

日本色彩学会誌 第40巻 第3号 SUPPLEMENT (2016)
Journal of the Color Science Association of Japan, Vo.40, No.3 Supplement

日本色彩学会第47回全国大会 [名古屋] '16 発表論文集
Proceedings of the 47th Annual Meeting

会期：2016年6月4日～5日
会場：名城大学(天白キャンパス)

*

口頭発表：35件
ポスター発表：35件
(カラーデザイン作品発表を含む)



発行

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

目次

Contents

[1A-1]	照明による美術作品の色再現の限界～モナリザの色はどこまで美しくなるか～	1
	The limit of the color reproduction of artworks by illumination	
	中島由貴 (女子美術大学大学院), 淵田隆義 (元女子美術大学大学院) Yuki Nakajima and Takayoshi Fuchida Graduate School of Joshibi University of Art and Design	
[1A-2]	有彩色照明環境における色彩の選好と生理的反応の関係	5
	Relationship between color preferences and physiological responses under chromatic illumination	
	浅野 晃, 中前 徹, 出口絢那 (関西大学), 浅野 (村木) 千恵 (名古屋女子大学), 岡嶋克典 (横浜国立大学) Akira Asano ¹ , Tohru Nakamae ¹ , Ayana Deguchi ¹ , Chie Muraki Asano ² and Katsunori Okajima ³ ¹ Kansai University, ² Nagoya Women's University, ³ Yokohama National University	
[1A-3]	舞台照明の色光情感偏好研究について	9
	Study On People's Emotion Preference Of Colored Lighting In Stage	
	鄭曉紅 (中国人民大学) Zheng Xiaohong Renmin University of China	
[1A-4]	連続的色度変化に対する知覚特性 –異なる色温度における輝度レベルの影響–	11
	Perception of continuous chromaticity change -The effect of luminance levels in different color temperatures-	
	高橋和敏, 川島祐貴, 永井岳大, 山内泰樹 (山形大学大学院) Kazutoshi Takahashi, Yuki Kawashima, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University	
[2A-1]	瞳孔径と光感受性網膜神経節細胞応答を考慮した明るさ知覚の定式化	15
	Formulation of perceived brightness in consideration of ipRGCs and pupil size	
	山川昌彦, 岡嶋克典 (横浜国立大学大学院) Masahiko Yamakawa and Katsunori Okajima Yokohama National University	
[2A-2]	2色覚者色弁別能力模擬機能性分光フィルターの各種条件下での模擬特性 –バリエーション P,D,U の使用条件の検討–	17
	Simulation Properties of Spectral Functional-Filters for Optical Simulation of Dichromats in Color Discrimination under Various Usage Condition —Consideration of Reasonable Conditions in Usage—	
	篠森敬三 (高知工科大学), 宮澤佳苗, 小田博文 (伊藤光学工業(株)), 中内茂樹 (豊橋技術科学大学) Keizo Shinomori ¹ , Kanae Miyazawa ² , Hirofumi Oda ² and Shigeki Nakauchi ³ ¹ Kochi University of Technology, ² Itoh Optical Industrial Co., Ltd., ³ Toyohashi University of Technology	
[2A-3]	低彩度の色刺激が呈示されることによる輝度コントラスト感度の低下	20
	Decrease of luminance contrast sensitivity by presentation of low-saturated color stimuli	
	根岸一平 (高知工科大学 / 金沢工業大学), 篠森敬三 (高知工科大学) Ippei Negishi ^{1,2} and Keizo Shinomori ¹ ¹ Kochi University of Technology, ² Kanazawa Institute of Technology	
[2A-4]	2型3色覚者の色弁別特性における偏心度と視野サイズの関係	23
	Relation of Eccentricity and Visual Angle Size in the Color Discrimination of Color Defective Observers	
	佐藤蒼馬, 矢口博久, 溝上陽子 (千葉大学) Soma Sato, Hirohisa Yaguchi and Yoko Mizokami Graduate School of Chiba University	
[2A-5]	測定条件の違いによる等色関数の妥当性の検証	26
	Examination of Color Matching Functions with Some Conditions of Saturation	
	畠山邦広, 川島祐貴, 永井岳大, 山内泰樹 (山形大学大学院) Kunihiro Hatakeyama, Yuki Kawashima, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University	
[3A-1]	地域特性を活かすための景観計画における色彩規制に関する研究	30
	Investigation of Color control based on Landscape Plan to make use of the regional characteristic	
	成田イクコ (センスアップ・プランニング) Ikuko Narita Sense Up Planning, Ltd	

[3A-2]	積雪寒冷地における道路施設の色彩に関する現状と課題 33 Current Situation and Issues Related to the Color of the Road Attachment Facilities in Snowy Cold Regions 小栗ひとみ, 吉田 智, 佐藤昌哉, 松田泰明 (国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 地域景観ユニット) Hitomi Oguri, Satoshi Yoshida, Masaya Satou and Yasuaki Matsuda Civil Engineering Research Institute for Cold Region	33
[3A-3]	視点移動に伴う景観色彩のまとまり度の変動周期 37 Fluctuation Periods of Landscape Color Unity Index with Moving Viewpoint 近藤桂司 (福山市立大学) Keishi Kondo Fukuyama City University	37
[3A-4]	路面のカラー化の期待される効果と景観上の課題 39 A prospective effect of the colorization of the pavement marking and problem in the scenery 寺倉嘉宏, 池田典弘 (㈱キクテック), 荻野 弘 (豊田工業高等専門学校, ㈱キクテック) Yoshihiro Terakura ¹ , Norihiro Ikeda ¹ and Hiroshi Ogino ^{1,2} ¹ KICTEC INC., ² National Institute of Technology, Toyota College	39
[4A-1]	色とテクスチャーの組合せが及ぼす心地良さへの影響 41 The Effects of the Combination of Color and Texture on the Judgment of Comfort 稲葉 隆 (日本カラーデザイン研究所) Takashi Inaba Nippon Color & Design Research Institute INC.	41
[4A-2]	インテリアファブリックの選択におけるシミュレーションと実空間の印象の差異 43 The difference between the simulation and the real on the choice of interior fabric 小浜朋子, 木下理恵 (静岡文化芸術大学) Tomoko Obama and Eri Kinoshita Shizuoka University of Art and Culture	43
[4A-3]	探索応答時間と一対比較選択率による浴室手摺色選択のための色視認性評価 46 Color visibility evaluated by reaction time of search task and selection rate of paired comparison. 篠森敬三 (高知工科大学), 鈴木敬明, 豊田敏裕 (静岡県工業技術研究所), 中内茂樹 (豊橋技術科学大学) Keizo Shinomori ¹ , Taka-aki Suzuki ² , Toshihiro Toyota ² and Shigeki Nakauchi ³ ¹ Kochi University of Technology, ² Industrial Research Institute of Shizuoka Prefecture, ³ Toyohashi University of Technology	46
[4A-4]	給食用トレイの色が喫食者の視覚的おいしさに及ぼす影響～ロービジョン者・健常者共に快適な色彩の検討～ 50 Psychological effects of meal tray color on visual palatability of meals for both low vision and healthy person 富田圭子, 今井 恵, 山本恵利加, 安岡美穂, 稲村真弥 (近畿大学) Keiko Tomita, Megumi Imai, Erika Yamamoto, Misato Yasuoka and Maya Inamura KINDAI UNIVERSITY	50
[1B-1]	色の三属性が自然画像の弁別と許容に与える影響 52 Influence of Three Attributes of Color on Perceptible and Acceptable Color Difference in Natural Images 濱田一輝, 溝上陽子, 矢口博久 (千葉大学) Kazuki Hamada, Yoko Mizokami and Hirohisa Yaguchi Chiba University	52
[1B-2]	色彩環境における身体運動能力の性差に関する研究 56 The Effects of the Environmental Color Change on the Sexual Specificity in the Ability of the Human Movement 張禎, 邵建雄, 湯海鵬 (愛知県立大学) Zhen ZHANG, Jian-xiong SHAO and Hai-peng TANG Aichi Prefectural University	56
[1B-3]	高齢ドライバの視覚刺激に対する反応特性の検討 58 Response attributes to visual stimulus of the older drivers 山岸未沙子, 田中貴紘, 稲上 誠, 高橋一誠, 武田夏佳, 米川 隆, 金森 等, 青木宏文 (名古屋大学未来社会創造機構) Misako Yamagishi, Takahiro Tanaka, Makoto Inagami, Issey Takahashi, Natsuka Takeda, Takashi Yonekawa Hitoshi Kanamori and Hirofumi Aoki Institute of Future Innovation, Nagoya University	58

[1B-4]	虹の内側は何故紫なのか：紫の心理物理学	62
	The hypothesis that the inner part of the rainbow appears purple: the psychophysics of the purple	
	鈴木恒男(慶應義塾大学名誉教授), 井澤尚子(東京家政学院大学)	
	Tsuneo Suzuki ¹ and Shoko Isawa ²	
	¹ Professor emeritus of Keio University, ² Tokyo Kasei Gakuin University	
[2B-1]	蛍光感知覚における質感対比効果について	64
	Contrast Effect of Textures in Appearance of Fluorescence Colors	
	加藤恵治, 平井経太, 堀内隆彦(千葉大学大学院)	
	Keiji Kato, Keita Hirai and Takahiko Horiuchi	
	Chiba University	
[2B-2]	蛍光物体における発光 PSF の分光計測と CG レンダリングへの応用	67
	Spectral PSF Measurement of Fluorescence Emission and its Application to CG Rendering	
	平石拓未(千葉大学), 平井経太, 堀内隆彦(千葉大学大学院)	
	Takumi Hiraishi, Keita Hirai and Takahiko Horiuchi	
	Chiba University	
[2B-3]	太陽光による退色劣化とその逆変化過程の画像シミュレーション	71
	Simulation of Deterioration Caused by Sunlight and its Reversal Process with Image Processing	
	森脇淳史, 岡嶋克典(横浜国立大学大学院)	
	Atsushi Moriwaki and Katsunori Okajima	
	Yokohama National University	
[2B-4]	照明光源の色によって特徴づけられた色集合を用いた配色の視覚的印象評価	75
	Visual impression of color arrangements selected from a set of colors characterized by colored light	
	杉岡宏輔, 石田泰一郎(京都大学)	
	Kousuke Sugioka and Taichiro Ishida	
	Kyoto University	
[2B-5]	インターネット上の大規模データの解析による色彩調和の特徴検出	77
	Feature Detection of Color Harmony from Large Scale Data on the Internet	
	深井英和(岐阜大学工学部電気電子・情報工学科)	
	Hidekazu Fukai	
	Gifu University	
[2B-6]	色変換による感情表現作品と「原色的な色」の検討 —画像解析の手法を用いて—	81
	A study of Color Fundamentally of Representations on Color Conversion —by Image Analysis Method—	
	金澤律子(東海大学), 高崎いゆき(三菱総研 DCS(株))	
	Ritsuko Kanazawa ¹ and Iyuki Takasaki ²	
	¹ Tokai University, ² Mitsubishi Research Institute DCS Co.,Ltd	
[3B-1]	肌の分光測色の特性理解と日本人女性の長期的な肌色変化	85
	A correction method for skin reflectance obtained with different spectrophotometers and its application: changes in the skin color of Japanese females for 25 years.	
	菊地久美子, 片桐千華(資生堂グローバルイノベーションセンター), 吉川拓伸(株資生堂), 溝上陽子, 矢口博久(千葉大学)	
	Kumiko Kikuchi ¹ , Chika Katagiri ¹ , Hironobu Yoshikawa ² , Yoko Mizokami ³ and Hirohisa Yaguchi ³	
	¹ Shiseido Global Innovation Center, ² Shiseido Co., Ltd, ³ Chiba University	
[3B-2]	素肌における透明感の定量化に寄与するパラメーターの抽出	89
	Translucency parameter of human skin with quantitative evaluation	
	渡部敬二郎, 桜井哲人(㈱ファンケル)	
	Keijiro Watabe and Tetsuhito Sakurai	
	Fancl Corporation	
[3B-3]	メタリック・パール色のマイクロ光輝感測定方法	91
	The Glitter feeling Measurement way of Metallic and Pearlescent Color	
	大住雅之(㈱オフィス・カラーサイエンス)	
	Masayuki Osumi	
	Office Color Science Co., Ltd.	
[3B-4]	座標変換による散乱異方性の計測(3)：光路分割「指数則」からの逸脱とダイヤモンドのカットグレード	95
	Anisotropy in Optical Scattering Measured with Converted Coordinates. (3); Correlation between cut-grade and deviation from “exponential rule” in distribution of scattered light spots.	
	川口昭夫(京都大学原子炉実験所), 二宮洋文(二宮宝石(株))	
	Akio Kawaguchi ¹ and Hirofumi Ninomiya ²	
	¹ Kyoto University, ² Ninomiya Jewelry Co.Ltd.	

[4B-1]	甘さを表す言葉の色彩イメージ調査－日本、中国、韓国の学生を対象として－ 98 Questionnaire Survey of Color Image for Expression of Sweetness -For Japanese, Chinese and Korean Students 清水彩子 (金城学院大学), 栗木千明 (京都府立大学), 宋 榮 (同志社大学大学院), 康 薔薇 (兵庫栄養調理製菓専門学校), In-Sook Lee(Uiduk University), 村元由佳利 (京都府立大学), 松井元子, 大谷貴美子 (京都府立大学大学院) Ayako Shimizu ¹ , Chiaki Kuriki ² , Rong Song ³ , Jangmi Kang ⁴ , In-SookLee ⁵ , Yukari Muramoto ² , Motoko Matsui ⁶ , and Kimiko Ohtani ⁶ ¹ Kinjo Gakuin University, ² Kyoto Prefectural University, ³ Graduate School of Doshisha University, ⁴ Hyogo NCC College, ⁵ Uiduk University, ⁶ Graduate School of Kyoto Prefectural University	98
[4B-2]	日本における色彩論受容の萌芽 100 Beginning of Acceptance of Colour Theory in Japan 國本学史 (慶應義塾大学) Norifumi Kunimoto Keio University	100
[4B-3]	体質顔料がソフトパステルの色に与える影響 102 Effects of Body-pigment on Colors of soft pastel 横田香世 (京都工芸繊維大学), 山登大輔 (王冠化学工業所), 西本博之 (京都工芸繊維大学) Kayo Yokota ¹ , Daisuke Yamato ² and Hiroyuki Nishimoto ¹ ¹ Kyoto Institute of Technology, ² Okan Kagaku Kogyosyo	102
[4B-4]	陰陽五行説の五色と五徳の関係性－冠位十二階における紫の意味 106 The Relationship of Five Colors and Five Virtues in the Yin-Yang Five Elements Theory: The Meaning of Purple in the Twelve Level Cap and Rank System 吉村耕治 (関西外国語大学), 山田有子 (色彩講師・挿絵画家) Kohji Yoshimura ¹ and Yuko Yamada ² ¹ Kansai Gaidai University, ² Color Instructor, Illustrator	106
[P-1]	幼児教育者の色覚異常に関する意識調査と色覚特性推定のためのぬり絵図案の作成 110 Awareness Survey about Color Deficiency to Educator of Infants and Creating a Coloring Pictorial for the Color Vision Characteristics Estimation 桂 重仁 (九州大学大学院芸術工学研究院), 金田恵梨子 (九州大学芸術工学部), 須長正治 (九州大学大学院芸術工学研究院) Shigehito Katsura ¹ , Eriko Kanada ² , Shoji Sunaga ¹ ¹ Faculty of Design, Kyushu University, ² School of Design, Kyushu University	110
[P-2]	2色覚の視点に立ったカラーユニバーサルデザインのための色見本帖 114 Color sample sets based on the viewpoint of dichromats 須長正治, 桂 重仁 (九州大学大学院芸術工学研究院), 玉野由利子, 大井手晴香, 金田恵梨子, 光安祥代 (九州大学芸術工学部) Shoji Sunaga ¹ , Shigehito Katsura ¹ , Yuriko Tamano ² , Haruka Oide ² , Eriko Kanada ² , and Sachiyo Mitsuyasu ² ¹ Faculty of Design, Kyushu University, ² School of Design, Kyushu University	114
[P-3]	香りから想起された配色によるパッケージデザイン 116 Package design with color combination imaged from aroma 多田真奈美 (㈱シック), 市場丈規 (Color Lab. for full Life) Manami Tada ¹ and Takenori Ichiba ² ¹ design office Chic.ltd ² Color Lab. for full Life	116
[P-4]	木曾三川公園 桜堤サブセンター景観デザイン 118 Landscape Design for the Kiso-sansen Park 林 英光 (ランドアート&デザイン), 松原秀樹 (㈱テイコク), 森 旬子 (名古屋市立大学) Hideaki Hayashi ¹ , Hideki Matsubara ² and Junko Mori ³ ¹ Land Art & Design, ² Teikoku International, ³ Nagoya City University	118
[P-5]	西尾市民映画「オシニ」のカラーデザイン 122 Color Design for citizens movie “Oshini” production of Nishio City 石丸みどり (愛知淑徳大学) Midori Ishimaru Aichi Shukutoku University	122
[P-6]	日本色彩学会 第 47 回全国大会 [名古屋]’16 『自然の光, 人工の光』 デザイン制作 124 The Design work for “Natural light, Artificial light” on the 47th CSAJ Annual Meeting in Nagoya 牧野暁世 (鹿児島大学 産学官連携推進センター) Akiyo Makino Kagoshima University Innovation Center	124

[P-7]	パソコンを利用した並置混色によるカラーデザイン その2	127
	Color Design by Juxtaposition Color Mixture Using PCs Part 2 光武智子 (デザインコンサルタント/日本デザイナー学院), 合原勝之 (デザイナー/東京造形大学), 吉澤陽介 (木更津工業高等専門学校) Tomoko Mitsutake ¹ , Katsuyuki Aihara ² and Yosuke Yoshizawa ³ ¹ Design Consultant/Nippon Designers School, ² Designer/Tokyo Zokei University, ³ National Institute of Technology, Kisarazu College	
[P-8]	チョウ目の完全変態による色とパターンの変化を応用したミュージアムグッズの研究	131
	Study of color and pattern in the metamorphosis of Lepidoptera to be applied on the development of museum goods. 山下明美 (岡山県立大学), 武田直子 (モンテレイ工科大学) Akemi Yamashita ¹ and Naoko Takeda ² ¹ Okayama Prefectural University, ² Tecnológico de Monterrey	
[P-9]	自然画像と単色刺激における色覚異常者の色弁別能	133
	Color Discrimination Ability of Color Vision Deficiencies in Natural Image and Monochromatic Stimuli 三原優輝, 溝上陽子, 矢口博久 (千葉大学) Yuki Mihara, Yoko Mizokami and Hirohisa Yaguchi Chiba University	
[P-10]	混同色線理論に基づく白色光による色覚バリアフリー照明の検討	136
	Color universal white illumination based on Confusion color line theory 後河内 鉄, 石井通友 (同志社大学大学院理工学研究科), 坂東敏博 (同志社大学理工学部) Tetsu Ushirogouchi ¹ , Michitomo Ishii ¹ and Toshihiro Bando ² ¹ Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, ² Department of Intelligent Information Engineering and Sciences, Doshisha University	
[P-11]	急峻な多峰性分光分布を持つ色材が一般的な白色照明下で示す色変化	140
	Color change of materials with a multimodal spectral reflectance under general white illumination 石井通友 (同志社大学大学院理工学研究科), 坂東敏博 (同志社大学理工学部インテリジェント情報工学科) Michitomo Ishii ¹ and Toshihiro Bando ² ¹ Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University, ² Faculty of Science and engineering, Doshisha University	
[P-12]	2色配色における印象語と連想語の想起について	144
	Study of frequency in use of impression-words and association-words for two-color combinations 富田沙希 (中央大学大学院), 坂本 隆 (産業技術総合研究所), 加藤俊一 (中央大学理工学部) Saki Tomita ¹ , Takashi Sakamoto ² and Toshikazu Kato ³ ¹ Graduate School of Chuo University, ² National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ³ Chuo University	
[P-13]	ドーム型照明とデジタルカメラを用いた食品色情報の解析	146
	Analyzing Food Color Using Digital Camera and Photo-dome Imaging System 高山正宏, 伊興田浩志, 酒井英樹, 仲森裕司 (大阪市立大学大学院) Masahiro Takayama, Hiroyuki Iyota, Hideki Sakai and Yuji Nakamori Osaka City University	
[P-14]	スイレンのイメージ評価の構造分析	150
	Image structure analysis on flower products 森山なな, 秋田昌也, 川澄未来子 (名城大学) Nana Moriyama, Masaya Akita and Mikiko Kawasumi Meijo University	
[P-15]	リアルな車室内空間の見えるを再現する D-up viewer の開発と色の見えの変化の測定 —内装部品の明度による影響—	152
	Development of D-up viewer for correct color perception —Effect of lightness on car interior parts— 尾山真一, 上原佑太, 川澄未来子 (名城大学), チャンプラパ ポワンスワン (ラジャマンガラ工科大学タニヤブリ校) Shinichi Oyama ¹ , Yuta Uehara ¹ , Mikiko Kawasumi ¹ and Chanprapha Phuangsuan ² ¹ Meijo University, ² Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[P-16]	Indoor illuminance level proper for elderly people to see signs from outdoor.	154
	Chakkapan Pamano ¹ , Mitsuo Ikeda ² and Chanprapha Phuangsuan ² ¹ Faculty of Mass Communication Tech., Rajamagala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand ² Color Research Center, Rajamagala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand	

