 設問の四角枠をクリック

画面右側の設問に戻り、設問内の四角枠をクリックする。

以上の手順により、選択した色が設問内の四角枠に反映・表示される。これらの手順を繰り返す行うことで、配色トレーニングを実施することができる。

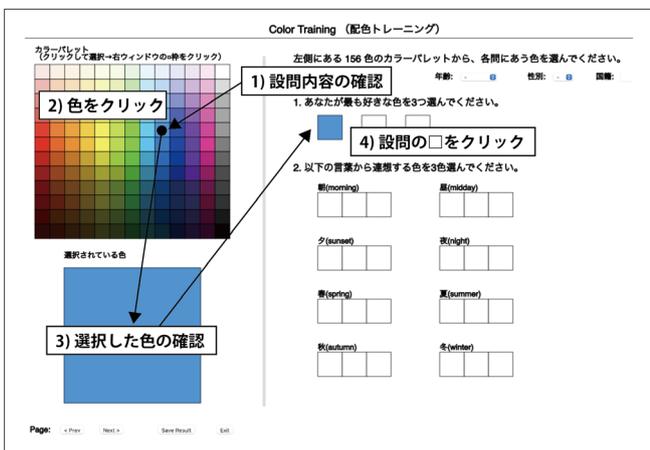


図5 配色トレーニングアプリの操作手順

### 3. まとめ

今回開発した配色トレーニングアプリでは、156色パレットからマウスクリックで簡単に色選択できる機能を実装することで、従来の絵の具や色票などの画材を使った手法にはないデジタルデバイスならではの簡便な操作を可能にした。また、アプリケーションの実装形態をWebアプリケーションとすることで、Windows/macOSなどデジタルデバイスのプラットフォームに依存せず利用可能にした。

このようなデジタルデバイスを使った配色トレーニングアプリを利用することにより、「学修者の色使いの見える化」、「色彩が与える効果と印象への理解」を促すことが期待される。さらに、トレーニング結果をデジタルデータで保存・蓄積できる機能を有することにより、トレーニング結果の比較・検討がしやすくなる効果が得られることも期待される。

### 4. 今後の課題

今後の研究では、配色トレーニングアプリを使用したユーザからのフィードバックも参考にしながら、色選択時の面積比の操作性改善、スマホ、タブレット端末などノートパソコンやデスクトップパソコン以外のデジタルデバイスへの対応、学修者自身のトレーニング結果の振り返りや、学修者個人の配色傾向などに関するアドバイスを確認できる機能への対応などを盛り込んだアプリケーションの開発を検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) 小江和樹：美術教育における色彩理解に関する研究(3) 教師教育としての色彩教育, 鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要17(2007)47-52
- 2) 栗野由美：デジタル色彩学の検討とカリキュラム開発-メディア芸術・デザイン系学生を対象とした教育実践の検討-, 日本色彩学会誌31(2007)42-45
- 3) 若田忠之, 齋藤美穂：PCCS 表色系のiPad ディスプレイ上におけるRGB 値の視感測色, 日本色彩学会誌第39巻, 第5号(2015)101-104
- 4) 田原紫, 村松慶一, 松居辰則, 齋藤美穂：カラーカードとディスプレイにおける色彩感情に関する因子構造の比較, 日本色彩学会誌第37巻, 第3号(2013)304-305
- 5) 財団法人日本色彩研究所：株式会社クレオ, (2004)228-229

# 色彩教育におけるデジタルデバイス用配色トレーニング アプリケーションの開発 -アプリケーションの評価と分析-

Development of color scheme training applications for digital devices in  
color education - Evaluation and analysis of application -

河西 大介	Daisuke Kasai	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology
折戸 隆樹	Takaki Orito	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology
大野 綾	Aya Ono	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology
越水 重臣	Shigeomi Koshimizu	東京都立産業技術大学院大学	Advanced Institute of Industrial Technology

**Keywords:** 色彩教育, 配色トレーニングアプリケーション.

## 1. はじめに

美術やデザイン分野における色彩教育では座学と実習を通して、色彩理論(知識的側面)、色彩表現(感覚的側面)、色彩解釈(理解的側面)の3つが重視して行われてきた<sup>1)</sup>。その中で、色彩調和や配色方法が与える心理的な効果と物理的な表現方法の習得方法として、絵の具を使用した平面構成や色票を切り貼りするなどの実習が行なわれている。

一方で、昨今のパソコンやスマートフォンの急激な普及により、広告媒体は、従来の紙媒体やテレビだけでなく、インターネットの領域に瞬く間に領域を拡げている。このような状況から、これまでの色彩教育にパソコンなどのデジタルデバイスを取り入れた、デジタル色彩への取り組みが進められている。教育面では、メディア芸術・デザイン系の大学生を対象とした「デジタルカラー演習」という授業の取り組みが報告<sup>2)</sup>されている。また、研究においては iPad ディスプレイにおける PCCS 表色系の視感測色に関する研究<sup>3)</sup>や、色票とディスプレイにおける色彩感情に関する研究<sup>4)</sup>など多くの研究が取り組まれている。

上記のことから、今後の美術やデザイン分野における色彩教育では、これまでの習得方法に加えてパソコンを利用したデザインワークは欠かせないものであり、それに伴う教育方法の検討やア

プリケーションの開発が重要である。

本研究では、色彩教育における色彩の仕組みや配色方法などを習得するために開発したデジタルデバイス用の配色トレーニングアプリケーション(以下、配色トレーニングアプリ)の評価と分析を行なった。

## 2. 研究方法

### 2.1 調査対象

本研究における調査は生活科学部の女子大学生 46 名を対象に実施した。

### 2.2 調査方法

被験者には各自のデスクトップパソコンもしくはノートパソコンから Web ページに表示した配色トレーニングアプリを実施してもらい、その後、Google フォームにて無記名式のアンケートを行った。なお、学生に対して、本研究以外の目的に使用しないことを説明し、アンケートへの回答を以って同意を得るものとした。

#### 1) 配色トレーニングアプリについて

Web ページに表示した配色トレーニングアプリにおける設問項目は、①好きな色について、②9つの名詞から連想する色について、③9つの形容詞から連想する色について、④住んでいる国で親しまれている色について、⑤出身地から連想する色に関する5項目20問とした。

図1に配色トレーニングアプリ画面を示す。

左側には色を選択する 156 色 (12 色相×12 トーン+無彩色 12 色) のカラーパレットと下部に選択した色が確認できるスペースが表示され、右側には設問が表示される。

なお、注意点として、Web ページに表示した配色トレーニングアプリの色の見え方はデスクトップパソコンもしくはノートパソコンのディスプレイなどの環境により変化することを前提に使用する必要がある。

## 2) アンケートについて

アンケートの設問項目は、①配色トレーニングアプリの有効性について、②配色トレーニングアプリのユーザーインターフェイス (以下、UI) の仕様について、③配色トレーニングアプリに関する改善点などの 3 項目 9 問 (選択形式 8 問、自由記述 1 問) とした。

### 2.3 倫理審査委員会

本調査は、産業技術大学院大学研究安全倫理委員会の審査と承認を得て実施した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 配色トレーニングアプリの有効性について

まず配色トレーニングアプリの有効性について評価するため、「問 1: 配色トレーニングアプリにより色彩への興味が持てた」、「問 2: 配色トレーニングアプリにより色彩の仕組みの習得に役に立った」、「問 3: 配色トレーニングアプリにより自分の色使いの傾向 (癖や特徴) の確認に役立った」、「問 4: 配色トレーニングアプリにより色彩が与える効果と印象への理解に役立った」の設問について、「そう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」の 4 段階評価で回答を求めた。

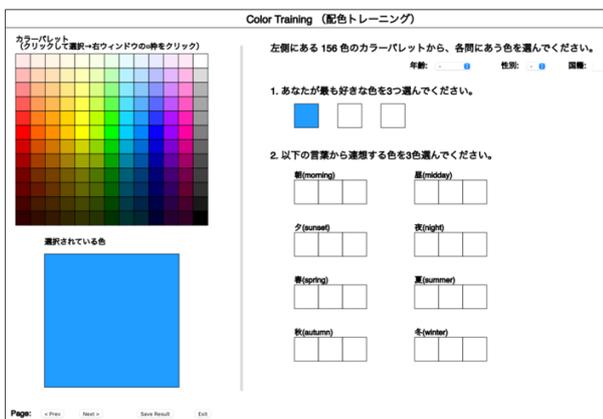


図 1 配色トレーニングアプリの画面

アンケート結果は図 2 で示すように、「問 1: 配色トレーニングアプリにより色彩への興味が持てた」の設問に対し、2-top 比率 (「ややそう思う」、「そう思う」のポジティブな回答率) が 84.8%、「問 2: 配色トレーニングアプリにより色彩の仕組みの習得に役に立った」に対する回答は 2-top 比率が 71.7%、「問 3: 配色トレーニングアプリにより自分の色使いの傾向 (癖や特徴) の確認に役立った」に対する回答は 2-top 比率が 87.0%、「問 4: 配色トレーニングアプリにより色彩が与える効果と印象への理解に役立った」に対する回答は 2-top 比率が 93.5%であった。

配色トレーニングアプリを使用することで、84.8%の学生が色彩への興味が持つことができ、さらに、71.7%の学生が色彩の仕組みの習得に役に立ったことが判明した。加えて、87.0%の高い割合で自分の色使いの傾向 (癖や特徴) の確認と、色彩が与える効果と印象への理解にも役立ったという回答から配色トレーニングアプリが有効であることがうかがえる。

### 3.2 配色トレーニングアプリのUIの仕様について

次に配色トレーニングアプリの UI の仕様に関して評価するため、「問 5: カラーパレットの色数はどうでしたか」、「問 6: カラーパレットによる色の選定はどうでしたか」、「問 7: 完成させるためにどのくらいの時間がかかりましたか」、「問 8: 使用したデバイスの種類を下記よりご回答ください」の設問について回答を求めた。

アンケート結果は図 3 で示すように、「問 5: カラーパレットの色数はどうでしたか」の設問に対しては、「多い」「ちょうど良い」「少ない」の 3 段階で回答を求め、「ちょうど良い」が 60.9%、「少ない」が 28.3%、「多い」が 10.9%であった。60%以上が「ちょうど良い」と回答しており妥当な色数であると思われる。

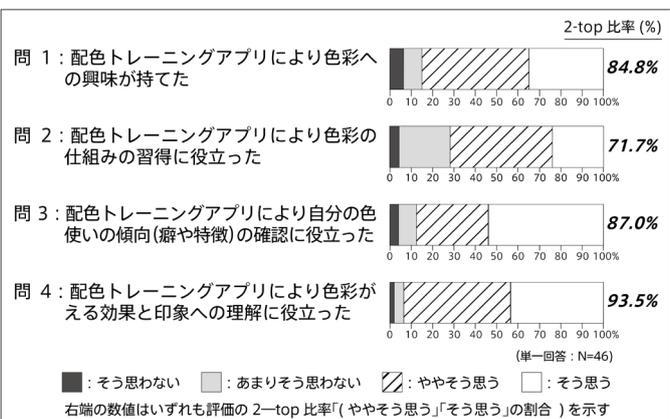


図 2 配色トレーニングアプリの有効性についてのアンケート結果

「問6: カラーパレットによる色の選定はどうか」に対しては、「分かりやすい」「普通」「分かりづらい」の3段階で回答を求め、45.7%が「分かりやすい」と回答し、41.3%が「普通」と回答したのに対し、13.0%が「分かりづらい」と回答した。「分かりやすい」「普通」と回答した割合が87.0%と高い割合となることから問題点は少ないことがうかがえる。

「問7: 完成させるためにどのくらいの時間がかかりましたか」の設問に対しては、「30分未満」

「30分以上1時間未満」「1時間以上1時間半未満」「1時間半以上2時間未満」の4段階で回答を求めた。「30分未満」が80.4%、「30分以上1時間未満」が15.2%、「1時間以上1時間半未満」と「1時間半以上2時間未満」は共に2.2%であった。このことから、配色トレーニングアプリを完成させるために要する時間は1時間未満であることがわかった。

使用したデバイスの種類については、「ノートパソコン」と回答した割合が78.3%と高い割合とな

り、6.5%が「デスクトップパソコン」と低い割合であった。一方、15.2%が「その他」と回答した。これは、タブレット端末やスマートフォンから配色トレーニングアプリを使用したと考えられる。

### 3.3 配色トレーニングアプリに関する改善点について

配色トレーニングアプリの具体的に良かったところ、悪かったところ、改善点などについて自由記述にて回答を求めた。

表1で示すように自由記述内容は、「配色トレーニングアプリのUIの仕様について」と「配色トレーニングアプリを使用しての感想」の2つの項目に分類された。

配色トレーニングアプリのUIの仕様については、カラーパレットに対し「色が探しやすい」「カラーパレットの選択した色が表示される枠が大きくて見やすかった」「デジタル版は隣り合う色を簡単に変えることができるので組み合わせ方を学ぶことができる」「デジタル版では一覧で目に入るのので公平に色を選択できる」との回答

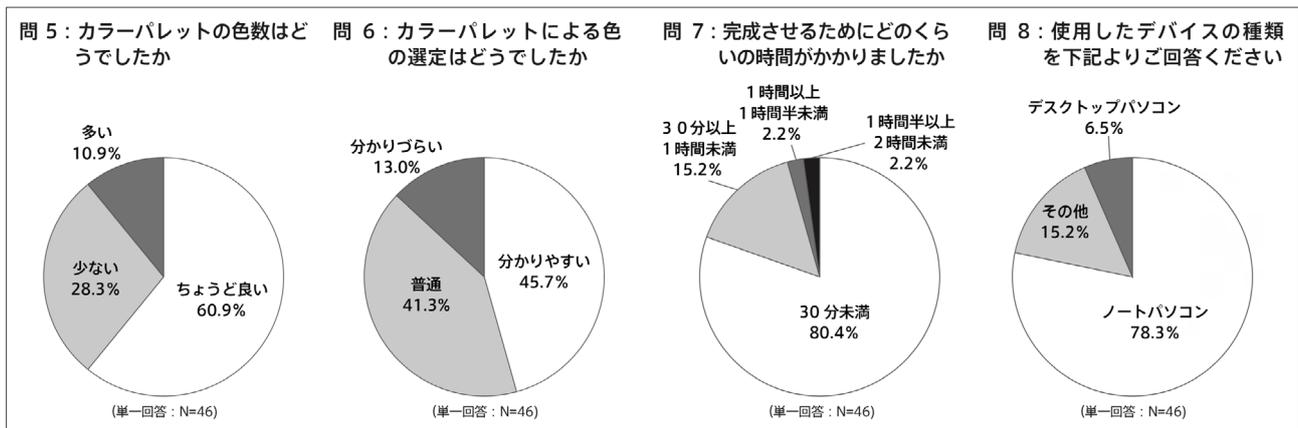


図3 配色トレーニングアプリのUIの仕様についてのアンケート結果

表1 配色トレーニングアプリに関する改善点についてのまとめ(自由記述)

#### ○ 配色トレーニングアプリのUIの仕様について

##### 【カラーパレットの仕様について】

- ・色が探しやすい。
- ・カラーパレットの選択した色が表示される枠が大きくて見やすかった。
- ・デジタル版は隣り合う色を簡単に変えることができるので、組み合わせ方を学ぶことができる。
- ・デジタル版では一覧で目に入るのので公平に色を選択できる。
- ・色を入れ替えたい時にほかの色に変えなくてはいけないところが少しやりづらく感じた。
- ・同じ色を選択するのが難しかった。
- ・エメラルドグリーン系の柱が欲しい。

##### 【面積比を問う設問について】

- ・面積を分ける矢印が思うように動かなかった。
- ・黒い線の仕切りが気になって3色の組み合わせを正当に評価できないので、そこだけ改良されると良いなと思った。

#### 【デバイスについて】

- ・スマホでもできたら広まりやすいと感じます。

#### 【その他の改善点】

- ・ページ数を記載した方が良かった。
- ・デジタルは便利だが長時間見ていると眼精疲労から頭痛が来る。

#### ○ 配色トレーニングアプリを使用しての感想

- ・自分が考えていることが分かってよかった。
- ・色彩に興味を持てた。
- ・自分が様々なイメージに対して、どの様な色として捉えているかを確認することが出来た点良かったと感じる。
- ・デジタル版は作業が簡単で良かった。

から、色の選定から確認までをスムーズに利用できたことがうかがえる。一方で、「色を入れ替え時にほかの色に変えなくてはいけない所が少しやりづらく感じた」「同じ色を選択するのが難しかった」および「ページ数を記載した方が良かった」や「スマホでもできたら広まりやすいと感じます」の回答から、今後は色の入れ替え方法、色面積の操作方法、ページの記載の改善に加え、スマートフォンに対応したアプリケーションの開発について検討する必要がある。

配色トレーニングアプリを使用して初めての感想として「自分の考えていることがわかって良かった」「自分が様々なイメージに対して、どの様な色として捉えているかを確認することが出来た点が良かったと感じる」との回答から、問3のアンケート結果と同様に自身の色使いの傾向の確認に役立ったことがうかがえる。

#### 4. まとめ

今回、色彩教育における色彩の仕組みや配色方法などを習得するために開発したデジタルデバイス用の配色トレーニングアプリを、Web ページで実施した際の効果をアンケートにて評価および分析を行った。アンケート結果から、配色トレーニングアプリを使用することで色彩の仕組みや配色方法などの習得に効果があることが高い割合で示された。さらに、配色トレーニングアプリが色彩への興味のきっかけを与え、自身の色使いの癖や特徴の確認につながることで、さらに色彩が与える効果や印象への理解に役立つことがわかった。

#### 5. 今後の課題

今後の研究では、アンケート結果から得られた配色トレーニングアプリにおけるカラーパレットの色の入れ替え方法、色面積の操作方法、ページの記載の改善などに加え、ノートパソコンやデスクトップパソコン以外のデジタルデバイスに対応したアプリケーションの開発を検討する必要がある。さらに、配色トレーニングアプリにおける設問内容や設問数を調整し、より色彩教育に効果的でありながら身体に負担が少ないアプリケーションの開発が課題となる。

#### 参考文献

- 1) 小江和樹：美術教育における色彩理解に関する研究(3) 教師教育としての色彩教育, 鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要17(2007)47-52
- 2) 栗野由美：デジタル色彩学の検討とカリキュラム開発-メディア芸術・デザイン系学生を対象とした教育実践の検討-, 日本色彩学会誌31(2007)42-45
- 3) 若田忠之, 齋藤美穂：PCCS 表色系のiPad ディスプレイ上におけるRGB 値の視感測色, 日本色彩学会誌第39巻, 第5号(2015)101-104
- 4) 田原紫, 村松慶一, 松居辰則, 齋藤美穂：カラーカードとディスプレイにおける色彩感情に関する因子構造の比較, 日本色彩学会誌第37巻, 第3号(2013)304-305

# 髪デザインカラーによる女性印象の操作に関する基礎的検討

## Fundamental study on women's impressions control with design hair coloring

長野 智彦  
中岡 志保  
池田 浩  
行場 次朗

Tomohiko Nagano  
Shiho Nakaoka  
Hiroshi Ikeda  
Jiro Gyoba

花王株式会社  
花王株式会社  
花王株式会社  
尚綱学院大学

Kao Corporation  
Kao Corporation  
Kao Corporation  
Shokei Gakuin Univ.

**Keywords:** 髪色, 女性印象

### 1. はじめに

ヘアカラー業界においては、近年、若年女性層を中心に、部分的に髪色を変えて楽しむデザインカラーが流行しており、そのための製品アイテムが増加している。そのような中、それらの製品を使用した際、特に女性が目標とする印象（以下、女性印象と略記する）を表現するために必要な属性情報（色、位置、面積、等）が求められている。

髪色と女性の印象・魅力の関係性に関する先行研究は多い<sup>1-8</sup>。例えば、対人認知における印象評価に関する肌色と髪色の配色効果<sup>1</sup>、肌色と髪色の組合せが及ぼす視覚印象への影響<sup>2</sup>、髪色と顔の似合いと顔の魅力度やメイク感の強さなどとの相関関係<sup>4</sup>、髪色の明るさおよび色味（暖色/寒色）と第一印象の関連<sup>7</sup>などについての検討がある。

しかしながら、これらすべての先行研究は髪全体を染める場合を想定しており、デザインカラーを施す場合の研究はなされていない。一方、美容室では既に、デザインカラーにより髪の見え方を変えて女性印象を変化させる提案が行われているが、美容師の主観に基づく場合が多く、法則性に基づく提案には至っていないのが実情である。

本研究では、デザインカラーにより女性印象を操作するための法則性を見出すことを目的とし、以下のステップで基礎的検討を行った。

- ・ステップ（1）：女性印象を変化させるために操作すべき髪の見え方に関する検討
- ・ステップ（2）：全頭とデザインカラーの色の組合せが女性印象および髪の見え方に与える効果と整合性の確認

### 2. 女性印象を変化させるために操作すべき髪の見え方に関する検討

#### 2.1 方法

本研究では、女性印象として、一般に Styling

Map として定められている印象4象限（ブライイトテイスト、アクアテイスト、クリスタルテイスト、アーステイスト）を研究対象とした<sup>9</sup>。まず、美容専門評価者によるセッションを行い、上記印象4象限の違いを表現するのに適切な髪の見え方に関する16個の形容語（表1）を収集した。続いて、収集した形容語を用いたアンケートを20代女性600人に対して施した。アンケートでは参加者に対し、デートや女子会等、『少し気合いを入れて』出かけるシーンを想像させ、上記形容語を順次呈示し、想像した印象を叶えるために重要と思うかを7段階尺度で回答させた。回答を1点（まったく重要ではない）から7点（とても重要）の評点に変換したうえで、因子分析を行った。因子数はスクリー基準によって決定し、抽出法は重み付き最小二乗法、回転法はバリマックス回転を用いた（表1）。分析には、R3.6.1およびpsychパッケージを用いた。

#### 2.2 結果

髪の見え方に関する因子分析結果を表1に示す。

表1：バリマックス回転後の因子負荷量と寄与率

	良質感	躍動感	やわらか感	しっとり感	共通性
ハリのある	0.61	0.26	0.14	0.13	0.48
なめらかな	0.61	0.19	0.37	0.07	0.54
指通りのよい	0.57	0.04	0.43	-0.03	0.52
光沢感のある	0.54	0.28	0.17	0.15	0.43
まとまりのある	0.5	0.18	0.21	0.07	0.33
指通りのよい	0.57	0.04	0.43	-0.03	0.52
動きのある	0.21	0.68	0.21	0.07	0.55
立体感のある	0.2	0.61	0.1	0.08	0.43
アクセント効果のある	0.08	0.53	0.12	0.15	0.33
スタイリング感のある	0.22	0.45	0.15	0.2	0.31
やわらかな	0.32	0.17	0.64	0.01	0.54
軽やかな	0.19	0.25	0.61	0.12	0.49
ふんわりした	0.22	0.37	0.5	-0.01	0.43
素髪のような	0.15	0.05	0.48	0.18	0.29
ウェットな	-0.02	0.25	0.08	0.67	0.52
しっとりした	0.36	0.09	0.13	0.57	0.48
因子寄与率	0.14	0.12	0.12	0.06	
累積寄与率	0.14	0.26	0.38	0.44	

良質感、躍動感、やわらか感、しっとり感の主要4因子に分類されることが確認された。この結

果より、今回選定した髪の見え方は、女性印象を変化させるために操作すべきものとして適切であろうと判断した。次の述べるVAS法による評価では、各主要因子において因子負荷量が上位2位までの、「ハリのある」、「なめらかな」、「動きのある」、「立体感のある」、「やわらかな」、「軽やかな」、「ウェットな」、「しっとりした」を用いることとした。

### 3. 全頭とデザインカラーの色の組合せが女性印象および髪の見え方に与える効果と整合性の確認

#### 3.1 方法

刺激は、図1に示す例のようなデザインカラーを施した画像を用いた。なお、モデルはブルーベース肌の同一人物であった。ナチュラル系、暖色系、寒色系の全頭色3色それぞれに対して、色相を変化させた12色のデザインカラー色を組合わせた計36枚の刺激を準備した。全頭色およびデザインカラー色は、図2に示した各領域内の平均色をPhotoshopにより計測し、表2に示した。この際、色相のみの効果を確認する目的で、デザインカラー色は色相のみ変化(彩度=30, 明度=35で一定)させた。

評価にはVAS法を用いた(図3)。12色のデザインカラーを施した画像を、Canon製PIXUS PRO-10Sにて同社製インクPGI-73を用いてL版のマットフォトペーパーに印刷し、12枚のカードセットを全頭色ごとに3セット準備した。参加者に各セットのカードを以下の女性印象および髪の見え方への合致度に応じて、0(まったくそう感じない)から、100(非常にそう感じる)までのスケール上に並べさせた。なお、女性印象はStyling Mapの印象4象限のそれぞれに対応するものをそれぞれ1印象語ずつ選定した。髪の見え方については、2.2に基づき、各主要因子において因子負荷量が上位2位までの形容語を用いた。

#### ・女性印象：

キュート、フェミニン、モード、ゴージャス

#### ・髪の見え方：

ハリのある、なめらかな、やわらかな、  
軽やかな、ウェットな、しっとりした、  
動きのある、立体感のある

スケールの幅は100cmであり、並べる際、スケールの両端まで十分に照明可能なLEDライト(色温度：5000K, 演色性：95)を用いた。スケール上にカードを並べた評価結果例を図3に示す。

各カードの裏にはデザインカラー色と紐づけたナンバーが書かれており、別途用意したスケール記録紙に評価結果(カード位置とそのカードナンバー)を転記した。参加者は、20代の女性10名であった。

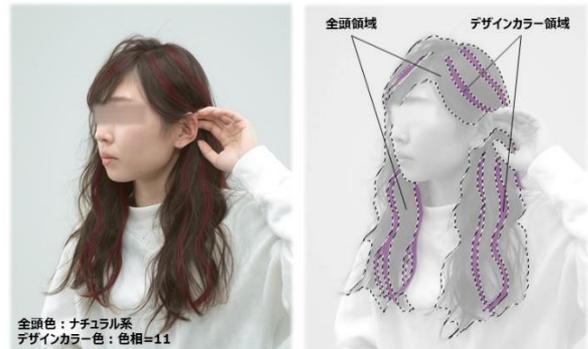


図1：刺激画像例

図2：平均色計測対象領域

表2：全頭色およびデザインカラー色

全頭	色相(H)	彩度(S)	明度(V)
ナチュラル系	27	21	42
暖色系	357	17	42
寒色系	42	18	37

#### デザインカラー

カード#	色相(H)	彩度(S)	明度(V)
カード#1	11	30	35
カード#2	17	30	35
カード#3	30	30	35
カード#4	39	30	35
カード#5	52	30	35
カード#6	69	30	35
カード#7	94	30	35
カード#8	168	30	35
カード#9	223	30	35
カード#10	290	30	35
カード#11	325	30	35
カード#12	350	30	35



図3：評価結果例(VAS法)

#### 3.2 結果と考察

VAS法の結果を横軸にデザインカラーの色相H, 縦軸にスケールを参加者ごとにZ得点化した平均値をとってグラフ化した。まず、女性印象(キュート、フェミニン、モード、ゴージャス)とデザ

インカラーとの関係を図4に示す。これを見ると、各女性印象について、異なるHにピークを示すことがわかる。すなわち、同じ髪型・全頭色であっても、デザインカラーの色によって、与える女性印象が変化し、その変化の仕方も組合せによって異なるということが示された。

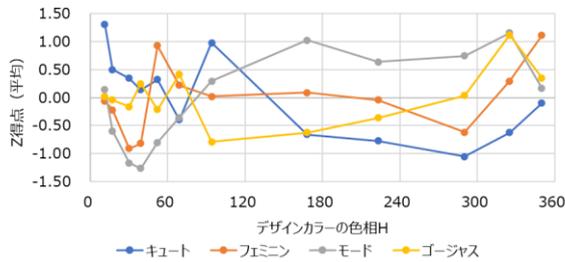


図4：女性印象とデザインカラー色（全頭ナチュラル系）

続いて、同様の解析を髪の見え方とデザインカラーとの関係についても行い、図5に示した。髪の見え方についても、デザインカラーの色によって、与える見え方が変わり、その変化の仕方も異なるということが示された。

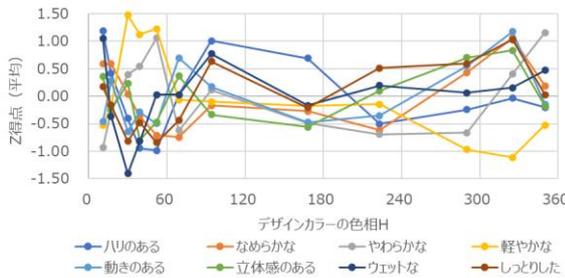


図5：髪の見え方とデザインカラー色（全頭ナチュラル系）

図4と図5より、女性印象と髪の見え方に何らかの相関があると仮説を立て、VAS法の結果の解析を行った。図4の女性印象1つに対して、図5の髪の見え方のグラフの中からピークが一致もしくは近い髪の見え方を抽出した。その結果、図6に示すようにナチュラル系全頭色に対して、フェミニン印象のグラフに近い髪の見え方グラフとして、「やわらかな」を見出した。この結果は、全頭色がナチュラル系の場合、デザインカラーの色相Hが52および350の時に髪がやわらかく見え、同時にフェミニンに感じることを示している。

同様のことは他の印象にもあてはまる。図7には、全頭色が寒色系の場合における、女性印象「モード」と髪の見え方「ハリのある」「なめらかな」を重ねたグラフを示す。この結果は、Hが223, 290, および325の時に髪がハリがあり、なめらかに見え、モードに感じることを示している。

一方、図8に示すように、寒色系の全頭色において、ゴージャスな女性印象と良い一致を示す髪

の見え方は見出せなかった。図8を見ると「ゴージャス」印象を抱くZ得点において1を超えるデザインカラーがないことがわかる。すなわち、どのデザインカラーにおいても寒色系の全頭色では、「ゴージャス」印象を抱きにくい。この理由としては、今回刺激画像として使用したモデルの肌色がブルーベースであり、全頭色を寒色系にした場合、Styling Mapにおいてイエローベース寄りであるゴージャスな印象を感じにくかったためと考えられる。

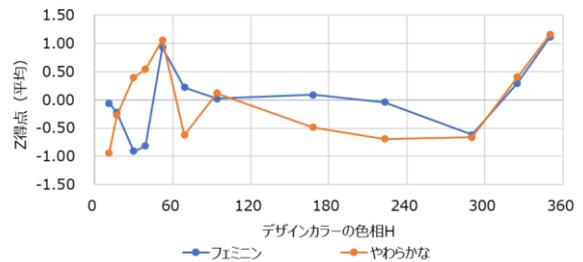


図6：「フェミニン」と「やわらかな」（全頭ナチュラル系）

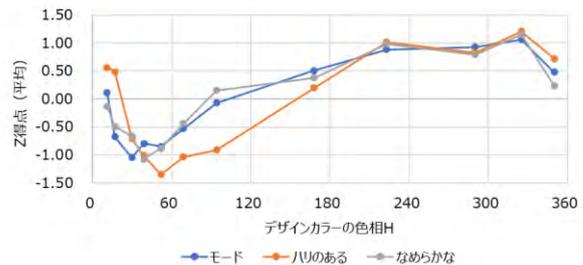


図7：「モード」と「ハリのある」「なめらかな」（全頭寒色系）

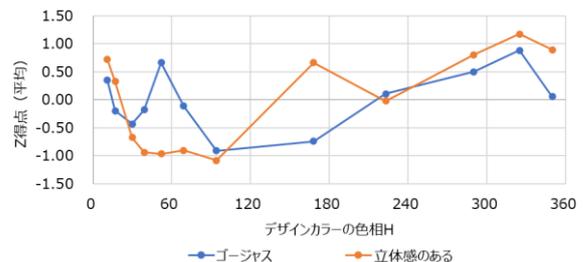


図8：「ゴージャス」と「立体感のある」（全頭寒色系）

また、暖色系の全頭色における「フェミニン」印象と「やわらかな」髪の見え方のグラフを図9に示す。

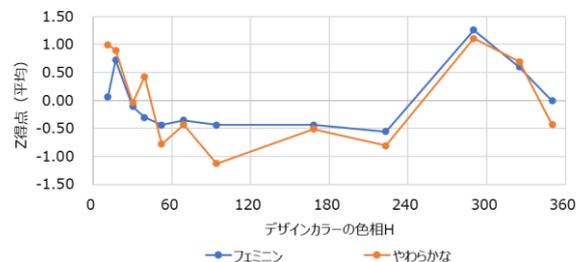


図9：「フェミニン」と「やわらかな」（全頭暖色系）

図9と図6は、同じ「フェミニン」印象と「やわらかな」髪の見え方のグラフではあるが、全頭色が異なることで、ピークトップ位置が大きく異なっている。そこで、横軸をデザインカラーの色相から全頭色の色相を引いたときの色相差 $\Delta H$ に変更し図10とした。