[P-17]	Whiteness (W) and lightness (L*) relationship	157
	Chanprapha Phuangsuan ¹ , Sayumporn Saingsamphun ² and Mitsuo Ikeda ¹	
	¹ Color Research Center, Rajamagala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand	
	² Faculty of Mass Communication Tech., Rajamagala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand	
[P-18]	アゲハチョウの翅における色彩の調和効果の検討	160
	Consideration of color harmony in the swallowtail butterfly wings	
	梯絵利奈, 笠松慶子 (首都大学東京大学院)	
	Erina Kakehashi and Keiko Kasamatsu	
	Tokyo Metropolitan University	
[P-19]	PCCS 表色系の iPad ディスプレイ上における RGB 値の視感測色 2	163
	A study of visual measurement of PCCS's RGB value on iPad display 2	
	若田忠之, 齋藤美穂 (早稲田大学人間科学学術院)	
	Tadayuki Wakata and Miho Saito	
	Faculty of Human Sciences, Waseda University	
[P-20]	「服の色」と「好きな色」とパーソナリティ特性との関係 –情動性 (情緒安定性) について–	167
	Relationship of “the color of clothes” and “favorite color” and personality characteristics –About the emotionality (emotional stability) –	
	松田博子 (カラーコンサルタントスタジオ), 名取和幸 (日本色彩研究所), 破田野智美 (立命館大学)	
	Hiroko Matsuda ¹ , Kazuyuki Natori ² and Tomomi Hatano ³	
	¹ Color Consultant Studio, ² Japan Color Research Institute, ³ Ritsumeikan University	
[P-21]	水景画の色彩情報・形態情報と描画者のパーソナリティ特性の関係 (2) 中学生データ	170
	Relationship between Color and Form Features of Waterscape Drawings and Drawer's Personality: (2) Data from Junior High School Students	
	三宅理子, 高橋晋也 (東海学園大学), 森 俊夫 (岐阜女子大学)	
	Riko Miyake ¹ , Shin'ya Takahashi ¹ and Toshio Mori ²	
	¹ Tokaigakuen University, ² Gifu Women's University	
[P-22]	FUMIE テストを用いた潜在的色嗜好の測定	174
	Measurement of Implicit Color Preference Using FUMIE Test	
	中村信次 (日本福祉大学), 野寺 綾 (福山大学)	
	Shinji Nakamura ¹ and Aya Nodera ²	
	¹ Nihon Fukushi University, ² Fukuyama University	
[P-23]	リアルタイム緑視率調査システム	177
	Real-time green visibility ratio measurement system	
	土居元紀, 細見勇太 (大阪電気通信大学)	
	Motonori Doi and Yuta Hosomi	
	Osaka Electro-communication University	
[P-24]	綿, 羊毛および絹織物の色柄の色彩およびテクスチャ特徴量による素材判別	179
	Material discrimination of colored patterns for cotton, wool and silk woven fabrics by color and textural features	
	浅海真弓 (大阪成蹊短期大学), 横田裕子 (愛知学泉短期大学), 森 俊夫 (岐阜女子大学)	
	Mayumi Asanomi ¹ , Yuko Yokota ² and Toshio Mori ³	
	¹ Osaka Seikei University Junior College, ² Aichi Gakusen University Junior College, ³ Gifu Women's University	
[P-25]	多階調濃淡画像を用いた OKQT による最適階調推定法の提案	181
	A method for optimizing gray levels based on 18bits-image by Using Oteru-Koshimizu's Quantization Theory	
	武藤功樹, 菊池大悟, 舟橋琢磨 (中京大学), 川澄未来子 (名城大学), 輿水大和 (中京大学)	
	Koki Muto ¹ , Daigo Kikuti ¹ , Takuma Funahashi ¹ , Mikiko Kawasumi ² and Koshimizu Hiroyasu ¹	
	¹ Chukyo University, ² Meijo University	
[P-26]	自然・加工画像への CG 化・模式表現化物体配置による画像注視状態変化に対する画像無彩色化の影響	183
	Influence of achromatizing to gaze-state change by CG objects and schematic objects placed in natural and processed images.	
	中西 冴 (高知工科大学大学院基盤工学専攻), 根岸一平 (高知工科大学/金沢工業大学メディア情報学科), 篠森 敬三 (高知工科大学情報学群/総合研究所)	
	Sae Nakanishi ¹ , Ippei Negishi ² and Keizo Shinomori ³	
	¹ Graduate School of Engineering, Kochi University of Technology, ² Kochi University of Technology / Dept. Media Informatics, Kanazawa Institute of Technology, ³ School of Information / Research Institute, Kochi University of Technology	

[P-27]	UI 設計のための人と人型エージェントの顔色に対する嗜好の比較 187 Comparison of Face Color Preference of Human and Agent for User Interface Design 村松慶一 (埼玉大学大学院理工学研究科), 田和辻可昌 (早稲田大学大学院人間科学研究科), 田中英一郎, 綿貫啓一 (埼玉大学大学院理工学研究科), 松居辰則 (早稲田大学人間科学学術院) Keiichi Muramatsu ¹ , Yoshimasa Tawatsuji ² , Eiichirou Tanaka ¹ , Keiichi Watanuki ¹ and Tatsunori Matsui ² ¹ Saitama University, ² Waseda University	187
[P-28]	好ましい化粧肌の色に関する研究～ 20 代日本人女性を対象として～ 189 Preferred Cosmetic Skin Color of Japanese Women in their 20's 谷川由佳, 駒井香里, 奥田紫乃 (同志社女子大学), 岡嶋克典 (横浜国立大学) Yuka Tanigawa ¹ , Kaori Komai ¹ , Shino Okuda ¹ and Katsunori Okajima ² ¹ Doshisha Women's College of Liberal Arts, ² Yokohama National University	189
[P-29]	解像度の異なる画像間の明暗差分を用いた肌質感解析 191 Analysis on Skin Appearance Using Positive and Negative Residual Features between Skin Images with Different Level of Spatial Resolutions 五十嵐崇訓 (花王(株) スキンケア研究所) Takanori Igarashi Skincare Products Research Laboratory, Kao Corporation	191
[P-30]	背景色が肌の色の見えに及ぼす影響 195 Effect of Background Color on the Appearance of Skin Color 乾 宏子 (アトリエエクリュ), 早川照美, 市場丈規 (Color Lab. for full Life) Hiroko Inui ¹ , Terumi Hayakawa and Takenori Ichiba ² ¹ ATELIER ECRU, ² Color Lab. for full Life	195
[P-31]	NCS 色空間極低彩度領域のパーソナルカラーフォーシーズン分類と配色調和の評価 198 Classification of lowest chromatic colors in NCS color space into four-season colors and examination how those colors are compatible with other four-season colors 高松 操, 石上桂子 (昭和女子大学), 乾 宏子 (アトリエエクリュ), 丸山眞澄 (ルミエールカラーインスティテュート), 市場丈規 (Color Lab. for full Life), 高橋晋也 (東海学園大学) (くらしの色彩研究会) Misao Takamatsu, Keiko Ishigami ¹ , Hiroko Inui ² , Masumi Maruyama ³ , Takenori Ichiba ⁴ and Shin'ya Takahashi ⁵ ¹ Showa Women's University, ² ATELIER ECRU, ³ Lumiere color institute, ⁴ Color Lab. for full Life, ⁵ Tokaigakuen University	198
[P-32]	指で描くパステル画を使った色彩教育例 202 Examples of Color Education Using Finger-drawn Pastel Materials 矢田部倫子, 乾 宏子, 市場丈規 (日本カラーコーディネーター協会) Rinko Yatabe, Hiroko Inui and Takenori Ichiba Japan Color Coordinator Association	202
[P-33]	グラデーションカラースケール® を用いた好印象色の見つけ方 206 How to find suitable colors with Gradation-color-scale® 中川保子, 菊地 希, 島山里枝, 伊藤美代子, 中川絵里香 (日本パーソナルファッションカラーリスト協会) Yasuko Nakagawa, Nozomi Kikuchi, Rie Hatakeyama, Miyoko Ito and Erika Nakagawa Japan Personal Fashion Colorist Association	206
[P-34]	髪質とパーソナルカラー診断結果との関係の検証とそのヘアカラー提案への適用に対する妥当性検証 210 Verification of the relationship with the hair type and the personal color diagnosis result and the verification of the validity for the application to that hair color proposal 中根かつみ (カラータクト・ブランディング(株)/カラーキャリア研究所), 水野安浩 (㈱デンソー) Katsumi Nakane ¹ and Yasuhiro Mizuno ² ¹ Color Tact Branding Corp/ Color Career Institute, ² DENSO Corporation	210
[P-35]	パーソナルカラー診断に基づくヘアカラー提案 (パーソナルヘアカラー) の印象評価による妥当性検証 212 Impression evaluation of the validity of choosing one's most suitable hair color based on the personal color analysis result 笹原鉄平 (中日美容専門学校), 中根かつみ (カラータクト・ブランディング(株)/カラーキャリア研究所), 水野安浩, (㈱デンソー) 林遼一郎, 羽賀汐里, 河島千尋 (中日美容専門学校) Teppei Sasahara ¹ , Katsumi Nakane ² , Yasuhiro Mizuno ³ , Ryoichirou Hayashi ¹ , Shiori Haga ¹ and Chihiro Kawashima ¹ ¹ Chunichi Beauty College, ² Color Tact Branding Corp, ³ DENSO Corporation	212

P-2～P-8はカラーデザイン作品発表
P-8 from P-2 is the Color Design Work.

照明による美術作品の色再現の限界 ～モナリザの色はどこまで美しくなるか～

中島由貴 Yuki Nakajima 女子美術大学大学院 Graduate School of Joshibi University of Art and Design
 澁田隆義 Takayoshi Fuchida 元女子美術大学大学院 Graduate School of Joshibi University of Art and Design

Keywords: 照明, 色再現, 美術作品, 演色性.

1. はじめに

洋画, 日本画のみならず多くの美術作品は, 絵具, 支持体 (キャンバス等), 被覆保護膜に対する光化学的, 大気等による化学的, 熱的影響などによる変退色作用により時間と共に色彩が変化する。変退色作用は主に彩度の低下や黄変化を生じさせるため, 絵画制作後, 数百年を経過した美術作品は元の色とは全く異なる色になる場合も珍しくない。美術作品の鑑賞においては「忠実な色再現」を大前提に考えることが多いが, 変退色した美術作品をできるだけ“元の色”に近い色に再現して鑑賞できれば, 鑑賞の価値観も変わるであろう。たとえば, 欧米では, 光源の分光分布形状を最適化することによって, 美術作品の彩度を増減させる研究¹⁾や, 退色した美術作品の色を退色前の色に戻す研究²⁾などが行われている。

本研究では, 退色した美術作品の色の見えが, 照明光源の分光分布によってどのように変化するかを明らかにすることを目的とし, (1) 岩絵具の実測分光反射率データ, (2) 色再現評価用標準物体色分光データベース (SOCS)³⁾の水彩絵の具, 油絵の具の分光反射率データ, (3) フレスコ画の分光反射率データ⁴⁾を用いて, 美術館・博物館用蛍光ランプ照明下の色を基準としたときの他の光源下の色の変化を色の見えモデル CIECAM02⁵⁾によって求めた。

次にルーヴル美術館所蔵のレオナルド・ダ・ビンチ作“モナリザ”は, 照明光源によって色の見えがどのように変化するかを検証した。公開されている“モナリザ”の実測分光反射率データ⁶⁾を用いて, 多様な分光分布形状をもつ光源で照明された色の見えを CIECAM02 によって予測し, “モナリザ”の色が照明によってどこまで元の色に復元できるのかを検討した。

2. 照明による退色美術品の色復元

Viénot らは退色した美術品の色を光源の分光分布を変えることによって, どこまで色を復元できるのかを検討した²⁾。図1(B)は, 退色した(b)の色が光源の分光分布 (図1(A)) を変化させることで, 退色前のオリジナル品(a)の色にどこまで近づくかを示したものである。その結果, 光源 (d)RCB で照明したとき最もオリジナル品の色に復元できるとした。

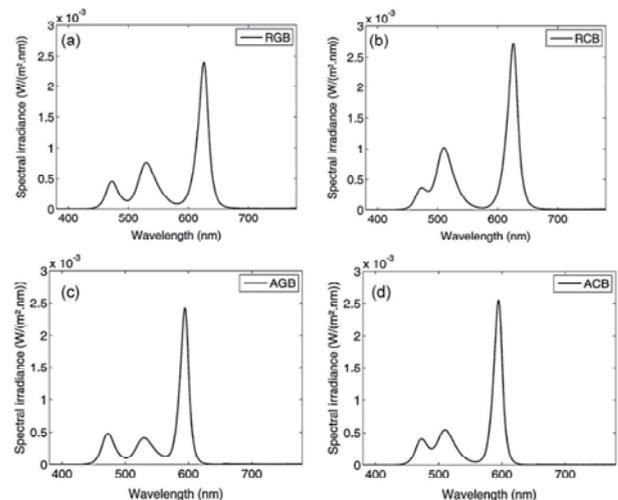


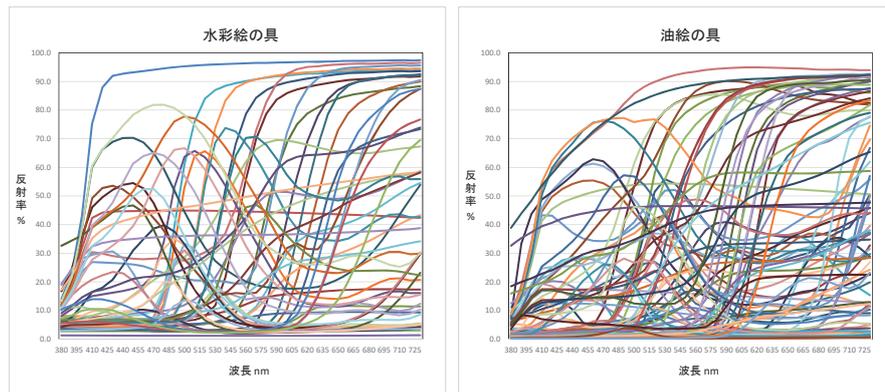
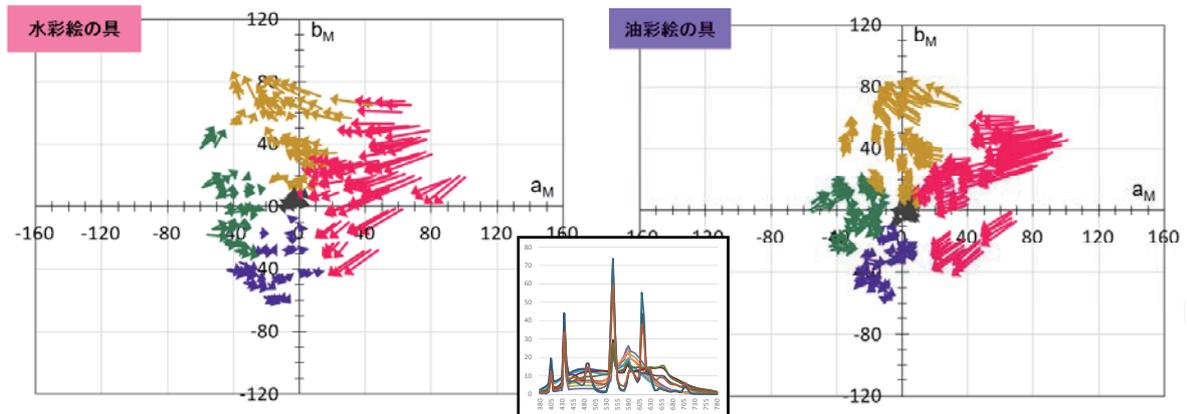
Fig. 4. Spectral power distribution of three-colour LED white illuminations.

図1(A) 退色美術品の色復元のための分光分布²⁾

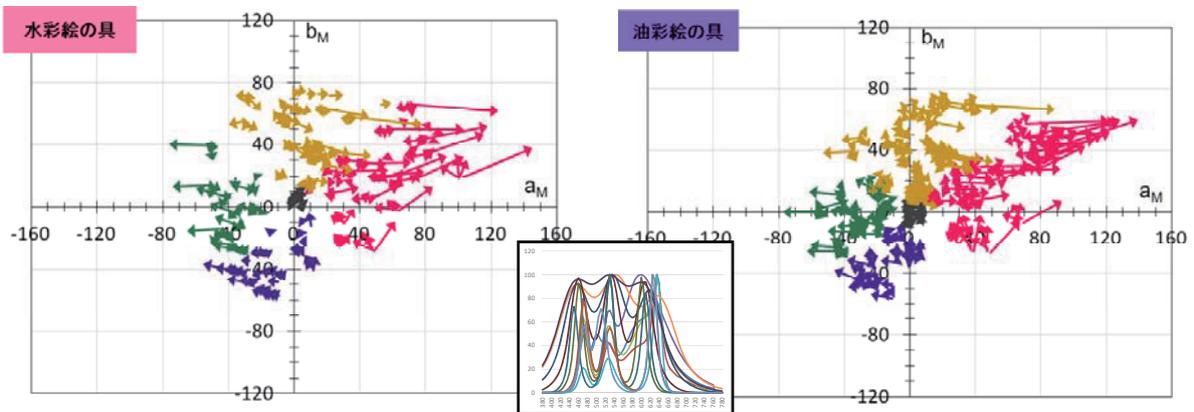


図1(B) 退色美術品の照明による色復元²⁾

(a)オリジナル美術品, (b)退色した美術品
 (c)光源 RGB 照明下, (d)光源 RCB 照明下
 (e)光源 AGB 照明下, (f)光源 ACB 照明下

図2 水彩絵の具および油絵の具の分光反射率³⁾

蛍光ランプ(CIE F1~F12)照明による絵の具の色の見えの変化



単色LED組み合わせランプ照明による絵の具の色の見えの変化

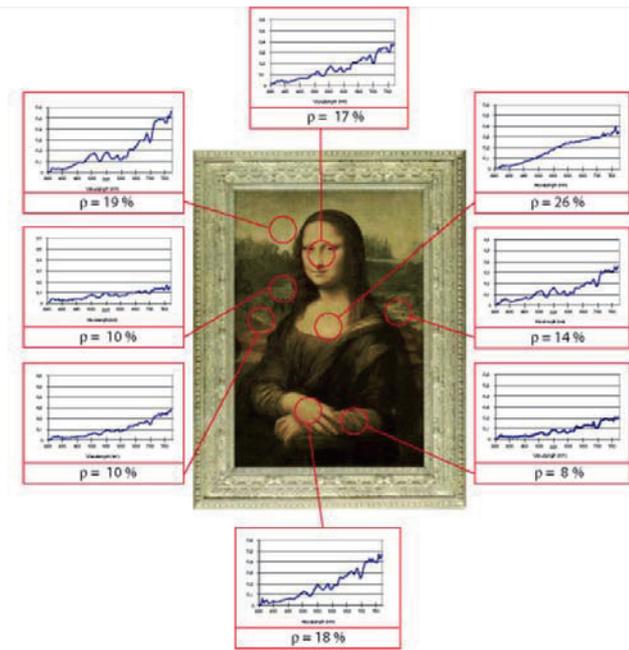
図3 蛍光ランプ、3原色LEDランプ照明による絵の具の色の見えの変化
 基準：美術館・博物館用蛍光ランプ(電球色)照明
 両光源とも 1000 lx で計算

3. 絵の具の色再現

絵画の顔料である水彩絵の具、油絵の具について、照明光源の分光分布で見える色がどのように変化するかを CIECAM02 で計算した。水彩絵の具、油絵の具の分光反射率データは色再現評価用標準物体色分光データベース SOCS を用いた(図2、水彩絵の具 60 種類、油絵の具 91 種類)。図3は水彩絵の具、油絵の具を CIE が定

めた代表的な 12 種類の蛍光ランプ F1~F12、および単色 LED を組み合わせた高彩度演色の LED ランプで照明した場合の見える色を CIECAM02 の $a_M b_M$ 座標に示したものである。図3の矢印は美術館用蛍光ランプ(電球色)との比較を示している。図3に示されるように蛍光ランプと LED ランプでは見える色の变化の傾向が大きく異なり、特に赤色、緑色領域で彩度方向の変化は逆で

ある。すなわち蛍光ランプ照明では水彩絵の具も油絵の具とも見えの色は低彩度になっているが、単色 LED を組み合わせた LED ランプ照明では水彩、油絵の具ともに高彩度に大きくずれている。一方、黄色、青色領域は光源を変えても色の変化は赤色、緑色領域と比較して小さいことが分かる。筆者らの過去の研究結果によれば色の变化(色相, 面積)に対する評価の違いは、赤色が他の色相の色よりも明らかに大きく、絵画の中で赤色がわずかに変化しても、絵画の見えは大きく異なることが示唆される。そのため図3の結果は、光源が変化すると水彩画でも油絵画でも見えの色が大きく変化することを意味する。