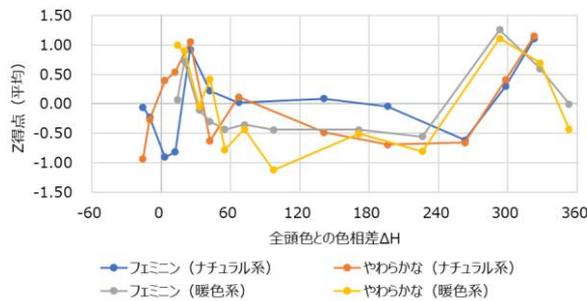


図 10：全頭色との色相差 $\Delta H$ による整理

横軸を $\Delta H$ とすることで、ピーク位置が一致する方向にグラフが動くことがわかる。ここでは、ピーク位置の $\Delta H$ が約25と約310であるため、それぞれ全頭色とデザインカラー色の関係が隣接色相配色および類似色相配色であるととらえられる。この結果より、全頭色とデザインカラー色との $\Delta H$ と女性印象の間には色彩調和理論<sup>10</sup>による法則性を見出せる可能性が示唆された。

#### 4. まとめ

全頭色とデザインカラー色の組み合わせによる女性印象および髪の見え方の変化を20代女性10名を対象としたVAS法により評価した。VAS法で得られたスケールを参加者ごとにZ得点化し、横軸にデザインカラーの色相H、縦軸にZ得点平均をとってグラフ化することで、特定の全頭色とデザインカラーの組み合わせにおいて、特定の女性印象と髪の見え方の変化に関するグラフが適合する傾向が見出された。ただし、上記傾向があてはまらない女性印象も一部に存在した。今後、肌色および髪型の異なる刺激を用いてさらに詳細な因子の検討を行っていく予定である。

加えて、上記のグラフの横軸を「全頭色とデザインカラー色の色相差 $\Delta H$ 」で整理することで、全頭色に依らず $\Delta H$ と女性印象の間に法則性を見出せる可能性が示唆された。これに関しても、今後より精緻な検討を行っていく予定である。

#### 引用文献

- 1) 三浦久美子, 齋藤美穂: 日本色彩学会誌. (2003) 27 (SUPPLEMENT), 86 – 87
- 2) 石原久代, 大澤香奈子: 若年女性の肌色とヘアカラーのコーディネート要因について. 名古屋女子大学紀要. (2005) 51(家・自), 1-10
- 3) V. Swami, A. Furnham and K. Joshi: The Influence of Skin Tone, Hair Length, and Hair Colour on Ratings of Women's Physical Attractiveness, Health and Fertility. *Scandinavian Journal of Psychology*. (2008) 49, 429-437
- 4) 三枝千尋, 渡邊克巳: 髪色と顔の「似合い」と魅力度: 自己評価と他者評価. 日本感性工学会論文誌. (2014) 13, 253-258
- 5) C. Saegusa, J. Intoy and S. Shimojo: Visual attractiveness is leaky: The asymmetrical relationship between face and hair. *Frontiers in Psychology*. (2015) 6, 377
- 6) B. Fink, K. Liebner, A. K. Muller, T. Hirn, G. McKelvey and J. Lankhof: Hair Color and Skin Color Together Influence Perceptions of Age, Health, and Attractiveness in Lightly-Pigmented, Young Women. *International Journal of Cosmetic Science*. (2018) doi:10.1111/ics.12467
- 7) 中川登紀子: ヘアカラーの印象評価. 日本色彩学会誌. (2018) 42 (SUPPLEMENT), 210-212
- 8) 丸見友香, 小林勇輝, 富田瑛智, 森川和則: 髪色が顔幅の知覚に及ぼす効果. 第23回日本顔学会大会予稿集. (2018), 62
- 9) 一般社団法人日本ファッションスタイリスト協会: Styling Map 検定テキスト
- 10) P. Moon & D.E. Spencer: Geometric formulation of classical color harmony. *Journal of Optical Society of America*. (1944) 34, 46-59.

# ブランドサイト掲載画像から探る女性ファッションの配色傾向 — アイテム間の色差を基にした解析 —

槇 究      Kiwamu Maki      実践女子大学  
堀内萌加      Moeka Horiuchi      実践女子大学  
安原亜美      Ami Yasuhara      実践女子大学

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

女性向けのファッション・ブランドが展開している Web ページには、洋服が単品で提示されているのはもちろんのこと、商品の組み合わせが提示されていることが少なくない。これは、洋服の印象がコーディネートとして訴求されるケースがあることを表している。

本研究では、その配色に着目する。ファッション・ブランドは、自社製品を魅力的に見せることに心を砕いているはずであり、そのコーディネートは、少なくともそのブランドの商品に興味を持つ人達に受け入れられる配色である可能性が高い。そういった配色を総体として捉え、バリエーションについて整理することにより、現今のファッションに於ける配色の特徴をあぶり出すこととしたい。

## 2. ファッション・コーディネートの配色調査

### 2-1. 調査概要

Web 上に展開されている複数のファッション・ブランドの Web ページからダウンロードしたファッション・コーディネート画像の配色を数値化し、その色彩の類似度で整理する。

画像の収集は、表 1 に示す 9 つの雑誌<sup>注1</sup>に商品が掲載されている表 2 に示す 69 ブランドの Web サイトで為された。20 代～40 代がメインターゲットとなっている代表的な雑誌を参照することにより、年代による相違を確認できる。また、表 2 右下の 9 つの系統<sup>注1</sup>を含むものとするので、系統による違いも検討できる。

今回はトップス&ボトムスの 2 色配色画像、そこのアウターを加えた 3 色配色画像を、春夏(2021 年 6 月 26 日～8 月 3 日)と秋冬(2021 年 11 月 5 日～12 月 5 日)に収集した。ブランドごとに、Web ページに表示された順に画像を収集して行き、春夏は 2 色配色が 30 枚、3 色配

色が 20 枚の時点で、秋冬は 2 色配色が 12 枚、3 色配色が 18 枚の時点で打ち切った。打ち切りの枚数に達しなかったケースも存在するので、最終的には春夏で収集した画像が 2,381 枚、秋冬では 1,853 枚となった。

表 1 ブランド選出に用いた雑誌

No.	雑誌タイトル	出版社	読者層
1	non-no	集英社	20代
2	with	講談社	20代
3	mina	夕星社	20代
4	VERY	光文社	30代
5	Lee	集英社	30代
6	Marisol	集英社	30代
7	STORY	光文社	40代
8	éclat	集英社	40代
9	ナチュリラ	主婦と生活社	40代

表 2 利用したファッションブランドサイト

No.	ブランド名	読者層	系統	No.	ブランド名	読者層	系統
1	N.O.R.C	20代	sop	41	L'Appartement	30代	act
2	uncrave	20代	sop	42	THIRD MAGAZINE	30代	act
3	MURUA	20代	mod	43	URBAN RESEACH	30代	act
4	M.H.L	20代	man	44	TICCA	30代	cou
5	TOMORROWLAND	20代	man	45	BANANA REPUBLIC	30代	eth
6	A.P.C.	20代	man	46	UNIQLO	30代	rom
7	SELECT MOCA	20代	act	47	yorii	30代	ele
8	earth music&ecology	20代	act	48	ebure	30代	ele
9	LAGUA GEM	20代	act	49	aallnreville	30代	ele
10	Ray BEAMS	20代	act	50	intoca	40代	sop
11	VIS	20代	act	51	Aresense	40代	sop
12	ROPE' PICNIC	20代	act	52	ESSEN.LAUTREAMONT	40代	sop
13	DANTON	20代	cou	53	CITYSHOP	40代	mod
14	SETENS	20代	cou	54	DOUBLE STANDARD CLO	40代	mod
15	akte	20代	cou	55	ESTNATION	40代	mod
16	moussy	20代	eth	56	UNITED ARROWS	40代	man
17	SNIDEL	20代	rom	57	beautiful people	40代	man
18	COCO DEAL	20代	rom	58	LIVETART	40代	act
19	flower	20代	rom	59	DRESSSTERIOR	40代	cou
20	OLIVE des OLIVE	20代	rom	60	Elura	40代	cou
21	nano UNIVERSE	20代	ele	61	YLEVE	40代	cou
22	MERCURYDUO	20代	ele	62	ASPESI	40代	cou
23	aton	30代	sop	63	crie conforto	40代	cou
24	MAISON SPECIAL	30代	mod	64	ELE STOLYOF	40代	cou
25	munch	30代	act	65	THE STORE by C'	40代	cou
26	LIFE's	30代	act	66	three dots	40代	cou
27	BLUEBIRDBOULEVARD	30代	act	67	JUSGLITTY	40代	rom
28	JOURNAL STANDARD	30代	act	68	1er Arrondissement	40代	ele
29	L'EQUIPE	30代	act	69	EFFE BEAMS	40代	ele
30	SACRA	30代	act				
31	LEPSIM	30代	act				
32	PLST	30代	act				
33	SONO	30代	act				
34	ADAM ET ROPE'	30代	act				
35	GALLARDAGALANTE	30代	act				
36	Curensology	30代	act				
37	Mila Owen	30代	act				
38	La boutique BonBon	30代	act				
39	CADUNE	30代	act				
40	Demi - Luxe BEAMS	30代	act				

系統 (記号)	
1	ソフィスティケイト sop
2	モダン mod
3	マニッシュ man
4	アクティブ act
5	カントリー cou
6	エスニック eth
7	ロマンティック rom
8	エレガント ele

2-2. 調査結果

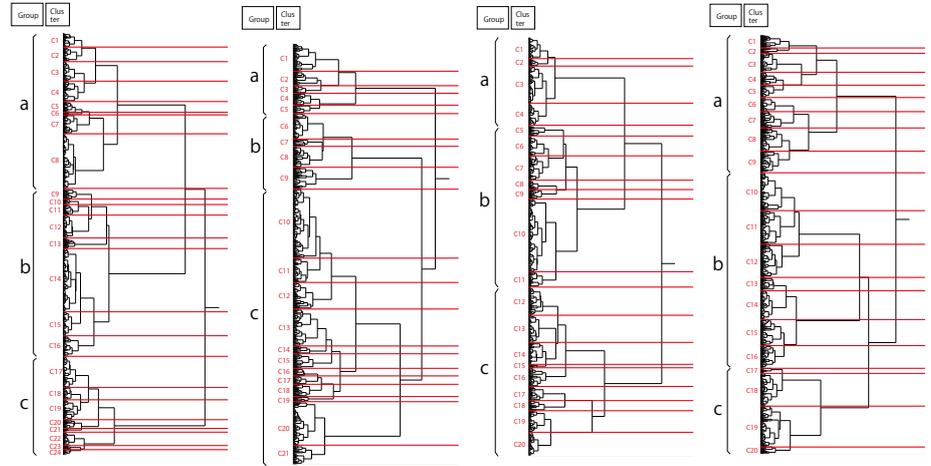
2-2-1. 季節ごとの配色傾

各サンプルのアイテム毎に、その色を良く表現している部位について、Appleが提供している

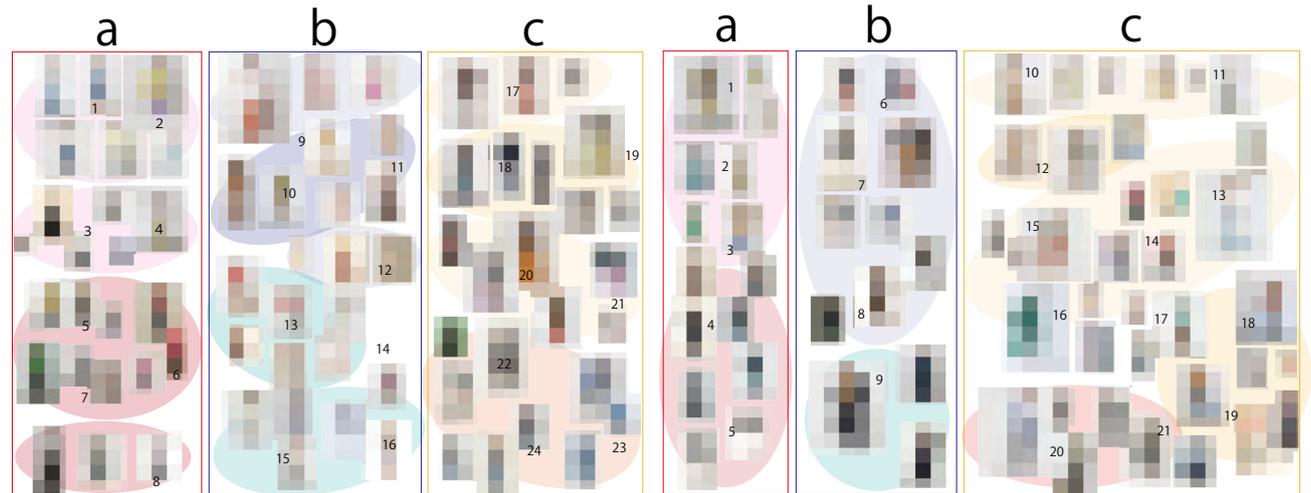
Digital Color Meterが表示するL\*a\*b\*値を採集した。そのデータを用いて注2クラスター分析(Ward法)を実施したときのデンドログラムを図1に示す。それに基づいて、21~24のクラスターから各々3つのコーディネート画像の特徴を表現するモザイク画像を配置したのが、図2である。

季節と構成色数で分けた(1)~(4)のどれもが3つのクラスターに大別される結果となっている。2色配色

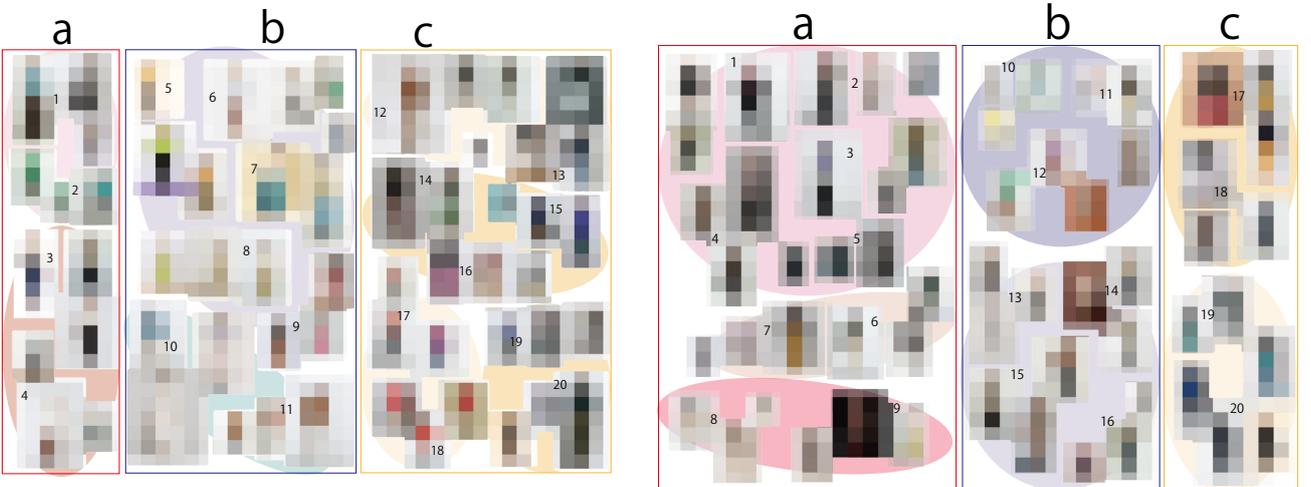
であればトップス&ボトムスが高明度&低明度、高明度&高明度、低明度&高明度の組み合わせに大別され、3色配色ではトップス&アウターが同様の3つの明度の組み合わせとなっており、



(1) 春夏 (2色) (2) 春夏 (3色) (3) 秋冬 (2色) (4) 秋冬 (3色)  
 図1 クラスター分析結果のデンドログラム (Ward法)



(1) 春夏 (2色) (2) 春夏 (3色)



(3) 秋冬 (2色) (4) 秋冬 (3色)

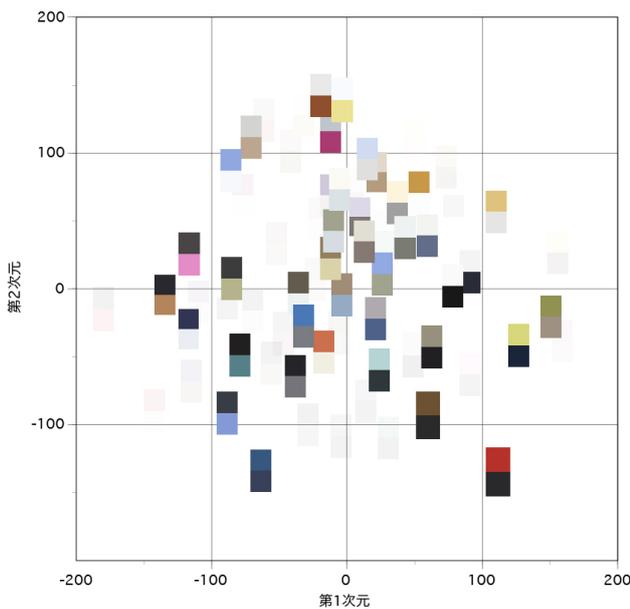
図2 各クラスターの画像特徴を表現するモザイク

※画像の色彩的な特徴を把握するために、72ドットごとの色を平均化した値を表示するモザイク画像を新たに作成した。

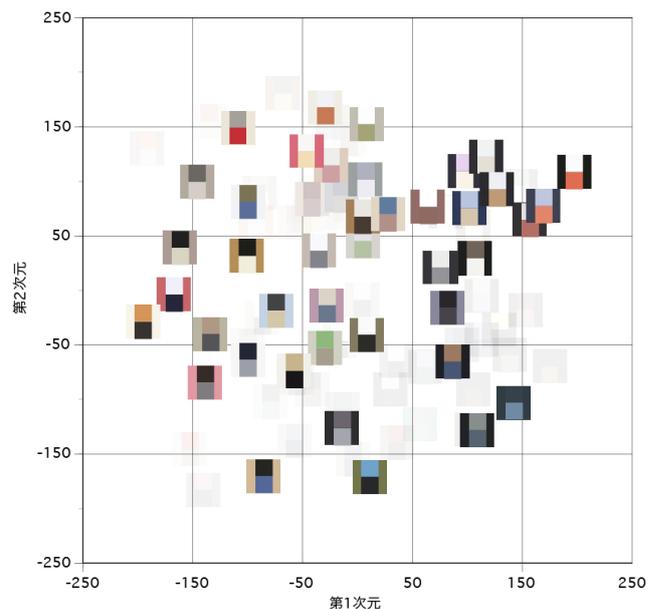
さらにボトムスが高明度もしくは低明度という組み合わせに分けることができる。このように明度の組み合わせで大別されるのは、白などの高明度色および黒などの低明度色が組み合わせに用いられることが多いために、色相や彩度の差異と比較して明度の差異が大きく、その影響が強く出たものである。この3分類は、ファッションの基本的な組み合わせ分類として参照することができよう。ただし、秋冬では、低明度・低明度の組み合わせも見ることができることを付言しておく。

図3は、各アイテムのL\*a\*b\*値の差異の絶対値の合計を類似度として多次元尺度構成法を実施し、対応するクラスターに属する配色を示したものである。春夏秋冬のすべてのデータを用いた解析の為、季節による配色分布の違いを見て取ることができる。

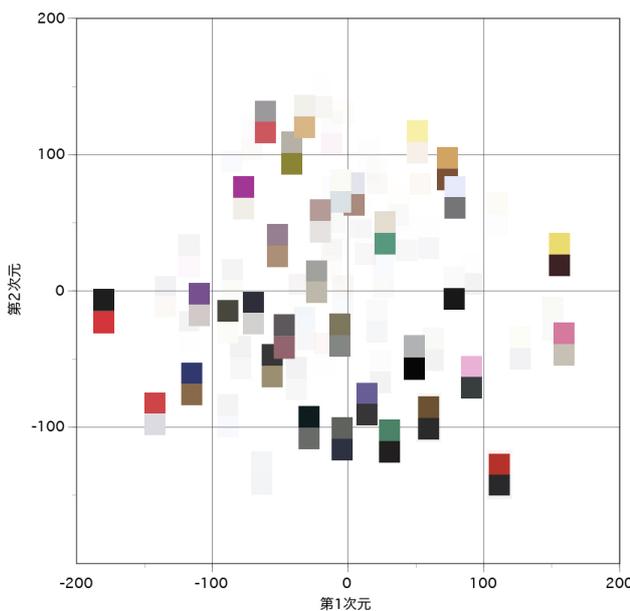
2色配色の季節差は小さめで、(1), (3)の分布はオーバーラップしている。その中では、春夏の方が青系の使用が目立つこと、図上部の中明度～高明度色同士の組み合わせが多いことが特徴として挙げられる。3色配色については、明



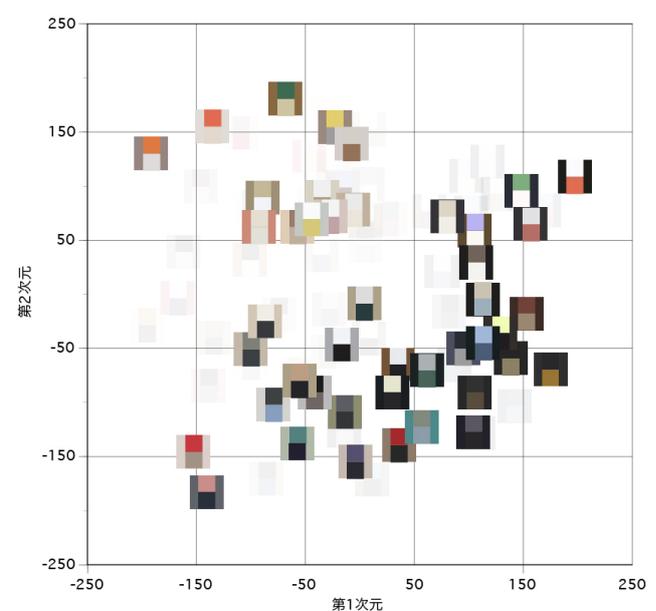
(1) 春夏 (2色)



(2) 春夏 (3色)



(3) 秋冬 (2色)



(4) 秋冬 (3色)

※各クラスターに所属する3つのサンプルのうち、図の制作者が類似していると判断したものはまとめて、配色を整理した上

で、各クラスターに所属する配色を季節・構成色ごとに拾い出し、表示させた。なお、図2の画像と同一でないものが含まれる。

図3 多次元尺度構成法の結果：配色画像付き (第1次元×第2次元)

度に大きな違いが見られ、秋冬では低明度色を使用した配色が右下側に分布するのが目立った。

構成色としては、黒、白のほか、ベージュやカーキのような高明度低彩度色や、赤や青などカラフル系の中高彩度と見える色が用いられている。

2-2-2. 年代による配色傾向

図4に、表2・図1に示す分類に基づいた年代ごと・クラスターごとの出現割合を示す。

基本的には、季節や構成色数に拠らず、分布は類似しており、年代による違いは小さいと言える。その中で、春夏(2色)であれば20代は40代と比較してC1,2,12,14辺りが多く、C8とC19~22辺りが少ないこと、春夏(3色)であれば20代でC10,11が多く、C1,2,7,8,9,20辺りが少ない。淡明色の使用と黒の使用に若干の年代差が現れていると言えよう。秋冬であれば、暗色でまとめた秋冬(2色)のC20や、淡色や明色

でまとめた秋冬(3色)のC10~12辺りに同様の傾向を読み取ることができるが、秋冬(2色)のC12のように、淡明色よりは明度が低いベージュやカーキ系の色の使用にも差が見られる。

2-2-3. ファッション系統による配色傾向

図5に、表2・図1に示す分類に基づいたファッション系統ごとの配色傾向を示す。

全体として、「ロマンチック」、「エレガント」に淡明色の組み合わせが顕著に多いという特徴が見られた。その他、春夏(3色)で「ソフィスティケート」のC9、「マニッシュ」C21といった黒やくすんだ色味でのコーディネートにも特徴が見られた。秋冬(3色)は、一部に集中するのではなく、系統が全体にばらけている。それぞれ色を確認すると、使用する部位は異なっても類似した構成色の組み合わせのことが多い。雰囲気として類似しているということであろう。

注釈

注1 以下を参照している。  
<https://www.magazine-data.com/women-menu/age.html>  
<https://luxeetmode.jp/2021/08/26/fashiontaste-8type/>  
 注2 収集した画像は、画像であって実物ではないから物体色を計測したことはできない。しかし、スタジオで撮影された商品画像は、類似した照明環境で撮影されることが多いだろうから、同一商品がまったく異なる色として表示される可能性は少ない。無彩色近辺の色味の再現性に問題がある可能性(ex. 無彩色に見えたが、実際は薄いブルーであった)はあるが、色差をベースに解析を進め、全体的な傾向を捉えることを目的とするのであれば実用に耐えると判断している。

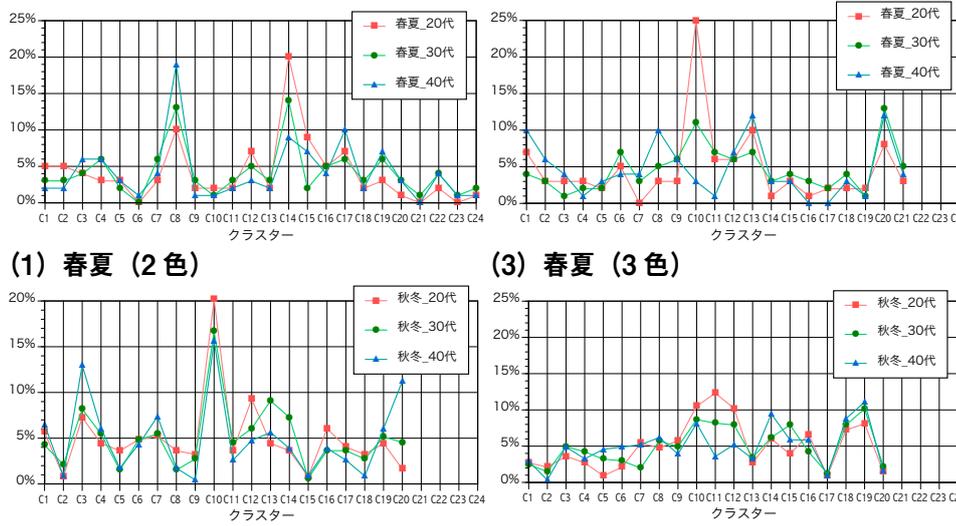


図4 年代による各クラスターに属する配色数の全体に占める割合の違い

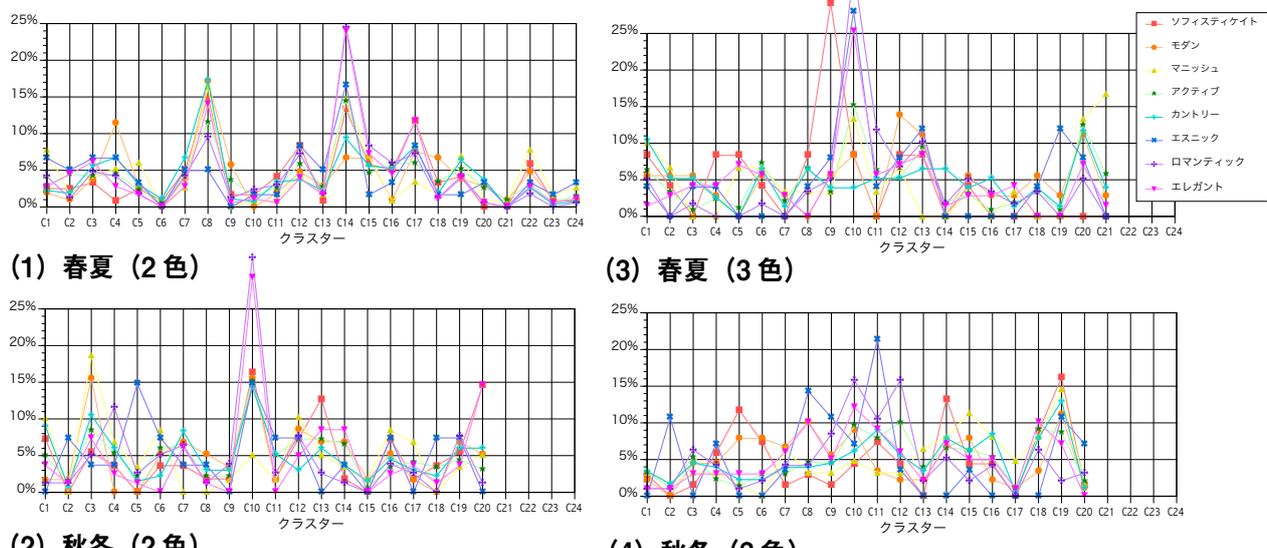


図5 ファッション系統による各クラスターに属する配色数の全体に占める割合の違い

# 被服選択における色嗜好と性格特性の関係

## Relationship between Color Preference and Personality Trait in Selecting Clothing

中村信次 Shinji Nakamura 日本福祉大学

Nihon Fukushi University

**Keywords:** 色嗜好, 性格特性, 被服選択

### 1. はじめに

我々は、多くの場合、各個人に固有な好きな色、嫌いな色を有しており、比較的容易にそれらを思い浮かべ、言葉にして表すことができる。この色嗜好は、色彩科学の主要な研究対象として古くから実証的分析が重ねられており、重要な知見が蓄積されてきている。しかしながら、我々は、固有の色嗜好を持つにもかかわらず、日常生活において好きな色(嗜好色)の商品のみを選択するわけではなく、また、嫌いな色(嫌忌色)の商品を全く選択しないわけではない。すなわち、「色としては〇〇色が好き」という抽象的色嗜好と、「この商品であれば〇〇色が好ましい」という具体的色嗜好との間に、一定程度の乖離が存在することとなる。中村ら(2011)は、大学生を対象とした質問紙調査により抽象的色嗜好と20種の具体的な事物に対する具体的色嗜好とを尋ねる質問紙調査を実施し、いわゆる「定番色」というものがなくカラーバリエーションが豊富な商品であり、比較的買い替え頻度の高いものに関しては、抽象的嗜好色と具体的嗜好色が一致する傾向が高いが(ハンカチ、携帯電話等)、逆の特性を持つもの(定番色が定まっており、買い替え頻度がひくいもの)に関しては両者の一致度が低くなることを見出した。本研究では、カラーバリエーションが豊富であり、商品購買決定における色彩の重要性は高いものの、その選択に関しては一定の場面制約性があると考えられる「衣服」を題材として取り上げることとする。松田ら(2019)は、着装希望色(「着たい色」)のイメージと、回答者自身のパーソナリティイメージの間に有意な相関が存在することを明らかにしており、被服選択における色嗜好の影響に、性格特性が媒介的効果を示す可能性が示唆される。そこで、本研究においては、衣服の色彩選択に、回答者の抽象的色嗜好と性格特性がどのように影響を及ぼすのかに関し検討を加えることとする。

### 2. 方法

#### (1) 調査参加者

大学生103名(男性56名、女性47名、平均年齢19.2歳)が調査に参加した。

#### (2) 調査項目

調査参加者は、「好きな色(嗜好色)」、「好きな服の色(被服嗜好色)」、「よく着る服の色(着装色)」、「嫌いな色(嫌忌色)」、「嫌いな服の色(被服嫌忌色)」、「1番着ない服の色(非着装色)」を、赤、オレンジ、黄、黄緑、緑、青、紫、ピンク、茶の9種の選択肢から一色の色名を選択することにより回答を行った。また、それぞれの回答色に対する印象を、「明るい-暗い」「陽気-陰気」などの15種の形容詞対を用いたSD法により計測した(7件法;回答色の印象に関する結果は今回の報告から省く)。さらに、日本語版 Ten Item Personality Inventory (TIPI-J;小塩ら,2012)を用いて、回答者の性格特性に関する質問を行った(TIPI-Jは、Big Five理論に基づく尺度であり、回答者の性格特性を、外向性、協調性、勤勉性、神経症傾向、開放性の5因子構造を用いて計測するものである;10項目、7件法)。

#### (3) 手続き

調査は心理学に関する講義を用いて、集団形式で行われた。回答者は、自身のペースで、質問項目が記載された質問紙に回答を行った。すべての回答の終了に、約10分を要した。

### 3. 結果と考察

図1-3に、回答者全体、男性回答者、女性回答者の嗜好色・嫌忌色の選択比率を示す。

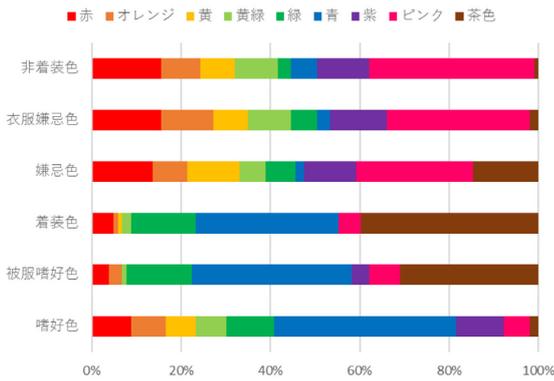


図1 嗜好色・嫌忌色の選択比率(全体)

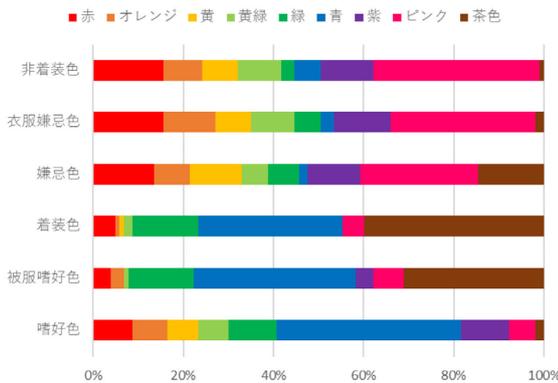


図2 嗜好色・嫌忌色の選択比率(男性)

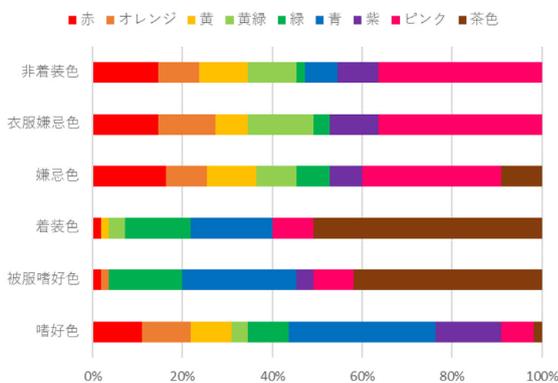


図3 嗜好色・嫌忌色の選択比率(女性)

嗜好色, 被服嗜好色, 着装色として青を選択する回答者が多く, その傾向は男性回答者においてより顕著である。また, 茶は, 嗜好色として選択される比率はごく低いが, 男性回答者においても女性回答者においても, 被服嗜好色, 着装色として選択されることが多い。嫌忌色に関しては, 男女とも, ピンクを忌避色として選ぶ傾向が高く, 被服嫌忌色, 非着装職としての選択比率も高い。

嗜好色・嫌忌色の男女間の選択比率の違いを検

討するために, 6種の嗜好色・嫌忌色ごとに2要因 $\chi^2$ 検定を実施した(性別 $2 \times$ 色カテゴリー $9$ )。着装色において, 男女間の有意な色選択比率の差異が確認された( $\chi^2(7)=22.05, p=.002$ )。残差分析の結果, 男性は着装色として青を選択する比率が女性より高く, 女性は茶を選択する比率が男性よりも高いことが示された。

次に, 色嗜好・色嫌忌と, 被服嗜好色・嫌忌色や着装色・非着装色との関係に, 回答者の性格特性がどのように影響を及ぼすのかを検討するために, それぞれの選択色が一致する群と不一致の群に回答者を分割し, 両群間のTIPI-J得点の差を分析した。対応のないt検定の結果, 嗜好色が被服嗜好色と不一致の群は一致している群と比較して, 同様に嗜好色が着装色と不一致の群は一致する群とと比較して, 神経症傾向得点が高くなる有意傾向が示された(それぞれ,  $t(101)=1.71, p=.91, t(101)=1.77, p=.78$ ; 図4, 5)。その他の嗜好色・嫌忌色の一致不一致により, TIPI-Jの得点が有意に変化することはなかった。この結果は, 神経質傾向が高い回答者は, 他者からの評価懸念も高く, 本来自分の好きな色(嗜好色)であっても, 自身の被服としてその色を好み(被服嗜好色), その色の被服を実際に着装する(着装色)程度が, 神経質傾向の低い回答者に比べて, 低くなることを示唆するものである。今回発表を省いた嗜好色・嫌忌色の印象評定の分析と合わせ, 被服における色嗜好に及ぼす回答者の性格特性の影響に関し, さらに検討を進める。

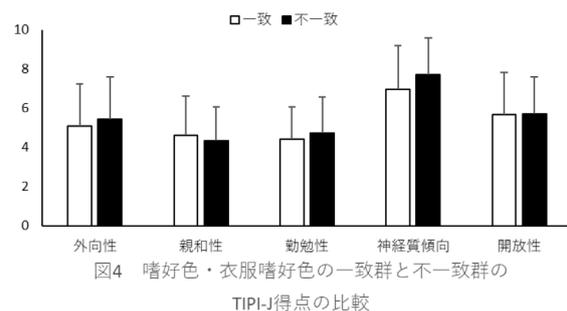


図4 嗜好色・衣服嗜好色の一一致群と不一致群のTIPI-J得点の比較

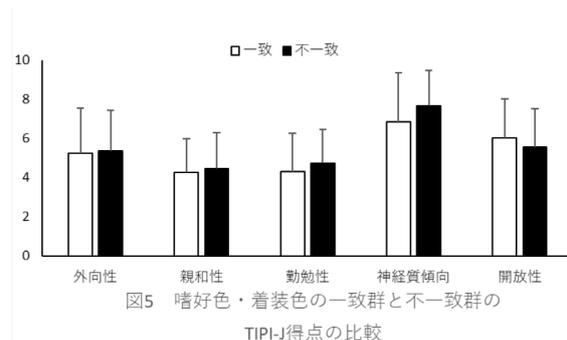


図5 嗜好色・着装色の一一致群と不一致群のTIPI-J得点の比較

## 服飾系大学で学ぶ学生の嗜好について

### —クラウド型教育支援サービス manaba に投稿された画像から見られる色の傾向と固定紙法による嗜好色結果を比較して—

#### About the color preferences of students studying at a fashion college.

#### -Comparing color trends obtained from images posted on the cloud-based educational support service manaba and preference color results by fixed paper method.-

水越 綾

Aya Mizukoshi

杉野服飾大学

Sugino Fashion College

**Keywords:** 画像、服飾系大学、嗜好

#### 1. はじめに

筆者は、2019年度より勤務校に在籍する1年生を対象とした嗜好色調査を実施している。

ここは服飾に関する技術や知識を学ぶ大学であり、入学時からファッションやデザイン、色彩に興味関心のある学生が集まっている。

2019年に筆者が実施した嗜好色調査の結果では、トーンはライトグレイッシュトーン(Lgt)・ソフトトーン(SF)を好む学生が、色相はR、RP系を好む学生が有意に高い結果となった。

しかし、固定紙法を用いての嗜好色調査は、その簡易性や携帯性から多く用いられてはいるものの、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<sup>1)</sup>。

そこで筆者は、被検者が自ら発信している情報から嗜好色の傾向を見出す事ができるのではないかと仮定し、2020年度Instagramに投稿された画像から色の傾向と固定紙法を用いた嗜好色調査の結果の比較を調査した。

その結果から、個人が投稿した画像と固定紙法による嗜好色調査の結果には彩度や色相・明度において、何らかの共通点を見出すのが可能であるという事が分かってきた。

しかし、2020年度は折しも世界的に猛威を振るった新型コロナウイルスにより日常生活だけでなく学生生活にも影響を及ぼした年でもあり、心的影響はかなり大きいものと考えられる。

また、Instagramを利用していない学生や、コンスタントに画像投稿がなされない学生などおり、被験者数としては大変少ない人数を対象とした調査であったことから、今回再度同じ調査を実施した。

#### 2. 調査

##### 2-1. 調査対象

東京都内の服飾系大学で学ぶ学生235名(主に初年次過程学生)

##### 2-2. 固定紙法による嗜好色調査

###### 2-2-1. 実施期間と回答者数

春期(213名)2021年4月12日(月)~16日(金)

夏期(192名)2021年7月16日(金)~30日(金)

秋期(200名)2021年9月21日(火)~27日(月)

冬期(154名)2021年12月20日(月)~2022年1月11日(火)

###### 2-2-2. 調査環境

調査は筆者が授業を実施している2教室でおこなった。両教室は隣接しており、環境はほぼ同一である。授業の実施時間や天候によって室内の環境光が異なる事のないよう、室内の蛍光灯下で調査を実施した。

###### 2-2-3. 調査用紙

日本色研事業株式会社発行の“JIS対応/修正マンセルカラーシステム色紙 ベーシックカラー140色”から、ヴィヴィッドトーン(Vv)、ライトトーン(Lt)、ペールトーン(Pl)、ライトグレイッシュトーン(Lgt)、ソフトトーン(Sf)、ディープトーン(Dp)、ダークグレイッシュトーン(Dkg)、R,YR,Y,YG,G,BG,B,PB,Pの7トーン10色相に加え、無彩色の白(Wt)、黒(Bk)、その中間の無彩色2色(N7、N4)を合わせた74色を用いた。1.5cm×2cm四方にカットしたカラーペーパーを、A4横の中明度の灰色の台紙上に貼付けし、今回の調査用にカラーチャートを作成した。(図1)



図1：嗜好色調査の為のカラーチャート

#### 2-2-4.調査方法

図1の調査票を配布し、この中から好きな色を第3希望まで選んでもらう。回答は調査実施校で利用しているmanabacourse<sup>2)</sup>内に設定した解答欄に5分程度の時間を取り、回答させた。

### 2-3. 画像投稿による色嗜好の傾向調査

#### 2-3-1. 実施期間と回答者数

2021年9月末～2022年1月末(193名)  
上記の平常授業実施期間に画像の投稿を行わせた。

#### 2-3-2.調査方法

「あなたが今、もっとも惹かれる“色彩”が含まれる写真を撮影し、それを1枚提出して下さい」という設定で、期間中週1で画像を提出してもらった。

提出期間は1週間と設定し、期日が過ぎたらその週は提出できない(まとめ提出ができない)設定とした。期間中に提出された画像は2089枚で、一人あたり平均10枚であった。

#### 2-3-3.事前調査

事前調査として撮影に用いたスマホの機種と、SNSに画像を投稿する際の加工の有無を聞いたところ、下記のような結果となった。

表1『SNS投稿画像への加工の有無』からは、スマホで撮影した写真をSNSにアップする際に、何かしらの加工をおこなっているという回答が135名であり、半数以上の学生が手を加えた画像を投稿している事が分かる。

この回答に対しての理由を聞いたところ、「はい」と回答した被験者からは色相や色の調子を変更したり、コントラスト、フィルターの適用、トリミング、変形といった事を行なっているとの回答が見られた。また、「いいえ」と回答した被験者からは、加工が単に面倒であるという回答の他、

見たままを伝えたい、そのまま綺麗なもの撮りたいといった回答が得られ、加工する・しないどちらにおいても、色を意識しているという姿が見えた。

表1：SNS投稿画像への加工の有無(N=193)

はい	135
いいえ	58

また、被験者が撮影に使用しているスマホの機種を聞いたところ(表2)、約88%がiPhoneユーザーであった。

表2：撮影に用いたスマホの機種

(学生回答まま) (N=190 未回答3)

android	3	ios	2
Xperia	1	iPhone	20
Xperia10	1	iPhone7	1
Xperia8	1	iPhone 8	26
Xperia XZ3 SOV39	1	iphone 8 plus	1
OnePlus 9R	1	iPhone x	4
one plus 9pro	1	iPhoneXR	7
Galaxy	4	iPhoneXS	8
GalaxyS8	1	iPhoneXS Max	1
xiaomi10T Pro	1	iPhone11	40
Google pixel 3a	2	iPhone11pro	6
AQUOS SH-01K	1	iphone11proMax	1
HUAWEI	1	iPhone SE	13
HUAWEI nova2	1	iPhone12mini	3
HUAWEI Mate 30 Pro	1	iPhone12	19
arrows	1	iPhone12pro	12
		iPhone12pro max	4

### 3. 調査結果

#### 3-1. 固定紙法による嗜好色調査

季節による嗜好色への変化や、大学での学びを通して色に対する感性の変化の有無等を考慮し、春夏秋冬と4期に渡って嗜好色調査を実施した。

表3に各シーズン上位10色を示す。その結果、4シーズンを通して無彩色が上位を占め、次いでR・RP・P・PB系が多く見られた。

表3：固定紙法を用いた嗜好色調査の結果  
—各シーズン上位10色—

	春		夏		秋		冬	
Bk	35	Bk	30	Bk	29	Bk	24	
WT	16	VVR	10	VVR	11	WT	9	
SFP	14	WT	8	WT	9	PLPB	9	
PLRP	12	PLPB	8	DKR	9	VVPB	6	
VVR	9	VVG	7	VVP	8	DPG	6	
LTRP	8	SFP	6	PLB	7	LTRP	6	
PLPB	7	PLRP	6	PLPB	6	DPR	6	
VVP	7	LTRP	6	VVPB	6	VVR	5	
LTPB	7	VVP	6	DPG	6	VVP	5	
SFPB	7	SFPB	5	SFP	5	LTPB	5	

### 3-2. 投稿画像と嗜好色の傾向

以下に今回期間中に投稿された学生の画像<sup>3)</sup>を提示する(図2、図5、図6)。投稿された画像には、様々な色が含まれているが、個人が投稿した画像全体を眺めてみると、そこには何かしらの秩序が見えてくる。今回はこの特徴を客観的に捉えるために、AdobePhotoshopのヒストグラム<sup>4)</sup>から画像の特徴をみる事にした。

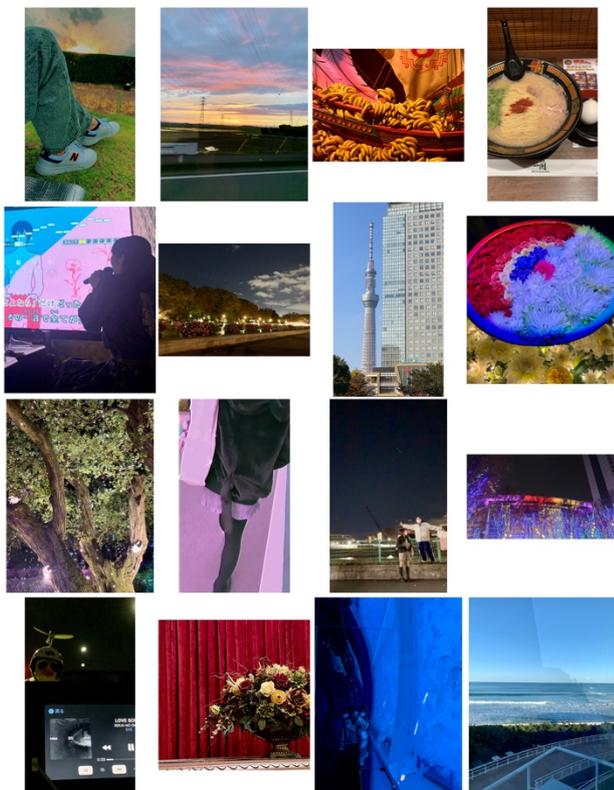


図2 学生Aが期間中に投稿した画像<sup>3)</sup>

図3は図2で表示した画像のAdobePhotoshopヒストグラムパネルの内容である。ヒストグラムからは、その画像の明るさの傾向を見ることがで

きる。

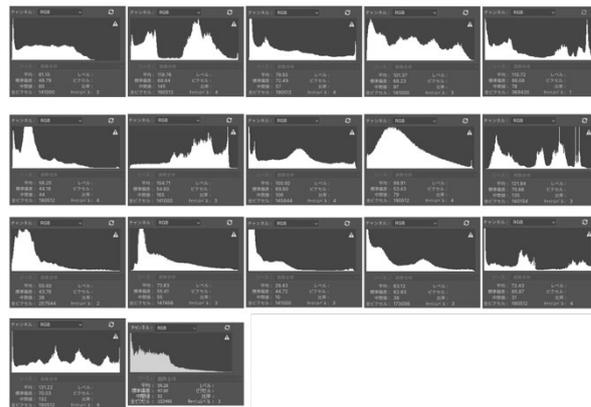


図3 学生Aが投稿した画像のヒストグラム

そしてさらに、ヒストグラムパネル内に示されている画像の標準偏差をグラフにしたものが図4であり、ここから1人の学生が投稿する画像には特徴があることが見えてくる。

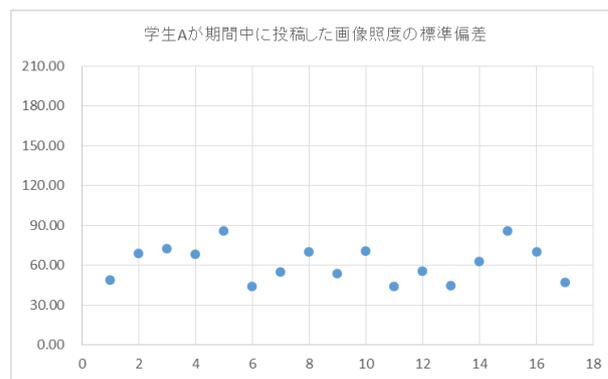


図4 学生Aが投稿した画像照度の標準偏差

### 3-2. 嗜好色調査結果と投稿画像の比較

固定紙法による嗜好色調査の結果とmanabaに投稿された画像を比較する事によって、個人が“選ぶ”色と、“発信する”色の共通性の有無を調査した。

その為にまず、嗜好色調査を全4シーズン実施している学生で、かつ画像の投稿もなされていた学生のデータを取り出したところ、該当学生は126名となった。そして、その中で嗜好色調査の結果と投稿された画像に色相・トーンの共通性が見られたのが94名、共通性が見られなかったのが30名であった。

例えば学生C(図5)の固定紙法による嗜好色調査の結果は表4の通りで、図8の投稿画像と比較すると、全体的に彩度が高い画像が多く色調の共通性を見いだすことができる。学生D(図6)が投稿した画像も彩度が高い色調が多いが、固定紙法の結果(表5)と比較するとトーンは一致し

ていない。しかし、色相の共通性は見られる。

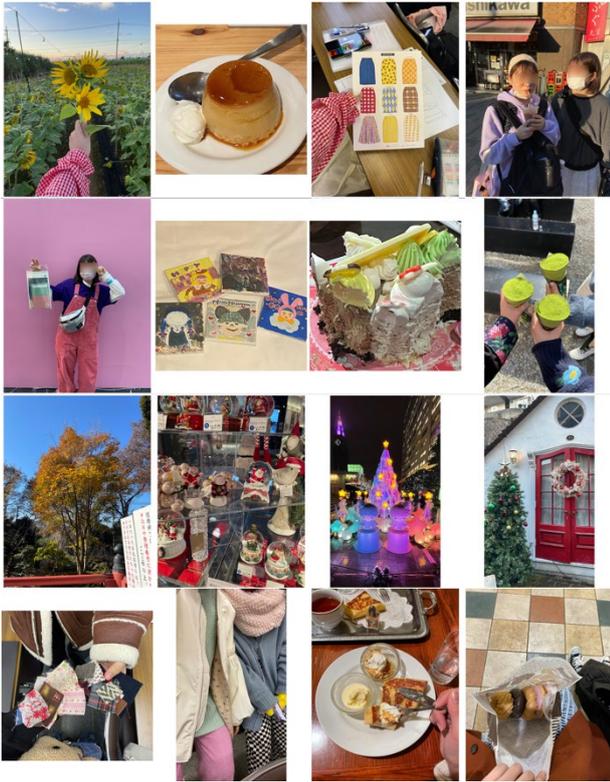


図5 学生Cが期間中に投稿した画像<sup>3)</sup>

表4 学生Cの固定紙法による嗜好色調査結果

春期	夏期	秋期	冬期
VV-R	VV-R	VV-R	VV-R

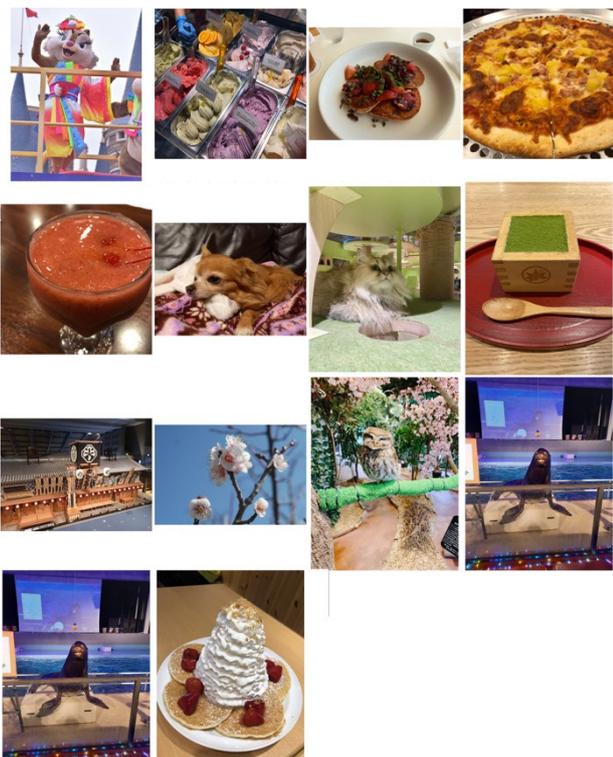


図6 学生Dが期間中に投稿した画像<sup>3)</sup>

表5：学生Dの固定紙法による嗜好色調査結果

春期	夏期	秋期	冬期
LGT-YR	LGT-Y	LGT-YR	LGT-YR

学生が投稿した画像から、その学生の嗜好色の傾向を見いだすことができるということが分かった。更に、単色だけの嗜好色調査からは見えてこない色や配色といった特徴をも見ることができた。

しかし、今回は視感による比較調査であることから、今後は画像内に見られる色の分析・比率等を調査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) manabacourse とは株式会社朝日ネットが提供しているクラウド型の教育支援サービス
- 3) manaba に画像を投稿させる際に被検者には学会発表等で使用する可能性がある旨を伝えた上で投稿をさせている。
- 4) 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/](http://www.adobe.com/jp/)

Adobe Photoshop のヒストグラムパネルでは、画像を構成している「点」の色の明るさをレベル別に分布したグラフで、ヒストグラムを見ると画像の明るさの傾向をある程度把握することができる。

## 個人と集団による色彩嗜好の比較検討

### Research of color preference compare with group and individuals

稲葉 隆 Takashi Inaba

日本カラーデザイン 研究所 Nippon Color & Design Research Institute INC.

**Keywords:** 色彩嗜好

個人の嗜好色, 集団を想定した嗜好色.

#### 1. はじめに

色彩嗜好研究は、色視点と人視点という分類で論じられている(高橋・羽成, 2005)。集団を対象として、時系列での変化を追ったり、異文化間での比較をおこなっているのが色視点での研究であり、性格特性との関連や認知要因の影響を検討し、メカニズムを明らかにしようとするのが人視点での研究である。一方、集団の嗜好色は、様々な産業分野で製品色などの色彩計画において、実践的なリサーチとしておこなわれることが多い(稲葉, 2012, 2013)。ユーザーの嗜好性に適合するカラーバリエーションの策定には、不可欠な情報であるからである。

そして、ユーザーは製品色の選定理由として、“無難な色”として集団との同一性を重視するケースと、“個性的な色”として集団との差別性を重視するケースとがよくある。この場合、構成員である個人が当該集団の嗜好性を予測し、それと合致するかどうかを判断基準としていることが考えられる。では、実際に個人による集団の嗜好性予測は的確になされているのか、個人の色彩嗜好は予測された集団の色彩嗜好との関係でどのように差別化・同一化されているのか、を本研究のテーマとした。

#### 2. 目的

集団において構成員個人の色彩嗜好と、個人が集団を想定して選択する色彩嗜好について、差異と共通性を検討する。

#### 3. 方法

##### (1) 参加者

色彩嗜好調査は2回に分けておこない、調査1

では143名、調査2では126名の大学生(女性のみ、1~4年生)が調査に参加した。分析は2つの調査に回答した118名のデータを元におこなった。

##### (2) 期間

調査1は2021年9月21日~28日、調査2は2022年1月11日~18日におこなった。

##### (3) 提示物

有彩色120色(10色相×12トーン)と無彩色10色の計130色を、横11×縦12にランダムに並べた調査用カラーシートのpdfを用いた。

##### (4) 手続き

調査は、オンライン学習システムを通じておこなった。調査1では、調査用カラーシート(pdf)を配布し、①好きな色を10色、②嫌いな色を5色以内での選択を求めた。調査2は、その3か月半後に同様の方法でおこない、③あなたと同世代の女性が好むと思う色を10色、④あなたと同世代の女性が嫌いだろうと思う色を5色以内での選択を求めた。

#### 4. 結果

##### (1) 嗜好色として選択された色の結果

個人の嗜好色を合計した結果を表1に示した。最も選択率が高かった色はホワイト(N9.5)で28.8%であり、次いでペールパープルブルー(PB/P)が26.3%、ライトパープル(P/L)とブラックがともに25.4%となった。

表1 個人の嗜好色

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
色										
H&T記号	N9.5	PB/P	P/L	N1.5	B/B	P/B	RP/P	PB/B	G/P	B/P
%	28.8%	26.3%	25.4%	25.4%	22.9%	22.9%	22.9%	22.0%	22.0%	21.2%

集団を想定した嗜好色として選択された色を

合計した結果を表2に示した。最も選択率が高かった色はホワイト(N9.5)の50.8%であり、次いでブラック(N1.5)が37.3%、ペールパープルブルー(PB/P)とベリーペールレッド(R/Vp)がともに30.5%となった。

表2 集団を想定した嗜好色

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
色										
H&T記号	N9.5	N1.5	PB/P	R/Vp	P/L	RP/P	P/P	PB/B	RP/B	B/P
%	50.8%	37.3%	30.5%	30.5%	26.3%	24.6%	22.0%	20.3%	20.3%	19.5%

(2) 個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色の関連

個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色との相関図は図1のようになり、相関係数を求めたところ、強い正の相関関係が認められた( $r = .79, p < .001$ )。しかし、2つの嗜好色では選択度数に違いがあり、個人の嗜好色よりも集団を想定した嗜好

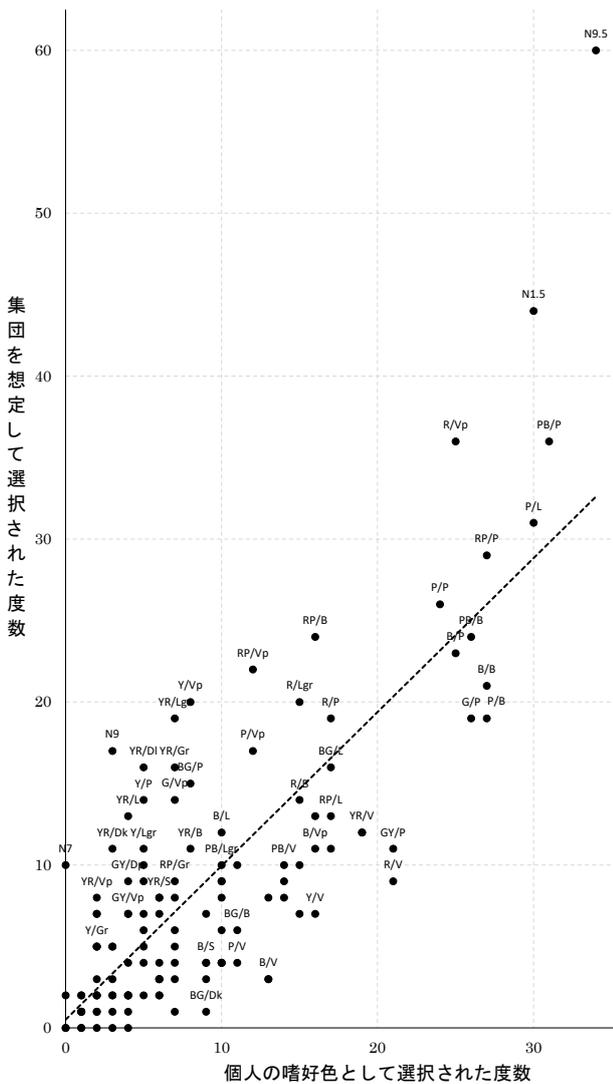


図1 個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色の相関図

好色の方が集中して選択される傾向があった。たとえば、ホワイト(N9.5)は個人の嗜好色28.8%に対して集団を想定した嗜好色50.8%、ブラック(N1.5)は個人の嗜好色25.4%に対して集団を想定した嗜好色37.3%、ベリーペールレッド(R/Vp)は個人の嗜好色21.2%に対して集団を想定した嗜好色30.5%、などで差が顕著にみられた。

(3) 色相別・トーン別での比較

次に、2つの嗜好色で選択された色相について関連性を見るために $\chi^2$ 検定をおこなうと、偏りがみられた( $\chi^2=53.315, df=10, p < .001$ )。この結果と残差を見ると、個人の嗜好色では色相Rと色相BG, B, PB, Pが、集団を想定した嗜好色では色相YR, YとN(ニュートラル)がそれぞれ多く選択されていたと解釈できる(図2)。

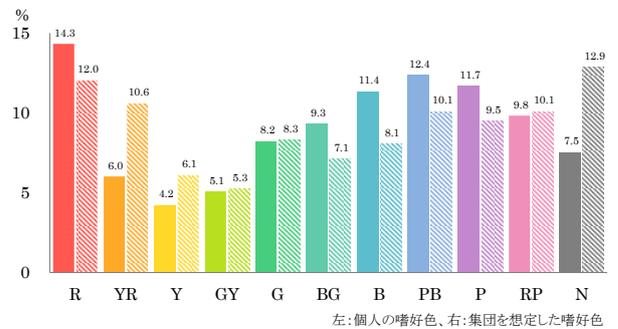


図2 色相別にみた個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色

同様に、トーンにおいても偏りがみられ( $\chi^2=58.090, df=12, p < .001$ )、個人の嗜好色ではV(ビビッド)トーンやDp(ディーブ)トーンが、集団を想定した嗜好色では、Vp(ベリーペール)トーンやN(ニュートラル)がそれぞれ多く選択されていた(図3)。