“La Joconde - or Monna Lisa” by Leonardo da Vinci, painted between 1502 and 1514, Louvre Museum, Paris, France

図4 モナリザ8箇所分光反射率⁶⁾

4. モナリザの色

モナリザは様々な媒体(美術館, 図録, web 画像など)で見ることができるが、極端に言えば同じ色のモナリザは全くないのではないだろうか。

そこで公開されているモナリザの分光反射率実測データを用いて、モナリザの各種照明下で見えの色を CIECAM02 によって測色計算した。図4はモナリザの8箇所を測定した分光反射率であり、図5は測定8箇所を示している。

図6は美術館用蛍光ランプ(電球色)照明下の8箇所の a^*b^* 値である。図6に示されるように顔や手の肌色、空、川の水の青色など全ての箇所の色は測色的には、低明度の黄色、オレンジ色に集中しており、すなわちほぼ全ての色は褐色である。

このような分光反射率をもつモナリザを照明光源の分光分布を変えることで、空の色は青色に、顔はほのかに赤みをもつ肌色に見せることができるであろうか。

5. モナリザの色の復元

モナリザに関する研究は膨大にあるが、近年、仏研究者 P.Cotte 氏がモナリザをマルチスペクト



図5 モナリザ測定8箇所

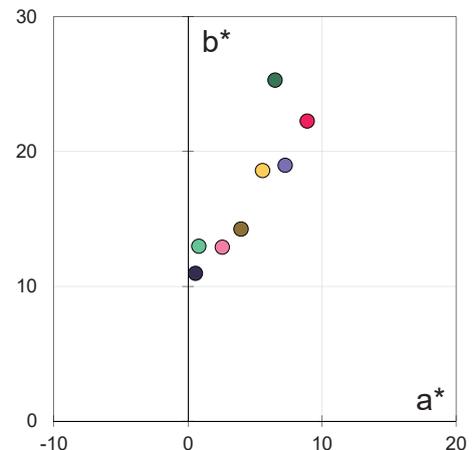


図6 モナリザ8箇所の a^*b^* 値
(美術館用蛍光ランプ 1000lx)

ル分析して、ダ・ヴィンチがモナリザを描いたところのモナリザの色を再現した⁷⁾。図7は雑誌に掲載された P.Cotte 氏の現在のモナリザと再現画である。再現画はダ・ヴィンチが描いた当時の色がみごとに表されており、空の青色、樹木の緑、温かみのある肌色など当時はこのようであったかと想像することができる。また現在のモナリザとして示される図は前述した分光反射率を示す図4と類似している。さらにルーヴル美術館の公式ガイドブックに掲載されたモナリザも褐色化したもので、上記2点と極めて類似している。



図7 P.Cotte氏による現在のモナリザと再現画⁷⁾

P.Cotte氏による現在のモナリザと再現画が掲載された雑誌のモナリザの色(図5の8箇所)を分光反射率測定し、CIE D65照明下の a^*b^* 値を計算した。図8は、現在のモナリザ(青丸)と再現モナリザ(橙丸)の a^*b^* 座標であり、現在のモナリザの色の範囲は、図6で示したモナリザ実測データとほぼ類似していることが分かる。図に示す矢印は測定点ごとの再現画と現在の色を結んだものである。矢印の方向は、モナリザが描かれた当時から現在までの退色の方向を示しており、ニスや保護膜などが変退色により黄変化したことが明確に説明できる。

それでは現在のモナリザの色は、照明光源の分光分布を最適化することでP.Cotte氏の再現画の色のように演色することが可能なのだろうか。図9は、図5に示した分光反射率データを用いて、CIEのF1~F12ランプおよび単色LEDを組み合わせたLEDランプ照明下の $a_M b_M$ 座標の変化を示したものである。矢印の始点は美術館用蛍光ランプ(電球色)であり、蛍光ランプ(F1~F12)照明下、モナリザの色は全体的に黄緑色方向に変化する。また単色LEDを組み合わせたLEDランプ照明下では全体的に赤色方向に変化する。

以上の測色的検討によれば、現在のモナリザの色を光源の分光分布の変化だけで、P.Cotte氏の再現画のような色に演色することは不可能である。

参考文献

- 1) R. S. Berns, CRA, Vol. 36, No. 5, October, 2011
- 2) F. Vienot et. al., J. of Cultural Heritage 12, 2011
- 3) 色再現評価用標準物体色分光データベース, JIS TR 0012:1998
- 4) J. Schanda, et. al., J. Illum. Eng. Soc. NA, 2016
- 5) CIE159:2004:A Colour Appearance Model for Colour Management Systems: CIECAM02, 2004
- 6) M. Fontoynt, BiannualNewsletter2/2005
- 7) P. Cotte *ダ・ヴィンチを知りたい*, p. 4-7, Gakken Book, 2010

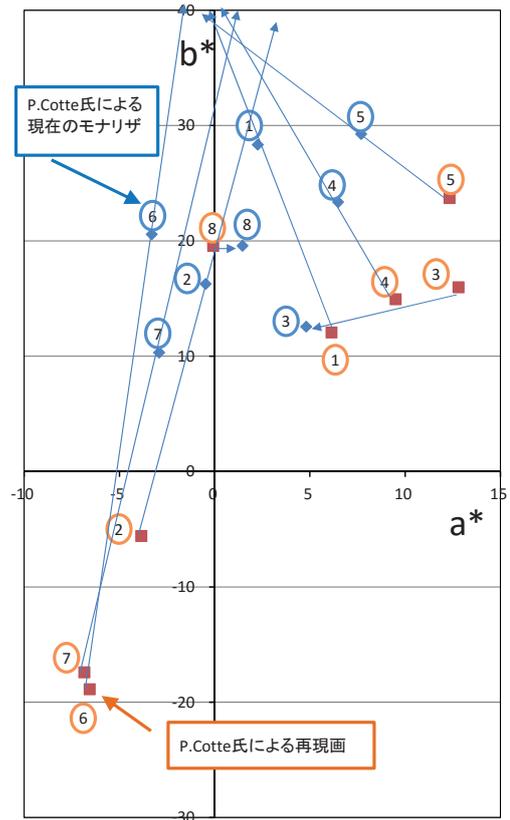


図8 P.Cotte氏による現在のモナリザと再現画の8箇所(図5)の a^*b^* 値

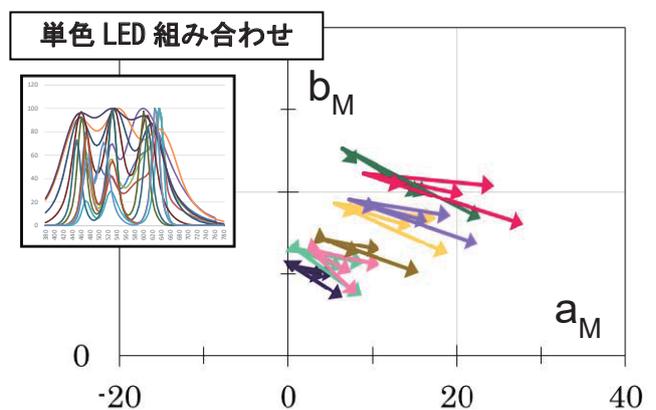
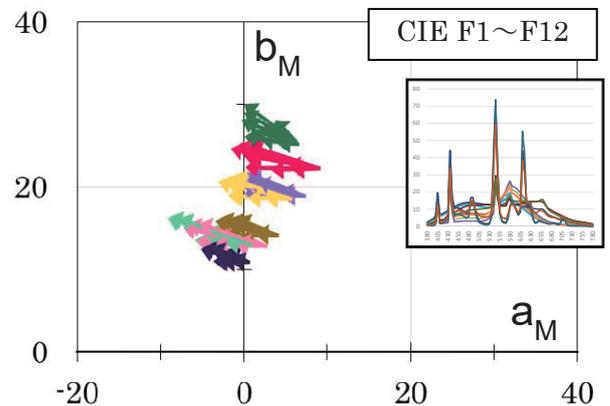


図9 現在のモナリザ8箇所の各種照明による色の見えの変化 (基準:美術館用蛍光ランプ, 1000 lx)

有彩色照明環境における色彩の選好と生理的反応の関係

Relationship between color preferences and physiological responses under chromatic illumination

浅野 晃	Akira Asano	関西大学	Kansai University
中前 徹	Tohru Nakamae	関西大学	Kansai University
出口 絢那	Ayana Deguchi	関西大学	Kansai University
浅野(村木)千恵	Chie Muraki Asano	名古屋女子大学	Nagoya Women's University
岡嶋 克典	Katsunori Okajima	横浜国立大学	Yokohama National University

Keywords: 色彩選好, 有彩色照明, 生理的反応.

好まない色の照明下よりも, 顔の表面温度が有意に上昇していることが示されたので報告する.

1. はじめに

近年, 赤, 緑色の LED に加え青色 LED が開発されたことで, 光の三原色がそろい, それらの組み合わせによりさまざまな色の照明を容易に作りだすことができるようになった. それにともない, 日常生活において多様な色の人工的な光を浴びるようになった. 以前から, とくに建築学の分野で, 色彩環境の心理的・生理的影響は研究されてきている¹⁻³⁾. また, 有彩色光照明のヒトへの心理的・生理的影響に関する研究も古くから行われているが⁴⁾, 近年になって新たな研究成果も報告されている^{5,6)}. 有彩色光照明に関する研究⁴⁻⁶⁾のうち, 文献4)では, 赤・黄・緑・青の照明と不安感の関係を調べ, 赤や黄は青や緑に比べて強い不安感を引き起こすことが報告されている. また, 文献5)では, 各色の照明を比較的長時間(60分)曝露し続けた場合の血圧・脳波を測定することで, 青色には沈静, 赤色には緊張・興奮そして疲労感を与える傾向があることが示されている. さらに文献6)では, 室温と照明の色温度が脳に与える影響を, 光トポグラフィによる脳血流測定で調べ, 計算作業, 記憶作業に対して照明の色温度が影響するのかを考察している.

これらの研究では, 色相など色彩の種類に対して, ヒトがどのような心理的・生理的反応を起こすかに注目している. これに対して本研究は, 色彩の選好に注目して, 各被験者が好む・好まない色彩に対してどのような生理的反応をするのかを調べたものである. 本研究では, 生理的反応, とくに体温と発汗に着目し, 被験者が好む・好まない色彩の光を浴びたとき, 好みの色かどうかによって顔の表面温度や手の湿度に違いが生じるのかを調べた. その結果, 好む色の照明下では,

2. 手順



図1. 簡易暗室と照明.

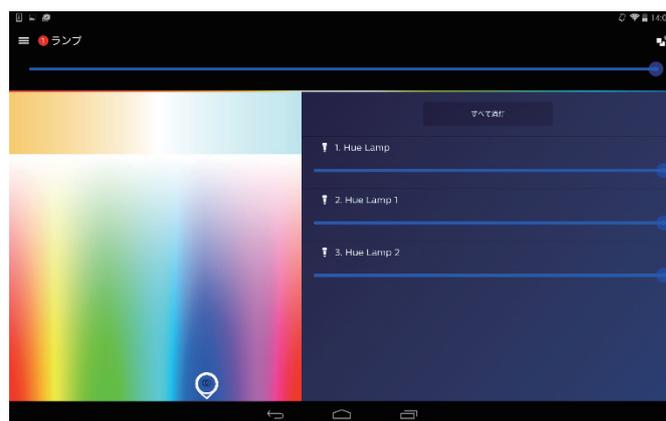


図2. 調光用タブレットの設定画面.

高さ2m, 幅1m, 奥行き1.6mの簡易暗室内に, 有彩色照明と机・椅子を設置した(図1). 有彩色照明は Philips Hue LED ライトで, 3基の照明を

被験者の前方に設置した。さらに、被験者の右前方に FLIR ONE サーマグラフィカメラを設置し、暗室外の記録用タブレット (iPad Air) に接続して、被験者の顔表面温度の測定・記録を行った。また、机の上に電気式湿度計を設置し、被験者がこの上に手を置くことで発汗を測定した。湿度計の測定値は、暗室外に設置した表示装置で読み取った。なお、サーモグラフィや湿度計は、温度や湿度の標準を用いた校正は行っていないので、本研究では測定中の温度・湿度の変化だけを考察するものとした。

実験の手順は以下の通りである。なお、被験者は 18-29 歳の男性 5 人・女性 3 人である。

1. 被験者は暗室の外から照明を見ながら調光用タブレット (Nexus 10) を操作して「好きな色」を設定する。3 基の照明は同じ色に設定される。操作画面を図 2 に示す。
2. いったん消灯し、被験者が暗室に入って暗幕を閉める。被験者は着席し湿度計に手を置く。
3. 「好きな色」で点灯し、10 分のあいだ、サーモグラフィで顔の表面温度変化を記録するとともに、手の湿度を 2 分ごとに計測する。暗室内の気温・湿度も温湿度データロガーで記録する。その後、色彩輝度計 (日本電色工業 NL-1) で照明の色を測定する。
4. 被験者は暗室を出て、10 分以上休憩する。
5. 上の 1.~4. を、「嫌いな色」について行う。
6. 消灯して被験者が暗室に入り、全暗黒のまま 10 分間顔表面温度と手の湿度の測定を行う。

3. 結果

今回、色の選好による有意差が見出された、鼻の頂点の表面温度の 10 分間の変化だけを示す。鼻の頂点を測定場所に選んだのは、どの被験者でも特定が容易だからである。

図 3~5 は、それぞれ「好きな色」「嫌いな色」「全暗黒」の各条件下での、被験者 1~8 の 2 分ごとの顔表面温度の変化を表す。横軸は時間経過 (分)、縦軸は表面温度 (°C) である (折れ線の色は各被験者を区別しやすいようにつけたもので、照明色とは異なる)。表 1~3 は、各被験者についての、「好きな色」「嫌いな色」「全暗黒」の各条件下での、測定開始時と 10 分後の顔表面温度と上昇量、それに、被験者が「好きな色」「嫌いな色」として設定した色の CIELUV 値 (3 基の照明の平均値) である。表の右端に示した色は、

参考のために u 値と v 値からおおまかな色相を示したもので、実際の照明の色とは異なる。

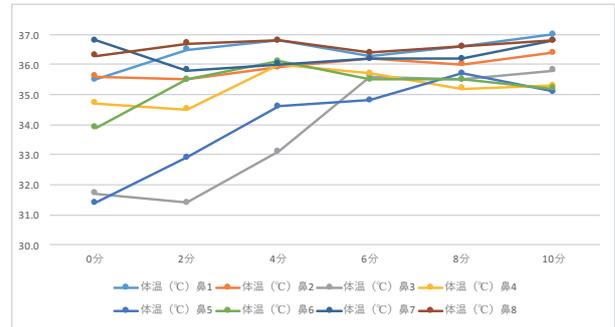


図 3. 「好きな色」の場合の顔表面温度変化.

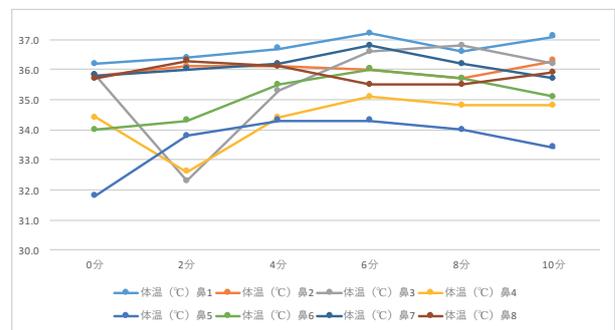


図 4. 「嫌いな色」の場合の顔表面温度変化.

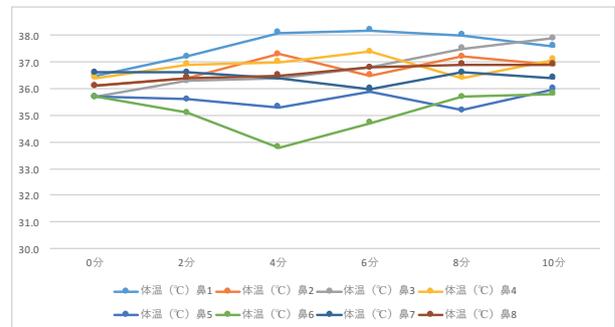


図 5. 「全暗黒」の場合の顔表面温度変化.

表 1. 「好きな色」の場合の測定値.

被験者	温度	温度	上昇量	CIELUV L	CIELUV u	CIELUV v	色相 (参考)
	0分	10分					
1	35.5	37.0	1.5	7.543	0.396	0.534	
2	35.6	36.4	0.8	26.747	0.225	0.479	
3	31.7	35.8	4.1	4.237	0.370	0.317	
4	34.7	35.3	0.6	22.660	0.196	0.555	
5	31.4	35.1	3.7	15.943	0.281	0.548	
6	33.9	35.2	1.3	1.453	0.226	0.128	
7	36.8	36.8	0.0	16.153	0.215	0.565	
8	36.3	36.8	0.5	1.427	0.225	0.137	

表 2. 「嫌いな色」の場合の測定値.

被験者	温度 0分	温度 10分	上昇量	CIELUV L	CIELUV u	CIELUV v	色相 (参考)
1	36.2	37.1	0.9	6.103	0.496	0.525	
2	35.8	36.3	0.5	6.263	0.521	0.521	
3	35.8	36.2	0.4	15.003	0.307	0.532	
4	34.4	34.8	0.4	5.513	0.522	0.522	
5	31.8	33.4	1.6	5.767	0.499	0.525	
6	34.0	35.1	1.1	4.337	0.390	0.326	
7	35.8	35.7	-0.1	6.277	0.515	0.522	
8	35.7	35.9	0.2	5.840	0.401	0.383	

表 3. 「全暗黒」の場合の測定値.

被験者	温度 0分	温度 10分	上昇量
1	36.5	37.6	1.1
2	36.1	36.9	0.8
3	35.7	37.9	2.2
4	36.4	37.1	0.7
5	35.7	36.0	0.3
6	35.7	35.8	0.1
7	36.6	36.4	-0.2
8	36.1	36.9	0.8

4. 考察

(1) 統計的考察

各被験者についての 10 分間の温度上昇量の、「好きな色」－「嫌いな色」での差を求め、『好きな色』『嫌いな色』の両条件下で、温度上昇量に差はない」という帰無仮説を、対応のある片側 t 検定を用いて検定したところ、有意確率は 0.0397 となり、有意水準 5%で『好きな色』での温度上昇のほうが有意に大きい」という結論を得た。また、「好きな色」－「全暗黒」では、有意確率は 0.0523 となり、『好きな色』での温度上昇のほうが有意に大きい」とは、有意水準 5%では結論できなかった。

(2) 各被験者を比べての検討

表 4 は、表 2 と表 3 を組み合わせて、各被験者について「好きな色」・「嫌いな色」の色相と、両条件下での温度上昇量の差を表したものである。ここからわかるように、被験者が「嫌いな色」として設定した色相は、ほぼ赤系統ばかりであった。

表 4. 「好きな色」と「嫌いな色」の色相と温度上昇量の差.

被験者	好きな色相 (参考)	嫌いな色相 (参考)	上昇量の差
1			0.6
2			0.3
3			3.7
4			0.2
5			2.1
6			0.2
7			0.1
8			0.3

一方、「好きな色」の時の温度上昇量が「嫌いな色」の時のそれに比べて目立って大きな被験者 (3,5 番) やいくぶん大きな被験者 (1 番) が、「好きな色」にも赤系統の色相を設定しているのに対して、「好きな色」に寒色・中間色を選んだ被験者 (4,6,7,8 番) では上昇量の差が小さいという傾向が見られる。文献 5)では、赤色には興奮、青色には沈静の効果があることが述べられている。本研究での上記の結果は、「好きな色」が寒色・中間色である場合、「好きな色」の時の温度上昇が寒色・中間色の効果により抑制されるのではないかと考えられる。ただし、2 番の被験者のようにどちらともいえない例もあり、さらなる研究が必要である。

5. おわりに

本研究では、被験者が好む・好まない色彩の光を浴びたとき、好みの色かどうかによって顔の表面温度や手の湿度に違いが生じるのかを調べた。その結果、好む色の照明下では、好まない色の照明下よりも、顔の表面温度が有意に上昇していることを示した。本研究報告は初期的な結果であり、今後、生理的反応のより正確・精密な測定手法を確立すること、色彩の選好の効果と選ばれた色彩による効果の関係を見出すこと、より多数の被験者による実験を行うこと、によって、より正確な知見が得られると思われる。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費 15K00706 および平成 28 年度関西大学研修員研究費の助成によって行った。

参考文献

- 1) 板垣悦子,桜木真智子,高久田明:「五感」と「血圧」の関係(III) 視覚への刺激(色彩の影響), 共立薬科大学研究年報 43 (1998) 29-35
- 2) 伊師真理子,垣鏑直: 室温と表面色の複合条件評価に関する実験的研究: その1 夏期における好みの表面色の評価(人間・生活環境系シンポジウム報告集 27 (2003) 153-156
- 3) 大竹礼子,渡辺仁史,長澤夏子: 室内空間におけるストレスを軽減する色彩環境に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集 II (2007) 21-24
- 4) K. W. Jacobs and J. F. Suess: Effect of four psychological primary colors on anxiety state, *Perceptual and Motor Skills* 41 (1975) 207-210
- 5) 久保博子,井上容子: 有彩色光照明の生理的・心理的影響, 照明学会誌 92 (2008) 645-649
- 6) 廣安知之,田辺竜也,三木光範,横内久猛,吉見真聡: 室温と照明の色温度が脳に与える影響の検討,同志社大学理工学研究報告 51 (2011) 24-32

舞台照明の色光情感偏好研究について

Study On People's Emotion Preference Of Colored Lighting In Stage

鄭 曉紅 Zheng Xiaohong 中国人民大学

Renmin University of China

Keywords: 舞台照明 色光 情感偏好

1. はじめに

人間のもっと豊富な情緒と情感体験が人々にもっと視覚上と心理上の快感を与え、したがって、人々に広く注目されている。舞台照明デザインの中、デザイナーは常に色光で観客の視線を導き、パフォーマンスの時空転換、舞台ショーの光影調和、人物像の塑造、雰囲気を引き立て、集客などを実現し、人々に心を揺さぶるような感動的な視覚効果をもたらす。

照明新技術と新光源の開発と応用に従って、舞台中に使える色光がますます豊富になり、舞台色彩境地の造営に広い空間を提供するようになってきた。しかしながら、色光情感認知法則に対する基礎研究の欠乏のため、色光が舞台光デザインの応用中に大きな盲目性と自由性を持っている。

現在、色光は我が国舞台照明中の応用にまだ自由な発展段階で、要するに、主に個人的な（例えば、照明デザイナー）経験や好みによる設計する。しかし、この経験的な感受は未だに科学的、定量的な方式を表せ、他人にも参考させない。故に、参考性と応用普及性に欠けている。また、舞台照明に純度や明るさの不適切によって、設計はデザイナーの初心と違うことがしばしば現れる。例えば、青い色を深く落ち着いた雰囲気を作りようが、結局、その純度と明るさの不足で、陰惨、隠密な効果を呈するようになった。上述問題の根本的な原因は舞台照明を指導する色光情感研究に基づく理論及び定量的な参考根拠が欠である。舞台照明中色光偏好定量化研究は正しく目下舞台照明の色光応用問題を解決するため有効な方法であり、舞台照明の色光応用の科学的なコントロールと設計に強く指導意味を持っている。

2. 舞台照明と色彩造営方法や色光情感について

時代発展と科学技術の進歩にしたがって、演出照明効果を表現ための物質条件は前より改善された。現在劇場舞台演出の常用の照明設備：投光ランプ、スポットライトやレンズ無しスポットライト、イメージング造型スポットライト、遠距離スポットライト、スライド効果ランプ、パソコンランプ、特殊投影ランプ、補助効果機材や光操作コントロールシステム、カラーライトフィルター等である。

色光情感は人間が色光刺激を受けたら行った内心体験であり、一方、色光偏好は則ち一種の高級的な色光情感の描きである。両者ともは舞台照明全体評価中、照明美感体験に対することである。しかしながら、色光情感及び偏好そのものの複雑性と不直接性によって、舞台照明デザイン応用中にそれらを易しく身につけなければならない。調和できない、不適当な状況がよく出てきて、さらに視覚上と心理上から観客の鑑賞を邪魔するかもしれない。それでは、いかに色光情感及び偏好を一種の定量化、直観化の方法を描きか、またどのように便利的に舞台照明と結びかが現在早急に解決しなければならない問題である。

3. 主要な研究内容と結果分析について

色光の合理的な運用は舞台照明デザインにおける全体定位、雰囲気造営、スタイルの確定などの方面に欠けない地位を持っている。本課題は現在なお経験的な舞台照明の色光応用の現状に対して、色光情感及び偏好の定量化研究によって、光源色の直観的な表現ルールを見つけ、またそれらをもって舞台照明デザインを指導する。つまり、実験室に模擬された色光から生ずる心理感覚傾向性に対する基礎的な研究を行い、色光情感の定量化を完成する。舞台照明中の色光情感偏好についての定量化の研究は舞台照明にかなり高い芸術表現を実現し、人々に心を揺さぶるような感動的な視覚芸術効果をもたらす。

適当な舞台色光、雰囲気を造営することなどに重要な指導意味を持っている。

- 1) 色光の出力装置と色彩還元及び視覚還元の特性公式を築き、色光出力装置の定量化標準を完成する。
- 2) 典型的な色光指標母数を選び、色刺激出力の参考根拠として、色光出力装置の再現色域に真の色光を再現還元する。
- 3) 色光情感の主観的特性から着目、本研究に適用する主観評価の情感尺度、受試者及び実験組織方式を検討、確定する。
- 4) 実験室条件で、単一色光刺激による喚起された色彩情感及び嗜好に対する定量的に測量する。
- 5) 因子分析、相関分析、回帰分析などの方法を運用し、評価結果に統計分析を行い、色光評価に適用する色彩情感因子を得て、色光情感と色光属性の間の定量化関係を図表などの方式で直観的に転化し、CIE Lab 均等色空間 L, H, C の色光情感と嗜好に基づき、初歩的に量化モデルを建立する。

実験結果分析を通じて、いくつかの結論が得られる:

- a) 実験データをサンプル性別、専門、地域という差異で組み分けて討論し、結果的に、性別、専門差異が色光情感評価結果に顕著な影響がなかった。しかし、地域差異は(現代的—伝統的)、(上品—卑俗)、(平常的—不平常的)などの情感尺度に影響を与えている。
- b) 選用された16ダブルの情感尺度に因子分析を行い、(力強い—優しい)、(明晰—曖昧)二つの情感変量を除いて、三つの単一色光情感因子: 色光活動性情感因子(Adaptability)、色光評価性情感因子(Evaluation)、及び色光適応性情感因子(Adaptability)、また 70 の色光刺激がこの三つの情感因子空間中の分布状況を図で直観的に現れた。
- c) 相関分析で色光属性(明度、彩度、色相)の色光情感に対する影響を分析した。結果によって、本研究中に色光の明度は色光情感に対する影響が一番大きい、次は色光の彩度、色相の影響が相対的に小さいことが発見した。
- d) 赤、オレンジ、黄、緑、青、藍、紫七種色相の色光をそれぞれに対象られ、色光明度、彩度の情感影響に対する分析を行い、本研究の実験結果を総合的統計し、毎種の色光の情感を導く光度参考標準を与えた。

- e) 色光属性と色光情感の関係に対するさらに分析し、直観的な統計図で色光情感分布と色光属性の間の規律を見つけ、回帰分析方法で分別に三つの情感因子及び三つの因子の中に典型的情感尺度の、心理計量尺度に基づく量化学予測モデルを得られた。それらは実際色光情感の予測に科学的便利な方法を提供している。

4. まとめ

本課題の続きとして、今後はインターネット上の大きいデータを通じて、もっと確実な色光情感嗜好の定量化データを得て、色光情感認知法則研究に基づく色光配色ソフトを開発、また舞台照明の色光デザインに応用、よりよい舞台効果を実現、もっと明確に情感を伝える。そうしたら、光・色彩が一種の言語として、雰囲気を引き立て共鳴させ、もっといい舞台空間雰囲気を実現、観客にストーリーによりふさわしい光影環境を作られる。色光感受系統の確立はまさに大量の舞台劇の繁栄を促進、伝統芸能の変革を刺激、また新型の文化産業の隆隆な発展を推進する。一種の全面的、系統的、科学的で、国際標準化要求に従うのみならず、中国文化の内包された色光配色ソフト系統を建立する。これは伝統舞台照明の色彩文化遺伝子の保存、文化表現権利の実現、そして文化創意産業への推進、また中国舞台の色彩文化に対する感受と認識を強めることにとっては現実的な意味を持っている。

参考文献

- <1> Spearman, C. General intelligence: Objectively determined and measured. *American journal of Psychology*, 1904, 15, 201-293.
- <2> Osgood, C. E., Suci, G. J., Tannenbaum, P. H. *The measurement of meaning*. University of Illinois Press, 1957, 31-75.
- <3> Eysenck, H. J. A critical and experimental study of colour preferences. *The American Journal of Psychology*, 1941, 54-385

連続的色度変化に対する知覚特性 -異なる色温度における輝度レベルの影響- Perception of continuous chromaticity change -The effect of luminance levels in different color temperatures -

高橋和敏	Kazutoshi Takahashi	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
川島祐貴	Yuki Kawashima	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
永井岳大	Takehiro Nagai	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
山内泰樹	Yasuki Yamauchi	山形大学大学院理 工学研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University

Keywords: 有機 EL(OLED)照明, 角度依存性, 連続的色度変化.

1. はじめに

近年, 有機 EL 技術を用いた「有機 EL(Organic Light Emitting Diode: OLED)照明」が次世代の照明として注目を集め, 研究されている.

OLED 照明は「面発光」「薄型」「フレキシブル」「低発熱」といった, 従来の照明とは異なる利点となる特性を多く持つ. しかし, 一般的な照明として好ましくない特性を併せ持っており, その一つが「角度依存性」である¹⁾. これは観察角度によって色度が連続的に変化する特性であり, 薄膜の干渉性に起因する. 実際の OLED パネルでは, 各社ともに表面にフィルムを貼るなどして, 角度依存性の低減に努めているが, 完全には除去しきれていない. 一般的に, 照明は観察角度に依存せず一定の白色光を提供すると考えられているため, このような色度変化は照明利用において好ましくない. そのため, 照明の性能評価において, 本性能は重要な項目の一つとして考慮されるべきである. またその性能評価は物理的な測光で指標化可能なことも重要であるが, それが「人間の知覚」を反映したものである方が望ましいと考えられる. しかし, 未だ明確な指標への反映に至っていない.

OLED 照明の角度依存性の定量化にあたり, 実際のパネルを用いて主観評価実験を行うのが望ましいが, 特性の異なる多数のパネルが必要であり, 現実的ではない. そこで先行研究では, 角度変化に起因する連続的色度変化を「時間的色度変化」に置き換え, 色度のみが変化する動画刺激をディスプレイ上に模擬刺激として呈示し, 主観評

価実験を行った²⁾. しかし実際のパネルでは, 角度変化と共に輝度及び可視面積が変化し, また任意の方向から観察しながら評価することも考えられる. そこで, 現在ではそれらの変化パラメータを考慮し, コントローラの操作によって, 任意の角度を観察可能なシステムを作成し, 連続的色度変化知覚の調査を進めている.

これまでの研究では, OLED 模擬刺激の基準白色を 1 つに限定し, そこから複数の色相方向への変化に対する知覚特性を調査してきた. しかし, 現在の照明用 OLED パネルにおいて, 電球色, 白色, 昼白色等, 様々な色温度のパネルが製造されている. 従って, 角度依存性の定量化に向け, 白色点の色温度の違いによる連続的色度変化知覚への影響を調査する必要がある. また, 3000 cd/m² 近い実際の OLED パネルの輝度条件で, ディスプレイを用いた実験を行うのが困難であるため, 複数の輝度レベルで実験を行いその傾向を調査する必要がある.

そこで今回は, 白色点の色温度が, 連続的色度変化知覚に対し異なる影響を及ぼすのか, また, それらにおける輝度レベルの影響を調査することを目的とした.

2. 実験

異なる輝度レベル, 異なる白色点からの連続的色度変化知覚を調査するため, 4 つの白色点, 3 つの輝度レベルの刺激を用い, ディスプレイ上で主観評価実験を行うことで条件の違いによる知覚への影響を調査した.

2. 1. 刺激

作成した OLED 模擬刺激を図 1 に示す. 使用

色空間はCIELABを採用し、白色点(原点)はCIEで定められた以下の基準白色点

- ・ A(2856K, $x=0.44757$, $y=0.40745$),
- ・ F2(4230K, $x=0.37208$, $y=0.37529$),
- ・ D₅₀(5003K, $x=0.34567$, $y=0.35850$),
- ・ D₆₅(6504K, $x=0.31271$, $y=0.32902$),

を採用した(図2). 各サンプルは実際のパネルの色度変化軌跡を8色相方向に複製したものである. パネル観察角度0度(パネルを正面から見た時)の色度が原点であり, そこから刺激の端点である90度(-90度)までの色度変化軌跡を示している. 呈示刺激の形状は, 観察角度0度の時, 視野角4.5度の正方形刺激, 観察角度変化に伴い実際のパネル観察時の可視面積変化を模擬し, 各角度に対しパースを与えた. これを図3に示す.

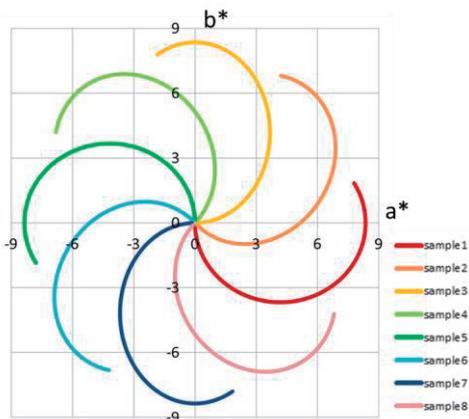


図1 刺激色度(変化軌跡)

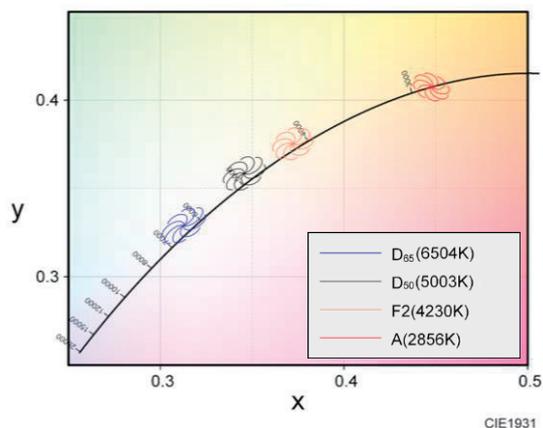


図2 刺激色度(白色点)

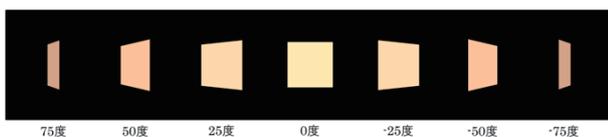


図3 可視面積変化

この刺激は, コントローラによって観察角度を操作し, 任意に変化させることができた.

2. 2. 実験環境

実験は暗幕で覆われたブース内で行われた. ブース内は D₆₅ 蛍光灯で照らされており, 液晶ディスプレイ(EIZO ColorEdge CX240)(DESIGN W210F20-IS-A3HB[300 cd/m²用]), 及びキーボードを設置した. ブース内照度はキーボード付近で約 150lx, 視距離は約 1m に設定した.

2. 3. コントローラ

ディスプレイに呈示される刺激の色度を変化させるためのコントローラとして, 照明パネルに形状の近いタブレット端末(Google Nexus7(2012))を使用した(図4).

端末に備わっている方位角センサの値を利用して, Bluetooth によるシリアル通信にて PC に現在の観察角度の値を送信した. 使用方法は, 端末を両手で持ち液晶が自身に向くよう, 体の正面に垂直に構えた状態を 0 度とし, 左右-90 度から 90 度まで回転させ操作する. Bluetooth のリアルタイム通信により端末の回転角度に連動してディスプレイ上の刺激が回転し, 所望の連続的な刺激色度変化を観察できる.



図4 コントローラ

2. 4. 被験者

被験者は正常色覚の 20 代男性 4 名であった.

2. 5. 実験方法

実験の流れを図4に示す. 実験手法は ME 法を用いた. 被験者はブース内で照明に 3 分間順応後, キーボードの任意のキーを押下し実験開始する. 被験者はディスプレイに呈示された刺激の色度変化を自由に操作・観察し, 知覚した連続的な色度変化の大きさを点数で応答する. 正面色度(0 度)を基準とし, 色度変化を知覚できない場合 0 点, 色度変化を大きく知覚すればするほど大きな点

数を応答するように指示した。実験は、輝度レベル毎に行い、4 白色点 8 色相方向の 32 刺激を、それぞれ 6 回繰り返し点数付けした。点数付けの上限は定めず、はじめの 32 試行を被験者内の基準を決める練習試行とした。刺激の呈示順番はランダムであり、32×6 試行後、休憩を挟み輝度レベルを変えて計 3 回実験を行った。個々の試行中での、刺激観察時間に制限は設けなかった。

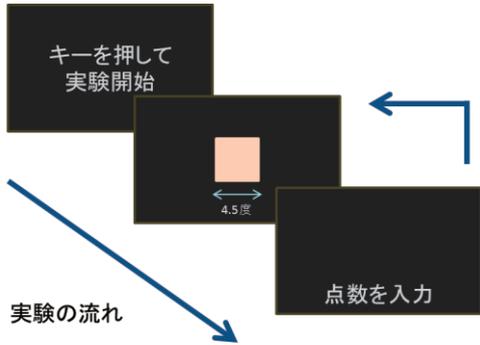


図 4 実験の流れ

3. 実験結果

実験で得られたデータは、6 回繰り返しの後半 5 回の評価値をサンプル毎平均した。また、個人間で上限が異なるため、平均 0 標準偏差 1 の z-score に正規化を行った。

3. 1. 色温度間比較

輝度レベル毎、異なる白色点間における連続的色度変化知覚を比較する。図 5 に 4 つの白色点における 8 サンプル平均の z-score を示す。図からわかるように、50 cd/m², 100 cd/m² において白色点 A と D₆₅ 間で有意に差があった。300 cd/m² においても同様に z-score の増加が見られた。従って、輝度レベルに関わらず、低色温度の白色点を基準とした連続的色度変化に比べ、高色温度を基準とした色度変化を知覚しやすい傾向があると考えられる。

次に、各白色点におけるサンプル毎の z-score の比較を図 6 に示す。3 つの輝度レベルで共通して白色点 A の sample7(-b*方向に大きく変化する刺激)に対する感度が極端に低く、異なる白色点間で有意差が見られた。従って、図 5 で見られた色温度増加に伴う z-score の増加は、これに依るところが大きいと考えられる。対して、sample1,2,3,4,8 (+a*, +b*方向に大きく変化する刺激)において白色点間の大きな差が見られなかった。このことから、基準白色点の違いによって色度変化知覚に影響を与える色相方向と、そうでない色相方向があることが考えられる。

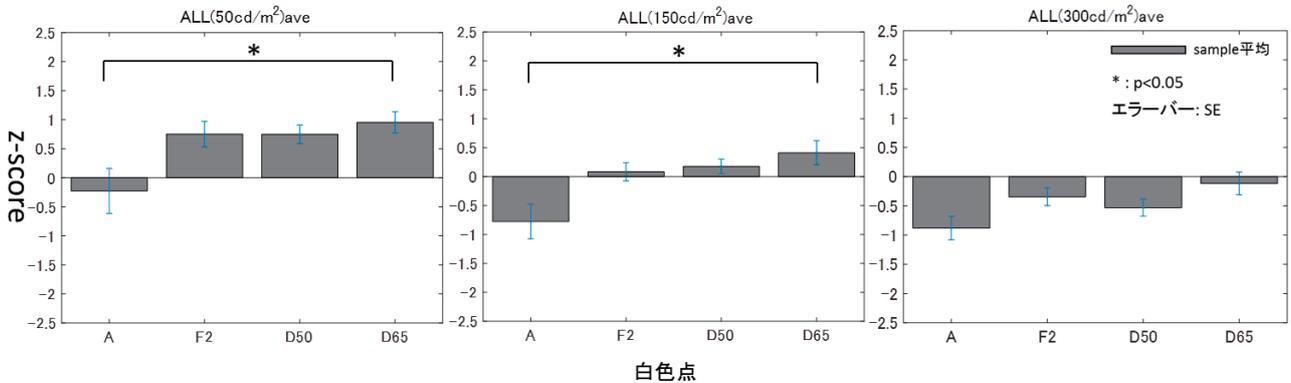


図 5 色温度間比較(サンプル平均) z-score が大きいほど色度変化を大きく知覚

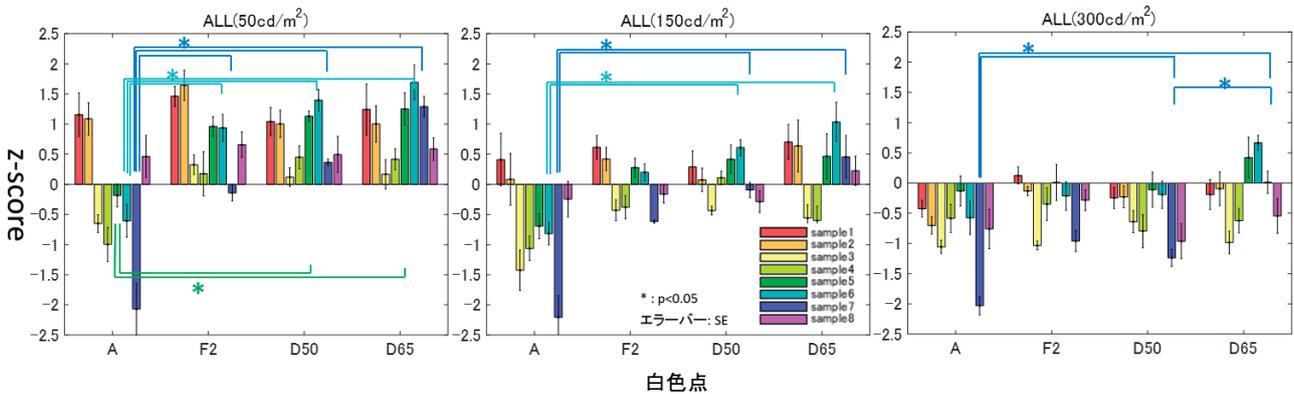


図 6 色温度間比較(各サンプルの比較)

3. 2. 輝度レベル間比較

基準白色点毎,異なる輝度レベル間における連続的色度変化知覚を比較する. 図7に3つの輝度レベルにおける8サンプルのz-score平均を示す. 図から,基準白色点 F2, D₅₀, D₆₅において,輝度レベル間で有意な差が見られた. 従って,輝度レベルの増加に伴い感度が低下する傾向があると考えられる. また白色点 A においてもわずかながら同様の減少傾向が見られた.