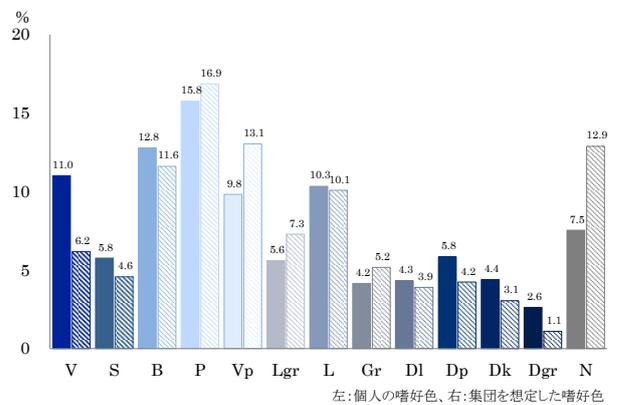


図3 トーン別にみた個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色

#### (4) 個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色で共通して選択された色数

個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色では共通して選択された色があるので、図4のように分類できる。本研究では、10色ずつを選択する課題をおこなったが、共通して選択された色数は、0色から8色までに分布し、最も多かったのは3色(24.6%)であり、 $M = 2.59$ 色( $SD = 1.66$ )だった。

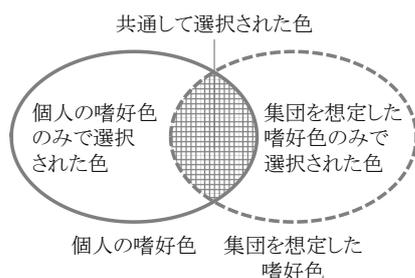


図4 個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色の関係

### 5. 考察と結論

#### (1) 個人は集団の嗜好性を予想できているか

集団を構成する個人が集団を想定して選択した嗜好色は、個人の嗜好色を合計した結果と強い相関を示した。よって、個人は集団の嗜好性を予想できていた可能性が高い。

しかし、個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色とで共通して選択された色数の平均は、10色中3色に満たなかった。それでも、2つの嗜好色結果が類似していたことから、集団を想定して選んだ嗜好色は、色相とトーンによるある色の範囲(嗜好色域)を予測していたと考えることができよう。具体的には、明清色調を中心とした色相B~Rの範囲とホワイト、ブラックを含む領域が、この集団の主な嗜好色域として予想と合致していた。

#### (2) 個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色の差異は何か

個人の嗜好色と集団を想定した嗜好色では、色相とトーンの傾向に違いがあった。個人の嗜好色では、より彩度が高いトーン(V, Dp)と、色相R, BG~Pが特徴的に選択されており、集団を想定した嗜好色では、より明度が高いトーン(Vp)や無彩色と、色相YR, Yが選択されていた。

実際、個人の嗜好色としての選択率が集団を想定した嗜好色よりも高かったのは、多色相の高彩度カラー(ビビッドレッドR/V, ビビッドブルーB/V, ペールイエローグリーンGY/P, ビビッドイ

エローY/Vなど)が中心だった。また、集団を想定した嗜好色の選択率が高かったのは、高明度の暖色系カラー(ベリーペールイエローY/Vp, ライトグレイッシュイエローレッドYR/Lgr, ベリーペールレッドR/Vpなど)と無彩色(ホワイトN9.5, ブラックN1.5)であった。このように、2つの嗜好色には、色属性に特徴的な差がみられた。

以上の結果を、実際の製品色に当てはめて考察すると、集団を想定した嗜好色として特徴的な色は、パーソナルプロダクトの製品色として定番的に市場でみられるベーシックカラー(無彩色、アイボリー、ベージュなど)に近い傾向であり、ユーザーが言う“無難な色”に相当するだろう。逆に、個人の嗜好色として選択率が高かった高彩度色は、主張の強いメッセージカラーであり、“個性的な色”に相当すると考えられる。そして、商品色設定のための実践的な嗜好色リサーチでは、個人の嗜好色の合計として集団の嗜好性を予想するだけではなく、個人が想定する集団の嗜好色との差異と共通点を考慮することで、その集団に最適化した商品色設定ができる可能性が示唆された。

#### (3) 研究の限界と今後の課題

本研究では、手続きとして調査用カラーシートをpdfで配布し参加者それぞれのPC等の画面で提示した。そのため、調査参加者によって端末条件・照明環境条件が異なり統制はとれていなかった。また、データ数も100件余りであるため、色提示条件の違いを相殺するには十分とは言えない。よって、結果には方法上の誤差が含まれる可能性があることが、本研究の限界である。

今後、集団と個人の嗜好関係に根差した実践的な商品色開発方法の検討が望まれる。

#### 引用文献

- 1) 高橋晋也, 羽成隆司: 色嗜好表出における認知要因, 日本色彩学会誌 29 no.1 (2005) 14-23
- 2) 稲葉 隆: 生活分野別の色彩嗜好に関する世界7都市比較調査, 日本色彩学会誌 36 no.6 (2012) 118-119
- 3) 稲葉 隆: 携帯電話機にみる市場色とユーザーニーズに関する研究, 日本色彩学会誌 37 no.6 (2013) 576-577

# 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 (3)

## —学習モデルの差が予測調和度に及ぼす影響—

### Experiment of Deep Learning to Construct Color Harmony Theory (3) —Effect of Differences in Learning Models on Predictive Harmony—

石原久代 Hisayo Ishihara 椋山女学園大学 Sugiyama Jogakuen University  
 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  
 加藤千穂 Chiho Kato 椋山女学園大学 Sugiyama Jogakuen University  
 山縣亮介 Ryosuke Yamagata 名古屋学芸大学 Nagoya University of Arts and Sciences

**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、明度・彩度を固定し、色相角を均等にした2色配色の調和度について、第2報では明度・彩度を変化させた2色配色の調和度について視覚評価実験を行い、それらのデータをディープラーニングにより予測した。その結果、第1報では良好な成績が得られたが、第2報の予測調和度は低下した。

そこで本報では第2報で回収した調和度データを用い、ディープラーニングの学習モデルを変化させ、予測調和度に及ぼす影響について検討したので報告する。

#### 2. 方法

##### 2-1 実験試料

第2報と同様、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色および白と黒を加えた32色(表1, 図1)

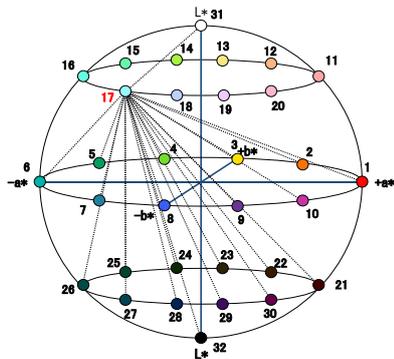


図1 配色モデル

について2色配色した722配色、被験者200名の6段階(「非常に調和している:6」~「全く調和していない:1」)の調和度データ、144,400データを用いた。なお、試料の大きさは、図2に示したように縦を30~35cm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色を配置した試料とした。

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

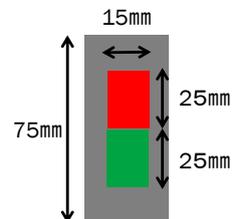


図2 配色試料

##### 2-2 解析方法

ディープラーニングの学習モデルについては、入力層には配色した2色のL\*a\*b\*値を変数としたパターンと1色のL\*a\*b\*値と2色の色差 $\Delta E^*(ab)$

値を変数とした 2 パターンの入力層を設定した。出力層はカテゴリ分け変数と連続型変数を設定し、4 種類の全結合型ニューラルネットワークの構築を行った(図 3)。被験者から得られた計 144,400 データについて、各学習モデルにより機械学習を行った。なお、学習結果は前報までは最も回答数が多かった選択肢を正答とした場合の正答率から適合度を求めていたが、本報ではカテゴリ分け確率予測から算出した平均値、または連続型変数を予測調和度とし、前報の調和度平均値と比較した。また、被験者による評価差を考慮し、標準化データを用いた機械学習についても試みた。さらに、得られた予測調和度の適合率を検討するために、各予測調和度と調和度平均値について相関係数を求めた。

3. 結果および考察

144,400 データについて各学習モデルにより機械学習した場合、有彩色同士の配色に比べ、無彩

色と有彩色の配色の予測調和度と調和度平均値の差が大きく、適合しにくいことがわかった。それは前報の正答率による適合度と同様の結果であった。そのため、有彩色同士 600 試料と無彩色と有彩色の配色 122 試料は分けて、機械学習を行った。図 4 に有彩色同士の配色の機械学習結果を示した。調和予測度は学習モデルに関わらず同一色相が最も高く、色相が離れるほど下がり、前報の調和度の平均値と類似した傾向が認められた。

調和度平均値と各予測調和度の相関を求めた結果、有彩色同士の配色では 2 色の  $L^*a^*b^*$  値を入力した学習モデルの方が相関係数は高い傾向にあり、図 3 の学習モデル 3 および学習モデル 3 (標準化データ) では 0.95 の非常に強い相関が認められた。無彩色と有彩色の配色では学習モデルによる相関係数に差はなく、0.9 程度の強い相関が認められた。以上より、ディープラーニング適用の可能性が示唆された。

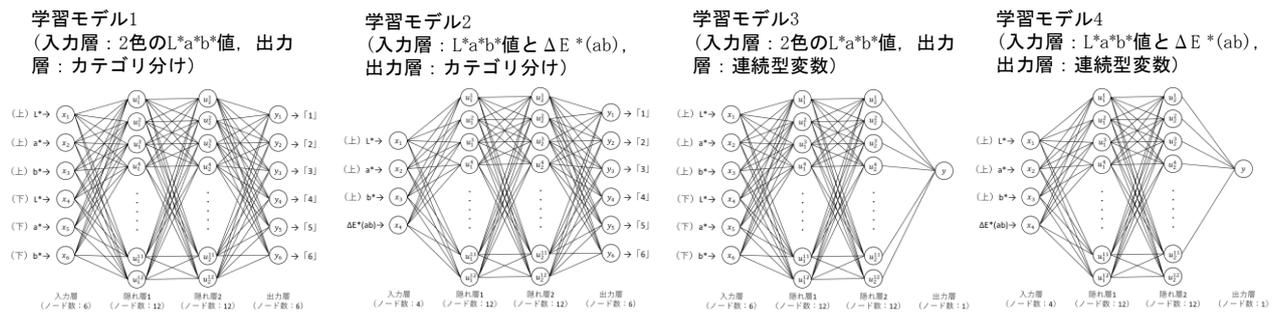


図 3 ディープラーニングの学習モデル

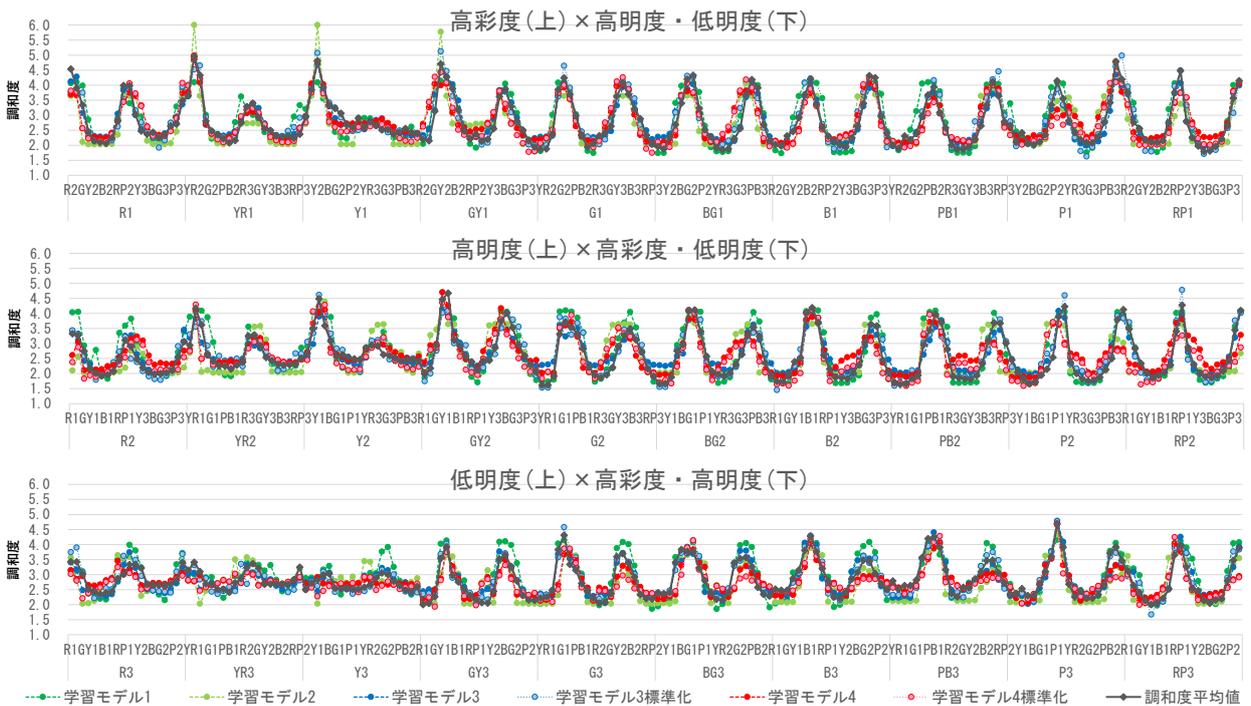


図 4 配色ごとの平均調和度と予測調和度 (有彩色同士)

## 色の見えモードが色光特徴付け法によって作られた配色の視覚的印象に与える影響

### Influence of Color Appearance Modes on Visual Impression of Color Arrangement Produced by the Colored Light Characterization Method

服部雄 Takeru Hattori 京都大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering  
Kyoto University  
石田泰一郎 Taiichiro Ishida 京都大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering  
Kyoto University

キーワード: 色彩調和, 色光, 色の見えモード, 配色

#### 1. はじめに

配色の調和は様々な分野で関心を持たれている研究課題である。なかでも類似性の原理は調和した配色を作る基本的な方法のひとつとされている。配色された色が色相や彩度などの共通した属性を持つ場合に、その配色は調和するという考え方である。著者らは「照明光の色」に着目し、これを共通要素とした配色方法を色光特徴づけ法<sup>1)</sup>と名付けた。

ここで照明光の色が共通要素となる状況を考えてみる。まず、有彩色照明(色光)で照らされた多数の表面の色を考える。色光で照明された色の集合から複数の色を抽出して配色を作ると、その配色の調和感は向上することが報告されている<sup>1)</sup>。色光で照明された表面の色は色光の色みが増える方向に変化するが、それらには様々な色相、彩度、明度の色が存在し、配色を構成するすべての色に共通する単一の属性は含まれていない。色光で照明された色、すなわち、色光特徴づけ法による色が調和した配色を作るとすれば、それらの色が複数存在することによって知覚される複数の色の傾向、あるいは関係性が影響しているのではないかと考えられる。すなわち、例えば赤みの色光で照明された色は、赤みの成分の増加とともに、赤い色はより明るく鮮やかになり、緑の色は明度と彩度が低下する傾向をもつ。配色の色がそのようなパターンを有するとき、人は調和感を感じるのではないかという考えである。

色光特徴づけ法による配色の調和感が、色光に

よって照明された色の関係性によって生じているのであれば、観察する配色は照明を受ける表面の色として知覚されることが必要ではないだろうか。そうだとすると、同じ測色値の色の配列であっても、それが発光している面の色に見える場合には、調和感は得られないことになる。本研究ではこの考えを確かめる方法として、色の見えモードを利用した実験を行った。色の見えモードには、物体面として知覚される表面色モードと、発光面として知覚される光源色モードがある。(図1)表面色モードでは、照明光の存在が想定されるが、光源色モードの場合には、照明光の存在は必要ない。実験では、配色の物理的な色は一定に保ちつつ、色の見えのモードを切り替えることによって、色のモードが配色の調和感に与える効果を検討した。

本研究の目的は、色の見えモードが変化した場合に色光特徴づけ法によって作られた配色の視覚的印象の心理評価がどのように変化するかを検討することである。

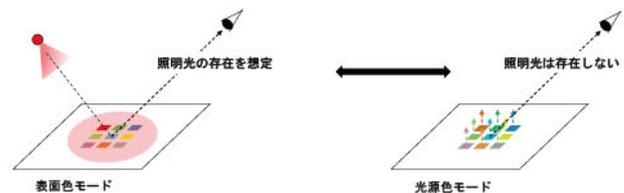


図1 色の見えモードの概略図

## 2. 実験方法

### 2.1 実験装置

実験装置内部は2つの面（色票面とスクリーン面）で構成した。（図2）被験者は観察窓からスクリーンに並んだ開口を通して色票面を観察した。色票面は色光で照明されており、色票の色は色光によって特徴付けられている。観察窓と色票面の間にスクリーン面を挟むことによって、被験者は直接的に色光の色を知り得ない工夫を施した。また、スクリーン照明を点灯/消灯することで色の見えモードを切り替えた。スクリーン照明を点灯してスクリーン面が明るい場合は、開口から見える配色の色は表面色として知覚され、消灯してスクリーン面が暗い場合は、配色の色は光源色として知覚された。

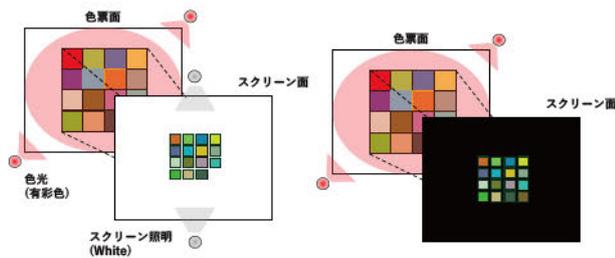


図2 実験装置内部概略図

（左：表面色モード，右：光源色モード）

### 2.2 配色条件と照明条件

色票集（新配色カード199c，日本色研事業）から無作為に選択した色票を用いて提示する色配列を作成した。無作為に色票を選択することによって、提示する色配列に何らかの属性が揃う確率を低くして、基本条件である白色光のもとでは調和感が生じない配列をつくることを意図した。配列のサイズは4色と16色があり、それぞれ10種のパターンの配列を作成した。（図3）



図3 提示配色（左：4色，右：16色）

色票面を照明する色光の  $xy$  色度座標は以下である。

白： $x = 0.350, y = 0.370$

赤： $x = 0.396, y = 0.361$

緑： $x = 0.330, y = 0.420$

青： $x = 0.310, y = 0.316$

また、色票面の照度を  $500lx$ ，スクリーン面での照度を  $600lx$  に設定し、スクリーン面を照らす照明を点灯/消灯することで色の見えモードを切り替えた。実験で用いた色光照明には、色度、輝度を調整可能なLED光源（Philip Hue）を用いた。

### 2.3 評価項目、実験手順、被験者

被験者のタスクは提示された色配列を観察し、その視覚的印象（調和感、嗜好性、力量性、活動性、温冷感）について  $-10 \sim +10$  の整数値で回答することである。

実験は、2サイズ×10パターン×4照明条件×2モードの合計160試行である。全体を2つのセッションに分け、各80試行を行なった。配色条件、照明条件、色の見えモードは各被験者でランダムになるように提示した。

被験者は7名で全員が京都大学工学部の学生であった。

## 3. 結果

実験結果は、被験者ごとの評価値の平均を取り、評価項目ごとにまとめた。縦軸に評価値を、横軸に照明条件をとった。また、直線は表面色モード、点線は光源色モードを表す。

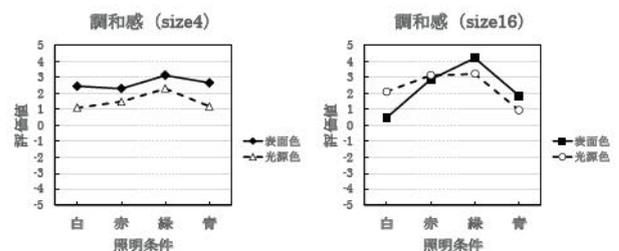


図4 調和感（被験者平均）

調和感については、size4ではどちらの色の見えモードにおいても、白色光条件と色光条件による評価値の差は顕著ではない。配列サイズが小さ

いときに、色光特徴づけによる調和感向上の効果が得られないことは先行研究<sup>1)</sup>でも示されている。一方で、size16では表面色モードにおいて白色光条件に対して色光条件での調和感の向上が顕著である。光源色モードにおいてはこのような色光条件による顕著な調和感の向上は見られない。すなわち、色光特徴づけ法によって生成された配色は、表面色モードで観察した場合は調和感の向上が得られたが、光源色モードでは調和感の向上は確認できなかった。

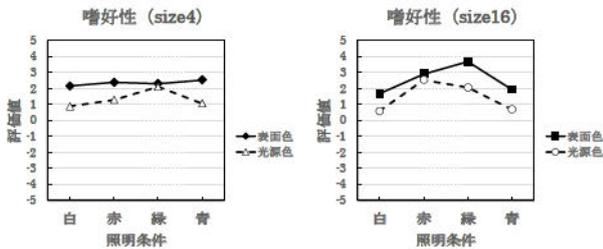


図5 嗜好性 (被験者平均)

嗜好性については、表面色モードでより好まれ、また、調和感と緩やかな相関があった。

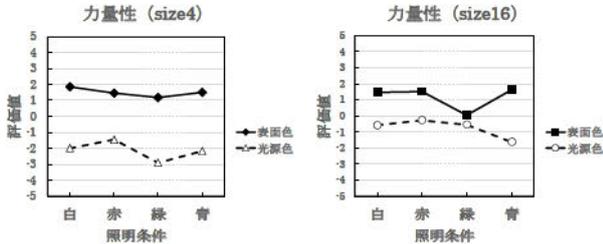


図6 力量性 (被験者平均)

力量性については、表面色モードでより力量性が高く(固い, 強い)感じられたが、色光条件に応じた系統的な変化は見られなかった。また、最も個人差の大きい項目であった。

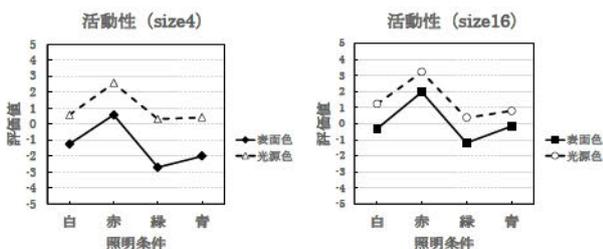


図7 活動性 (被験者平均)

活動性については、光源色モードでより動的に感じられた。どちらのモードにおいても照明条件の

色相が同様な効果を与えた。

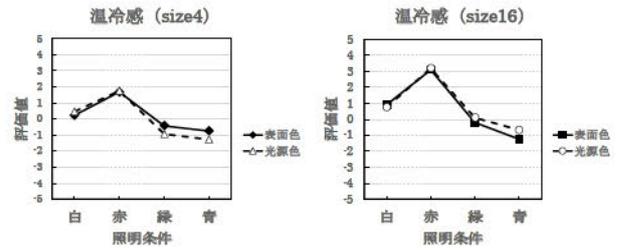


図8 温冷感 (被験者平均)

温冷感は色の見えモードによる違いはなかった。照明光の色相が温冷感の決定要因になっている。

#### 4. まとめ

本研究の結果より、16色配列条件において、色光特徴づけ法によって作られた色配列は、表面色モードでは調和感が生じる効果が示された。一方、光源色モードについては調和感の顕著な向上は生じなかった。このことから色光特徴づけ法による調和感の生成には、色配列の色が表面として知覚されていることが必要であることが示された。本研究の結果を第一歩として、今後、色光特徴づけ法による色の調和感生成のメカニズムの検討を進めることが必要である。またそれによって色彩デザインへの応用の可能性を探っていきたい。

#### 参考文献

- 1) 石田泰一郎：色光特徴付け法で生成された色配列の調和感, 日本色彩学会誌, 45-4 (2021) pp. 151-160

本研究の一部は2021年度日本色彩学会関西支部大会で発表した。

# 異なる分光分布形状・色度を持つ LED 照明間における色恒常性

## Color constancy under LED lighting with different spectral distribution and chromaticity.

北堂 絢菜 Ayana Hokudo 立命館大学  
 篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学

Ritsumeikan University  
 Ritsumeikan University

**Keywords:** 色恒常性, 色順応, LED 照明.

### 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 照明は素子を構成する化合物半導体の違いによって発光色が決定するため、様々な色(光色)を表現できる。また、人は異なる照明光源下でも物体表面の色を一定に知覚する特性(色恒常性)を持つ。実際に使われている照明でも光色や分光分布形状が異なるため、これらが色恒常性に与える影響について調査する必要がある。

本研究では、LED 照明の光色と分光分布形状の両方に注目し、それらが色恒常性に与える影響を調査するために、4種類の光色、3種類の分光分布形状の組み合わせで合計12種類の照明下で22種類の色票を評価した。そして、類似の分光分布形状で異なる光色の照明間比較と、異なる分光分布形状で同じ光色の照明間比較を行った。

### 2. 実験

#### 2.1 実験装置・環境

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 [cm<sup>3</sup>])を用いて行われた。実験ブースの内装を JIS の明度スケールで視感で比較すると、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。被験者は実験ブースを覗き込む形で着席をし、外光が入らないように暗幕を被った。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。

#### 2.2 照明光源・色票

実験には Color Checker を使用した。全24色のうち、無彩色2色(N8, N3.5)を除いた22色を評価対象とした。

照明光源は光色条件4種類と分光分布形状条件3種類の組み合わせで合計12種類である。

光色条件は A 光色と D65 光色、さらに黒体輻射軌跡上に光色を持たず相関色温度 (Correlated Color Temperature, CCT) が等しい2つの光色 (Duv+光色, Duv-光色と呼ぶ)を加えた4種類とした。分光分布形状条件は、ピークを含まない広帯域分光分布(Broad Band, BB)と三峰性の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 MP Short と長波長寄りにピークを持つ MP Long の3種類とした。

机上面照度は全て 200[lx]に統一した。図 2.1 に光色条件をプロットした  $u^*v^*$  色度図を示す。また、図 2.2 に実験で使用した照明(代表として A 光色)の分光放射照度[W/m<sup>2</sup>/nm]を示す。

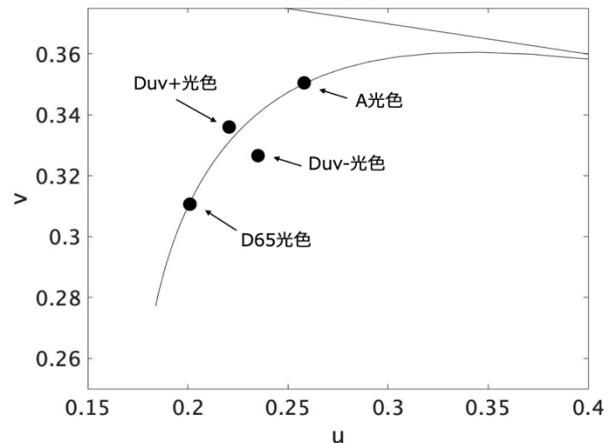


図 2.1 : 光色条件

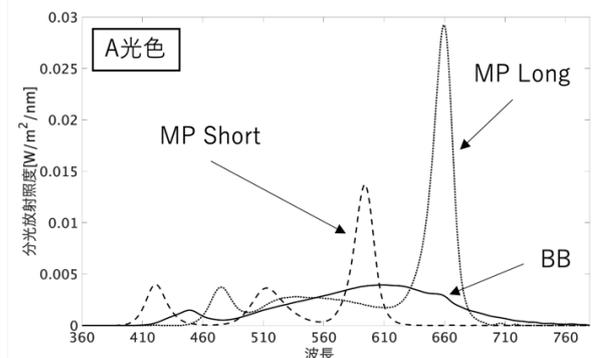


図 2.2 : A 光色の分光分布

### 2.3 実験手順・評価方法

被験者はセッションの初めに 20[s], 照明光源に順応する. その後, 対象の色票を観察し知覚した色を評価する. 1セッションでこれを対象の数(22回)行う. 評価方法は重み付けカテゴリカル比率評価法 (Weight Category Evaluation, WCE) [1]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る方法である. 被験者は大学生および大学院生(男性 7 名, 女性 4 名)であった. 被験者 1 人あたり 1 条件 1 回ずつ評価を行った.

## 3. 結果

### 3.1 重み付けカテゴリカル比率での色の見え

実験結果では, 異なる光色の照明間比較においては評価に大きな変化がない一方で, 異なる分光分布形状の照明間比較においては評価に大きな差が見られた[2].

### 3.2 エレメンタリーカラーでの色の見え

WCE 得点の平均値を Ishida et al.[3]の変換係数を乗じることで, White, Black, Red, Yellow, Green, Blue を基本色とするエレメンタリーカラーネーミング (Elementary Color Naming, ECN) 得点に変換した. 初めに RGYB (Red, Green, Yellow, Blue) 成分のみに着目し色みの変化を分析した. RG と YB を式(1), (2)で定義し, 色の見え変化 (変換後の RGYB 座標) の例を, 図 3.1 と図 3.3 に示す. これらは分光分布形状条件間の比較 (12 種類) と光色条件間の比較 (18 種類) から抜粋したものである.

$$RG = R \text{得点} - G \text{得点} \quad (1)$$

$$YB = Y \text{得点} - B \text{得点} \quad (2)$$

さらに各色票の光色変化との関係を見るために, 図 3.2 および図 3.4 にそれぞれの照明下で計測した各色票の  $u'$   $v'$  色度図上での色度変化を示す. 図 3.1 から図 3.4 におけるそれぞれのプロット色は各色票の色に対応している.

異なる分光分布形状の照明間の比較(図 3.1, 図 3.2)では, 色度が変化した一部の色票の RGYB 成分が大きく変化している. 一方, 異なる光色の照明間での比較(図 3.3, 図 3.4)では, すべての色票において色度が大きく変化しているのにも関わ

らず, 色の見えの評価にあまり変化が見られない.

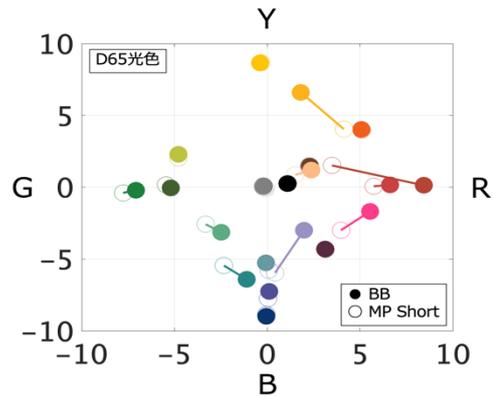


図 3.1: 色の見え変化 (分光分布が異なる照明間)

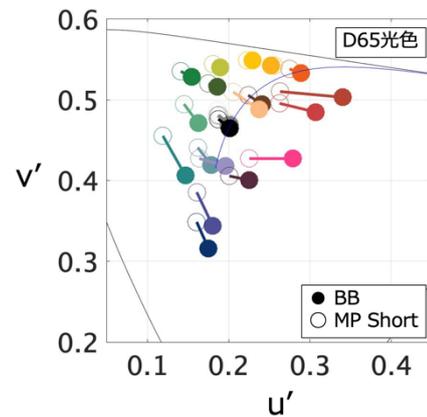


図 3.2: 色度変化 (分光分布が異なる照明間)

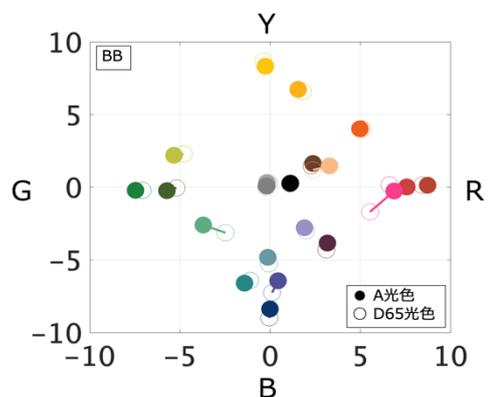


図 3.3: 色の見え変化 (光色が異なる照明間)

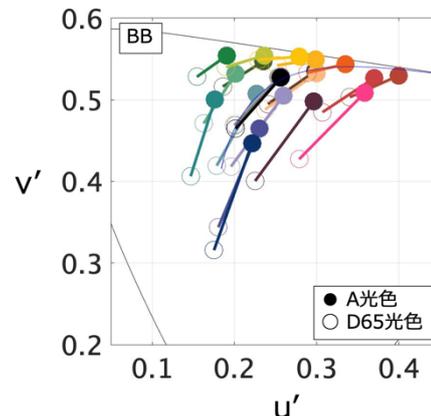


図 3.4: 色度変化 (光色が異なる照明間)

## 4. 考察

### 4.1 RGYB 成分から見た色の見え

実験結果より、異なる分光分布形状で同じ光色の照明間では、色度が変化した一部の色票の RGYB 値が大きく変化した。一方で、類似の分光分布形状で異なる光色の照明間では、すべての色票の色度が大きく変化したにも関わらず RGYB 値に大きな変化が見られなかった。各色票の色度変化と色の見えの変化の対応関係を明瞭に示すために、RGYB 座標におけるユークリッド距離で色の見えの変化量を定義し(式(3)),式(4)で計算される  $u'$ ,  $v'$  色度差と比較した。いずれの式も色票  $k$  に対する照明光  $i$  と照明光  $j$  の変化量を示す。

$$\Delta E_{RGYB_{i,j,k}} = \sqrt{(RG_{i,k} - RG_{j,k})^2 + (YB_{i,k} - YB_{j,k})^2} \quad (3)$$

$$\Delta E_{uvv_{i,j,k}} = \sqrt{(u'_{i,k} - u'_{j,k})^2 + (v'_{i,k} - v'_{j,k})^2} \quad (4)$$

縦軸を  $\Delta E_{RGYB}$ , 横軸を  $\Delta E_{uvv}$  として、色度変化と RGYB 成分変化の関係を表したグラフを図 4.1 に示す。グラフより、異なる分光分布形状で同じ光色の照明間比較では、色度変化が大きくなるにつれて評価値変化も大きくなることがわかった。一方で類似の分光分布形状で異なる光色の照明間比較では、色度変化に関わらず評価値があまり変化していないことがわかった。図 4.1 に示したグラフの相関係数を求めると 0.0936 であった。

以上より、色の見えの変化は各色票の色度変化だけで決定されないことが示された。とくに、どのような分光分布形状の照明光間で比較するかによって、色度変化と色の見えの変化の関係が異なることが分かった。

類似の分光分布形状で光色の異なる照明間では、色票全体に統一的な色度変化が生じた。これは視野全体の色度変化に伴って色順応状態が変化したため、個々の色票の色の見えの変化が小さかったと考えた。一方、同一光色で分光分布形状の異なる照明間では、一部の色票のみ大きく色度に変化した。多くの色票では色度変化が小さいことから視野全体の色度変化はなく色順応状態も変化しなかったと想定される。したがって色度が大きく変化した色票ではその色度変化に対応するように色の見えが変化したと考えた。

色順応状態を特定するためには視野内のすべての色度情報や時空間的な情報も必要と考えられ、いまだに完全な色順応モデルは確立されていない。簡易的には、色票すべての色度変化の平均を色順応状態変化の指標にすることも検討した

が、最終的には、視野中に占める面積が最も大きい実験ブース奥壁の色度変化  $\Delta E_{gray_{i,j}}$  を式(5)で定義し、色順応状態の変化の指標とした。式(5)での  $i, j$  は比較する照明光であり、 $gray_i$  は照明光  $i$  下でのブース奥壁の色度を示す。さらに各色票の色度変化量  $\Delta E_{uvv_{i,j}}$  と  $\Delta E_{gray_{i,j}}$  との比を求め、色順応状態変化に対する相対的な色度変化量とし、色の見えの変化との対応を見た(図 4.2)。

$$\Delta E_{gray_{i,j,k}} = \sqrt{(u'_{gray_i} - u'_{gray_j})^2 + (v'_{gray_i} - v'_{gray_j})^2} \quad (5)$$

図 4.2 において、色順応状態変化に対する各色票の相対的な色度変化量は対応する色票の色の見えの変化量によく対応していることがわかる。また、横軸の  $\log_{10}(\Delta E_{uvv_{i,j}}/\Delta E_{gray_{i,j}})$  が 0 付近に分布しており、相対的な色度変化量が小さいことがわかる。図 4.2 に示したグラフの相関係数を求めると 0.5889 であり、色順応変化を考慮することでより高い相関係数が得られた。

以上より、色順応状態変化に対する相対的な色度変化量を指標とすることで色の見えの変化が推定できることが示された。

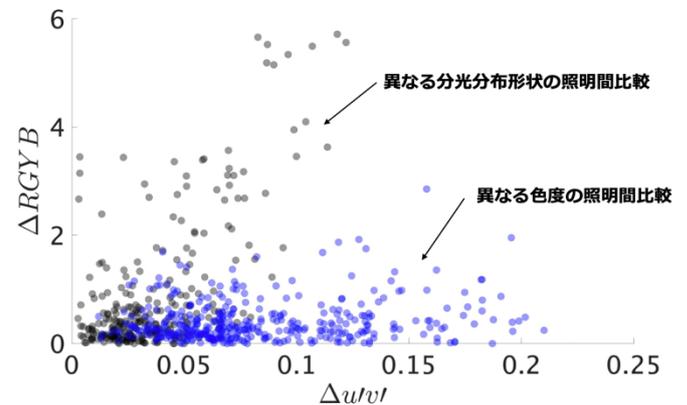


図 4.1 : 色度変化と RGYB 成分変化の関係

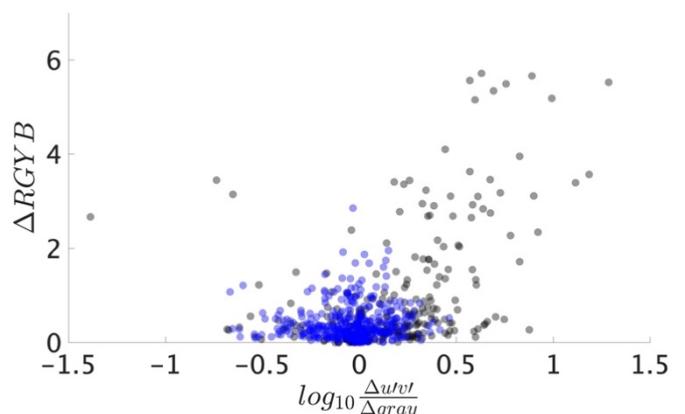


図 4.2 : 色順応を考慮した色度変化と色の見えの対応

## 4.2 白黒成分から見た色の見え

Natural Color System (NCS) 表記法を参考に、色み 10 点、白み 10 点、黒み 10 点を頂点とする三角座標 (図 4.3) で ECN の Black と White 成分を考える。白み 10 点と黒み 10 点を結ぶ直線に対して垂直に引かれた水平線上では白みと黒みの差が等しいことから、White と Black の差を WK 成分と定義し、知覚明度 (白さ度合い) あるいは明るさに対応すると考えた。

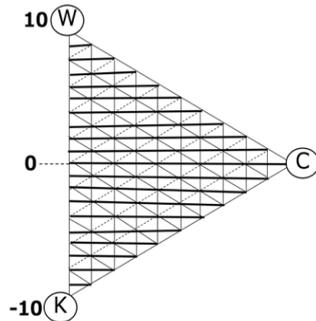


図 4.3 : NCS 表記表における WK 成分 (太線)

つぎに各色票における WK 成分と輝度との対応関係を見るために、式 (6) により白色票を基準に WK 成分を定義し、式 (7) と式 (8) で任意の色票に対する異照明間の WK 成分変化量  $\Delta WK_{i,j,k}$  と輝度差  $\Delta Y_{i,j,k}$  を定義した。図 4.4 および図 4.5 に  $\Delta WK_{i,j,k}$  と  $\Delta Y_{i,j,k}$  の関係を示す。いずれの式においても色票  $k$  に対する照明光  $i$  と照明光  $j$  の変化量であり、 $W_{i,White}$  は照明光  $i$  下での白色票に対する評価値を示す。

$$WK_{i,k} = (W_{i,k} - K_{i,k}) - (W_{i,White} - K_{i,White}) \quad (6)$$

$$\Delta WK_{i,j,k} = WK_{i,k} - WK_{j,k} \quad (7) \text{ 参考文献}$$

$$\Delta Y_{i,j,k} = Y_{i,k} - Y_{j,k} \quad (8)$$

図 4.4 と図 4.5 のどちらにおいても、 $\Delta WK$  と  $\Delta Y$  の値がともに小さく、 $\Delta Y$  に比べて  $\Delta WK$  の値が小さいことがわかる。この結果は、白さ度合いまたは明るさ変化はそれぞれの色票の輝度変化で推定することができないことを示す。今回の実験ではすべての照明条件で照度を一定としたことがその理由と考えられる。

つまり、照度が一定に保たれていたために、照明光の光色や分光分布の変化により一部の色票で輝度が上昇したとしても他の色票で輝度の低下があるはずであり、さらに無彩色色票や実験ブースの内壁の灰色の輝度はほぼ変化しないことから、視野全体にわたる輝度変化は起こらず、明るさ方向の順応状態の変化が生じていないと考

えられるからである。したがって、今後は異なる照度条件での実験を実施して色の見えの変化を定量化し、明るさ方向の順応状態変化も考慮した汎用的なモデルを確立する必要がある。

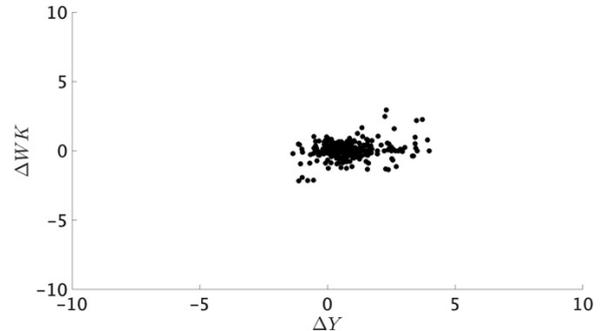


図 4.4 : 輝度値変化と WK 成分変化の関係 (分光分布形状が異なる照明間)

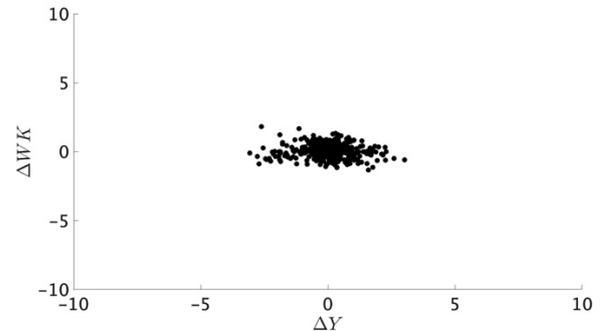


図 4.5 : 輝度値変化と WK 成分変化の関係 (光色が異なる照明間)

- 1) R. Ma et al.: Influences of lighting time course and background on categorical colour constancy with RGB-LED light sources. WILEY 2019, 694-708
- 2) 北堂絢菜, 篠田博之: 異なる分光分布・色度を持つ LED 照明間の色恒常性. 日本色彩学会第 52 回全国大会 2021.
- 3) 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. AIC2015 Tokyo, 1158-1163.

# 地域のイメージと色彩：富山らしい色彩の調査 Regional Image and Color; Survey of Toyama-style Colors

秋月有紀 Yuki Akizuki

富山大学

University of Toyama

**Keywords** : 嗜好色、配色、PCCS、地域性

## 1. はじめに

我が国は海に囲まれた南北に細長い地形であり、四季折々に動植物が生育すると共に、それぞれの地域で多様な気候を生じさせ、それが特色ある豊かな文化形成に繋がっている。本研究では地方生活者がその地域に対してどのようなイメージを持っているのか、色彩で表現するとどのようなものを把握することを目的とし、富山県在住者を対象として配色調査を行った。

## 2. 配色調査の概要

本調査は北陸新幹線開業前の2007～2009年に実施した。被験者は色彩に関する基礎知識や色彩調和論について学習した富山大学人間発達科学部生48人と富山県屋外広告物事業者13人である。人間発達科学部は北陸三県の出身者が多く、令和3年度入学者では約7割を占める。なお事業者への調査は2009年のみ実施した。

使用した色票は、日本色研事業株式会社が発行する新配色カード199aである。配色にあたり、まず各人の持つ富山のイメージに関連するキーワードを最大5つ挙げさせ、それを元に使用する色票を10色程度決定させ、配列や面積を考慮し

ながら縦28mm×横116mmの長方形枠内に短冊状に配色させた。この時、必ずしも枠いっぱいには配色する必要はないことも教示した。最後に、その配色にした理由を100文字程度で述べさせた。配色調査用紙と回答例を図1に示す。この短冊状の配色結果を元に、下記の手順で富山らしい配色における色票の選択率Rを算出した。

(1)被験者毎・色票毎の選択率R<sub>i</sub>を求める。

$$R_i = \frac{A_i}{A} \quad \text{式1}$$

R<sub>i</sub>=被験者iのある色票の選択率、A<sub>i</sub>=被験者iが選択したある色票の面積、A=被験者iの配色結果全体の面積

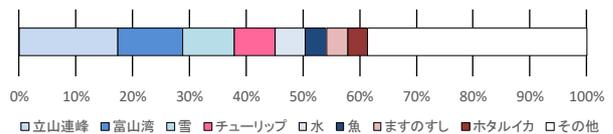
(2)全被験者での色票毎の選択率Rを集計する。

$$R = \frac{\sum R_i}{n} \quad \text{式2}$$

R=ある色票の選択率、R<sub>i</sub>=被験者iのある色票の選択率、n=被験者数

## 3. 富山のイメージに関連するキーワード

富山のイメージに関連するキーワード全回答数264の結果を図2に示す。回答数8未満のキーワードは表で示した。高低差4000mの富山の地形を表す立山連峰46(17.4%)と富山湾30(11.4%)が最も多く、ホタルイカまでの回答数9以上のキーワード8語で全体の61.4%を占めた。



その他(回答数8未満のキーワード)

回答数6	雷鳥、米、川、自然
回答数4	合掌造り、白エビ、蟹気楼、薬
回答数3	黒部ダム、富山平野、おわら、売薬、プリ、田舎
回答数2	五箇山、豊り空、カニ、森、寒さ、人間性
回答数1	散居村、路面電車、環水公園のライトアップ、秋の立山、秋の平野、メルヘン、編み笠かまぼこ、見布じめ、食、祭り、農家、農薬、田畑、田圃、灯り、家の光、ほんぼり、青清流、砂浜、工業県、笑顔、温かさ、平和、夕日、桜、紅葉、雲、空、風、暑さ

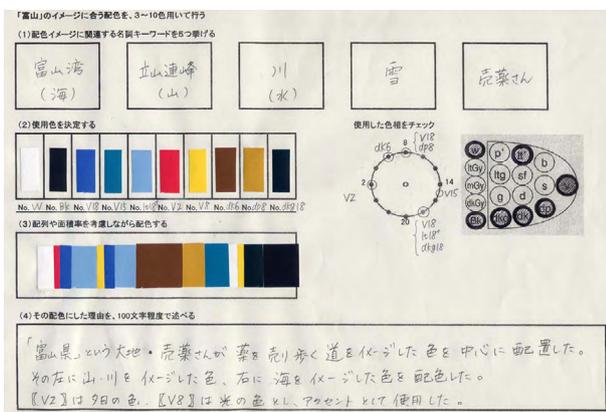


図1 調査用紙

図2 富山のイメージに関連するキーワード

### 4. 富山らしい配色に使用された色票

3年間の学生の結果および富山県屋外広告物事業者の結果はよく似た傾向を示していたため、本報告では3年間全61人の結果を纏めて示す。

富山らしい配色に使用されたのは全部で138色票であった。選択率上位20色票について表1に示す。表中のマンセル表色系の数值は、新配色カード199aに掲載されていたものを利用した。表より白N9.5が最も多く選択されていた(選択率R=0.064)。4R4.5/14.0は次に多かった(R=0.035)が、上位20位で赤系はこの色のみであった。上位20位では無彩色・青系・緑系の色票が多く存在した。なお上位20位の選択率の合計は0.481と全体のほぼ半数であった。

色彩嗜好は一般的に色相の問題として語られる<sup>1)</sup>。そこで富山らしい配色に使用された全138色票のマンセル色相の分布状況を図3に示す。ここでは色票の明度・彩度は取り扱わない。最も選択された色相は3PB(R=0.328)、次いで無彩色N(R=0.155)5B(R=0.128)であり、青系(6BG~

表1 富山らしい配色の選択率上位20位の色票

選択率R 上位20色票(降順)						
PCCS表色系		マンセル表色系		色票選択率R		
色相	トーン	色票	色相	明度	彩度	
	W		N	9.5	9.5	0.064
2	v		4R	4.5	14.0	0.035
18	lt		3PB	6.0	7.0	0.034
18	b		3PB	5.0	10.0	0.030
16	p		5B	8.0	3.0	0.029
9	Gy		N	9.0	9.0	0.027
18	v		3PB	3.5	11.5	0.023
8.5	Gy		N	8.5	8.5	0.023
12	b		3G	6.5	9.0	0.021
13	v		9G	5.0	10.5	0.020
17	v		10B	3.5	10.5	0.020
16	v		5B	4.0	10.0	0.020
18	sf		3PB	5.0	5.5	0.020
10	dk		3GY	3.5	5.0	0.019
11	v		8GY	6.0	11.5	0.018
12	dp		3G	4.0	8.5	0.017
18	p		3PB	7.5	3.0	0.016
16	lt		5B	6.5	6.0	0.016
8	v		5Y	8.0	13.0	0.015
10	v		3GY	7.0	12.0	0.015

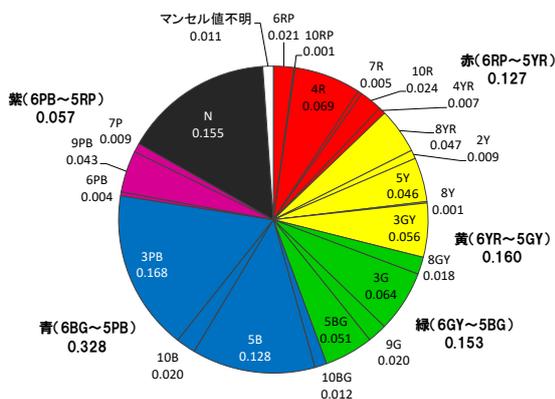


図3 富山らしい配色に使用された色票の色相

5PB)が全体の3割以上を占める。これらの色相は立山連峰・富山湾・雪・水・魚といった富山のイメージに関連するキーワードに対応しており、富山らしい色相と考えられる。なお黄系・緑系・赤系はほぼ同等に選択されており、紫系は選択率が低かった。

図3において色相の総選択率(R')が上位10位である主要10色相の中で選択率上位3色相の結果を表したものが図4である。彩度7以上を黒(赤)塗り棒で示すが、それは本検討30色票の内の13色票であり、全体として彩度は低い傾向にあると考えられる。図中の赤文字・赤棒は表1にある色票(選択率上位20以内)を示し、各色相において表1にある色票の選択率の合計をR'で示した。色相の総選択率R'が大きい3PB・N・5Bの3色票は全て表1に含まれており、その選択率R'はR'の半数を占める。これらの色相では、富山らしさを表す代表的な色票が存在すると考えることができる。一方、5BG・8YR・9PBではいずれも表1に含まれておらず、これらの色相では明度や彩度の異なる様々な色票が選択されたことを示している。地域のイメージを色彩で表現する際には、特定の色の使用に加え、同一色相でのバリエーションも考慮する必要があるといえる。

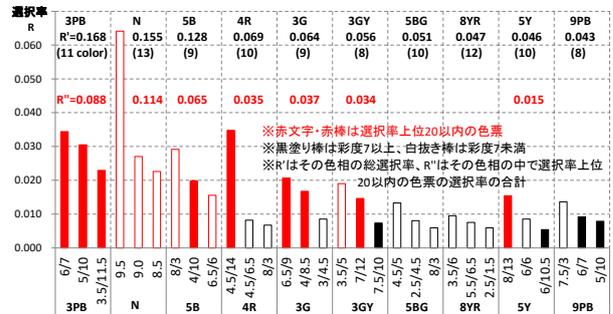


図4 主要10色相の選択率上位3色票

### 5. おわりに

嗜好色には文化の異なる地域差があり<sup>1)2)</sup>、性差や青七現象なども報告されている<sup>1)</sup>。これらの検討を行うためには、さらにデータを収集する必要があり、今後も検討する予定である。

### 参考文献

- 1) 新編色彩科学ハンドブック第3版(2011)
- 2) 秋月有紀・山田泰三、性差、色彩教育の有無および生活環境の影響を考慮した二色相配色の嗜好性-富山在住大学生とケニアマサイ族の若者における調査、富山大学人間発達科学部紀要、第4巻、第2号、pp.141-149(2010)

# 戸建住宅街区の色彩&景観デザインの変遷 \_千葉ニュータウンの事例より

## Changes in color and landscape design of detached residential blocks

### \_Case of Chiba New Town

杉山朗子 Akiko Sugiyama 日本カラーデザイン Nippon Color & Design Research  
研究所研究フェロー Institute Inc

**Keywords:** 千葉ニュータウン, 色彩・色彩構成の変化, 敷地構成の変化, 景観デザイン

#### 1. はじめに

千葉ニュータウンは北総地域の中核都市の形成を目的として街づくりが進められ、船橋市、印西市、白井市の3市にまたがり、6ブロックで構成されている。1967年(昭和42年)用地買収開始、1979年(昭和54年)第1回入居開始、その後、経済状況の変動を乗り越えて継続開発され2014年完了となった新住宅市街地開発事業で出来上がった大きな街区である。東京と成田空港を結ぶ北総線が整備され京成や都営地下鉄、京急とも乗り入れ羽田空港につながるといった交通網に沿って形成され「住む」「働く」「学ぶ」「憩う」を目指した。現在、地盤が強固で災害に強い地域として再評価されている。



図1 千葉ニュータウン位置図  
千葉県企業土地管理局パンフレットより

自然豊かな北総台地に計画され、1990年代に調査で通りかかった際には緑に覆われたまちと感じた。2019年に再訪した際には、戸建住宅街区も整備がすすみバリエーション豊かな住宅が立ち並ぶ大きな街を形成していた。初期の開発街区では代替わりなどに伴う改装・改築などの時期となってきた年月を経ている。それらの現状を見ることによって、今後の課題の抽出も可能性が

あろう。2021年それぞれの地区で開発当時の姿が残っているのか、変化がみられるのか、近年の特徴はあるのか等の視点で見学を行った。住宅街の色彩及びデザインの変遷を知る叩き台としたい。



図2 印西牧之原公園からの眺望 2019年4月  
(著者撮影 以下の図の写真も全て同様)

#### 2. 時代による変遷

##### (1) 基調の色彩

概要を示した表1の測色値を見ると、Y及びYR系のアイボリーやアイボリーベージュ、茶系をベースとする傾向が昭和～平成～令和と継続してきたようである。街区によって企画販売してきた企業それぞれのデザインが異なっているのは当然であろうが、千葉ニュータウンにおいては、そのほとんどの街区で温かみを感じる色味を持たせてきたのが観察された。昭和期はアイボリーといわれるような高明度色が中心であった。その後、明・彩度ダウンやツートーンデザインなどの展開が見られるが、色相Y～YR系のベージュ濃淡が主流であった。住宅デザインは様々提案されているが、まち並みとして空間形成をする場合には、まとまり感を考慮したり、暮らしの拠点としての穏やかさ等を目指したりした結果かと思われた。

2011年以降の開発街区で白黒コントラスト的なデザインが見られるようになった。時代ごとの住宅のトレンドデザインも一部取り入れられていくのが大規模開発の特徴の一つとして動きを感じさせる。

表1. 入居年度ごとの外装色事例

入居開始年代	測色結果 2021年 (日本塗料標工業会準色票 2021年版)
1970年代後半	2.5Y 7.5/1.5 (昭和54)
1980年代	2.5Y 9/1 (昭和55) 5Y 9/0.5 (昭和61)
1990年代	1.25Y 8.5/1 (平成5) 2.5Y 6/2 (平成5)
2000年代	10YR 7/0.5 (平成13年) 10YR 7.5/0.5 (平成13年) 1.25Y 8.5/1 (平成18年) 1.25Y 7.5/2 (平成18年)
2010年代	2.5Y 8.5/1.5 (平成29年) 10YR 7.5/1.5 (平成29年) 1.25Y 6/4 (平成29年)
2019年	2.5Y 7.5/1 (令和元年) 7.5YR 6/3 (令和元年) 5YR 4/2 (令和元年)



図3 昭和50年代後半(1980年代前半)



図4 昭和60年代前半(1980年代後半)



図5 1990年代(平成元年~9年頃)



図6 2000年代前半(平成13年~14年頃)



図7 2010年代後半(平成20年代後半)

1990年代になるとグレイッシュなカラーが増加する傾向が見られる。続いて、ベージュ濃淡など色の組合せのバリエーションが出てくる。さらに単純な外壁だけでなくタイルやパネル等を組み合わせるデザインが見られ、Y~YR系の濃淡のバリエーションのライトブラウンやダークブラウンなどが増加する。

2000年代以降は南欧風のイエロー系が用いられたデザインが見られるようになり、2010年代には、それらでまとめられた街区がいくつか出来上がってきた。

### (2) アクセント的カラー使いと部位

昭和時代は、玄関の屋根などに瓦などの素材を用いたり、屋根材の色に変化を持たせアクセント的に目立たせたりするデザインが見られた。2軒続きの場合は、その境界部分をはっきり見せる色彩を用いた例など、ベース&アクセント型の色使いが多く用いられていた。



図8 1980年代前半(昭和50年代後半)

### (3) 色彩構成の変化

基調プラスアクセントカラーに続いて壁面構成のバリエーションが増加していった。上下をトーンの濃淡にした事例は、当時高級感を感じさせるデザインとして喜ばれたのではないだろうか。近年はさらに明度のコントラストが強まり、上下といった一定の配置ではなく自由な配置構成になってきている。



図9 1980年代後半



図10 2020年代前半

#### (4) 外構

##### ・塀の素材

昭和時代は大谷石及び類似のブロックによる塀が多くみられた。大谷石は関東地方の住宅街では見慣れた素材であり、その独特な黄緑がかったアイボリー色も人々になじまれていた。また、塀に瓦を設置し、屋根と連携したデザインにするなどの工夫やブロックやタイルなどの塀、ウッドの囲いなど様々な素材及びデザインが見られた。



図11 昭和時代の大谷石・塀のデザイン

##### ・門柱を揃えた街区

平成時代の前半には、住宅デザインは様々で門柱だけ形状及び素材を統一して、まち並みに一体感を持たせた街区が見られた。外構、特に街路と接した部分を揃えることによって、個人個人の好みを活かした様々なデザインが混在しても、まとまりを感じるさせる空間にする工夫であろう。人々の住宅デザイン嗜好の多様化が進んだ結果と思われる。

図12 1990年代後半(平成7年頃)  
茶系のレンガブロック、黄土色のタイル等

##### ・生垣

千葉県農林部では防風のための屋敷林に囲まれた家が多くあった。昭和時代には他の地域でも住宅街として開発された場合には生垣で囲む設えが多かったであろう。近年は、この囲む配置は減り、庭が見えるようなオープンなタイプが増えてきている。榎は千葉県の木であり、館山市では榎の生垣が「ちば文化的景観」となっている。



図13 昭和時代～平成時代の生垣

#### (5) 敷地の使い方

前述のように、一軒をまとめて塀で囲うスタイルが一般的で、街路からなるべく離れた建物配置が好まれていたと思われる。そして、その敷地内で自慢の花や樹木を大切に育て、通りかかる人の目を楽しませてくれていた。



図14 1990年代後半(平成7年頃)

近年では、塀や生垣などを設置せず、オープンなスタイルの街区が見られるようになった。敷地内の街路は曲線で、各住宅のデザインや色はそれぞれ異なり、自由な雰囲気になっている。



図15 2020年代前半(令和2年頃)

これらの街区の背後は境界のフェンスだけで植栽の配置などは少なく、ニュータウン内の連続性が薄れて見える。



図16 2020年代前半(令和2年頃)

#### (6) 改装などの傾向

入居開始初期から3～40年以上経過している昭和～平成初期の街区では、壁や屋根の色の変更が見られる。隣接した3～4軒がまとまって行っているのが共通した傾向といえる。



図 17 パステルカラーで色相変化をつけた事例

異なる色相のパステルカラー展開が散見された。さらに鮮やかなトーンとグレイッシュなトーン、あるいは鮮やかなトーンと暗いトーンなど、異質な色が隣り合っている事例も見られた。独自性を出したいと考えたかは推測できないが、どちらかが「塗替え」を行ったため、それをきっかけに、隣の方も塗替えを考えた可能性がある。今後塗替え・改装は、ますます増えると思われるため、地区やブロックでまとめて計画する仕組みなどを考えていくことも望ましい。

## 2. まとめ

### (1) 大規模開発のメリットを感じさせる景観

千葉ニュータウンは現在事業完了となっているが、全体ではビジネス関連等の開発は継続し、まだまだ変貌を遂げる地区のようである。中高層タイプと戸建街区が隣接して、商環境もバリエーション豊かに形成され多様な住民たちが集まるまちとして興味深い。

事業記録によると 1995 年都市再生機構と民間建築事務所が一体となり実施されたリレーデザイン計画で色彩調査が行われ、「関東ロームイエロー」(2.5Y 9/1.5 程度) という「千葉ニュータウンの色」が発見され、公団住宅アバンドーネ原で展開された。風土に根差した「和瓦」や「格子デザイン」もデザインリレーされたそう。当時、隣接の小学校では色彩・デザインの連携が行われたそうであるが、民間企業の対応は、ばらつきがあったようである。



図 18 アバンドーネ原 2022

大規模開発として、きちんと調査し、風土性を重視した色彩や素材を考案、開発事業に携わる人々がその情報を共有し、継承してきたことが今

回の観察と資料両面から確認でき、まとまった開発のメリットが感じられた。

### (2) 今後のベースとなる「地域らしさの共有」

入居が始まってから 40 年以上が経過し、壁や屋根の色を変更するというだけでなく、改装と思われる家屋も見られる。親から子へだけでなく、新しい持ち主への変更等今後ますます増えてくることであろう。その際、これまでの街区がどう変化していくのか、これも観察が必要であろう。民間の開発では、街区でのガイドラインなどが制度化されている場合もあるだろうが、それが無い場合など、これまでまとまりを感じていたまち並みが増えることが予測される。

都市再生機構で行ったような地域の風土性を調査・検討した色彩計画が継承されていると、改装などの際に、地区の協定等に展開して街区ごとのまとまり感を形成できる。前述したアバンドーネ原では、色彩や形状デザインを受け継いだ形での改修が進められていた。記録を残しておくことが今後重要になってくると感じさせる。

近年の開発のコントラストの強いデザインなどは“関東ロームイエロー”との関連は薄い。このような地域らしい色への取り組みについてはニュータウン全域で、広く紹介され続ける工夫があってもよいであろう。