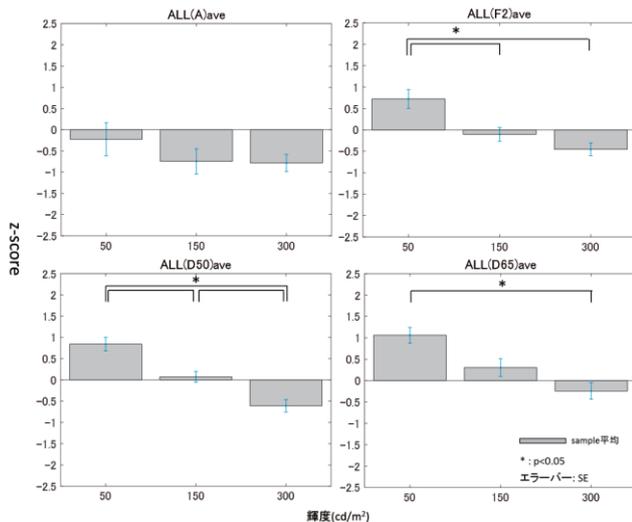


図7 輝度レベル間比較(サンプル平均)

4. 考察とまとめ

本研究の結果から,連続的色度変化知覚において,輝度レベル増加に伴い感度が減少する傾向,白色点の色温度の増加に伴い感度が増加する傾向,及び白色点によって各変化色相方向に与える影響が異なることが確認された.

輝度レベルに依存した感度の減少は,以前調査した D₅₀ 基準における時間的色度変化に対する知覚閾値楕円の輝度依存性³⁾と,同様の結果が得られており,今回,異なる白色点においても類似した傾向が確認できた. しかし,白色点 A において有意差が見られなかったことから,色温度の異なる白色点間で輝度レベルの影響の大きさが異なる可能性が考えられる.

色温度間比較の結果の考察のため,単純な色弁別閾値である MacAdam 楕円を,今回用いた4つの基準白色について図9に示した. 4つの基準白色点における MacAdam 楕円を比較すると,色温度の増加に伴い閾値が狭まり,感度が増加している. これは今回の連続的色度変化知覚の結果と同様である. また,白色点 A の閾値楕円は他の楕円

に比べ b*軸方向に大きく伸びている. 今回の実験結果を見ると,これは,全ての輝度レベルで白色点 A における sample7(-b*方向に大きな変化)の感度が,他と比べ有意に小さいことが確認されたことと一致する. 従って,異なる白色点における連続的色度変化知覚は,単純な色弁別の特性と似た傾向を示すことが確認された. これは, OLED パネルの複雑な色度変化に対する知覚が,単純な色弁別特性で説明できる可能性を示唆している. しかし先行研究⁴⁾において,白色点 D₅₀ を基準とした時間的色度変化の知覚閾値楕円と, MacAdam 楕円間で,傾きや a*b*軸方向の感度比に有意差が確認されていることから,色温度間の傾向も等価と断定できない. 連続的色度変化の知覚特性を調査する上で,この色弁別特性との関係は重要であると考えられる.

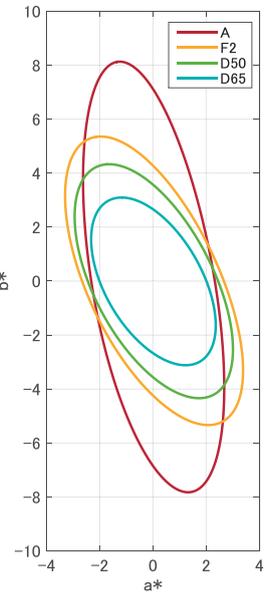


図9 MacAdam 楕円

本研究では,連続的色度変化に対する色温度間・輝度間・変化色相方向間の大まかな傾向を確認できたが,詳細な関係性・知覚特性を明らかにできていない. 最終的な目標である OLED パネルの角度依存性の定量化のために,単純な色弁別特性との等価性を含め,連続的色度変化に対する知覚特性のさらなる調査が必要である.

1) Kido, J., Kimura, M and Nagai, K.: Multilayer White Light-Emitting Organic Electroluminescent Device., *Science*, 267 no. 5202, 1332 (1995)

2) Yamauchi, Y., Itayama, T., and Hirasawa, M.: Perception of the color change of temporally modulated stimuli, *CIC20*, 226 (2012)

3) 高橋和敏, 川島祐貴, 永井岳大, 山内泰樹: 照明学会有機EL照明パネル色度の角度依存性に対する知覚特性—時間的色度変化における知覚特性の輝度依存性—. 照明学会平成27年度全国大会, 平成27年度照明学会全国大会講演論文集 0620, (2015)

4) 板山卓也, 川島祐貴, 永井岳大, 平澤正勝, 山内泰樹: 時間的色度変化に対する色弁別閾値の測定. 日本視覚学会2013年夏季大会, *VISION*, 25(3), 143 (2013)

瞳孔径と光感受性網膜神経節細胞応答を考慮した 明るさ知覚の定式化 Formulation of perceived brightness in consideration of ipRGCs and pupil size

山川 昌彦 Masahiko Yamakawa 横浜国立大学大学院 Yokohama National University
岡嶋 克典 Katsunori Okajima 横浜国立大学大学院 Yokohama National University

Keywords: 明るさ知覚, 光感受性網膜神経節細胞.

1. はじめに

昨年, 我々は光感受性網膜神経節細胞(ipRGC)が関与する光刺激の輝度に対する明るさ知覚の定式化について報告した¹⁾. Silent substitution法を用いて杆体, 錐体への刺激を一定にしたままipRGCへの刺激量が異なる光刺激を周辺視で呈示し, magnitude estimation法で知覚した明るさを数値化した結果, 呈示した光刺激の輝度値が同一の場合においてもipRGC作用度が異なると知覚される明るさが異なり, ipRGCは明るさのゲインを変えている可能性を示した. しかしながら, 前研究では瞳孔サイズの影響を考慮していなかったため, 本研究ではipRGCの明るさ知覚に対する寄与機構を解明することを目的とし, 各刺激下での瞳孔径の測定も行い, 入出力(光量—明るさ)関係をさらに精度よく解析した.

2. 方法—瞳孔径測定—

刺激は前回の明るさ知覚実験で使用したものと同一で, 6色プロジェクターで生成した7種の異なる分光分布(図1)の光(xy色度はそれぞれ0.328, 0.326)を, 輝度範囲20~120cd/m²であった. 刺激サイズ5°の光を右眼に鼻側7°の位置に呈示した. 瞳孔径の測定にはView Point EyeTracker(Arrington Research社)を使用し, 両眼の瞳孔径を測定した. 被験者は前回の明るさ知覚実験と同一な9名で全員色覚正常であった. 実験前に「国立大学法人横浜国立大学ライフサイエンス研究等の実施に関する規則」に則り, 被験者から実験参加の同意を得た. 実験は, 5分間の暗所安静後, 10秒暗所, 5秒刺激呈示, 45秒暗所を1回の測定トライアルとし, それを繰り返すことで全刺激での測定を実施した. 測定開始時10秒間の平均瞳孔径に対する, 各光刺激下での瞳孔径の測定結果を「瞳孔径比率」として%で示す.

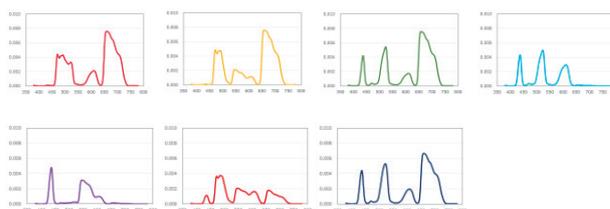


図1 呈示した光刺激の分光分布
縦軸は放射輝度(W/sr/m²/nm), 横軸は波長(nm)

3. 結果

図2に瞳孔径実験結果のグラフを示す. 横軸は刺激の輝度値, 縦軸は瞳孔径比率を, エラーバーは標準誤差を示す. また, シンボルの色は分光分布の違いを示しており, 図1の色と対応している.

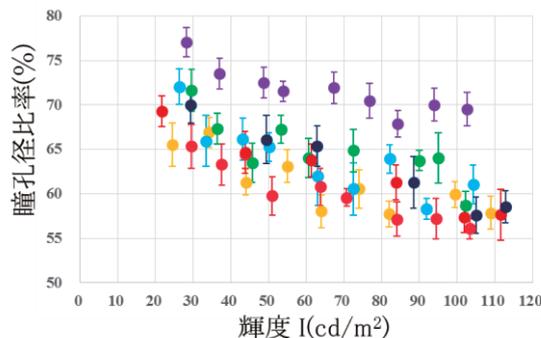


図2 各光刺激下での瞳孔径比率

どのシンボルの結果も, 輝度が増大するにつれて瞳孔径比率は小さくなっているが, 同一輝度でも分光分布(シンボル)によって瞳孔径比率が異なることがわかる. これは, ipRGC作用度によっても瞳孔径が変化することを示しており, ipRGCが瞳孔反応を制御しているという報告と一致している²⁾.

4. 解析

解析を行うにあたり、以下の指標を用いた。

- 光刺激輝度
 $I = 683 \times \int V(\lambda) P(\lambda) d\lambda$
 ここで $P(\lambda)$ は各呈示光の分光放射輝度
 (W/sr/m²/nm)
- ipRGC作用度比
 $i = \int i(\lambda) P(\lambda) d\lambda / (683 \times \int V(\lambda) P(\lambda) d\lambda)$
 ここで $i(\lambda)$ は ipRGC 分光感度
 すなわち分光分布形状に固有の値
- ipRGC作用度
 $j = \int i(\lambda) P(\lambda) d\lambda$
- 瞳孔径比率 D

1) 瞳孔径比率 vs. ipRGC 作用度

ipRGC 作用度に対する瞳孔径比率をプロットした(図 3)。瞳孔径は輝度レベルに依らず、ipRGC 作用度で決定されることを示唆している。

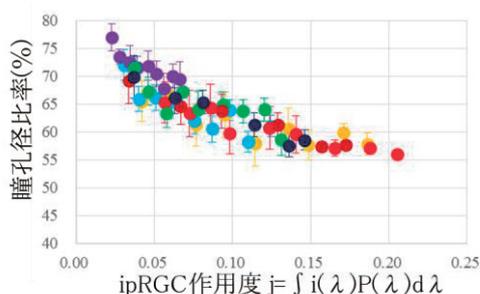


図 3 ipRGC 作用度に対する瞳孔径比率の関係

2) 明るさ応答 vs. 輝度

前回の報告¹⁾で明るさ応答は輝度に対するべき乗則でフィッティングでき、ipRGC 作用度とべき数が線形関係であることを示した。今回、網膜での光強度に対する明るさ応答の関係を調べるため、横軸を網膜到達光強度を考慮して輝度(cd/m²)から輝度 $\times D^2$ に置き換え、フィッティングを行った。図 4(a)に明るさ応答を、図 4(b)に ipRGC 作用度比とべき数の関係を示す。

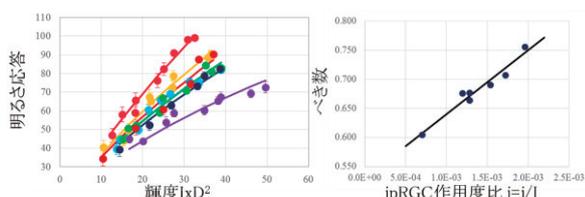


図 4 光刺激強度と明るさ応答との関係

- (a) 左: 光刺激輝度に D^2 を乗じた値でプロット. 実線は明るさ応答 $= \alpha \cdot (\text{輝度} \times D^2)^\beta$ でのフィッティング
 (b) 右: ipRGC 作用度比と β との関係 ($R^2 = 0.95$)

ipRGC 作用度比とべき数 β との関係において、輝度に対する場合において $R^2=0.82$ であったが、輝度 $\times D^2$ では 0.95 となり、予測精度が向上した。

3) 明るさ応答 vs. ipRGC 作用度

ipRGC の明るさに対する寄与機構を解明するため、ipRGC 作用度に対する明るさ応答を図 5 にプロットした。

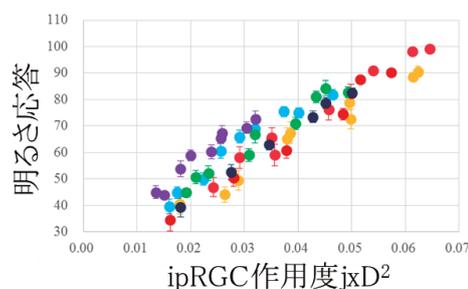


図 5 網膜での ipRGC 作用度との関係
ipRGC 作用度に D^2 を乗じた値でプロット

図 5 は、明るさ応答が瞳孔径補正した ipRGC 作用度のみで精度良く定式化できることを示唆している。

5. まとめ

図 4(a)と図 5 は、いずれも視細胞への光刺激の大きさに対する明るさ応答を表す結果であるが、それぞれ錐体、後者は ipRGC の影響を示している。しかし、図 4(a)で輝度が増大するときには ipRGC 作用度も増大し、一方で図 5 から ipRGC の作用度のみで記述できることから、総合的に判断すると、明るさ知覚は ipRGC 作用度のみで説明できる可能性が高い。

謝辞

横浜国立大学環境情報研究院共同研究推進プロジェクトの助成を受けた。鹿児島大学の辻村先生には実験についてご意見をいただき、東京工業大学の山口先生には 6 原色プロジェクターをご提供いただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山川, 岡嶋: 日本色彩学会誌, Vol.39, No.5, Suppl., pp.30-31 (2015)
- 2) Enezi et al., A "melanopic" spectral efficiency function predicts the sensitivity of melanopsin photoreceptors to polychromatic lights, J Biol Rhythms, Vol.26, No.4, pp.314-323 (2011)

2色覚者色弁別能力模擬機能性分光フィルターの各種条件下での模擬特性 –バリエーション P,D,U の使用条件の検討–

Simulation Properties of Spectral Functional-Filters for Optical Simulation of Dichromats in Color Discrimination under Various Usage Condition –Consideration of Reasonable Conditions in Usage–

篠森敬三	Keizo Shinomori	高知工科大学	Kochi University of Technology
宮澤佳苗	Kanae Miyazawa	伊藤光学工業(株)	Itoh Optical Industrial Co., Ltd.
小田博文	Hirofumi Oda	伊藤光学工業(株)	Itoh Optical Industrial Co., Ltd.
中内茂樹	Shigeki Nakauchi	豊橋技術科学大学	Toyohashi University of Technology

Keywords: 2色覚, 色弱模擬, 色弁別, 分光フィルター, 液晶ディスプレイ.

1. はじめに

2色覚者に配慮した色設計を行うカラーユニバーサルデザイン(CUD)の推進のため, 2色覚者の色弁別能力を模擬した機能性分光フィルター(バリエーション)を既に設計, 製作した[1]. 当初は1台で1(P)型と2(D)型2色覚の重複模擬を目標としたユニバーサル(U)型を開発したが, より正確な模擬のために, 1型と2型の2色覚特性を個別化に模擬したP型とD型を引き続いて開発している. その設計思想と製品化フィルターの模擬特性については, 既に先行研究[2]や前回(第46回)大会[3]で発表済みである.

本フィルターは, 一般的な照明下(設計上はD65)で, 印刷物(設計上は分光反射率を主成分モデル化したマンセル色票群)上での使用を想定して設計. 製作されているため, 計算上は, この条件下での模擬特性が最良となる. また設計において, 最適な模擬特性を導出する過程で, 可能性のある様々なフィルター分光特性の優劣を評価するための評価式が必要であった. このため, 計算によってフィルター装着時の色弁別能力を色差式の値をもとに計算した. 最適化計算の演算処理における計算機能力の制限から, その際の色差値は, 標準白色点 $x,y=0.3127,0.3290$ (D65光源の白色をCIE 2度視野等色関数から導出)からの色差値だけから求めている.

製品の模擬特性検証においても, それら条件で,

あるいはそれら条件に十分適合する条件設定で, 行われている. 例えば, 白色昼光(D65)照明下ではなく, D65色の白色蛍光灯下で, 石原式色覚検査表や標準色覚検査表(SPP)をフィルター装着した3色覚被験者でのテスト結果から, これらフィルターには十分な模擬特性があることが示されている[2,3].

しかし, 当該製品の普及と共に, 当初の設計思想に入っていない使用環境での模擬特性についても問われる場面が出てきている. そこで, 本研究では, まずCUDの場面で状況が想定される, 白色以外からの色差模擬の場合における模擬特性について, 計算された色差から検証する. またD65以外の照明下の場合や液晶モニター上に表示される色を観察する場合など, 設計時点で想定されていない観察環境におけるフィルター着用による色弁別への模擬の効果について, LあるいはM錐体を持たない完全(理論的)2色覚者[4]の色弁別との比較計算を行い, 模擬特性維持の観点から本機能性分光フィルターの適正な使用条件について検討する.

2. 青・黄色系の色を基準色とした場合の色弁別(色差)模擬特性

図1, 2に白色(前述の標準白色点)および青・黄色からの色差計算の結果を示す. 図1の色差は次の様に定義した. D65照明下で, 同じ(標準の)輝度を持つ各色度点にあわせて求めたモデル化されたマンセル色票分光反射率を有する仮想色票について, フィルターを通して観察したときの

模擬された輝度と色度点を計算し、フィルターを通して観察されたときの模擬された標準白色点(この場合の基準色)の輝度と色度点との間で、CIELAB 色差を求めた値である。色度点として 5,745 点を用いた。フィルターの分光透過特性と明所視分光視感効率関数(ここでは等色関数に合わせているため Judd 修正は行っていない)の関係性で輝度が求まるため、モデル色票の標準の輝度絶対値をどこに置くかで色差の値は影響を受けるけれども、本検証では、CIELAB の計算における完全反射面(照明色)の色度を定義通りに同じ標準白色点とし、またその輝度をモデル化マンセル色票の輝度値の 10 倍に設定している。

図 1 は、計算上の 2 色覚者[4]の色差値(左図)と 1 型 2 色覚者色弁別能力模擬の機能性分光フィルター(バリエーション P 型[1])を用いたときの色差値(右図)との比較であり、色差の基準色は前述の通り標準白色点である。良好な色弁別(色差)の模擬となっていることがわかる。

図 2 はこの時の基準色を青($x,y=0.22,0.22$)に変更した場合のフィルターの色差(左図)と黄色($x,y=0.45,0.45$)に変更した場合の色差(右図)である。これら基準の青、黄色は、CUD のペー

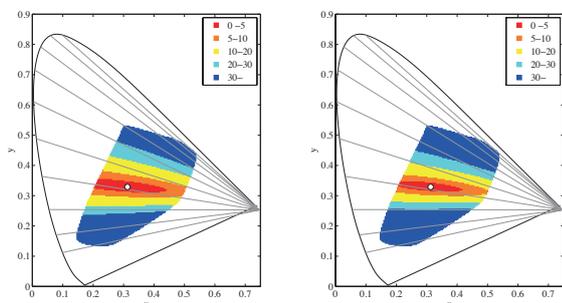


図 1 2 色覚者(左)と模擬フィルター (P 型) 装着 3 色覚者 (右) の基準色白との色差

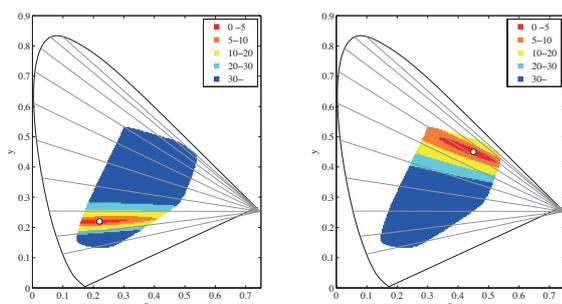


図 2 模擬フィルター (P 型) 装着 3 色覚者の基準色青 (左) と基準色黄 (右) の色差

ス色としての想定であり、色相や彩度、そして(特にインク反射率特性の観点から)明度の変更の余地を残すために、極端な高彩度(クロマ)にはしていない。図 2 が示すように、基準色が妥当な青や黄色になった場合でも、模擬特性は良好なままであり、実用上十分な色弁別特性の模擬が得られているといえる。

3. 照明の影響

照明光の分光分布が変化した場合の影響について考えると、対象物の分光反射率との関係性が問題となる。本模擬フィルターの計算上の想定はモデル化されたマンセル色票群である。対象物がマンセル色票の様に分光的に幅広い反射率をもつ物体である場合には、照明光が D65 ではなく一般的な白色照明の場合においても、模擬の良好性が維持される。このことから、一般的な色彩デザインを行う環境においては、照明光について神経質になる必要は無いと考えられる。ただし、CUD を行った製品を使用する場合において、演色性の低い LED 照明下で見える場合も想定されるため、これに関する検証も行っている。ただ、対象物の分光反射率との関わりが生じることもあり発表において報告する。

4. 液晶ディスプレイに表示した場合の模擬特性

液晶ディスプレイに表示された色を模擬フィルターで見る場合について考えると、もし当該対象物が静止画像として扱えるのであれば U-Ding (東洋インキ社製)などのソフトウェア・ツールの使用も想定される。ただし、ビデオカメラで建築物現場を撮影した場合の検証など、動画である場合や、静止画に変換した場合の対象物の量が膨大になる場合には、あまり実用的ではない。

そこで、前述の各サンプル色の色度点と輝度を、液晶ディスプレイあるいは液晶プロジェクターに(測光值的に)正確に同じに表示した時に、その画面を模擬フィルターで観察した場合に生じる標準白色点との色差について計算した。図 3 はそれぞれ色呈示を、3 波長帯分離光学フィルター装着型の液晶プロジェクター(上図)、一般的な(安価な)液晶モニター(中図)、高級液晶モニター(下図)で行うと想定した場合の色差値を示しており、図 1 の右図と比較するべき結果である。この場合は、バリエーション P 型[1]を用いており、個別のモニター機種名は発表時に説明する。

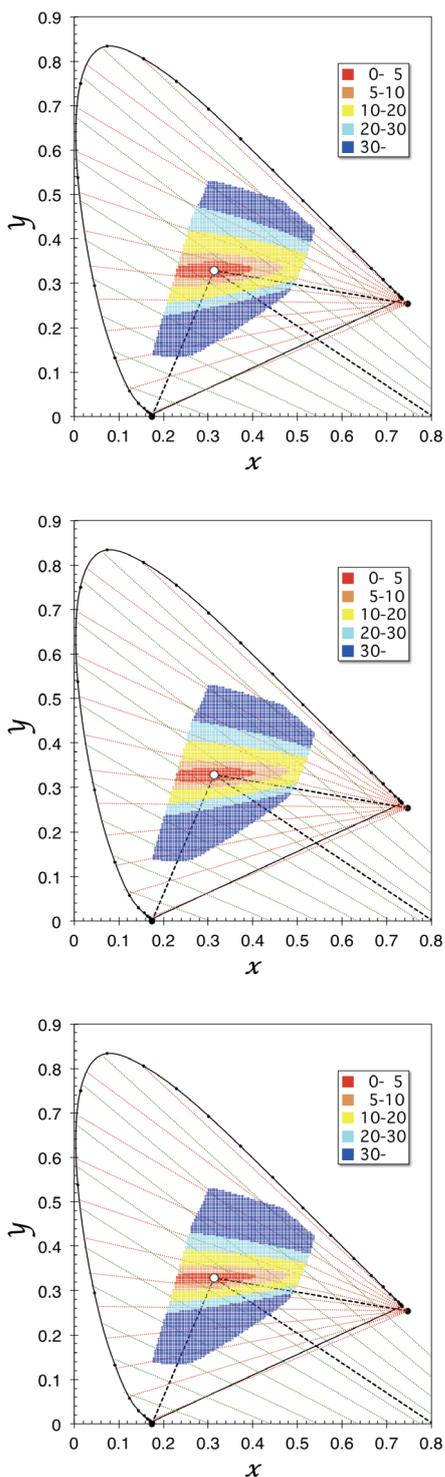


図3 模擬フィルター (P型) 装着3色覚者の液晶プロジェクター表示 (上), 汎用型液晶プロジェクター表示 (中), および高級液晶プロジェクター表示 (下) の場合の色差

図から分かるようにそれぞれの場合について、おおむね良好な模擬であるとはいえるものの、個別型バリエントール (P型やD型) を用いたときのユニバーサル型 (U型) に対する優越性は失わ

れており、混同色方向が反時計回りに回転していることが分かる。ただし、バリエントールU型の特徴がもともと1型や2型の2色覚者の混同色線方向の間に、その混同色方向 (最大の色差方向あるいは色弁別閾値最大の色方向) が来ることをふまえると、特に高級ディスプレイを用いたときには実用上 CUD には十分であるといえる。またモニター特性が明らかである場合には、ノウハウ的なフィルター使用により、一部でより正確な利用も可能であることを示す結果である。

5. まとめ

2色覚者色弁別能力模擬機能性分光フィルター (バリエントール P型, D型, U型) を, D65 以外の証明で使用した場合や液晶ディスプレイに表示された色に対して使用した場合について, その分光特性から検討を行った。

その結果, 基準色が標準白色ではなく, 青や黄色の場合でも全く問題はないこと, 一般的な色デザイン環境で用いられている照明の場合には, 模擬特性に問題がないことが明らかとなった。液晶プロジェクターや液晶モニター上の色に用いた場合には, 混同色方向の回転が見られ, 個別型バリエントールを用いる意味は失われるものの, ユニバーサル型の持つ模擬特性の程度では, 依然として模擬状態が維持されており, 今回特性を調べたモニターの範囲内においては, 実用上, CUD に利用可能であるといえる。

謝辞

本研究は科研費 (24300085) の助成を受けた。

参考文献

- 1) バリエントール・ホームページ
<http://www.variantor.com/>
- 2) K. Shinomori, K. Miyazawa and S.Nakauchi: Spectral functional filters for optical simulation of dichromats in color discrimination, Proc. AIC2015 Tokyo 1 (2015) 285-290.
- 3) 篠森敬三, 宮澤佳苗, 中内茂樹: 2色覚者色弁別能力の機能性分光フィルタによる模擬バリエントール P,D,U の模擬特性一, 日本色彩学会誌第39巻第5号 SUPPLEMENT (2015) 55-58.
- 4) H. Brettel, F. Viénot and J.D. Mollon: Computerized simulation of color appearance for dichromats, J. Opt. Soc. Am. A 14 (1997) 2647-2655.

低彩度の色刺激が呈示されることによる 輝度コントラスト感度の低下

Decrease of luminance contrast sensitivity by presentation of low-saturated color stimuli

根岸一平 Ipeei Negishi 高知工科大学 Kochi University of Technology
/ 金沢工業大学 / Kanazawa Institute of Technology
篠森敬三 Keizo Shinomori 高知工科大学 Kochi University of Technology

Keywords: 色覚, 脳情報処理

1. はじめに

過去の心理物理実験によって、色刺激による輝度情報が抑制されることが示唆されている^[1,2]。また我々の過去の fMRI を用いた研究^[3-5]においては、特に彩度の低い色刺激が呈示されたときに輝度刺激による視覚野の活動が抑制されているという結果が得られた(図1)。

そこで我々は、輝度刺激による視覚野の活動が抑制されている際に輝度コントラストの弁別感度が低下しているのではないかと考え、本研究ではガボール刺激の輝度弁別実験を行い、周辺に配置した色パッチの彩度による弁別感度の違いを測定した。

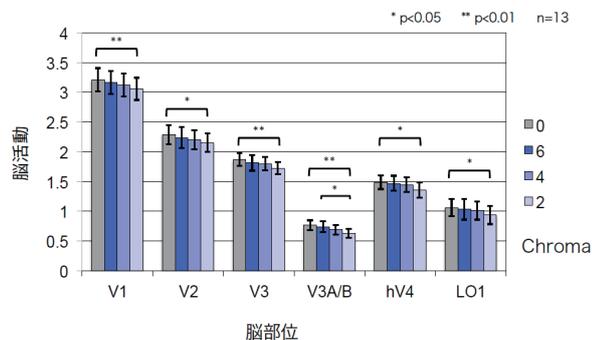


図1 色刺激による脳活動の抑制
(先行研究^[5]より引用)

2. 実験方法

(1) 被験者

男性5名, 女性6名の計11名の被験者が実験に参加した(平均年齢24.1歳)。被験者は全員視力正常または矯正視力正常で、色覚正常であった。

(2) 実験装置

実験は暗室内で行った。視覚刺激は VisSaGe

(Cambridge Research Systems)を用いて、色彩輝度計(CS-200, コニカミノルタ)によって校正済みのCRTモニター(FlexScan E57T, EIZO)に呈示した。視野角は $31.5^\circ \times 23.6^\circ$ 、視距離は54.4cmであった。

(3) 視覚刺激

グレー背景(輝度 19.8cd/m^2)の中心に、縦縞のガボール刺激を配置し、その上から黒色のふちの付いた10個の色パッチを円周上に等間隔に配置した(図2)。色パッチの色相(マンセル表色系におけるHue)は全て異なり、彩度(マンセル表色系におけるChroma)は6, 4, 2, 0の4条件を用いた。明度(マンセル表色系におけるValue)は全トライアルを通して5であった。視覚刺激は参照刺激とテスト刺激の2種類があり、ガボール刺激の最大輝度と最小輝度のコントラストは参照刺激においては常に50%、テスト刺激では4%刻みで34%から66%まで9条件のいずれかであった。

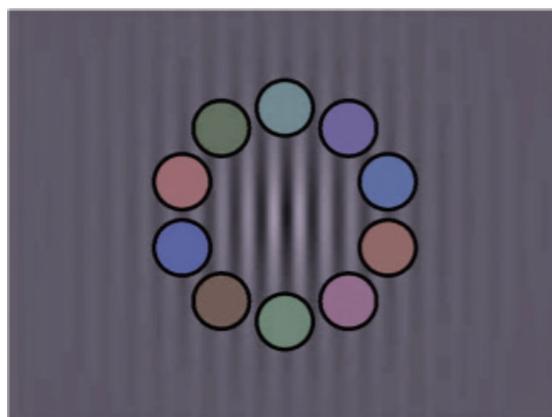


図2 視覚刺激

(4) 実験手順 (図3)

1回のトライアルにおいて、参照刺激とテスト刺激が継時呈示された。刺激の呈示時間はそれぞれ500msで、その後にマスク刺激が300ms呈示

された。グレー背景の中央に白い点が呈示された状態から被験者が手元のボタンを押すと1番目の刺激の呈示が開始された。2つの刺激のISIは1000msから2000msの間でランダムに選択された。同一トライアル内では色パッチの彩度は参照刺激とテスト刺激で同一であった。また、それらの呈示順序はトライアルごとにランダムで、被験者には知らされなかった。被験者は、1番目と2番目の刺激においてどちらのガボールのコントラストが高かったかをボタン応答した。色パッチの彩度4条件に対してテスト刺激のコントラスト9条件の計36トライアルと1ブロックとし、各被験者10トライアルの実験を行った。被験者1名あたりの実験時間はおよそ1時間であった。

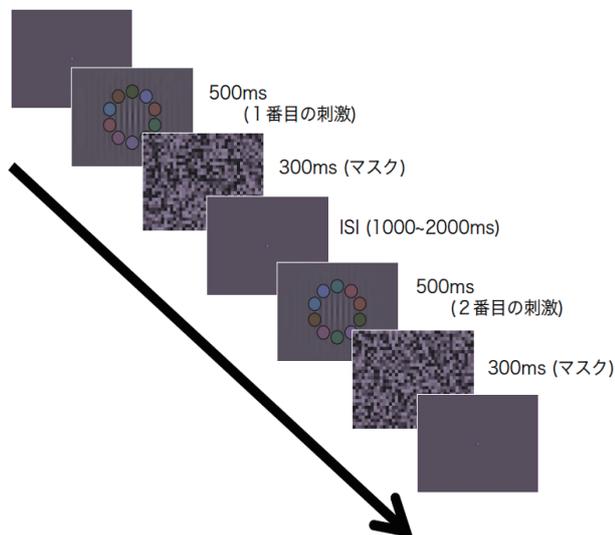


図3 トライアルの流れ

3. 実験結果

(1) 解析方法

図4に1名の被験者についての、テスト刺激のコントラストを高いと答えた割合を示す。横軸はテスト刺激のコントラストを表し、シンボルの違いは色パッチの彩度条件を表す。この結果に対して、正規分布の累積分布関数をフィッティングしたものが図5である。このときの被験者の正答率が低いほど、すなわちコントラスト弁別感度が低いほどグラフの傾きは小さくなるため、正規分布の σ^2 の値が大きくなることになる。そこで本研究ではフィッティングした関数の σ^2 の値を輝度コントラストの弁別感度の指標とした。

(2) 実験結果

図6に、10名の被験者の結果を示す。1名の被験者については σ^2 の値が他の被験者と比較して5~10倍ほど大きかったため除外した。分散分析

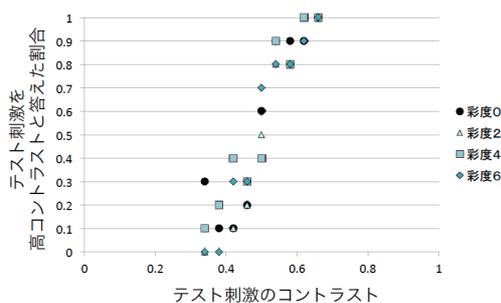


図4 1名の被験者の実験結果

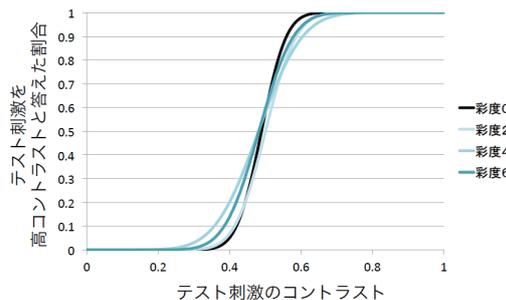


図5 正規分布の累積分布関数による近似

の結果、彩度2の条件において他のいずれの条件と比較しても有意に σ^2 の値が大きかった。彩度2以外の条件間では有意な差はみられなかった。

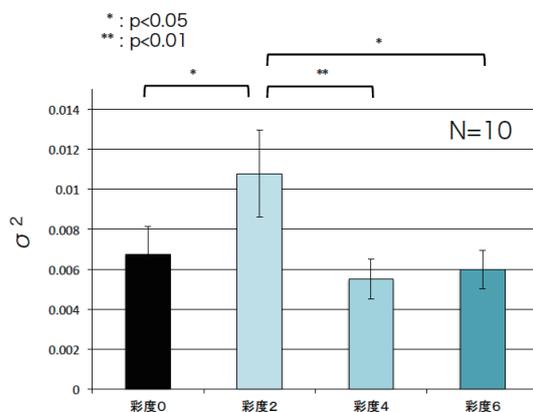


図6 全被験者の σ^2

4. まとめと考察

本研究の結果は、彩度が低い色刺激が同時に呈示されていた場合はコントラストの弁別感度が低下するという、我々が予想した通りのものであった。これは、これまで我々が主張してきた色刺激による輝度由来の脳活動の抑制の存在を支持する。我々は、弱い色刺激が呈示されている際には輝度の信号を抑制することによって色に対する感度を上昇させるメカニズムが存在するのではないかと考える。

謝辞

本研究は科研費(24300085)の助成を受けた。

参考文献

- 1) E. Switkes, A. Bradley and K. K. De Valois: Contrast dependence and mechanisms of masking interactions among chromatic and luminance gratings, *JOSA A* 5(7) (1988) 1149-1162
- 2) F. A. A. Kingdom, J. Bell, E. Gheorghiu and G. Malkoc: Chromatic variations suppress suprathreshold brightness variations, *Journal of Vision* 10(10) (2010) 1-13
- 3) I. Negishi and K. Shinomori: Low-Chroma Colors Suppresses Luminance-driven Brain Activity Measured by fMRI, *AIC 2015 Proceedings* (2015) 1132-1135
- 4) I. Negishi and K. Shinomori: Spatial property of luminous signal suppression by presentation of colour patches, *ICVS Abstract Book* (2015) 74
- 5) 根岸一平, 篠森敬三: 色刺激による輝度刺激由来の脳活動の抑制, *日本色彩学会誌 Vol.39 No.5 Supplement* (2015) 27-30

2型3色覚者の色弁別特性における偏心率と視野サイズの関係 Relation Of eccentricity and visual angle size in the color discrimination of color defective observers

佐藤蒼馬	Soma Sato	千葉大学	Chiba University
矢口博久	Hirohisa Yaguchi	千葉大学	Chiba University
溝上陽子	Yoko Mizokami	千葉大学	Chiba University

Keywords: 色覚異常, 色弁別, 偏心率, 視野サイズ, 皮質拡大係数.

1. はじめに

私たちは普段、色から多大な情報を得ており、それは色覚異常者にとっても同様である。しかし、色覚異常者は特定の色の組み合わせの識別がしにくい。また、小さいものや細い線の場合、さらに色の違いを見分けにくいことが知られている。佐藤ら¹⁾は、様々なサイズの刺激に対して色弁別特性を調べ、視野サイズが色覚異常者の色弁別に及ぼす影響を示した。特に、黄・青方向では20°以下の刺激で急激な感度低下が見られた。佐藤ら²⁾は、周辺視も含めた検証を行い、網膜の中心にある中心小窩にはS錐体が存在しないために黄青の弁別が低下する小視野トリタノピアが中心視特有の現象でない可能性を示した。しかし、偏心率と視野サイズの相互関係については検討していない。

本研究では、色覚異常者の色弁別における偏心率と視野サイズの関係を検証する。

2. 実験

(1) 実験環境

実験は暗室内で行った。刺激の呈示にはCRTモニターを用い、視距離は70 cmとした。

(2) 実験刺激

図1にCRTモニター上の実験刺激の例を示す。背景色と参照刺激にはGrayを使用し、周囲には参照白色帯(66 cd/m², L=44, M=22, S=66)を表示した。参照刺激は4つの正方形であり、テスト刺激は参照刺激の1つをLMS色空間上の赤/緑反対色-黄/青反対色平面で8方向に変調したものである。なお、あらかじめ各被験者の等輝度を測定しておき、色弁別実験は被験者ごとの等輝度を用いて行った。

固視点から参照刺激の中心までの距離を偏心

度(図1のE)とし、1°, 2°, 4°の3種類に変化させた。さらに4つの正方形が固視点で互いに接した中心視の条件でも実験を行った。

また、それぞれの偏心率において参照刺激とテスト刺激の視野サイズ(図1のD)を5', 10', 20', 60'の4通りに変化させた。ただし偏心率4°における5'の刺激は、4つの正方形を同時に認識するのが困難であったため、条件から除外した。

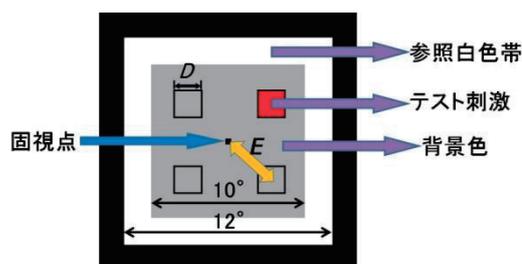
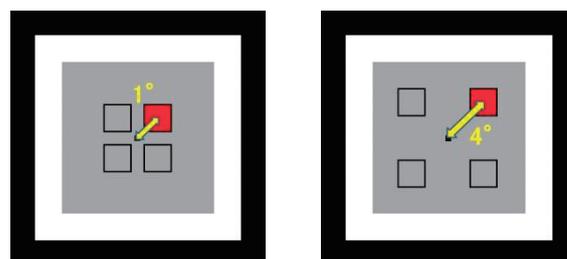


図1: 実験刺激



(a): 偏心率1° (b): 偏心率4°
図2: 偏心率ごとの実験刺激

(3) 実験手法

CRTモニター上に固視点と4つの参照刺激(背景色と同色)を表示し、60秒間の背景色順応を行った後、合図とともにそのうちの1つを1秒間ガウス状に変調した。これがテスト刺激である。被験者はテスト刺激の位置を応答し、弁別閾を上下法により決定した。この弁別閾を各変調8方向で求めた。また、これを各視野サイズ、偏心率でそれぞれ3回ずつ行った。

(4) 被験者

被験者は、色覚正常の男性3名(N1, N2, N3), 強度2型3色覚の男性3名(D1, D2, D3)である。

3. 実験結果と考察

図3に、中心視条件と偏心度 2° におけるN1とD1の色弁別閾を錐体コントラスト空間上に示す。錐体コントラストは、各錐体のテスト刺激に対応する錐体刺激値と背景色に対応する錐体刺激値の差を背景色の錐体刺激値で割ることにより求めた。横軸の正の方向が赤、負の方向が緑、縦軸の正の方向が青、負の方向が黄の色弁別閾となる。

2型3色覚者のほうが色覚正常者よりも全体的に弁別閾が大きい。また、全被験者において、視野サイズが小さく偏心度が大きくなるほど赤緑、黄青両方向への弁別閾が大きい傾向が見られた。