開発がそれぞれであっても、一部に風土性を感じさせる色彩や素材・形状などを展開する工夫を取り入れることは、まちの歴史や魅力を伝える効果がある。人気のまちであればあるほど、それまでの地域を知らない人が集まってきて、まちの姿が変化していくと思われるが、「地域らしさを共有」していくことは新旧の住民のコミュニケーションや地域の誇りの形成につながるベースとなる。今後もニュータウンなど東京郊外に位置するまちの変化を継続して見守っていきたい。

謝辞：本研究の資料調査において印西市都市建設部都市計画課の方々及び都市再生機構の当時の担当者井関和朗氏(株)団地研究所には多大なご協力をいただいた。厚く謝意を表す。

### 参考文献

- 1) CHIBA NEW TOWN OFFICIAL GUIDE 千葉県企業土地管理局 独立行政法人都市再生機構 2016
- 2) 千葉ニュータウン事業記録 Late Stage 1995-2015 千葉県企業庁 独立行政法人都市再生機構

# ルイス・バラガンの建築思想における色彩概念の考察

## Study on the Concept of Color in Luis Barragán's Architectural Philosophy

東 俊一郎

Shunichiro Higashi

モンテレイ大学

Monterrey University

**Keywords:** ルイス・バラガン, 色彩, メキシコ

### 1. メキシコ近代建築の潮流

メキシコ近代建築史において、インターナショナルスタイルの近代建築様式とメキシコの文化・美術の融合は重要な潮流の一つであった。20世紀初頭の革命期、政府主導のもとメキシコのアイデンティティを先住民文化の中に求める運動が起こった。低い識字率の大衆に対して、政治的イデオロギーを伝達するメディアとして建物壁面が活用され、建築と壁画美術が融合した。革命後、経済発展に伴う地方から都市への人口流入により、首都メキシコシティを始めとする大都市で建設ブームが起こった。同時に、オリンピックの開催に合わせ、メキシコのアイデンティティを国外に発信するため、古代遺跡に着想を得た大型建築が作られた。

同時代のメキシコの著名建築家たちの多くは、大規模な公共プロジェクトに携わることで評価を高めた。また、インターナショナルスタイルを踏襲していたことから、建築の機能性や合理性を重視し、色彩の利用に対しての関心は低かった。

### 2. ルイス・バラガンの概要と位置づけ

建築家ルイス・ラミロ・バラガン・モルフイン (Luis Ramiro Barragán Morfín 1902-1988) は、メキシコの地方都市グアダハラで生まれ、故郷で建築家としての活動を開始した。1935年にメキシコシティへ移住した後、しばらくはインターナショナルスタイルの住宅建設に携わるが、1940年以降の円熟期には、鮮やかな地域的色彩をもつ建築へと作風が変化した。バラガン自邸 (1947) やヒラルディ邸 (1977) など、モダニズム建築と土着的・民族的要素を融合した数々の名建築を生み出し、1980年にプリツカー賞を受賞した。

現在では国内外に広く認められているバラガンだが、同時代の建築家たちによるバラガンに対する評価は高いとは言えなかった。バラガンの手掛ける建築設計が、大規模な公共施設を対象にしておらず、個人住宅や小規模施設が主な対象であっ

たこと、また、合理主義偏重の時代に色彩を活用した彼の建築が舞台演出的あるいは表現主義的であるとみなされたことが要因とされる。

### 3. 建築思想と色彩概念

バラガンの建築思想を探ることができる資料は、1976年に開催されたニューヨーク近代美術館での個展のカタログや、プリツカー賞受賞時の講演等に限られる。その中で、バラガンは建築の美しさによって人の心を動かす「感情的建築 (Emotional Architecture)」の必要性や、近代建築における「美、感動、魔法、静寂の回復」について説明し<sup>1)</sup>、居住者にとって心の避難所となるような空間設計を目指した。

建築思想における色彩概念について、バラガンの直接的な言及は極めて少ないが、晩年にかけて手掛けた建築の多くに色彩を活用したことから、色彩は彼の目指す「感情的建築」を構成する要素であったと考えられる。バラガンは、『壁の色によって空間が広く見えたり、狭く見えたりする。まるで魔法だ。』と、色彩による人間の知覚への作用について言及した<sup>2)</sup>。また、『無差別にパレットを使うことで「静寂を」破壊しないように注意しなければいけない。(〔〕内筆者)』と述べ<sup>1)</sup>、色彩を多用せず最小限の使用にとどめた。実際に、バラガンの円熟期の建築作品では内部空間の色彩利用は限定的で、バラガン自邸での色の塗られた壁面の割合は全体の13パーセント程度であり、晩年の作品ほどその割合は小さくなった<sup>3)</sup>。

### 4. 研究の目的と方法

バラガンの色彩概念の形成や活用手法は、美術家や詩人たちとの知的交流が基になったと言われている<sup>4)</sup>。本研究では、バラガンの色彩概念に特に影響を与えた美術家3名に着目し、彼らの色彩概念がバラガンにどのような影響を与えたのかを考察する。

まず、美術家自身やバラガンの色彩概念にかかわる言説を関連文献から抽出・整理する。続いて、バラガン自邸を事例に、建築空間において色彩概

念がどのように実践されたのか考察する。

## 5. 言説の分析と空間における色彩概念の実践

### 5-1. チューチョ・レイエス

通称チューチョ・レイエスと呼ばれたヘスス・レイエス・フェレイラ (Jesús Reyes Ferreira, 1880-1977) は、メキシコ人の画家であり、メキシコの骨董品や美術品の収集家・販売者だった。バラガンと同郷でグアダハラ時代から交流を持った。バラガンは、チューチョから植民地時代の骨董品や工芸品を購入したほか、ペドレガル庭園分譲地 (1945-1952)、カプチナス修道院 (1953-1960)、サテリテタワー (1957-1958) といった円熟期の建築作品で協働した。

バラガンは、チューチョの審美眼について度々言及した。ブリツカー賞受賞講演では『見る技術 (省略) は、理性的な思考を超えて純粋に見るということだ。その意味で (省略) 偉大な巨匠、ヘスス・チューチョ・レイエスに敬意を表したい。』と賛辞を送った。また、バラガンは『何が美しいものかと聞かれ、「私が好きなもの。」と答え、何が好きか。と聞かれ、「美しいもの。」と答えたチューチョの引用を好んだ<sup>5)</sup>。

バラガンは、チューチョとの交流を通じて、素朴かつ無邪気な感性による土着的・風土的な色使いである「民間芸術に基づく自由な色彩」の概念の影響を受けたと見られる。

バラガン自邸の壁面や調度品の色彩の選択や配置について、バラガンはチューチョを自邸に招き助言を求めた。食堂や寝室などに飾られたメキシコの色鮮やかな民間工芸品にも、チューチョの色彩概念が反映されたと思われる。

### 5-2. マティアス・ゲーリッツ

マティアス・ゲーリッツ (Mathias Goeritz, 1915-1990) はドイツ出身の画家・彫刻家で、1949年にメキシコへ移住し、チューチョとともに先述の建築プロジェクトに参加した。カプチナス修道院では金色の祭壇や琥珀色のステンドグラスを制作し、日差しとともに変化する色彩を用いて、宗教的神秘性を持つ空間を演出した。

ゲーリッツは「感情的建築のマニフェスト (1954)」を提唱し、バラガンと同じく建築の人間感情への作用の必要性を主張した。『思考より信仰を』と述べたゲーリッツは<sup>5)</sup>、建築作品から受ける宗教的な感動や恍惚感を特に重視し、それらを引き起こす「信仰に基づく象徴的色彩」である黄色や金色を巧みに用いた。敬虔なカトリック信者であったバラガンも、この色彩概念を共有したと見られる。

バラガン自邸の階段室には、ゲーリッツの金色

の絵画作品「メッセージ (message)」が掛けられた。天窓からの入射光がこの絵画で反射・拡散され、空間内を宗教的色彩の金色で照らしている。

### 5-3. ジョセフ・アルバース

ジョセフ・アルバース (Josef Albers, 1888-1976) は、ドイツ出身で後にアメリカに移住した抽象絵画の画家・理論家で、1935年以降、先住民文化を源泉とする抽象美術に魅了されメキシコを度々訪れ、バラガンと直接の交流を持った。妻アニ・アルバースは、ニューヨーク近代美術館でのバラガンの個展開催に尽力した。

アルバースの『色彩の物理的事実と心理的效果との間のずれを発見し、その理由を学ぶ。』という<sup>6)</sup>、実験を通して色彩に対する理解を深める姿勢にバラガンは共感を覚え、『自身の作品は即興的な理解に基づくものではなく、深遠な洞察が必要なものである。』と、アルバースに宛てた手紙で述べた<sup>5)</sup>。アルバースとバラガンは、色彩の選択によって人間の心理に及ぼす作用について深く考察し、それぞれが絵画、建築において「知覚効果をもつ色彩」の実験及び実践を行った。

バラガン自邸では、四方を高い壁で囲まれた屋上のテラスが色彩の実験の場だった。バラガンは建築の設計段階で色彩を決めず、完成後に一日の光の変化を観察しながら色彩を選択した<sup>2)</sup>。日の出から日の入りにかけて変化する空の青、植栽の様々な緑との色彩調和を試み、壁の色を何度も塗り替えた。最後に塗られたのは、メキシコの街中でよく見られるブーゲンビリアの花の色、紫がかかったピンク色で現在もそのままになっている。

## 6. まとめ

バラガンは自邸の設計にあたり、自身の「感情的建築」思想に基づき、心の避難所たる場所を実現するため、親交のあった美術家達の色彩概念を取り入れ、実践したことについて考察した。

### 参考文献

- 1) Arquine (2018) 「El discurso de Barragan」. <https://www.arquine.com/el-discurso-de-luis-barragan/> (2022年1月31日アクセス)
- 2) ワタリウム美術館 (2009) 「ルイス・バラガンの家」. 新潮社
- 3) 木村, 小林 (2000) 「ルイス・バラガンの色彩構成に関する考察—主要住宅4作品の分析—」日本建築学会大会(東北)
- 4) Patricia O'Leary (1995) 「Barragan's Homage to Albers」 83rd ACSA Annual Meeting
- 5) Federica Zanco (2001) 「Luis Barragan : the quiet revolution」 Skira
- 6) 天貝義教 (1996) 「ヨーゼフ・アルバースの教育と芸術における色彩について」デザイン学研究 43.3

## 室内基調色の配色に関する研究

### —壁面色と床面色の配色と印象の関係—

## Research on interior base colors: The relationship between the color scheme of the wall color and the floor color and the impression

徐 雯俐 Wenli Xu 筑波大学大学院  
周 琛 Chen Zhou 筑波大学芸術系  
山本 早里 Sari Yamamoto 筑波大学芸術系

Master's Program in Design, University of Tsukuba  
Faculty of Art and Design, University of Tsukuba  
Faculty of Art and Design, University of Tsukuba

**Keywords:** インテリア, 基調色, 配色, 心理効果.

#### 1. はじめに

室内の壁面は室内空間で面積が一番大きく視線に入りやすいため、それらの色彩や素材が人の心理に大きく影響しやすい<sup>1)</sup>。しかし、現代的な室内空間の基調色では、利用者の安心感や満足度などは特に検証されておらず、現在用いられている色に関して、日本色彩学会(2011)<sup>2)</sup>は内装の色彩を設計する標準色彩として紹介している。

竹原ら(1997)<sup>3)</sup>は、洋風住宅の壁の色相はYとYRに集中していると明らかにしている。

近藤ら(2018)<sup>4)</sup>は、リビング壁面の印象評価について、「暖かい」「柔らかい」「明るい」という印象を与えた色彩はほぼ黄、赤、白、緑の順であり、白、黄が他の色に対して「好き」「自然な」「親しみやすい」「居心地がいい」と感じられるということを明らかにした。しかし、これは空間壁面だけの単色の色に対する実験であり、壁面と床面の組み合わせの2色の配色効果は述べられていない。

このように、室内の壁面色が使用者に影響を与えていることなどが先行研究により明らかにされているが、壁面色と床面色の組み合わせの2色の配色効果の特性を分析した研究は少ない。この現状を踏まえ、本研究は、室内の壁面色と床面色の組み合わせの配色効果と、「安心できる」などの印象との関係を明らかにすることを目的とし、実態調査および印象評価実験を行うこととした。対象空間は、公共空間の室内とした。その理由は、住宅・リビングなどの壁面が使用者に影響を与えることを明らかにしている先行研究はいくつか見られるものの、公共空間に関する研究は少ないことと、公共空間こそ多様な人が利用するため、多くの人に受け入れられる配色を明らかにする必要があると考えられるためである。

#### 2. 現地調査

室内空間における基調色の配色の現状を把握するため、色票を用いた視感測色法によって、東京都と茨城県内の20ヶ所の総合的な公共空間における内装の出現色を測った。

調査の結果を、図1~図2に壁面の色相-明度・色相-彩度のデータとして示す。壁面の色相がYR-Y系に集中し、彩度は1、2がよく使われるという特徴が見られた。

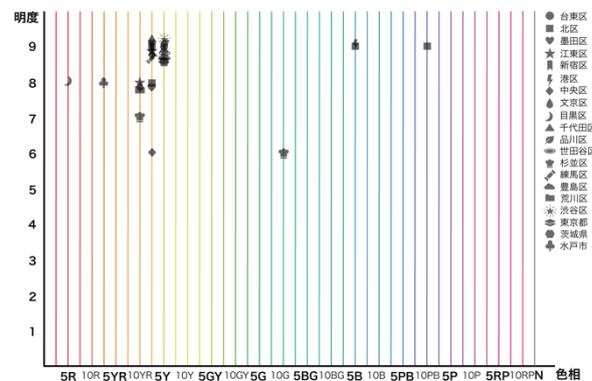


図1 壁面の色相-明度図

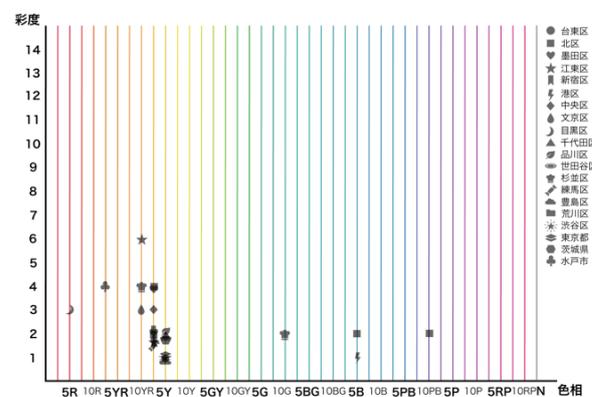


図2 壁面の色相-彩度図

図3~図4は床面の色相-明度・色相-彩度のデータを示す。床面の色相が5Yと5GYに集中していて、明度が7、彩度は2と4がよく使われるという特徴が見られた。

そして、壁面色と床面色の配色は同色相・類似-中差色相の配色の場合が多いことがわかった。

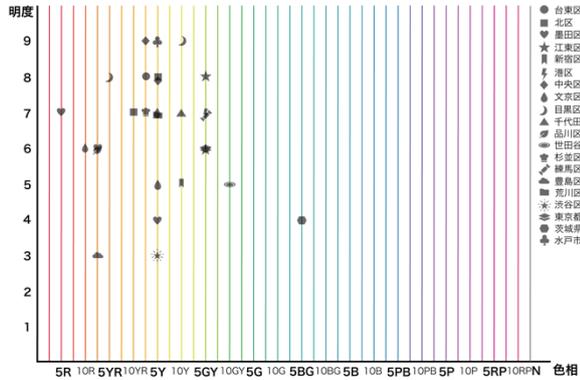


図3 床面の色相-明度図

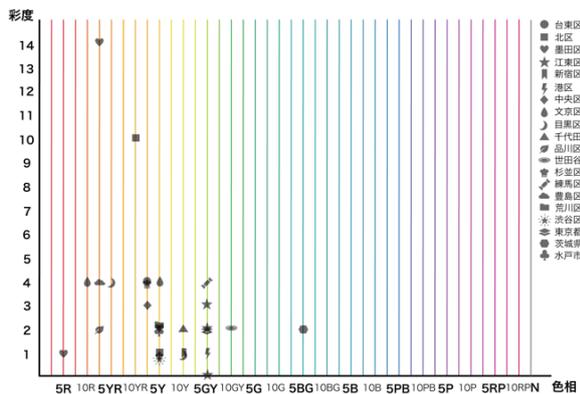


図4 床面の色相-彩度図

### 3. 壁面・床面・什器のベースカラーの配色案

次に、基本的な配色と印象の関係を明らかにするために、印象評価実験を行うこととした。先行研究と現地調査の結果を反映させ、公共空間に関する壁面・床面・什器の三つのベースカラーを組み合わせた配色案を制作した。この後、実験計画を検討し、壁面色11色、床面色13色を組み合わせた合計34種類の配色案を実験で用いることにした。什器は先行研究からN9.5とした。34種類の模型内部の写真を表1に示す。

### 4. 印象評価実験の方法

幅6m、奥行5m、床面積30m<sup>2</sup>の部屋を想定した1/20縮尺模型を作成した。一つの壁面が完全に取り除かれており、被験者はこの開口部から室内の様子を覗き見るようになっている。模型の床面、壁面は取り外しが可能であり、壁面と床面を入れ替えて配色を変えられるようにした。図5に実験の様子を示す。

評価項目は図6に示したように13の形容詞対であり、7段階のSD法で、それぞれの模型内部に対して、評価してもらった。

被験者は日本人大学生と社会人総計24名で、内訳は女性18名、男性6名であった。実験時間は40分である。

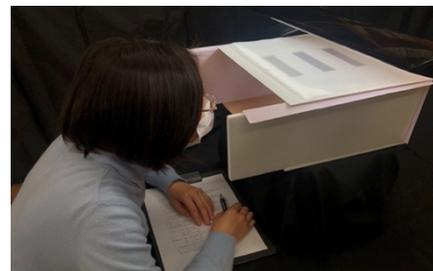


図5 実験の様子

表1 実験を用いた模型内部の写真(34種類)

同色相	A1	壁: 5R 9/2 床: 5R 5/2	B1	壁: 5R 9/2 床: 5R 7/2	A4	壁: 5YR 9/2 床: 5YR 5/2	B4	壁: 5YR 9/2 床: 5YR 7/2	A6	壁: 5Y 9/2 床: 5Y 5/2
	B7	壁: 5Y 9/2 床: 5Y 7/2	A11	壁: 5G 9/2 床: 5G 5/2	B11	壁: 5P 9/2 床: 5P 7/2	A14	壁: 5B 9/2 床: 5B 5/2		
暖色壁面の 中差色相	A2	壁: 5Y 9/2 床: 5R 5/2	B2	壁: 5Y 9/2 床: 5R 7/2	B5	壁: 5GY 9/2 床: 5YR 7/2	A8	壁: 5YR 9/2 床: 5GY 5/2	B8	壁: 5YR 9/2 床: 5GY 7/2
	B9	壁: 5Y 9/2 床: 5G 7/2	B10	壁: 5R 9/2 床: 5P 7/2						
寒色壁面の 中差色相	A3	壁: 5P 9/2 床: 5R 5/2	B3	壁: 5P 9/2 床: 5R 7/2	A5	壁: 5RP 9/2 床: 5YR 5/2	B6	壁: 5RP 9/2 床: 5YR 7/2	A9	壁: 5B 9/2 床: 5GY 5/2
	A12	壁: 5B 9/2 床: 5G 5/2	A15	壁: 5B 9/2 床: 5P 5/2						
補色色相	A7	壁: 5PB 9/2 床: 5Y 5/2	A10	壁: 5P 9/2 床: 5GY 5/2	A13	壁: 5RP 9/2 床: 5G 5/2				
無彩色壁面	C1	壁: N9.5 床: 5R 7/2	C2	壁: N9.5 床: 5YR 7/2	C3	壁: N9.5 床: 5Y 5/2	C4	壁: N9.5 床: 5GY 7/2	C5	壁: N9.5 床: 5G 7/2
	C6	壁: N9.5 床: 5B 5/2	C7	壁: N9.5 床: 5P 5/2	C8	壁: N9.5 床: 5P 7/2				

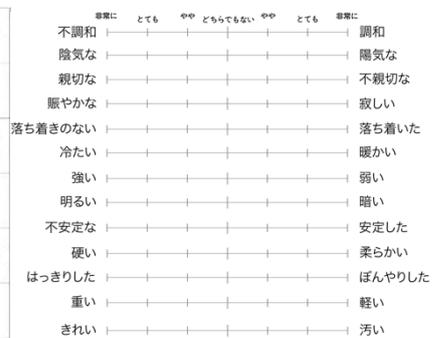


図6 評価項目の13の形容詞対

## 5. 印象評価実験の結果

### (1) 性別による分析

実験者の性別により印象評価の結果を比較したところ、日本人女性と日本人男性の結果に有意な差が見られなかったため、合計 24 名の被験者の結果を分けずに分析した。

### (2) 因子分析—因子負荷量

因子分析（主因子法、バリマックス回転）を行った結果、因子負荷量を表 2 に示す。3 因子が抽出された。抽出した 3 因子は、それぞれの形容詞対から、次のように名付けることとした。「陽気な」「賑やかな」に代表される第 1 因子『活動性』、「安定した」「きれい」に代表される第 2 因子『価値』、「はっきりした」に代表される第 3 因子『明瞭性』である。

### (3) 因子分析—因子得点布置図

図 7 に第 1 因子『活動性』(横軸)と第 2 因子『価値』(縦軸)の因子得点布置図を示す。第 1 因子『活動性』が高い配色の特徴は、壁面と床面が暖色系の同色相・中差色相であった。第 2 因子『価値』が高い配色の特徴は、壁面と床面が Y 系の同色相、および壁面がグレイッシュな配色であった。

図 8 に第 1 因子『活動性』(横軸)と第 3 因子『明瞭性』(縦軸)の因子得点布置図を示す。第 3 因子『明瞭性』が高い配色の特徴は、壁面と床面が寒色系の同色相、または中差色相、および壁面がグレイッシュな配色であった。

## 6. まとめ

以上の結果から、女性と男性が壁面色と床面色の組み合わせの配色効果に持つ印象が概ね同じことが分かった。

因子分析によって室内の壁面色と床面色の組み合わせと印象の関係を示した。壁面と床面が暖色系の同色相の場合には「陽気な」「安定した」印象に、壁面がグレイッシュな配色の場合には「安定した」「きれい」「調和」「落ち着いた」印象に、壁面が赤系・ピンク系の場合には「陽気な」「賑やかな」「暖かい」などの印象に、壁面と床面が寒色系の同色相・中差色相の配色の場合には「不安定な」「きたない」「明るい」などの印象になることが分かった。また、壁面と床面が補色配色の場合には、「不安定な」「寂しい」などの印象になることなどを明らかにした。

今後は壁面と床面の配色パターンを増やし、個人の色彩嗜好も調査する評価実験を積み重ねる必要がある。

表 2 因子負荷表

評定項目	因子			共通性
	Factor1 Activity活動性	Factor2 Evaluation価値	Factor3 Clear明瞭性	
2陰気な—陽気な	0.99	0.04	0.07	0.98
4寂しい—賑やかな	0.93	-0.14	0.29	0.96
8暗い—明るい	0.88	0.31	0.14	0.88
6冷たい—暖かい	0.81	0.11	-0.46	0.89
3不親切な—親切な	0.67	0.52	-0.38	0.87
10硬い—柔らかい	0.66	0.1	-0.72	0.97
9不安定な—安定した	0.09	0.92	-0.29	0.94
13汚い—きれい	0.29	0.91	0.08	0.92
1不調和—調和	0.05	0.85	-0.17	0.75
5落ち着きのない—落ち着いた	-0.43	0.68	-0.53	0.93
11ぼんやりした—はっきりした	-0.04	-0.13	0.92	0.85
7弱い—強い	0.18	-0.27	0.87	0.86
12軽い—重い	-0.52	-0.49	0.27	0.59
固有値%	4.73	3.59	3.16	
寄与率%	36.4	27.6	23.5	
累積寄与率%	36.4	63.9	87.5	

因子抽出法: 主因子法、回転法.: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法、a 5 回の反復で回転が収束しました。

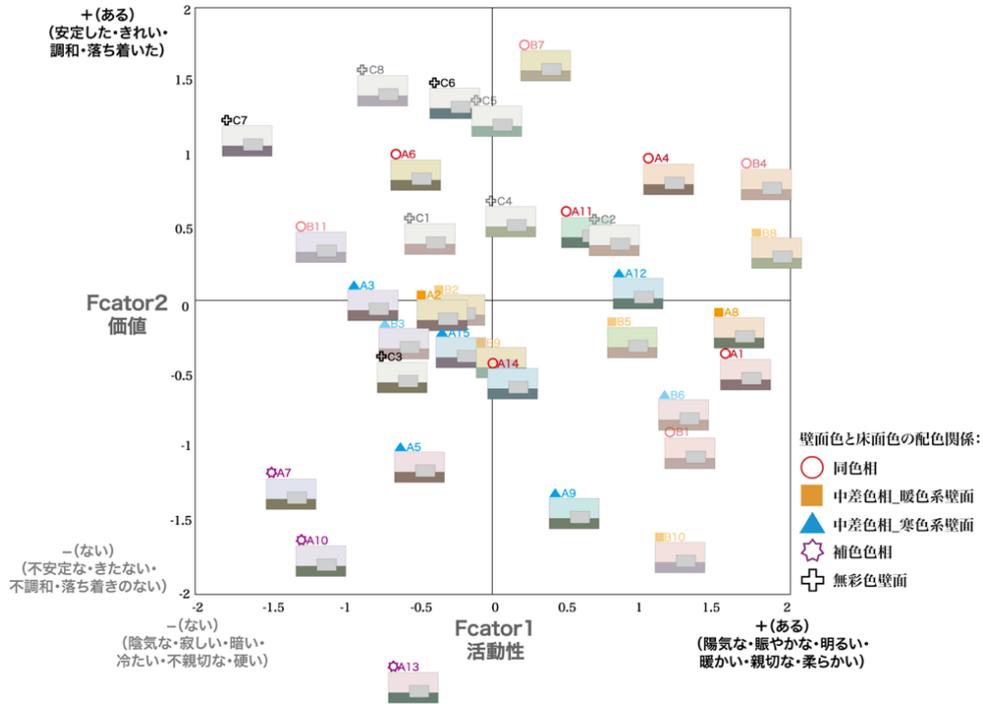


図7 第1因子「活動性」と第2因子「価値」の因子得点布置図

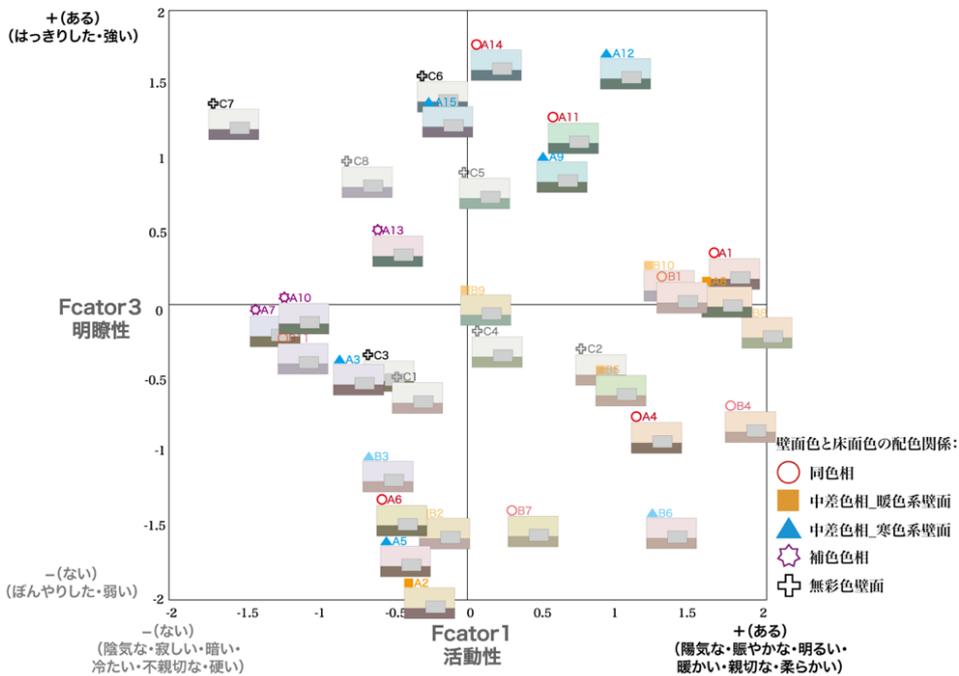


図8 第1因子「活動性」と第3因子「明瞭性」の因子得点布置図

参考文献

1) 日本建築学会:建築の色彩設計法,日本建築学会 (2005) 51-100  
 2) 日本色彩学会:色彩科学ハンドブック第3版,東京大学出版会 (2011) 1504-1507  
 3) 竹原広実、梁瀬度子:住宅居間の装備要因の色彩に関する調査研究,日本家政学会誌 第48巻第

5号 (1997) 427-436  
 4) 近藤岳弘、柳瀬亮太:リビングの壁面色彩とフローリングの変化が印象評価と見かけの大きさに及ぼす影響,日本建築学会技術報告集 第24巻第57号 (2018) 747-750

## 2種の照明光色による室内の色度分布が 空間の視覚的印象に与える影響

### Influence of the chromaticity distribution of two lighting colors in a room on the visual impression of the space

鈴木雄大 Yudai Suzuki 京都大学 Graduate School of Engineering  
大学院工学研究科 Kyoto University  
石田泰一郎 Taiichiro Ishida 京都大学 Graduate School of Engineering  
大学院工学研究科 Kyoto University

**Keywords:** 色温度, 上下の分布, 壁面, 印象評価

#### 1. はじめに

LED 照明の普及により照明の明るさや色を調整可能な空間が生まれつつある。特に、複数の照明を用いる場合には、室内に輝度や色度の空間分布が生じることが想定される。単一の光源による全般照明における色温度と照度の効果<sup>1)</sup>、色光照明の効果<sup>2)</sup>は報告がある。しかし、照明による室内の輝度や色度分布が室空間の視覚的印象にどのような影響を与えるのか明らかではない。Kitoら<sup>3)</sup>の研究では、採光と人工照明による照明環境において、照明光の空間分布がある形状を形成するとき室内が快適に感じられることが見出された。空間の輝度や色度の分布が空間の視覚的印象に影響していることが考えられる。

本研究では照明による室内の色度分布の上下方向の変化に着目し、異なる2つの色温度の照明を用いて壁面上下に形成された色度分布が、室内の視覚的印象評価にどのような影響を与えるのかを検討することを目的とした。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 概要

実験は室内空間模型内部に照明光による色度分布を作り、被験者による視覚印象評価を実施した。被験者から見て手前と奥側の天井面に色度、照度を調節可能な照明を設置した。この実験では、

正面の壁面を照射する照明光の配置を参照して、天井奥側の照明を上側照明、手前側の照明を下側照明と呼ぶ。

図1に実験模型の内部の写真を示す。被験者は手前側の壁に開けた観察窓から模型空間の内部を観察する。模型の大きさは幅50cm、奥行40cm、高さ26cmである。



図1 実験模型内部写真

##### 2.2 実験条件

天井に設置する照明の色温度は2800K, 3500K, 4500K, 6500K, 12000Kから選択した。これらは逆数色温度がおおよそ等間隔となる。照明条件として、上側照明と下側照明のそれぞれの色温度5通りの組み合わせによる合計25条件を設定した。上側照明と下側照明の色温度条件によって壁面の色度分布は変化するが、壁面の照度分布は一定となるように各照明の輝度を調整した。

##### 2.3 評価方法

視覚的印象の評価項目は、明るさ、暖かさ、広さ、

快適性、活動性の5項目を採用した。上側照明と下側照明を同じ4500Kとした照明を基準条件とし、基準条件における視覚的印象の評価値を100とした。それを基準として、各照明条件(テスト条件)の視覚的印象を数値で評価した。