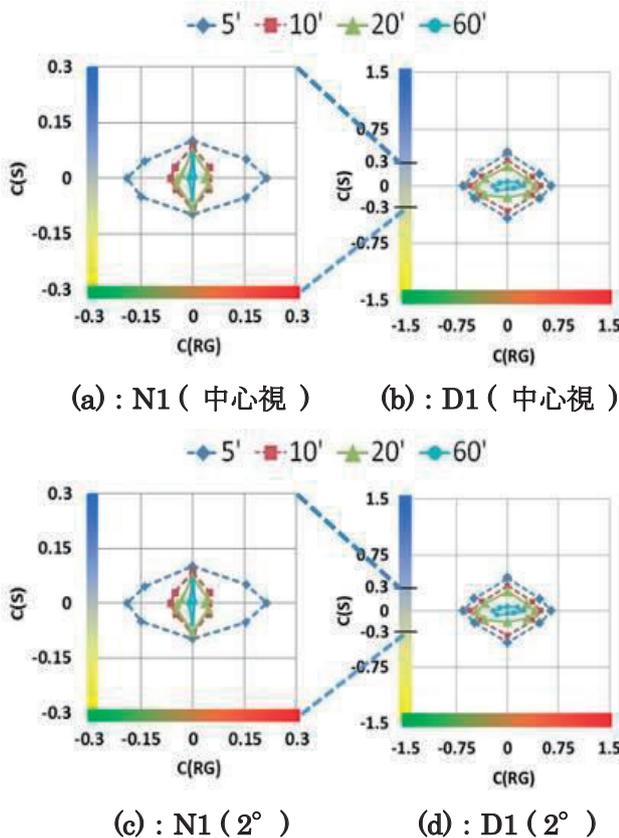


図3：錐体コントラスト空間での弁別閾

また、偏心度の上昇が色弁別低下にどのような影響を与えているのかを調べるために、赤方向と黄方向について、縦軸にコントラスト閾値の対数、横軸に偏心度を取ったグラフが図4(1), (2)である。(1)より、赤方向では、色覚正常者は偏心度が大きくなるほど閾値が大きく上昇しているが、2

型3色覚者ではあまり上昇していないことがわかる。緑方向への変調でも同様の結果を得た。2型3色覚者の変化が小さいのは、M錐体の異常により、中心窩付近でも閾値が十分に下がらないためと考えられる。また、(2)より、黄方向では、色覚正常者は偏心度が大きくなって閾値はあまり上昇していないことがわかった。2型3色覚者でも上昇はわずかである。青方向への変調でも同様の結果を得た。

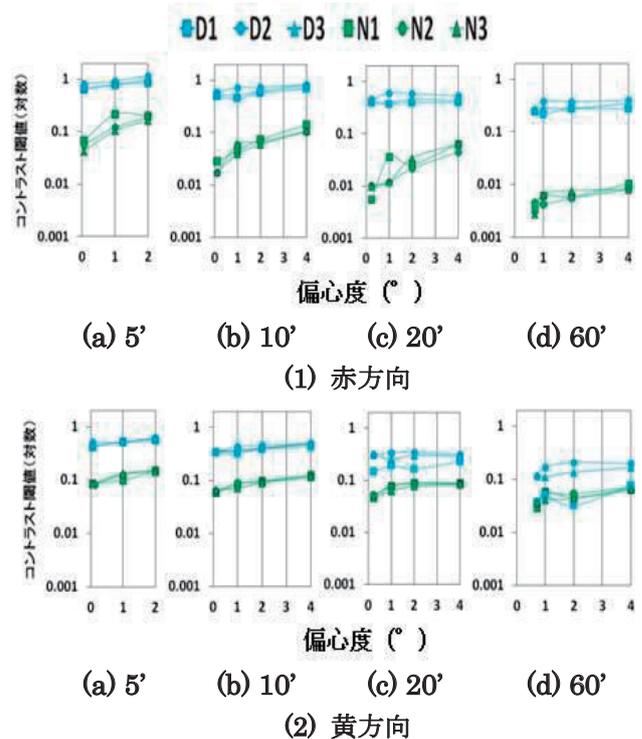


図4：偏心度とコントラスト閾値

視野サイズが色弁別低下にどのような影響を与えているのかを調べるために、赤方向と黄方向について、縦軸にコントラスト閾値の対数、横軸に視野サイズをとったグラフが図5(1), (2)である。(1)より、赤方向では、色覚正常者は視野サイズが小さくなるほど大きく閾値が上昇しているが、2型3色覚者は正常者ほどの閾値の上昇は見られない。緑方向への変調でも同様の結果を得た。これは2型3色覚者のM錐体の異常により、刺激のサイズが大きい場合でも閾値が下がらないためと考えられる。それに対し、(2)より、色覚正常者は黄方向では、視野サイズが縮小してもあまり閾値が上昇していない。2型3色覚者では個人差はあるが、正常者よりも全体的に閾値の上昇の度合いは大きくなっている。これは2型3色覚者において、小視野トリタノピアの影響が大きく出

ることを示唆している。ただし、全ての偏心度で同様の傾向を示したことから、中心小窩特有の減少ではないと考えられる。

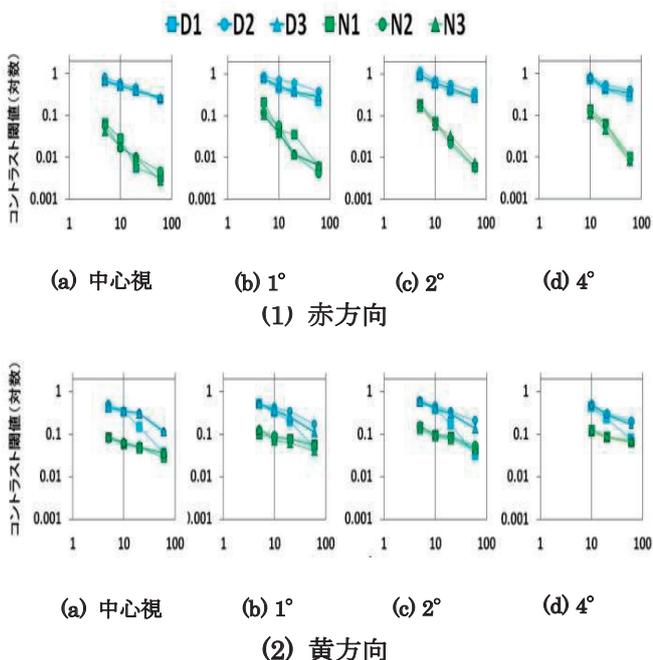


図5：視野サイズとコントラスト閾値

さらに、各偏心度において同等の弁別閾値となる刺激のサイズを求めることで比較を行い、偏心度と視野サイズの関係进行分析した。色覚正常者ではコントラスト閾値が0.1、2型3色覚者では0.5になる刺激のサイズを求め、それを等価視野サイ

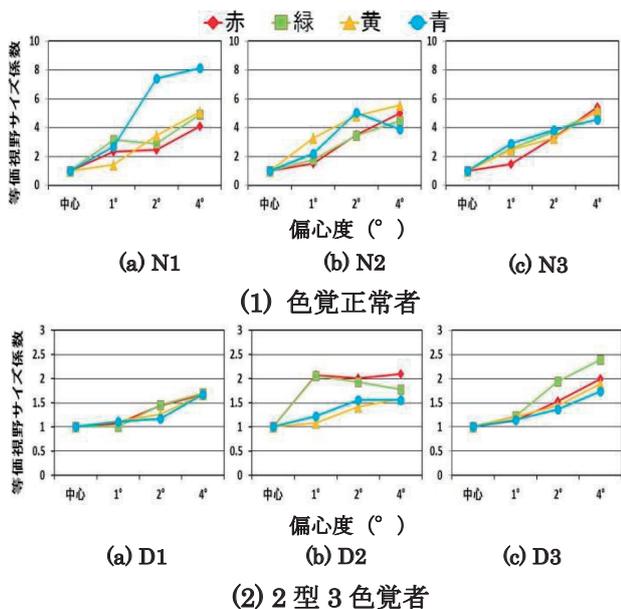


図6：コントラスト閾値の中心視との比較

ズとした。また、中心窩での等価視野サイズの何倍かという等価視野サイズ係数を設定し、分析した。その結果を図6(1),(2)に示す。色覚正常者の方が2型3色覚者よりも全体的に等価視野サイズ係数は大きい。

色覚正常者は赤緑方向と黄青方向の等価視野サイズ係数にそれほど差は見られなかった。それに対し、2型3色覚者は赤緑方向の方が黄青方向よりも等価視野サイズ係数が大きいという傾向が得られた。これはM錐体の異常による赤緑方向の弁別低下のため、色の見えを等価にするにはより大きいサイズが必要であることを示唆している。

4. 結論

偏心度増加による色弁別低下は、赤緑方向では色覚正常者の方が2型3色覚者よりも大きく、黄青方向では色覚正常者と2型3色覚者が同程度であることが分かった。視野サイズ縮小による色弁別低下は、赤緑方向では色覚正常者、黄青方向では2型3色覚者の方が大きくなった。また、2型3色覚者の黄青方向における小視野での弁別低下は、中心視特有の現象ではなく、全ての偏心度で生じた。

また、各偏心度において同等の弁別閾値となる刺激のサイズを求めることにより偏心度と視野サイズの関係进行分析したところ、本研究で調べたサイズの範囲内では、全体的に色覚正常者の方が2型3色覚者よりも視野サイズの増加の度合いは大きく、偏心度の増加の影響を強く受けていた。また、反対色チャンネルごとに見ると、色覚正常者では全体的に両方向で同程度であったが、2型3色覚者では赤緑方向の方が大きかった。

参考文献

- 1) 佐藤愛美, 矢口博久, 溝上陽子: 視角サイズが色覚異常者の色弁別に及ぼす影響. 日本色彩学会色覚研究会平成25年度研究発表会, 論文集, 27-28. (2014)
- 2) 佐藤蒼馬, 矢口博久, 溝上陽子: 偏心度と視野サイズが色覚異常者の色弁別特性に与える影響. 日本色彩学会色覚研究会平成26年度研究発表会, 概要集, 3-4. (2015)

測定条件の違いによる等色関数の妥当性の検証

Examination of Color Matching Functions
with Some Conditions of Saturation

畠山 邦広	Kunihiro Hatakeyama	山形大学大学院理工学 研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
川島 祐貴	Yuki Kawashima	山形大学大学院理工学 研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
永井 岳大	Takehiro Nagai	山形大学大学院理工学 研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University
山内 泰樹	Yasuki Yamauchi	山形大学大学院理工学 研究科	Graduate school of Science and Engineering, Yamagata University

Keywords: 等色関数, 最大彩度法, 彩度低下条件, 色順応

1. 研究背景

近年, 色再現技術の発展によって, メディアの再現できる色域が広くなるとともに, プリンターとディスプレイなどのメディア間の等色精度が問題視されるようになってきた。

一般にメディア間で定義される等色とは, それぞれのメディアが呈示する色の測色値が一致することを意味する。一方で, 人間が定義する等色とは, 呈示された2つの色が等しく見える(両者の見分けがつかない)ことを意味する。本来, この2種類の等色は同時に成立しなければならない。しかし, 先行研究では2つの色の見分けがつかないとき, 測色値が一致しない。または, その逆の現象が報告されている^{1,2)}。

測色計には, 人間の色の見えを仮想的に表した CIE1931 等色関数という感度関数が標準装備されており, 測定対象の分光分布に CIE 等色関数を適用することで, 測色値を算出している。しかし, CIE 等色関数は Wright と Guild によって測定された 17 人分の等色関数を平均したものであり, 実在する観測者の等色関数との間には個人差が存在する。この等色関数の個人差は等色の不一致の原因の一つであるとされている^{1,3)}。また, 各種メディアの呈示する光の狭帯域化に伴って, 等色関数の個人差の影響は大きくなると考えられる³⁾。

測色値を算出する際, CIE 等色関数の代わりに個人の等色関数を適用すれば, 等色の不一致を改善できる可能性がある。そこで我々は個人の等色関数を簡易的に測定する装置を構築した⁴⁾。また, 測定した個人の等色関数の妥当性・有用性を検証するために LED-Display 間で等色実験を行い,

測定した等色関数を用いて測色値を算出した⁵⁾。測定した等色関数に妥当性がある場合, 等色成立時の LED と Display の測色値は一致するはずである。結果としては, 中・長波長域の色については測色値がほとんど一致しており, 測定した等色関数の妥当性が確認できた。しかし, 短波長域の色についてはリファレンス LED 刺激に対して, テスト Display 刺激の測色値が低めに算出されていた。これを図 1 に示す。

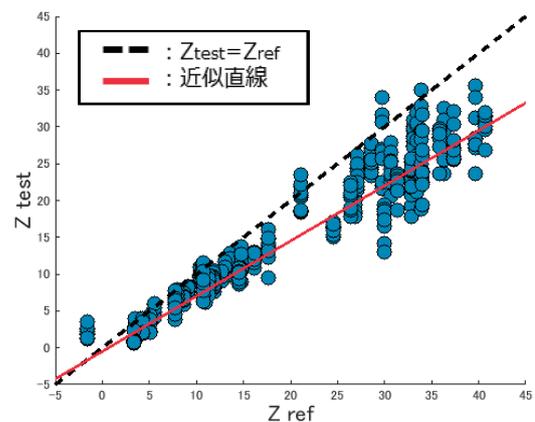


図 1 三刺激値 Z の不一致

このことから, 短波長域の等色関数が正確に求められていない可能性がある。この原因として, 短波長域における色知覚の非線形性が考えられる。

先行研究より, 最大彩度法で測定した等色関数とマクスウェル法で測定した等色関数は異なることが知られている⁶⁾。また, 580nm の単色光を用いて彩度を下げて等色実験を行った場合, 等色の加法則が成り立たないことが報告されている^{7,8)}。しかし, 等色実験における短波長域の色知覚の非線形性に関する報告は少ないため, 法則性や特性がまだ明らかにされていない。

そこで, 本研究では短波長域における等色関数の非線形性を明らかにすることを目的とした。具

体的には複数の単色光を用いて、彩度を下げた状態で等色実験を行い、測定される等色関数の変化特性を検証する。

2. 実験方法

2. 1 実験装置と呈示刺激

刺激の呈示には、鈴木らが構築した LED 等色関数測定装置⁴⁾を用いた。刺激は参照・テストフィールドに分かれた二分視野に呈示され、視野角は 2° であった。参照色には 401, 414, 431, 447, 463, 500, 538 [nm]にピークを持つ LED を用いた。被験者が調整するプライマリ RGB には 470, 523, 630 [nm]にピークを持つ LED を使用した。また、本研究は等色関数を測定する条件として、通常の等色実験で採用される最大彩度に加え、順応光を用いて参照色の彩度を下げる彩度低下条件を定義した。彩度低下条件では、二分視野の両側に順応光を均一に重畳して呈示することで、最大彩度よりも低い刺激彩度にて等色を行うことができる。今回、彩度を下げるための順応光を Desaturating Light (DL) と定義する。DL には、それぞれ 520, 593, 630 [nm]にピークを持つ LED を用いた。すなわち、測定条件は Normal (最大彩度)、DL520, DL593, DL630 の計 4 条件であった。

2. 2 タスクと手順

被験者は、調整法による等色実験を行った。1 つの測定条件につき、参照色 7 色に対して 3 回測定した。全 4 条件なので、被験者は合計 84 回の等色を行う。実験は 1 日につき各条件で 1 回ずつ 28 試行を行い、3 日間で全試行を行った。参照色はランダムに呈示され、テスト色の調整開始点はある程度参照色に近い位置に設定した。

被験者は、暗室のブースに 3 分間順応した後、等色を開始する。ゲームコントローラーの 6 つのボタンがプライマリ RGB それぞれの強度の増減に対応しており、ボタンを押すことで調整を行った。呈示色によっては、等色するためにはいずれかのプライマリを参照色に重畳する必要があった。被験者は、参照・テストフィールドの見分けがつかなくなった時点で、コントローラーの決定ボタンを押す、その時のプライマリ RGB の入力量を記録した。

2. 3 被験者

被験者には、男性の 4 名 (KTA, YS, KN, KTO)

が参加した。全員、山形大学の学生(20代)で、石原式色覚検査表を用いて、色覚が正常であることを確認した。

3. 結果

測定した等色関数の例 (被験者 KTA) を図 3.1 に示す。シンボルの色は等色関数 $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$ にそれぞれ対応している。また、シンボルの形状は測定条件に対応している。

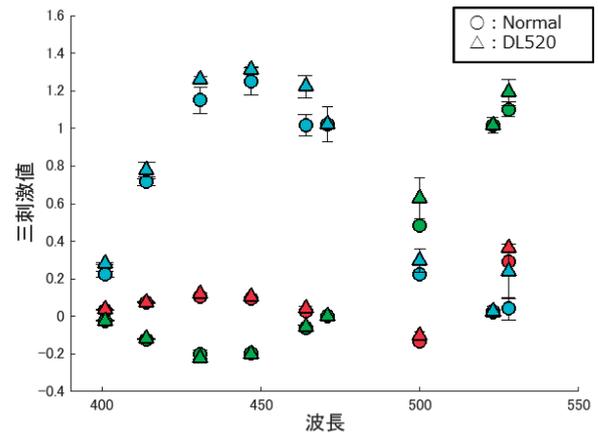


図 3.1 条件別等色関数 (被験者 KTA)

図より、DL 条件の場合、短波長域の等色関数 $b(\lambda)$ (青シンボル) が Normal 条件に比べ大きくなっていることがわかる。

Normal 条件と DL 条件の等色関数 $b(\lambda)$ の大小を比較した結果を図 3.2 に示す。

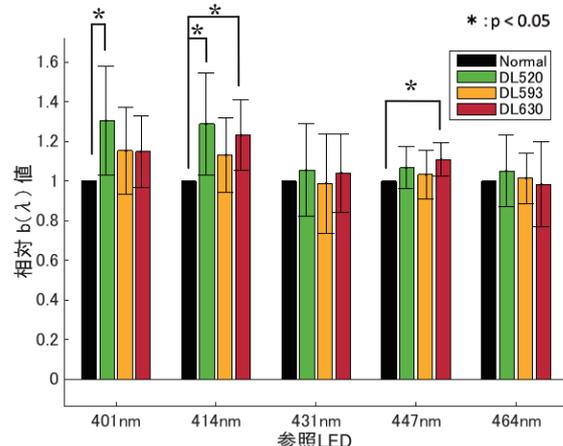


図 3.2 条件別 $b(\lambda)$ 比較

グラフは全被験者の等色関数 $b(\lambda)$ を平均したものであり、Normal 条件の等色関数 $b(\lambda)$ を 1 に正規化している。図より、401~447 [nm] の短波長帯において、Normal 条件と DL 条件では異なる等色関数が得られることがわかる。

以上より、DL 条件で等色関数を測定した場合、

最大彩度よりも短波長域の等色関数が高めに算出されることが確認できた。また、この傾向は DL520, DL630 で顕著であることが分かった。

4. 考察

4.1 LMS 応答のばらつき

等色後の参照・テストフィールドの LMS 応答のばらつきについて記述する。輝度チャンネル L+M については、どの条件でも参照・テストフィールド間でばらつきが少ないことが分かった。L+M の相関を表すグラフを図 4.1 に示す。

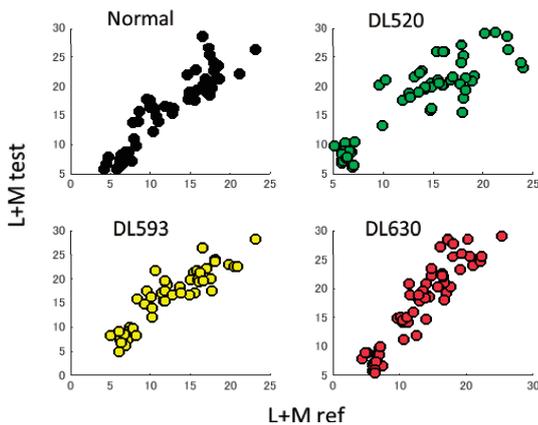


図 4.1 L+M の相関

これに対し、L/(L+M)チャンネルの応答については条件間で差がみられた。参照・テストフィールド間の L/(L+M)値の相関を表すグラフを図 4.2 に示す。

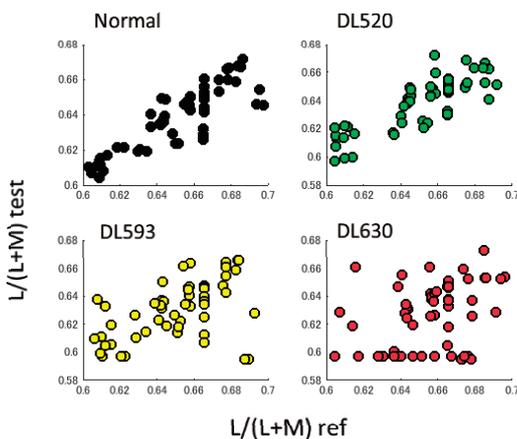


図 4.2 L/(L+M)の相関

Normal 条件では、参照・テストフィールド間でよい相関（相関係数：0.87）がみられるのに対して、DL630 条件ではばらつきが大きくなっている（相関係数：0.34）ことがわかる。さらに、このばらつきの大きさには、[Normal < DL520 < DL593 < DL630] という大小関係があることが分