2.4 実験手順

実験の各試行の開始時に被験者は基準条件を15秒観察した後に、テスト条件を20秒観察し、視覚的印象評価を行った。被験者数は7人であり、全員建築系の学生であった。

3. 実験結果

横軸に下側照明の逆数色温度、縦軸に上側照明の逆数色温度をとり、バブルの大きさを視覚的印象評価値の被験者平均とするグラフを作成した。例として、図2に明るさと快適性のバブル図を示す。

このグラフを見ると、上側照明も下側照明も色温度が低いときにやや暗いといった傾向が見られる。また、3500K~6500Kを含む組み合わせで快適性が向上する傾向があるようである。

著者らは、結果を分析する中で、図2のバブル図だけでは上側照明と下側照明が視覚的印象に

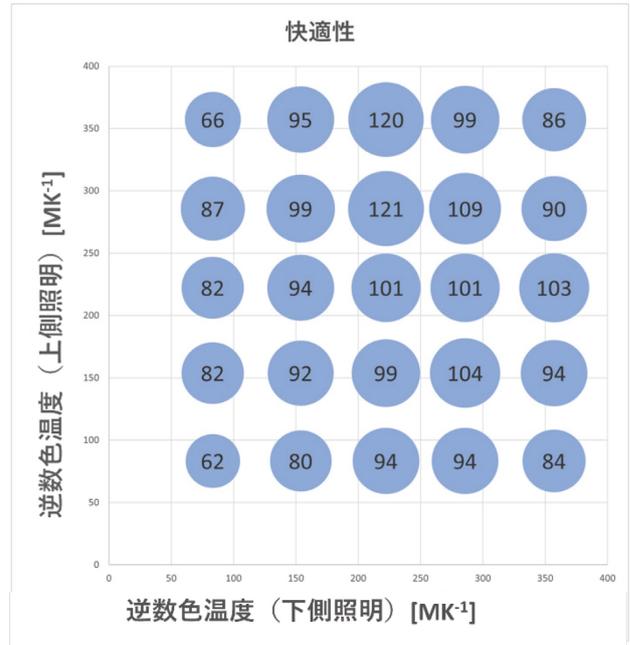


図2 バブル図(例:明るさ, 快適性)

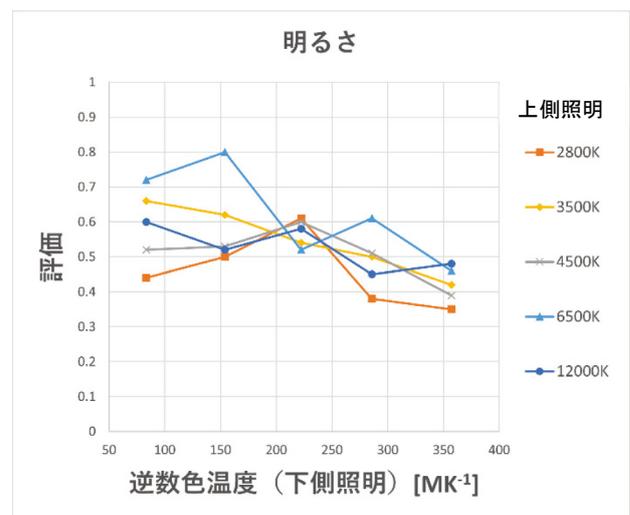
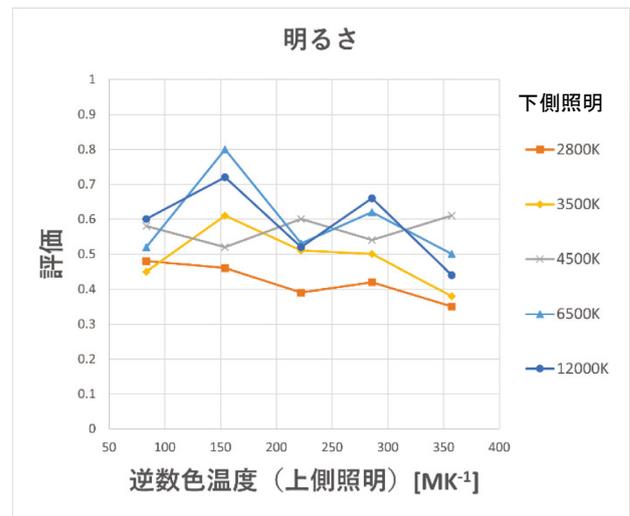
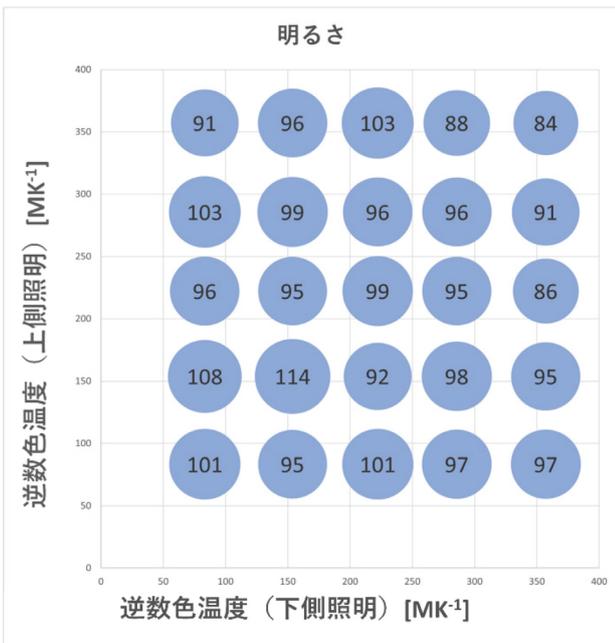


図3.1 折れ線グラフ(例:明るさ)



与える影響が分かりにくいいため、上側照明と下側照明それぞれ個別の視点から分析を行うことを考えた。そこで、壁面の色度分布の上下が入れ替わったときの視覚印象の変化に着目し、グラフを作成した。グラフは、上側照明と下側照明の色温度による明るさ、快適性の変化を判別しやすくするため、縦軸に評価値の被験者平均、横軸に照明の逆数色温度をとる折れ線グラフとした。なお、各被験者の評価値が0~1になるように正規化後、被験者の平均を算出した。

例として明るさのグラフを図 3.1 に示す。明るさは、6500K を含む組み合わせで高い評価値となる傾向が見られた。横軸を上側照明と下側照明としたプロットにおいて評価値のグラフの形が変化しており、上下の色度分布が明るさ感に対して非対称な効果を与えたことが示唆される。上側照明を横軸としたときは、上側照明が 3500K、6500K のときに評価が高くなっており、その他の色温度では顕著な傾向は見られない。下側照明を横軸としたグラフからは、上側照明による評価の違いは比較的少なく、下側照明の逆数色温度に対して全体的に右下がりの傾向が見られた。明るさ感については壁面の下側の色度がより強く影響する可能性が考えられる。

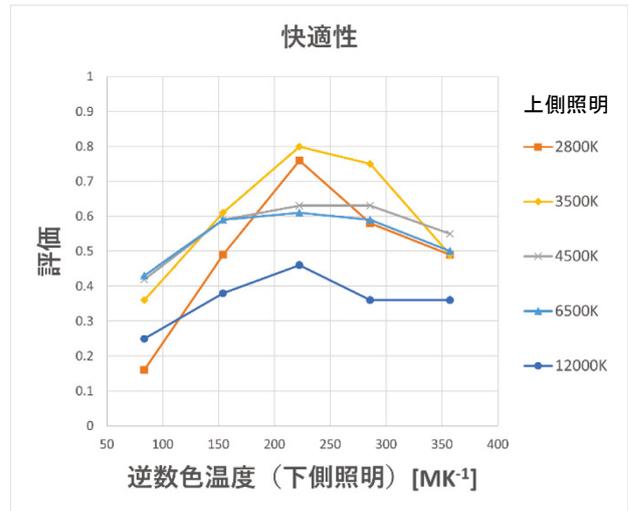
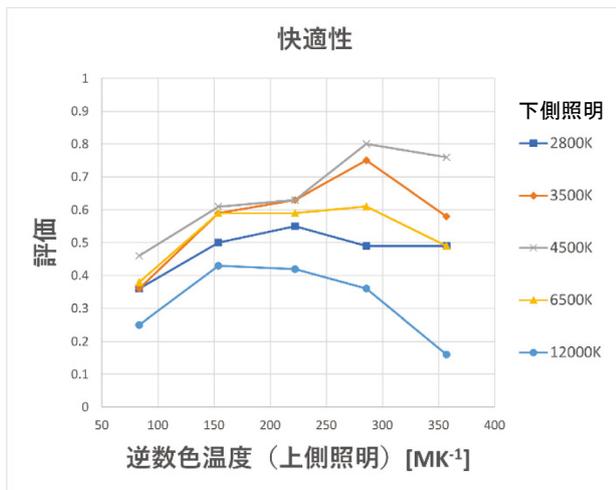


図 3.2 折れ線グラフ (例：快適性)

もうひとつの例として、快適性のグラフを図 3.2 に示す。快適性は、3500K や 4500K を含む組み合わせで高い評価値となる傾向が見られた。横軸を変更したときに評価のグラフの形が変化しており、上下の色度分布が快適性に対しても非対称な効果を与えることが示唆される。上側照明を横軸としたとき、上側照明が 12000K のときに評価が低く、逆数色温度が大きくなるにつれて評価が高くなり、3500K でほぼ最高評価となって、2800K では評価が低くなっている。下側照明を横軸としたとき、基本的には上側照明を横軸としたときと同じような傾向だが、下側照明が 4500K のときに最高評価となっている。快適性については上側照明と下側照明の色度が印象評価にそれぞれ異なる影響を与える可能性が考えられる。ただし、今回の実験では天井照明の空間的な位置関係が、壁面の上下の色度分布だけでなく、部屋の奥行き方向への分布もできており、それが被験者の視覚的印象に影響を与えた可能性もある。照明光の色度と輝度分布を精度良く設定した実験による検討が必要である。

#### 4. 結論

室内の視覚的印象評価は壁面の色度分布の影響を受けることが示された。また、壁面の上側と下側の色度が視覚印象に対して異なる効果を有することが示唆された。照明光の色度と輝度の空間分布を様々な設定した条件によるさらなる研究が必要である。

#### 参考文献

- 1) T. Ishida, K. Ikeyama and N. Toda:  
Psychological evaluation of lighting with a wide range of color temperatures and illuminances, Proceedings of 26th Session of the CIE, vol.1, pp.D1-178-181, 2007.
- 2) T. Ishida, M. Nakagawa: Evaluation of visual impressions of a space illuminated by a colored light selected from a wide range of the chromaticity diagram, Proceedings of the 12th Congress of International Colour Association, 1689-1692, 2013
- 3) Akiho Kito and T. Ishida: Comfortable Light Distribution in a Room Produced by Artificial Lighting with Daylighting from a Window, Proceedings of the 5th Asia Color Association Conference, pp. 622-627, 2019.

本研究の一部は 2021 年度日本色彩学会関西支部大会で発表した。

## 塗り絵の色消去が体調や気分を与える影響 —塗り絵, 線画作成との比較

### Effects of color erasure in painting on physical condition and mood

#### – Comparison with painting and line drawing –

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

**Keywords:** 塗り絵, 色消去, 体調や気分, 線画, 感情

#### 1. はじめに

芸術療法では、人が塗り絵や描画を行うことによって気分改善が図られることが報告されている。塗り絵に関しては Nancy a.Curry& TimKasser<sup>(1)</sup>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。Judy Eaton and Chrisine Tieber<sup>(2)</sup>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。昆野らの研究によると<sup>(3)</sup>、塗り絵を行うことにより気分や体調が上昇するが、絵柄によって影響が異なり、人間絵柄の塗り絵は体調を上昇させ、花や風景絵柄が気分を上昇させることが報告されている。また、色を使用せず、描画を行うことに関する気分の改善も報告されており、Kristen A. Diliberto-Macaluso<sup>(4)</sup>らは、気分改善には現在の自分の気分を描くことやパズルを行うことと比較して、自分を幸せにしてくれる何かを描くかまたは静物を描くことが気分をポジティブに改善する傾向があるという研究結果がある。新藤<sup>(5)</sup>らは、描画に対して苦手意識がある者でもそうでない者でも、描画の実施前より実施後のほうが、ポジティブで活力がありリラックスした心理状態へと変化することを報告している。これらの研究結果を踏まえ、昆野らは<sup>(6)</sup>、塗り絵と描画(なぞり絵)が体調や気分及ぼす影響の比較を行った結果、塗り絵を行うことが、線画作成より体調や気分の平均値が有意に上昇するということが明らかにした。つまり、塗り絵が線画よりも体調や気分及ぼす影響が大きい事は、気分改善に色の効果が関わっている可能性が推測される。

そのため、本研究では、色を塗ることではなく、

色を消去することが塗り絵や線画作成と比較して体調や気分及ぼす影響が異なるのではないかと仮説を明らかにすることを目的とし、塗り絵で塗られた色を消去し、消去前後で気分や体調、感情にどのような変化が起こるかについて調査を行った。

#### 2. 実験手続き

##### 実験参加者

視力、色覚ともに健常な大学生および教職員 18名が参加した。平均年齢は、24.00才(SD±8.77)で、男性6名、女性12名だった。

##### 方法

参加者が前回の実験で塗った塗り絵3枚(図1左)、塩ビ消しゴム、(クーピーペンシルに添付されているFYイレーザ 株式会社サクラクレパス製)、白いポスカ(三菱鉛筆株式会社製 細字丸芯 0.8~1.3mm)と質問用紙を手渡しした。質問用紙についてはGoogleformで作成した回答用紙をpdf形式にダウンロード後A4用紙両面に印刷したものを使った。実験終了後に色を消去した塗り絵と質問用紙はその場で回収した。実験の流れや時間は以下の通りである。

最初に、実験参加者はプロフィール調査と天候、照明条件、色消去前の気分と体調について質問用紙に回答をした。色消去前の体調と気分については11件法で(0は非常に悪い、10は非常に良い)回答を行った。次に、塗り絵3枚の中から一番消したいと思う図柄を1枚選び、15分間、消しゴムとポスカによって色の消去作業を行い、終了後5分間で消去後の気分と体調を答えた。消しゴムでの消去を優先し、どうしても消去できない箇所をポスカで消去するように指示をした。5分間休憩をはさみ、2番目に消したいと思う絵を選び、2

枚目の色の消去作業を行い、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に消去作業を行い、3回目の消去作業後の気分と体調を答えて実験は終了した。消去については完全に消去することは難しいため、時間内に可能な限り色を消すこととした(図1右)。

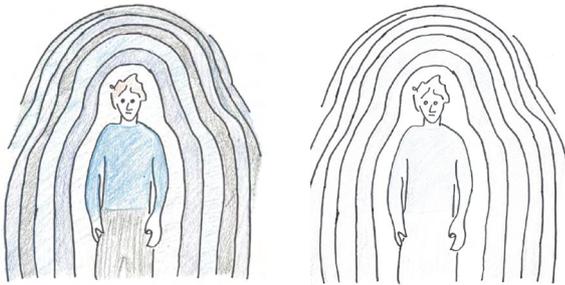


図1 塗り絵と色消去後の例 左は、元の塗り絵で、右は塗り絵消去後の状態である。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 色消去が体調と気分へ及ぼす影響

実験参加者が色を消去したことによる体調と気分の影響を検討するために二つの平均の差に関してt検定を行った(体調[t(53) = 3.16,  $p < .001$ ];気分[t(53) = 1.62,  $p = 0.11$ ]). 色の消去後は体調の平均値は有意に下がり、気分の消去後の平均値は下がったが有意差は見られなかった(図2)。

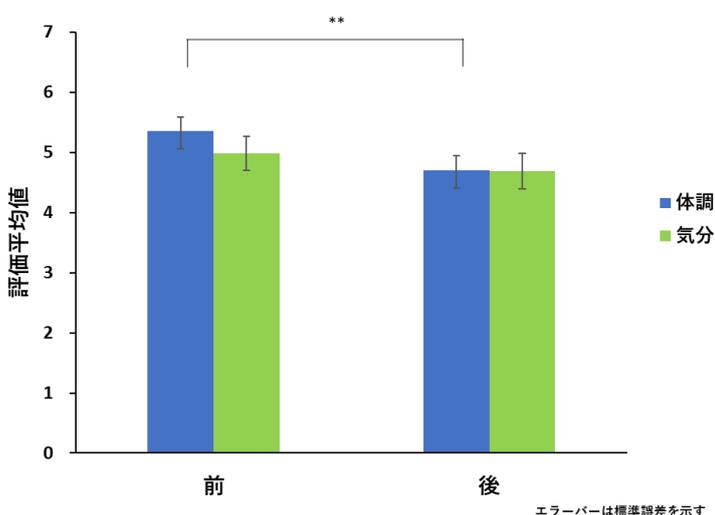


図2 色消去前後の体調と気分の変化

#### 3.2 色消去の図柄が体調と気分へ及ぼす影響

図柄と色消去前後の体調と気分に関してそれぞれ2要因分散分析を行った。図柄と体調に関しては、体調の主効果はあったが、交互作用はなかった、[体調:  $F(1, 51) = 11.34, p < .001$ ]; 図柄[ $F(2,$

$51) = 0.45, p = 0.67$ ] )すべての図柄において、色消去後の平均値は減少した。図柄と気分に関しては、気分、図柄の主効果ともに有意差がみられなかった[気分:  $F(1, 51) = 2.37, p = 0.11$ ; 図柄[ $F(2, 51) = 1.83, p = 0.17$ ])。交互作用はなかった。色消去前後の体調の変化と図柄に関しては、全ての図柄において体調の平均値が下がった。また、図柄と気分に関しては、風景図柄のみ色消去前後で平均値が変化しなかったが、人間図柄と花図柄の平均値は下がった。結果は、色消去前後の図柄と体調や気分変化は、図柄ごとに有意差は見られなかった。

#### 3.3 色消去が感情へ及ぼす影響

色消去後の感情の変化に関し、二つの平均の差に関してt検定を行ったところ、すべての感情について有意差が見られた(明るく[t(53) = 3.64,  $p < 0.001$ ];嬉しい[t(53) = 2.84,  $p < 0.001$ ];激しい[t(53) = 4.60,  $p < 0.001$ ];軽く[t(53) = 3.14,  $p < 0.001$ ];楽しい[t(53) = 3.30,  $p < 0.001$ ];力強い[t(53) = 3.51,  $p < 0.001$ ];疲れた[t(53) = 14.12,  $p < 0.001$ ];眠い[t(53) = 4.73,  $p < 0.001$ ];殺伐[t(53) = 3.57,  $p < 0.001$ ];憂鬱[t(53) = 4.19,  $p < 0.001$ ];リラックス[t(53) = 2.65,  $p < 0.05$ ];わくわく[t(53) = 6.78,  $p < 0.001$ ])。色消去前後の感情の変化の平均値の上昇に関する上位3件は、疲れた6.16、眠い1.87、殺伐1.38となった。

感情語については、線画作成と塗り絵作成同様、疲れたという気分変化が1位であったが、塗り絵作成の場合は、疲労感以外に気分が明るくなり、楽しくなるという感情の変化が上位に挙がった。しかし、色消去に関しては、疲れた、眠い、殺伐というネガティブ感情の形容詞が上位に挙がった。色を消すことに対し、達成感があったという感想を述べた参加者もいたが、おおむねネガティブな感情に関する平均評価が高かった。

#### 3.4 色消去、線画作成、塗り絵作成が体調や気分へ及ぼす影響の比較

色消去、線画作成、塗り絵作成の作業と体調や気分の関係を比較するために2要因分散分析を行ったところ、作業と体調に交互作用が見られた[体調:  $F(1, 245) = 3.43, p = 0.06$ ; 作業[ $F(2, 245) = 16.01, p < .001$ ])。作業の各水準における単純主効果の検定を行った結果、塗り絵前後に体調の平均値が0.31有意に上がり、消去は体調の平均値が0.64有意に下がった[線画:  $F(1, 245) = 0.09, p = 0.76$ ; 塗り絵[ $F(1, 245) = 9.05, p < .001$ ; 消去[ $F(1,$

245)= 23.31,  $p < .001$ ) (図3). 作業と気分に関して2要因分散分析を行った結果, 交互作用が見られた[気分:  $F(1, 245) = 0.32, p = 0.57$ ; 作業:  $F(2, 245) = 4.42, p < .05$ ]. 作業の各水準における単純主効果の検定を行った結果, 塗り絵前後に気分の平均値が0.30有意に上がり, 消去は平均値が0.29下がったが有意傾向だった [線画:  $F(1, 244) = 1.17, p = 0.27$ ; 塗り絵:  $F(1, 244) = 5.92, p < .05$ ; 消去:  $F(1, 244) = 3.42, p = 0.06$ ] (図4). 色消去, 線画作成, 塗り絵作業が体調と気分及びぼす影響を比較した結果, 体調も気分も塗り絵作業のみ有意に上昇し, 消去に関しては体調が有意に減少, 気分の減少は有意傾向であった. 線画作成に関しては, 体調はやや下がり, 気分はやや上昇した.

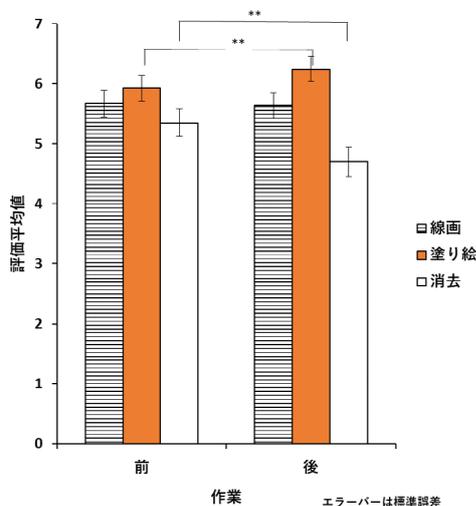


図3 線画, 塗り絵, 色消去が体調に及ぼす影響の比較

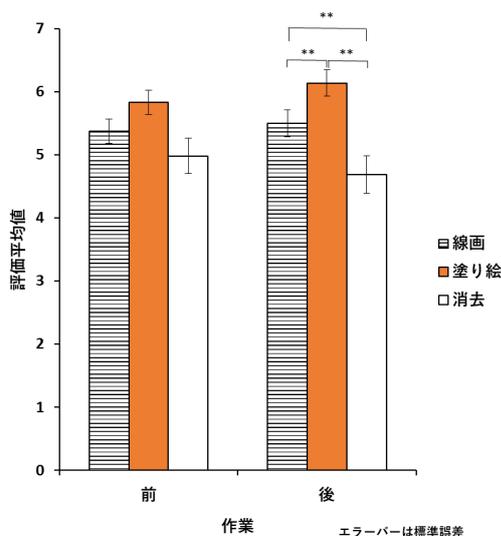


図4 線画, 塗り絵, 色消去が気分及びぼす影響の比較

### 3. 5 色消去, 線画作成, 塗り絵作成が感情に及ぼす影響の比較

色消去後に感じた感情に関する形容詞を, 線画作成, 塗り絵作成と同様な方法で調査した. 使用した形容詞は, 明るく, 嬉しい, 激しい, 軽く, 楽しい, 力強い, 疲れた, 眠い, 殺伐, 憂鬱, リラックス, わくわくの12語であった. 色消去後に変化した感情について0~10(0はまったく変わらない, 10は非常に変わった)で回答してもらい, 得た回答に関して2要因分散分析を行った(図5). 色の消去, 線画作成と塗り絵という異なる作業と感情に関しては交互作用があった. 作業の主効果も感情語の主効果も有意であった (作業:  $F(2, 268) = 3.30, p < .05$ ; 感情:  $F(11, 268) = 58.05, p < .001$ ). 感情語の主効果が有意だったため, 多重比較を行った結果, 明るく, 嬉しく, 激しい, 軽く, 楽しい, 疲れた, 眠い, 殺伐において有意であった (明るく:  $F(2, 1338) = 9.22, p < .001$ ; 嬉しく:  $F(2, 1338) = 6.52, p < .001$ ; 激しい:  $F(2, 1338) = 4.87, p < .001$ ; 軽く:  $F(2, 1338) = 5.14, p < .001$ ; 楽しい:  $F(2, 1338) = 8.62, p < .001$ ; 力強い:  $F(2, 1338) = 1.39, p = 0.25$ ) 疲れた:  $F(2, 1338) = 64.62, p < .001$ ; 眠い:  $F(2, 1338) = 4.91, p < .001$ ; 殺伐:  $F(2, 1338) = 3.84, p = .05$ ; 憂鬱:  $F(2, 1338) = 2.07, p = 0.12$ ; リラックス:  $F(2, 3216) = 5.32, p < .001$ ; わくわく:  $F(2, 3216) = 2.18, p = 0.11$ ). 線画, 塗り絵, 色消去の作業についての単純主効果は, 全て有意であった (線画:  $F(2, 2948) = 16.37, p < .001$ ; 塗り絵:  $F(2, 2948) = 18.02, p < .001$ ; 色消去:  $F(2, 2948) = 43.98, p < .001$ ). 明るく, 嬉しい, 軽く, 楽しい, リラックスに関しては, 塗り絵と線画, 塗り絵と色消去に有意差があったが, 線画と色消去には有意差見られなかった. 塗り絵のポジティブ感情が他の二つの作業に比べると平均して高かった. 激しいと殺伐に関しては線画と色消去, 塗り絵と色消去に有意差が見られ, 色消去のネガティブ感情の平均値が前後で比較すると上昇傾向がみられた. 眠いに関しては, 線画と塗り絵, 塗り絵と色消去に関して有意差があり, 色消去の平均値が高かった. リラックスに関しては, 線画と塗り絵, 線画と色消去, 塗り絵と色消去すべてに有意差が見られ, 塗り絵のリラックス効果が高く, 線画のリラックス効果が低かった.

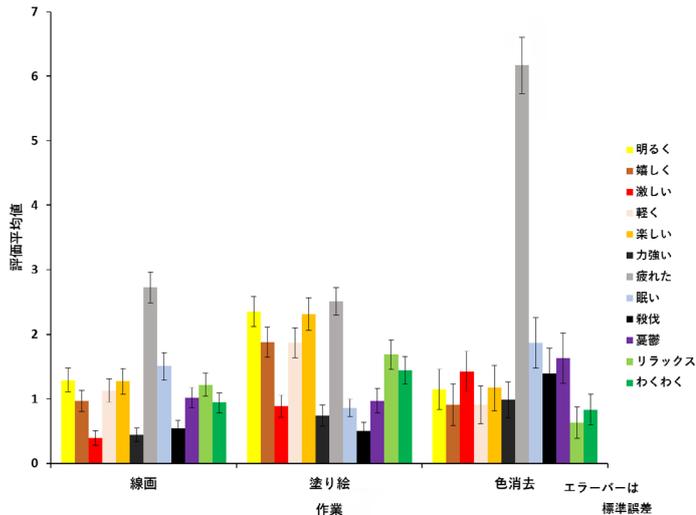


図5 線画, 塗り絵, 色消去が感情語に及ぼす影響の比較

#### 4. 総合考察

実験参加者が色消去をすることによる体調と気分の影響を検討するために実験を行った結果、消去前後を比較すると体調の平均値は有意に下がり、気分の平均値は下がったが有意差は見られなかった。図柄については、有意差は見られなかったが、回数と体調、回数と気分に関しては、1回目が前後を比較すると有意に平均値が下がった。線画作成や塗り絵作成においては、形を認識してから作業に取り掛かるが、色を消去することは形に着目せず消すという作業に没頭するということが可能なため、図柄を無視しても消す作業は可能である。そのため、体調や気分の平均値は創造性やポジティブ感情が生まれにくく平均値がすべて下がったことが推測される。また、色消去に関しては疲れたという感情がとても高かったことは、やはり創造性などが生まれにくいと言える。色消去、線画作成と塗り絵作成が体調や気分に関与する影響を比較した結果、塗り絵作成が体調や気分をより上昇させることが明らかになった。また、感情語との関係では、明るく、嬉しい、激しい、軽く、楽しい、力強い、リラックス、わくわくというポジティブ感情において、塗り絵作成の平均値が高かった。

以上のことから、色を消去することは塗り絵作成や線画作成と比較して、体調や気分に関与する影響が異なり、消去後に平均値が低下することが明らかになった。また、感情語については、色消去は塗り絵や線画作成と比較すると疲れたの平均値は約 2.26~2.45 倍、激しいの平均値は 1.62~3.62 倍、殺伐の平均値が 2.53~2.78 倍であり、

ネガティブ感情がより高くなる可能性が示唆された。

今後は使用する画材(クーピーペンシル)のグループを分け、具体的には悲しい気分になるよう操作を行った後、あるグループで限定された色のクーピーペンシルでは悲しい気分が緩和され、また、あるグループのクーピーペンシルでは悲しい気分があまり変化しないなどの塗り絵作業自体ではなく、さらに色単独の効果が体調や気分へどのような影響を与えるかを探る実験を検討中である。また、生理指標を用いる実験方法も検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) Nancy a.Curry& TimKasser: Can Coloring mandalas Reduce Anxiety?. Journal of the American Art Therapy Association. 22(2) (2005) 81-85
- 2) 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
- 3) 昆野照美, 川端康弘: 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. 日本色彩学会誌. 45(3) SUPPLEMENT, (2021) 56-59
- 4) Krisen A.Diliberto-Macaluso and broana Lyn Stubblefield: The Use of Painting for Short-Term Mood and Arousal Improvement. Psychology of Aesthetics, Creativity and the Arts, Online First Publication. May 4, (2015)
- 5) 新藤永実子, 佐野秀樹: 臨床美術アートプログラムにおける「アナログ表現」の心理的影響に関する実験研究. Japanese Journal of Counseling Science. 47, (2014)214-220.
- 6) 昆野照美, 川端康弘: 線画(なぞり絵)作成の図柄が及ぼす気分や体調への影響. 日本心理学会 第85回全国大会(明星大学) (2021)

## チョコレートの背景色が味覚・触覚・温度感に及ぼす影響

### Psychological effect of chocolate background colors on taste, texture and temperature senses

富田 圭子	Keiko Tomita	近畿大学	Kinki University
内田 和	Nodoka Uchida	近畿大学	Kinki University
河浦 萌海	Moemi Kawaura	近畿大学	Kinki University
船本 真由	Mayu Funamoto	近畿大学	Kinki University
澤田 美総	Misato Sawada	近畿大学	Kinki University

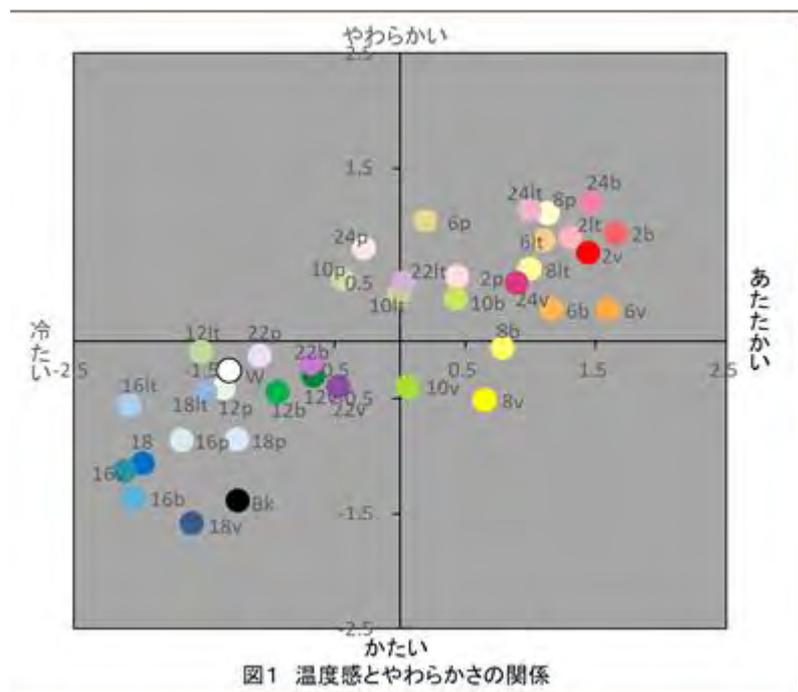
**Keywords:** チョコレート、背景色、食感、温度感、おいしさ

#### 1. はじめに

食べ物のおいしさは五感(味覚・視覚・聴覚・触覚・嗅覚)で判断される。その中でも視覚は購入決定の80%以上を担っていることから、マーケティングにおける重要な因子であるといえる<sup>1)</sup>。中でも色彩や大きさ、形など、視覚からの情報はその食品のおいしさや商品のイメージに影響を与えており、その内の色彩は、おいしさや食欲を喚起する上において即効力と訴求力をもつ重要な因子である。よって、色と味覚、色と嗅覚の関係を調査した研究がいくつか報告されているが、色が触覚に与える影響を調査した研究は非常に少ない。

食べ物のおいしさを表現する感覚の中で、触覚が担っているのはテクスチャーや温度感である<sup>2)</sup>。テクスチャーは、オノマトペと呼ばれる擬音で表現されることが多い。たとえば、ポテトチップスをみても、薄切りはパリパリ、厚切りはバリバリ、棒状はポリポリというように、同じジャガイモであってもテクスチャーの違いによって様々なおいしさが存在する。これはイモの味や風味のみならず、ポテトチップスの魅力のひとつである。そして、テクスチャーは食感や歯ごたえだけでなく、舌触りやのど越しなど、多様な感覚としておいしさに貢献している。一方、温度感も触覚から得られるおいしさの重要な因子である。アイスクリームが溶けてしまうと、おいしくない。このように、テクスチャーや温度感はおいしさの中で大きな役割を果たしている。

一方、消費者庁の統計資料によると、日本の菓子の中で、最も売れているのはチョコレートであり、飴菓子、チューインガム、せんべい、ビスケット、米菓、和生菓子、洋生菓子、スナック菓子、油菓子等と比較して、数年来1位をキープしている。チョコレートのおいしさは、カカオの風味のみならず、くちどけやきめの細かさなどのテクスチャーによるところが大きく、品質評価の重要な因子となっている。また、チョコレートのテクスチャーには温度の影響が大きく、少しの温度上昇で軟らかくなり、舌触りやくちどけに影響を与える。そこで、食べ物のおいしさの中で触覚と美味しさの関係を明らかにする対象としてチョコレートが適していると考え、チョコレートの背景色と味覚・触覚・温度感との関係を明らかにすることを目的に調査を行った。チョコレートは様々な形態・食感をもつ商品が販売されていることから、軟らかさや食感に幅を有するトリュフチョコレートを対象に調査を行うこととした。





# 癒される色相やトーンの特徴とその効果

## — PCCS の単色刺激シート集を用いて —

### The Effects and Characteristics in Iyashi from Colors and Tones - Using Single Color Sheets of PCCS-

菊谷 敬子 Takako Kikuya

北海道大学大学院文学研究科

Graduate School of Letters, Hokkaido University

川端 康弘 Yasuhiro Kawabata

北海道大学大学院文学研究院

Graduate School of Humanities and Human Sciences, Hokkaido University

**Keywords:** 癒し, 単色, トーン, PCCS

#### 1. はじめに

色彩感情は Semantic Differential (SD) 法や Self-Assessment Manikin (SAM) 等といった様々な方法を用いて計測されてきた。仕事の中で配色を扱う web デザイナー等の職種の人では、赤の色相において、明度と彩度の要因が癒される評価に影響を与えることが示唆された(菊谷・川端, 2020)。本実験では、総合的な癒しと、癒しを構成する6つの癒しの要素を測定することができる「癒し評価スケール」を用いて(松本・秋元・高久, 2005)、多様な年齢層の大学生や社会人を対象とし、癒される色の特徴や効果をさらに明らかにするため、菊谷他(2020)のデータを含めて結果を検討した。

#### 2. 方法

**参加者** 実験には多様な年齢層の大学生や社会人の41名(平均年齢31.63歳,  $SD = 13.81$ )が参加した。

**色刺激** 実験刺激は PCCS Harmonic Card 201 の strong 以外の 11 トーン (vivid (v), bright (b), deep (dp), light (lt), soft (sf), dull (d), dark (dk), pale (p), light grayish (ltg), grayish (g), dark grayish (dkg)) の中から5色(赤・黄色・緑・青・紫)をそれぞれ選び、計55色の単色を使用した。色票は一枚ずつ白地の画用紙(8.7cm×12.9cm)の表面に貼付され、裏面にはそれぞれ番号のシールが貼付された単色シートを作成した。本実験では心理学実験の手法や実験室に馴染みのない人も実験に参加するため、日常生活からあまり乖離せず、また、違和感を覚えないよう実験刺激の背景には

日常よく目にする地を白地にして用いた。v・b・lt・p の単色シートを、dp・dk・dkg の単色シートを、sf・d・ltg・g の単色シートをそれぞれバインダーにまとめた。計3つのグループに分けた単色刺激シート集を作成し、実験刺激とした。

**実験環境** 大学の実験室や Web デザイナー養成スクールの教室等の実験参加者自身が参加しやすい場所で実施された。室内にある照明に加え、D65光源を使用した。明るさは800lxから1000lxの間で調整された。

**癒しの評価方法** 評価には松本他(2005)の「日藝版癒し評価スケール」を用いた。

**手続き** 参加者は単色シートが収められている3つの単色刺激シート集の中から任意に1つ選び評価を行った。1つの色刺激に対する時間的な制限は設けず、評価時間は参加者自身に任せた。1つの単色刺激シート集に入っている全ての単色の評価が終わったタイミングで任意に休憩を取った。2つ目以降の単色刺激シート集の評価も同様に行った。順序効果を避けるため、単色シートはランダムに配置された。

#### 3. 結果と考察

各色相と各トーンに関する癒しの総合得点の平均値と標準偏差を図1-5に示した。癒し度の判断基準は1-14点=「癒されていない」、15-31点=「癒されている」、31-47点=「かなり癒されている」、46-60点=「すごく癒されている」で算出された(松本他, 2005)。この基準に基づき、癒されたと評価された色相は緑、青、黄色、赤、紫の順で癒されたトーンが多かった。

癒される色相の特徴を明らかにするため、色相

(5水準)とトーン(11水準)が癒し感に与える影響について、2要因被験者内実験計画の分散分析を行った。その結果、色相の主効果( $F(4, 160) = 22.537, p < .001$ ), トーンの主効果( $F(10, 400) = 30.401, p < .001$ ), 色相とトーンの交互作用効果( $F(40, 1600) = 6.120, p < .001$ )が有意であった。色相とトーンの交互作用が有意であったため、単純主効果検定を行ったところ、*dkg*のみ色相との差は認められず( $F(4, 1760) = .315, p = .86$ ), 色に関係なく*dkg*は癒し度が低いトーンであることが示唆された。色相のトーン別にRyan's法を用いて多重比較を行った結果を表1-5に示した。いずれの色相でも*p*は明度の低い*dkg*よりも有意に癒し度が高かった。

癒されると評価された緑の特徴には、低明度の*dp*以外は高明度と中明度の色が基準の15点をクリアし(図1), 表1より, 上位4つのトーン(*p, lt, sf, ltg*)は、癒されないと評価された3つの低明度のトーン(*g, dk, dkg*)よりも有意に癒し得点が高かった( $MSe = 30.67, 5\%$ 水準)。明度の高い緑の方が癒される緑と評価されやすいが、低明度の緑であっても*dp*のように彩度が高いと癒される緑であると評価されることが示唆された。

本実験で使用した青は、高明度の*p*以外は中明度と低明度の青が多かったことにより、*p*に加え、中・低明度のトーン(*b, lt, v, dp, sf*)が癒された青と評価された(図2)。上位3つのトーン(*b, lt, p*)では評価に差はなく、高彩度の*b・v・dp*の中でも明度の高い*b*の方が評価が高いが、明度の高い*p*と彩度の高い*v・dp*を比べると差がないことから(表2), 単に明度が高いだけでなく、青みを感じさせる彩度も評価に影響を与えることが示唆された。

青の色の構成とは逆に、本実験で使用した黄色は明度の高い色が多かった。そのため、癒し度の基準を満たした黄色は全て高明度で、低彩度の*p*以外は中・高彩度のトーン(*lt, p, b, v, sf*)であった(図3)。癒し度の基準を満たした高彩度×高明度の*v*と中彩度×高明度の*lt*と、基準を満たさなかった低彩度×高明度の*ltg*において、*v*では差は認められなかったが*lt*では差が認められたことから、明度と彩度の組合せのバランスが癒し感に影響

することが示唆された(表3)。明度の高い黄色が主として癒し度の評価を高めているものの彩度の要因とのバランスも癒し感に影響を与えることが示唆された。

赤の癒されるトーンは*p*(高明度×低彩度), *lt*(高明度×中彩度), *sf*(中明度×中彩度), *b*(中明度×高彩度)が基準を満たし(図4), 基準を満たさなかったそれ以外のトーンとの間で差が認められた(表4)。また、赤のトーンは明度と彩度の組合せのバランスによって癒し度に影響を与えることが示唆された。

紫のトーンの中では*p*トーンのみで癒されると評価され、*p*の次に明度の高い*ltg*以外のトーンで差が認められた(図5, 表5)。5色の中で、紫が一番癒されにくい色であると考えられるが、明度が高ければ癒し度の評価が上がったため、紫の癒し度には明度がとても重要であることが示唆された。

癒される色相の特徴には、色相の違いや明度・彩度の強さに影響を受けることが示唆された。色相では緑、青、黄色、赤、紫の順で癒されるトーンが多く、癒される色相にはばらつきが見られ、癒し感には色相の影響を受けることが示唆された。本実験で使用した高明度の*p*トーンは、全ての色相で癒される色であると評価された。明度の高い色が癒し感の評価を左右するようであるが、*p*トーンには「優しい、淡い、かわいい」等といったイメージがあり、このようなイメージを持つトーンの色相は、癒されやすい色である可能性が高いことが示唆された。また、明度の高い色相の方が暗い色相よりも肯定的な評価をされ(山下他, 2013), 本実験でも明度の高い色相の方が癒し度の評価値が高く、明度が癒し度を上げる重要な要因として挙げられる。しかし、単に高明度だけが癒し度を上げるのではなく、色相によっては低明度(あるいは中明度)×高彩度(あるいは中彩度)の組合せによっても癒されると評価された。彩度に関しては彩度が高ければ癒し度の評価も上がるのではないことが考えられる。彩度の要因は癒し度に影響を与えるが、色相によっては彩度×明度の組合せのバランスによって癒し感に影響を与えることが示唆された。

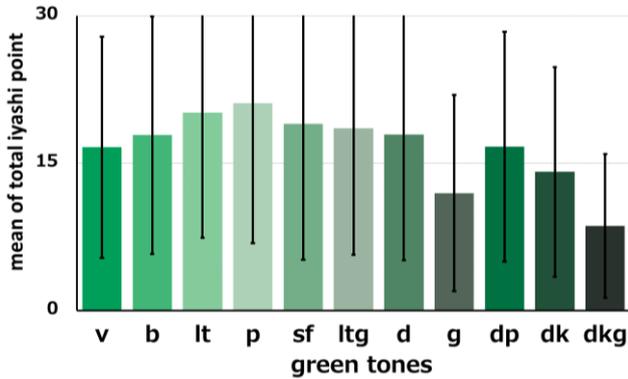


図1. 緑の各トーンの総合的な癒し度の平均値と標準偏差.1-14点=「癒されていない」15-31点=「癒されている」32-47点=「かなり癒されている」48-60点=「すごく癒されている」で算出される。

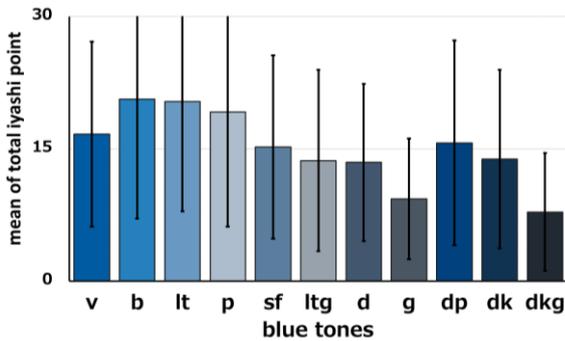


図2. 青の各トーンの総合的な癒し度の平均値と標準偏差.1-14点=「癒されていない」15-31点=「癒されている」32-47点=「かなり癒されている」48-60点=「すごく癒されている」で算出される。

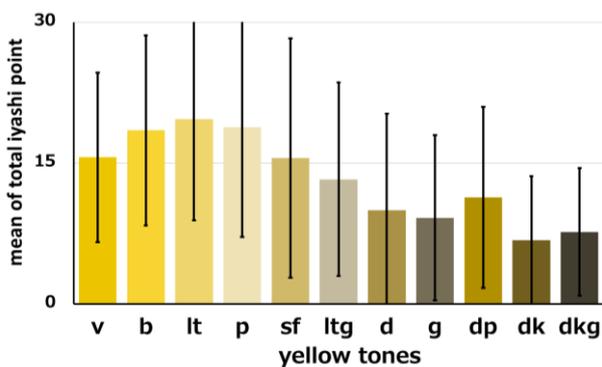


図3. 黄色の各トーンの総合的な癒し度の平均値と標準偏差.1-14点=「癒されていない」15-31点=「癒されている」32-47点=「かなり癒されている」48-60点=「すごく癒されている」で算出される。

表1. 緑の各トーンの多重比較 (Ryan's 法)

tone	v	b	lt	p	sf	ltg	d	g	dp	dk	dkg
v	.	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
b		.	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
lt			.	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*
p				.	ns	ns	ns	*	*	*	*
sf					.	ns	ns	*	ns	*	*
ltg						.	ns	*	ns	*	*
d							.	*	ns	ns	*
g								.	*	ns	ns
dp									.	ns	*
dk										.	*
dkg											.

(\* : 5%水準, ns : 有意差なし, Mse = 30.67)

表2. 青の各トーンの多重比較 (Ryan's 法)

tone	v	b	lt	p	sf	ltg	d	g	dp	dk	dkg
v	.	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*
b		.	ns	ns	*	*	*	*	*	*	*
lt			.	ns	*	*	*	*	*	*	*
p				.	*	*	*	*	ns	*	*
sf					.	ns	ns	*	ns	ns	*
ltg						.	ns	*	ns	ns	*
d							.	*	ns	ns	*
g								.	*	*	ns
dp									.	ns	*
dk										.	*
dkg											.

(\* : 5%水準, ns : 有意差なし, Mse = 30.67)

表3. 黄色の各トーンの多重比較 (Ryan's 法)

tone	v	b	lt	p	sf	ltg	d	g	dp	dk	dkg
v	.	ns	*	ns	ns	ns	*	*	*	*	*
b		.	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*
lt			.	ns	*	*	*	*	*	*	*
p				.	ns	*	*	*	*	*	*
sf					.	ns	*	*	*	*	*
ltg						.	ns	*	ns	*	*
d							.	ns	ns	ns	ns
g								.	ns	ns	ns
dp									.	*	ns
dk										.	ns
dkg											.

(\* : 5%水準, ns : 有意差なし, Mse = 30.67)

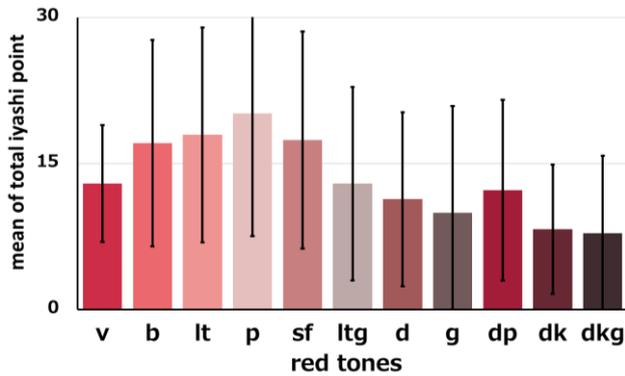


図4. 赤の各トーンの総合的な癒し度の平均値と標準偏差.1-14点=「癒されていない」15-31点=「癒されている」32-47点=「かなり癒されている」48-60点=「すごく癒されている」で算出される。

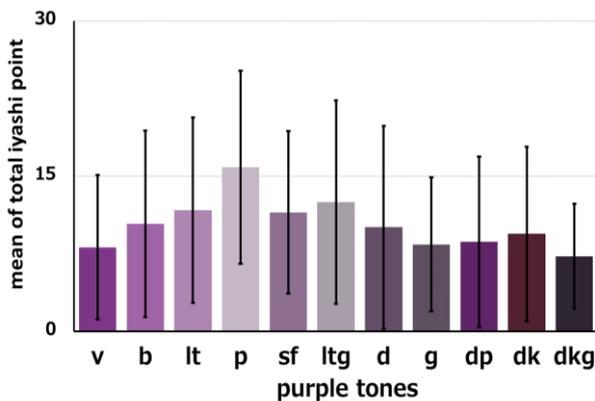


図5. 紫の各トーンの総合的な癒し度の平均値と標準偏差.1-14点=「癒されていない」15-31点=「癒されている」32-47点=「かなり癒されている」48-60点=「すごく癒されている」で算出される。

表4. 赤の各トーンの多重比較 (Ryan's 法)

tone	v	b	lt	p	sf	ltg	d	g	dp	dk	dkg
v	.	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*	*
b		.	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	*
lt			.	ns	ns	*	*	*	*	*	*
p				.	ns	*	*	*	*	*	*
sf					.	*	*	*	*	*	*
ltg						.	ns	ns	ns	*	*
d							.	ns	ns	ns	ns
g								.	ns	ns	ns
dp									.	*	*
dk										.	ns
dkg											.

(\* : 5%水準, ns: 有意差なし,  $Mse = 30.67$ )

表5. 紫の各トーンの多重比較 (Ryan's 法)

tone	v	b	lt	p	sf	ltg	d	g	dp	dk	dkg
v	.	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
b		.	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
lt			.	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
p				.	*	ns	*	*	*	*	*
sf					.	ns	ns	ns	ns	ns	*
ltg						.	ns	ns	ns	ns	*
d							.	ns	ns	ns	ns
g								.	ns	ns	ns
dp									.	ns	ns
dk										.	ns
dkg											.

(\* : 5%水準, ns: 有意差なし,  $Mse = 30.67$ )

### 引用文献

- 1) 菊谷敬子・川端康弘 (2020). 赤色の癒し評価における効果と特徴. 日本色彩学会誌, 44, 158-160.
- 2) 松本洗・秋元貴美子・高久暁 (2005). 『日藝版「癒し」評価スケールの完成』 芸術と癒しの調査研究報告書 日本大学芸術学部, 105-115.
- 3) 山下真裕子・山田逸成・安田昌司 (2013). 色相およびトーンを変化させた色光における生理的・心理的影響 日本感性工学会論文誌, 12, 239-243.

# 色の調和傾向を説明変数とした香りの選択における確認実験

## Confirmation experiment for fragrance selection using color

若田忠之 Tadayuki Wakata 早稲田大学

Waseda University

**Keywords:** PCCS, 香り, アプリケーション, 色による表現.

### 1. 背景および目的

これまでの研究において色の印象と色の3属性の関係性を検討した結果, Practical Color Co-ordinate System: PCCSのトーンおよび色相で印象を捉えられることが示唆されている(Wakata・Saito, 2012).

さらに若田(2020)では, PCCSにおけるトーン12種類(v, b, s, dp, lt, sf, d, dk, p, ltg, g, dkg), 色相12種類(2R, 4rO, 6yO, 8Y, 10YG, 12G, 14BG, 16gB, 18B, 20V, 22P, 24RP)および無彩色の計25パターンの色で香りを表現する専用アプリケーションを作成し, 色を用いた香りの表現を行った. これらの評価値について, 香りに対する印象評価の傾向と対応付けた分析を行った結果, 色による評価が類似した香りのグループは, その印象も類似する傾向が見られた.

上記の結果をうけ, 本研究では参加者がイメージした香りを同様のアプリケーションを用いて色による表現を行い, 色の傾向を基にしてイメージした香りを得ることが出来るかを検証する確認実験を行うことを目的とした.

## 2. 方法

### 2.1. データベース

本研究については, 若田(2020)の結果をデータベースとして用いた. データベースの具体的な概要としては30種類の香りについて, PCCSのトーン12種類, 色相12色相および無彩色の計25パターンを色のデータを用いた.

### 2.2. 香り刺激

若田(2020)と同様の香り刺激30種類を用いた.

### 2.3. 確信度評価

色の表現によって選出された香りが, 「どの程度イメージに合っているか」の確信度については, Visual Analog Scale: VASを用いた評価によって0-100で記録された.

### 2.4. 実験用アプリケーション

評価には若田(2020)と同様のインターフェースを用いた(図1). 画面上部にどのような香りを表現するかを指示を表示した. 表現の指示については練習を兼ねたダミー試行として, いくつかの香りのイメージ表現する試行を9回行い, 本試行として「自由に香りを表現してください」と指示する表現を行った.

画面は4つの画面で構成した. 香りの評価は画面1(トーン・無彩色)および画面2(色相)で行った. 各色の評価値はパーセンテージで記録された. 画面1と画面2の評価順についてはカウンターバランスの観点から参加者ごとにランダムとした. 画面3に進むと画面1, 2で評価した25の各色の値を1セットの香りの表現データとして, データベースとして登録した30種類の香り中最も近い香りが選択される. 距離の尺度としては25次元におけるユークリッド距離を用いた. 参加者は提示された香りを嗅ぎ, VAS評価によって確信度の評価を行った. 評価の後, 画面4で休憩を行った. 休憩時間は60秒以上とし, 上限は設けなかった. また, 嗅覚疲労除去のため, コーヒー(豆)の香りを提示した.

### 2.5. 手続き及び参加者

アプリケーションの画面1-4までの一連を1試行とし, ダミー試行を9試行を行った後, 全ての参加者で10試行目に本試行を行った.

実験参加者は大学生および大学院生23名(22.5±1.3歳, 男女比15:8)が参加した.



図1. 色による評価用アプリケーション画面

### 3. 結果および考察

アプリの評価によって得られた色の評価値とデータベースの値とのユークリッド距離のうち、参加者ごとの最短距離とその香り刺激名、確信度評価値、性別を表1に示す。

確信度評価については、平均値 68.35(標準偏差 21.31)の精度であることが示された。データ範囲は最小値が 13, 最大値が 100 であるが、参加者 23 名中 19 名以上が 50 以上の評価をつけていることから、色を用いた香りの表現において一定程度の評価を行えることが示唆された。

参加者ごとのアプリの評価値とデータベース間のユークリッド距離の値については、23 名分の香りの導出に用いた最小値が 0.704, 最大値が 3.017 であった(表 1)。距離の値と VAS による確信度の間の相関係数を算出したところ、相関係数は認められなかった( $r=0.000$ ,  $n.s.$ )。このことから、データベース上の香りとは、色によって表現された香りとの絶対的な近さによらず、イメージに近い香りを選択できると考えられる。

また、評価者の性別に着目すると、確信度について男性の平均が 68.13(標準偏差 18.55)、女性の平均が 68.75(標準偏差 27.16)であり有意な差が認められなかった( $t_{11}=0.057$ ,  $n.s.$ )。このことから性別による差はないことが示唆された。

### 4. 結論

色を説明変数として香りを表現することで、そのイメージを体現できることが示唆された。

表 1. 評価結果

	ユークリッド距離 (評価値-DB値)	香り刺激	確信度 評価	参加者 性別
参加者01	0.982	オレンジ	100	M
参加者02	0.704	パッションフルーツ	96	M
参加者03	1.769	パッションフルーツ	96	F
参加者04	1.657	巨峰	96	F
参加者05	1.439	パッションフルーツ	90	M
参加者06	2.128	サンダルウッド	85	F
参加者07	0.891	緑茶	78	M
参加者08	1.538	パイナップル	77	M
参加者09	2.417	フランボワーズ	75	F
参加者10	1.440	パイナップル	71	M
参加者11	1.198	ラベンダー	70	M
参加者12	1.608	ペパーミント	70	F
参加者13	3.017	フランボワーズ	68	M
参加者14	1.099	パイナップル	66	M
参加者15	1.427	ペパーミント	63	M
参加者16	1.354	オレンジ	63	M
参加者17	1.541	グレープフルーツ	60	F
参加者18	0.840	レモン	56	M
参加者19	2.280	ジャスミン	55	F
参加者20	1.490	ローズ	43	M
参加者21	1.376	グレープフルーツ	41	M
参加者22	1.427	ラベンダー	40	M
参加者23	1.269	バナナ	13	F

### 参考文献

- 1) T. Wakata. & M. Saito(2012), The impression of tones and hue in gradation of Practical Color Co-Ordinate System (PCCS), AIC 2012 Taipei, Taiwan, pp.322-325.
- 2) 若田忠之(2020), 大学生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, 日本色彩学会誌, 44 (3), pp.131-134.

## 色彩語の細分化と翻訳

### Differentiation and Translation of Color Terms

日高 杏子 Kyoko Hidaka

芝浦工業大学

Shibaura Institute of Technology

**Keywords:** 基本色彩語, 翻訳, 細分化.

#### 1. はじめに

基本色彩語の増加には各国の言語に共通した普遍的パターンがあり,増え方は「少→多」である説をバーリン&ケイ(1969)は提示した.[1]その後のバーリンらの発表では,基本色彩語の数とパターンのアップデートがされてきたが,「少→多」については一貫している.本研究発表では,色彩語の細分化と翻訳(日本語→英語)の面からバーリンとケイの説の再検討を試みる.

本研究の目的は,色彩語の細分化と翻訳についての検討を通じ,どの色彩語が細分化,もしくは翻訳されやすく,または,されにくくなっている特徴を見出し,整理する点にある.この検討によって,基本色彩語の成立における新たなパターンの可能性を切り開く方法論を探る.

#### 2. 感覚と言語化に関する研究動向

##### (1) 視覚重視のアプローチに対する批判

バーリン&ケイ(1969)の調査の結論では,赤道に近い場所の言語は基本色彩語が少ないため,文化的に進化していないと示唆した.しかし近年,五感を総合的な角度から分析する感覚研究が盛んになっている.感覚研究の第一人者・人類学者ハウズは,イリヤンジャヤのダニ語を挙げ,視覚よりも感触を重視する例として,色彩語の数で諸言語の進化を一律に測るのは視覚のみに偏ったアプローチであると批判している.[2]

##### (2) 色の概念自体の前提に対する批判

言語は人間の思考を規制するという視点がある.オーストラリア,パプアニューギニア,アフリカには「色」(Colour)という語がない言語が多く存在する,というポーランド出身の言語学者ヴェジビツカは指摘した.英語や日本語,多くの他の言語にとって「色」は判然とした重要な概念だ

が,「色」という概念自体が全世界で普遍ではないと唱えた.「色」という概念がない社会では,必然的に色名という概念も存在しようがない.[3]

#### 3. 研究方法

細分化を調べるために,実際に画像を見て,回答者に選択肢ではなく自由記述させた調査[4]を行った.これとは別で,色名をリスト,その後英訳させた調査も行った.これらの結果から日本語もしくは英訳した色彩語が分散,細分化した内容を検討する.

#### 4. #thedress や類似する画像の色を表現する色彩語と細分化

##### (1) #thedress や類似する画像

インターネット上には,色知覚および色の言語化において極端な個人差が生じる#TheDress やスニーカー,アディダスのジャージの画像が存在する.「黒・青」か「白・金」という回答を制限せず,自由回答形式で回答者に反応してもらうことを通じ,通常組み合わせ以外に,他の色彩語表現の可能性を確認した.13歳から62歳までの203名に対して,3種類の画像における色彩表現に関するアンケートを実施し,男性146名,女性55名(無回答2名)を対象とした.

自由回答形式のアンケートであっても,#TheDressのように,ある程度有名な画像であれば,色の表現が絞られることが予測された.予備知識があると,色彩語の表現が絞られる.

逆に,#TheDressよりも知名度の低いスニーカーやアディダスのジャージなどの画像の場合,回答が分散することがわかった.さらに,先行研究でも指摘された照明の明るさが#TheDressの色相に影響を与えているとすれば,スニーカーやアディダスシャツの画像を利用しても,同様の偏りや分散が見られると考えられる.

参加者には,2020年7月20日から8月5日の

間に、年齢、性別、国籍、出身国、起床時間、睡眠時間、回答時の使用デバイス、照明環境などを google フォームに記入させた。アンケートでは、同じ矢印で示す3枚の写真の色を自由回答形式で答えてもらった。その結果、#TheDress も含め、色の認識や表現にかなりの差が生じた。[4]

## 5. 色彩語の翻訳

### (1) 色名リストと英語への翻訳

2019年9月25日に芝浦工業大学デザイン工学部2年必修「色彩論」の授業内課題として以下の質問を行い、70名が記入した回答を集計した。

- 自分の知っている色の名前をリストしてください。
- また、その色の名前を英語に訳してください。

例 赤 Red

図1 色の名前リスト回答例

日本語色名	英語色名	票数
赤	red	69
青	blue	70
黄色	yellow	70
白	white	69
黒	black	68
緑	green	69
ピンク	pink	48

表1 翻訳語が共通・一定の7色

### (2) 翻訳語が一定

英語への翻訳語が一定な色彩語は、赤、青、黄色、白、黒、緑、ピンクであった。上位6色は、バーリン&ケイの最も新しい基本色彩語の6色と一致した。

### (3) 翻訳語が分散

逆に、英語への翻訳語が分散したのは黄土、朱、黄緑、肌色、水色、赤紫、山吹色、臙脂、こげ茶、紺色、紅色、深緑色であった。日本語で色名が思い浮かんでも、訳語が分散するケースは、黄緑などのように、2つの色名を含む色の場合が多い。

日本語色名	英語色名	票数
黄土	訳語なし	8
	ocher	14
	van dyke brown	1
	yellowish soil	1
	clay	1
	yellow ocher	1
	yellow	1
	brown yellow	1
	dirty yellow	1

表2 最も翻訳語が分散した色名「黄土」

## 6. おわりに

翻訳語と借用語が一定になる色彩語は、基本色彩語と一致した。コミュニケーション手段として確立した色名(基本色彩語)は、同じ英単語に翻訳されることが今回の調査で判明した。反対に、日本語として広まっている色彩語であっても、英訳すると分散する色名も見られた。特に、黄緑のような2色の複合語は訳語の分散傾向が見られた。英訳の色彩語が3つ以上に分散した色名は、必ず「訳語なし」が1つは含まれていた。同じ色を指しても、色名が細かく分かれる原因は、その土地で使われる染料・顔料、特定の感覚へのこだわり、外来語の影響など、いろいろな要素が組み合わさると考えられる。

今後も細分化しやすい色彩語と共通した一定の訳語がつけられる色彩語の比較を進めたい。

### 参考文献

- 1) B.Berlin and P.Kay: Basic Color Terms: Their Universality and Evolution. (1969)
- 2) D.Howes: Sensual Relations: Engaging the Senses in Culture and Social Theory, University of Michigan Pres (2003) 8
- 3) 日高杏子: 色を分ける 色で分ける, 京都大学学術出版会 (2021) 5
- 4) 最上翔太, 関天嘉, 溝上陽子, ながなわ久子, 片山一郎, 大住雅之, 篠田博之, 日高杏子: '#The Dress' 状のウェブ上画像に対する色彩語表現と閲覧環境の調査. (2020) 日本色彩学会令和2年度研究会大会