かった。このことより、S 錐体が強く励起されている環境で、L 錐体を刺激すると、赤-緑方向の知覚がばらつく可能性があるといえる。

4.2 短波長等色関数の形状

DL 条件の場合、Normal 条件よりも短波長域の等色関数 $b(\lambda)$ が大きくなる傾向がみられた。この増加傾向は、DL 条件間で異なると考えられる。DL 条件間の違いとして、図 4.3 に Normal 条件の等色関数 $b(\lambda)$ からの差分を示す。

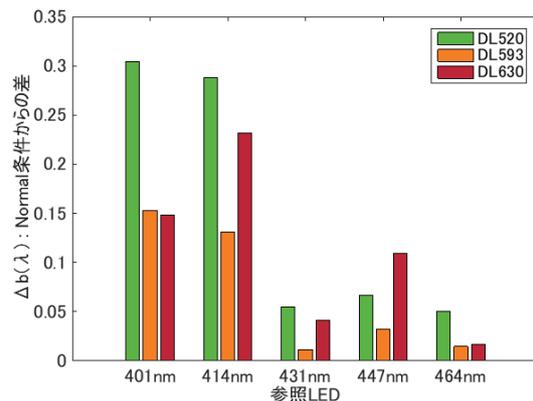


図 4.3 等色関数 $b(\lambda)$ の差分

DL520 では 401 [nm] の参照色で Normal 条件との違いが最大になっているのに対し、DL630 では 414 [nm] の参照色で違いが最大となっており、差分の特性が異なる。このことより、短波長域の非線形性はゲインの増減ではなく、DL の違いに依存する形状変化である可能性が考えられる。

5. まとめ

本研究では、短波長域の等色関数の非線形性を調査するために、複数の単色光 (DL) を用いて彩度を下げた状態で等色実験を行い、最大彩度法で測定した等色関数と比較した。その結果、短波長域の等色関数 $b(\lambda)$ の値に違いがみられ、先行研究を支持する結果となった。また、DL の L 応答量に比例して、等色がばらつく傾向がみられた。さらに、DL 条件による $b(\lambda)$ の違いは、単純なゲイン変化ではなく、DL の特性に依存する形状変化である可能性を示唆する結果が得られた。

6. 参考文献

1) Alfvén RA, Fairchild MD, “Observer variability in metameric color matches using color reproduction media,” COLOR research and application, 22 (3), pp.174-188, 1997

- 2) Oicherman B, Luo MR, Rigg B, Robertson AR, "Effect of Observer Metamerism on Colour Matching of Display and Surface Colours," COLOR research and application, 33 (5), 2008.
- 3) Asano Y, Fairchild MD, Blonde L, Morvan P, "Color Matching Experiment for Highlighting Interobserver Variability," COLOR research and application, article in press, 2015
- 4) Suzuki M, Yamauchi Y, Suzuki T and Okajima K, "A Novel method to Measure Color-Matching Functions," AIC2012, Taipei, 2012.
- 5) Hatakeyama K, Kamei T, Kawashima Y, Nagai T, Yamauchi Y, "Examination of the Color Matching Functions with Narrow-band LED System," FVM2015, San José, 2015
- 6) Crawford BH, "Color Matching and Adaptation," Vision Res, 5, pp.71-78, 1965
- 7) Zaidi Q, "Adaptation and Color Matching," Vision Res, 26 (12), pp.1925-1938, 1986
- 8) Pokorny J, Smith VC, Xu J, "Quantal and non-quantal color matches: failure of Grassmann's laws at short wavelength," JOSA. A, 29 (2), pp.324-336, 2012

地域特性を活かすための景観計画における色彩規制に関する研究

Investigation of Color control based on Landscape Plan to make use of the regional characteristic

成田イクコ Ikuko Narita

(有)センスアップ・プランニング Sense Up Planning.Ltd

Keywords: 景観計画, 色彩規制, 地域特性

1. はじめに

景観計画区域の景観形成基準の色彩基準の設定方法については、先行研究¹⁾において、歴史・伝統的特性が存在する景観行政団体は、それをもたない団体よりも、地域の特色を打ち出しやすい積極的な色彩規制を行っている割合が高いことがすでに実証されている。

2011年に国土交通省が景観計画を策定している景観行政団体307団体を対象に行ったアンケート調査では、景観計画等の活用状況の中で景観計画の策定による景観阻害要素の抑制、景観要素の保全、魅力的な景観の創出など直接的な効果についての質問に対して最も効果があったのは、「景観を阻害する色彩が抑制された」(既に効果が発現した・44.7%)であった。その次に高い効果が発現したのが「歴史的まちなみ景観の保全に寄与した」(20.1%)であることをみると、いかに色彩の抑制効果があったかが認められる。また、既研究²⁾の景観行政団体へのアンケート調査によると、地域の個性及び特色を表すため景観計画で扱うと効果的と思う順位の項目の中で圧倒的に順位が高かったのが「建造物の色彩」であった。次いで建造物の高さや形、素材である。以上からも地域の特色を活かすためには、色彩の果たす役割が非常に大きく、今後の活用が期待されていることが明らかにされた。

しかし、冒頭で挙げた色彩規制の強弱の程度など、色彩の専門性を駆使した研究がなされていないため、その後の色彩規制の現状やそのあり方の問題点は把握されていない。

以上の背景から、自治体が景観計画区域に存在する地域の特色を、いかにして色彩規制をもって維持、推進できうるかを検討す

るために、2016年時点での色彩規制の現状を把握した。前の研究¹⁾で実証した内容から推察すると、地域の特色を活かすためには騒色抑制といった消極的な色彩規制ではなく、ある程度の色彩範疇へと規制する積極的な色彩規制を行うのが相当であると考えられる。実際に、こうした施策が行われているか等、地域の特色と色彩規制の有り様の関係を検討した。

2. 研究の方法

本研究では、まず大都市に焦点をあて、政令指定都市(20都市)が定めた景観計画区域の中で、その中のゾーン(重点地区などの形で細分化された一部分)175地区ごとに、色彩基準がどのように設けられているかを調査し、その特徴について分析した。さらに、景観計画全域におけるそれぞれのゾーンがどのような色彩規定の枠組みを設けたフレームになっているのかを調査、分析した。(2016年1月1日現在)

自治体が景観区域の中で重点地区を設けたゾーンでは何らかの特性があることは景観形成方針からもわかる。よって、上記の調査、分析から、それら色彩基準と地域特性を活かすことの関係について検討した。

3. 結果

3.1. 景観重点地区などの色彩基準について

各ゾーンの色彩基準について規制の強弱を把握するために、色彩基準の内容を類型化した(表1)。

分類は景観の印象を踏まえた明度・彩度の規定の違いから5分類とし、定量的な基準である<1>から<4>になるにつれて使用可能な色の領域が広がるようにした。

<1>は具体的に限定された色、<2>は類似のトーンの色、<3>は限られたトーン以

外の色すべて、<4>は高彩度以外の色すべて、<5>は定性的な基準のみである。<1>から<4>になるに従って地域に統一感のある印象度が弱まっていくように分類されている。また、彩度の使用可能な範囲がおおよそ<1>から<4>になるにつれ広がっているため、それにつれて鮮やかだと感じる印象も強くなる。規制の方法は最も厳しい<1>から<4>になるにつれて緩やかになっている。これら各色彩基準に該当する区域の比率を図1に示す。

	色彩基準について	景観の印象
<1>	具体的に限られた色を基準。	地域独自の色がわかりやすく認識しやすい。
<2>	明度・彩度によってある程度、色を限定。	地域のイメージがおおよそ感じられる。
<3>	明度・彩度の基準はあるが、限定された色範疇ではない。	地域全体にばらついた印象は感じにくい、地域特色は感じられない。
<4>	高彩度の色を抑制する基準。	騒色をみかけるケースは少ないが、地域のイメージや統一感は感じられない。
<5>	周辺との調和を図るといった定性的な基準のみ。	景観の印象については推測できない。

表1 色彩基準と景観印象

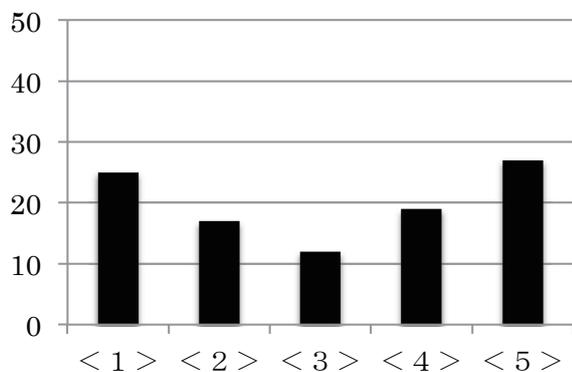


図1 各色彩基準に該当する区域の比率

政令指定都市20市の内、景観重点地区を設けている自治体は17市あり、全部で175地区が設けられている。図1から定性的基準については地域のイメージが認められやすい<1>が最も多いことがわかる。騒色抑制を行った色彩規制である<4>が次に多いが、<1>と<2>を加えた厳しい色彩規制(42%)が<3>と<4>を加えた緩やかな規制(31%)よりもやや多い。景観重点地区においては色彩規制を厳しくしていると考えられる。

3.2. 各政令指定都市の色彩基準の規定方法について

各政令指定都市の区域全体における色彩規制がどのような枠組みとなっているかを以下の5つのパターンに類型化し、各々景観行政団体全体の色彩基準の定め方の特徴を把握した。なお、<1>～<5>の表記は表1に定めたものである。

- I. 全域を限られた色や類似のトーンのみで規制された景観計画区域（全体が表1の、以下同じ<1>あるいは<2>で規定）
- II. 重点地区には限られた色や類似のトーンのみで規制された景観計画区域（重点地区のみが<1><2>で規定）
- III. 全域に多色化の抑制を規定、また多色化抑制と騒色抑制をゾーン別にして規定された景観計画区域（全域が<3>または<3><4>で規定）
- IV. 全域に騒色の抑制のみが規定された景観計画区域（全域が<4>で規定）
- V. 定性的な規定を設けており、かつ<1><2>の色彩基準が設けられていない景観計画区域（全域が<5>あるいは<3><4><5>で規定）

上記のパターンは、IからIVになるに従って規制の方法が厳しいものから緩やかなものになるように分類している。景観行政団体の地域の特色の打ち出し方という側面から言えば、Iについては景観計画区域全体に地域の特性が最も強く感じられ、IIは全区域中、特定の地域においては特色を打ち出すといった形になる。しかし、この二つのパターンは、程度の差はあれ景観行政団体としては地域特性を打ち出す積極的な規制を行っているであろうと考えられる。逆に、IIIとIVについては、地域の特色を積極的に打ち出していると

は考え難い。むしろ騒色やあるイメージのみを抑制することを主とした消極的な規定が主なため、実際に地域特性を打ち出す効果を把握することはできない。ここでは定量的な規定をしているⅠ～Ⅳについて比較検討することとする。各規制方法に該当する都市とその重点地区数を表2に示した。

規制方法	都市名	重点地区数
Ⅰ	堺市	0
Ⅱ	横浜市	3
	川崎市	8
	静岡市	3
	京都市	23
	神戸市	11
	岡山市	4
	広島市	17
	北九州市	53
福岡市	27	
Ⅲ	札幌市	4
	相模原市	0
	浜松市	1
	名古屋市	7
Ⅳ	仙台市	4
	さいたま市	1
	千葉市	1
	新潟市	1
Ⅴ	大阪市	0
	熊本市	7

表2 20大都市の規制方法

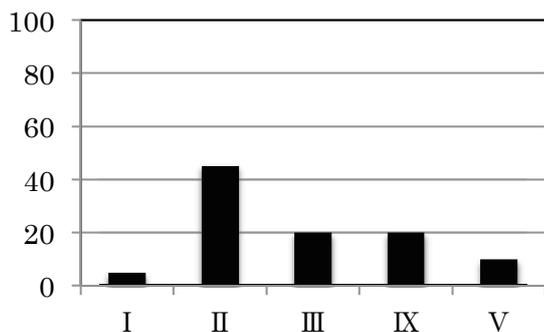


図2 I～Vの全体比率 (%)

景観計画区域のⅠ～Ⅴの全体比率(図2)は、Ⅱに該当する景観計画区域の比率が最も多いことがわかる。また、積極的な規制(ⅠとⅡを加えた50%)の方が消極的な規制(ⅢとⅣを加えた40%)よりも少し多いことがわかる。

4. 考察

20大都市すべてにおいて、地域の特色を維持及び推進するために色彩基準を厳しくし、積極的な色彩規制を行っているとは必ずしも言えない。しかし、各々の自治体の規制方法からは、大都市だからといって地域の特色をうちだすににくいとはいえないことがわかる。各自治体の景観重点地区を設けた自治体の中に、北九州市が53地区、福岡市が27地区、京都市が23地区等、細やかに地区の特色を設けていることが確認された。景観計画は現在進行形で改正を行っていることから、現時点で重点地区を設けていない自治体についても候補地を定めていることを推察すると、今後さらに重点地区を加えている自治体もあるだろう。

地域の特色を活かすには色彩のみに頼ることはできないが、色彩規制によって、景観の良否に影響を及ぼす可能性がある。今回の調査のみでは、地域の特色を活かす要因に積極的な色彩規制が関係しているとは明言できないが、その可能性は推察できた。今後、調査範囲を広げ、自治体へのヒアリングなどを行うことで、各地域の特性と色彩規制の関係を細やかに認識することが必要と考える。

参考文献

- 1) 成田イクコ, 瀬田史彦: 景観法に基づく景観計画における建築物の色彩基準に関する研究, 日本景観学会誌 Vol115, No.1 (2014)6-15
- 2) 山本早里, 徐ミンジョン, 榎究, 熊澤貴之: 地域の特色を活かした景観色彩計画に関する行政の考え方の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)(2014)517-520

積雪寒冷地における道路施設の色彩に関する現状と課題

Current Situation and Issues Related to the Color of the Road Attachment Facilities in Snowy Cold Regions

小栗ひとみ Hitomi Oguri 寒地土木研究所
 吉田 智 Satoshi Yoshida 寒地土木研究所
 佐藤 昌哉 Masaya Satou 寒地土木研究所
 松田 泰明 Yasuaki Matsuda 寒地土木研究所

Civil Engineering Research Institute for Cold Region
 Civil Engineering Research Institute for Cold Region
 Civil Engineering Research Institute for Cold Region
 Civil Engineering Research Institute for Cold Region

Keywords: 積雪寒冷地, 道路施設, 色彩調和

1. はじめに

平成27年8月に国土交通省が公表した「国土形成計画(全国計画)」¹⁾において、「美しい景観, 魅力ある空間の保全, 創出と活用」が基本的な施策として示され, また平成27年9月の「第4次社会資本整備重点計画」²⁾では, 13の政策パッケージに「地域の特性にふさわしい良好な景観形成等の推進」が掲げられるなど, 良好な景観形成はますます重要となっている。

施設や構造物の景観デザインにおいて, 色彩はさまざまな効果や影響を及ぼす重要な要素の一つである。本来, 土木施設には, その役割や期待される機能の観点から望ましい色彩が存在すると思われるが, 施設単体の機能発揮だけではなく, 整備する空間全体の景観にも配慮する必要がある。

しかし, 土木施設の色彩設計に関しては, 一般に現場技術者が参照できる技術的指針がないため, 不適切な色彩の採用による景観へのダメージだけでなく, 施設の機能低下に繋がっている事例も少なくない。景観ガイドライン等における色彩の記述も限定的であり, さらに積雪寒冷地といった条件は考慮されていない。

そこで, 本研究では, 土木施設の機能発揮と景観向上に貢献する効果的な色彩設計方法の検討に向け, まず積雪寒冷地における道路施設の色彩の現状と課題を, 環境色の季節変化との関係から分析・整理した。

2. 調査方法

(1) 道路施設の色彩に関する現地調査

積雪寒冷地である北海道の沿道特性の異なる5路線, 計39地点において, 夏, 秋(紅葉・黄葉期, 落葉期)および冬に現地調査を実施し, 道路施設の視感測色および対象施設を含む周辺景観の写真撮影を行った。調査対象の道路施設は, 照明柱, 標識柱, 橋梁の高欄, 柵類(車両用防護柵, 防風防雪柵, 雪崩予防柵, 落石防止柵)および鋼製覆道とした。

対象路線は, 地形が変化に富み, 山間, 丘陵, 湖沼など多様かつ魅力的な沿道景観が展開され, 観光入込客数の多い, 道央地域のシーニックバイウェイ北海道ルートから選定した。また, 景域タイプは, 「北海道の道路デザインブック(案)」³⁾を参考に, 特徴的な景観特性を有し, 自然的要素と一体となった魅力的な沿道景観の創出が期待できる①山間景域, ②丘陵景域, ③田園景域, ④湖沼景域の4タイプを対象とした。

視感測色は, 「JIS標準色票」を用い, 対象施設のマンセル値を記録した。

(2) 周辺環境の色彩分析

周辺環境の色彩分析は, 現地調査で撮影した写真の画像解析により行った。はじめに, 道路景観の構造や構成, 景観要素の特徴をもとに, 撮影写真を12景観シーン16タイプのグループに分け, 分析対象として各タイプの代表的な写真を選定した。次に, Adobe社Photoshopを用いて, それらの写真から15×10分割のモザイク画像を作成し(図-1), 各モザイクの色相・明度・彩度を計



図-1 モザイク分割のイメージ
(左: 元画像, 右: 15×10 分割モザイク画像)

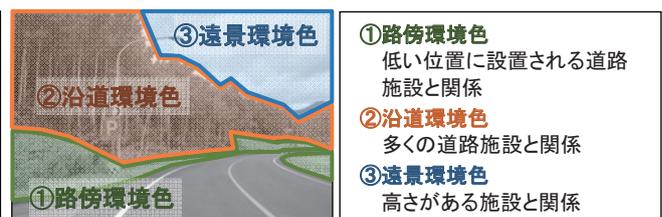


図-2 周辺環境色の分類

測した。

なお、分割数については、7×5, 10×7, 15×10の比較検討を行い、解析精度と作業効率の観点から、最も合理的に周辺環境の色彩を分析できる分割数として15×10を採用した。

分析結果は、道路周辺の環境要素を大きく路傍、沿道、遠景に分け(図-2)、それぞれのエリアにおける色彩の分布状況として整理した。

(3) 道路施設の色彩と周辺環境色の関係分析

道路施設の測色結果および周辺環境色の分析結果について、ムーン&スペンサーの色彩調和理論をもとに調和・不調和の関係を整理し、道路施設の色彩の現状と課題を整理した。

3. 調査結果

(1) 道路施設の色彩

現地調査における道路施設 60 施設の測色結果は表-1 のとおりである。色の系統としては、いずれの景域においても、概ね茶系とグレー系が半々の割合で分布する構成となっていた。グレー系では亜鉛メッキ処理が多くみられ、一部の橋梁高欄では、朱色や比較的鮮やかな緑系の塗装が施されているものもあった。なお、積雪寒冷地では、除雪車が防滑材を含む雪を跳ね飛ばすため、塗装部が研磨してしまう場合が多く、特に山間景域の峠

部において、塗膜の剥がれが目立つ状況が確認された。

(2) 周辺環境色の季節変化

1) 山間景域

山間景域では、沿道の樹木が接近しており、「沿道環境色」が主たる周辺環境色となっていた(図-3)。「沿道環境色」は、樹木の季節変化に伴い、5GY(夏)から2.5Y(紅葉期), 10YR(落葉期)へ中心となる色彩が変化した。明度・彩度の平均的な値は、明度が3.5(夏), 5(紅葉期), 4.5(落葉期), 彩度は2.5(夏), 4(紅葉期), 1(落葉期)であり、いずれも中明度・低彩度の分布となっていた。一方、冬の積雪期は、雪と樹木の幹が周辺環境色の中心となるため、他の季節とは傾向が異なり、主な色相は路傍、沿道、遠景とも5PBで、全体的に明度が7~8.5と高くなっていた(図-4)。

2) 丘陵景域

丘陵景域では、道路の沿道は眺望の開けた耕作地や樹林地となっており、周辺環境色は「路傍環境色」と「沿道環境色」が支配的であった。これらは樹木や草本で構成される色彩であり、山間景域と同様に、夏から秋にかけてはGY系(夏~紅葉期), Y系(落葉期)の中明度・低彩度の分布だったものが、冬にはPB系の高明度・低彩度の分布に変化した。

表-1 道路施設の測色結果

道路施設 \ 景域	山間景域	丘陵景域	田園景域	湖沼景域
照明柱	N6.5~N7.5	N6.5~N7.5 2.5YR3/2.5 5G5/4	10YR2/1.5	
標識柱	N6.5~N7.5 10R2/2	N6.5~N7.5 5G5/4	N6.5~N7.5 10YR4/1	N6.5~N7.5 N4
橋梁高欄	N4.5 10YR3/1	10R2.5/1 10YR3/1 5G5/4	N6.5~N7.5 N6.5~N7.5	
車両用防護柵	N9.5 10R3/2	10R2/1 10R3/1 10YR3/1 7.5G6/3	N6.5~N7.5 10R3/1 10R3/1	N4 10YR3/1
防風防雪柵	N6.5~N7.5	N6.5~N7.5 N8.5 N6.5~N7.5	N2.5 5YR4/6	10YR3/1 10YR3/1 10YR3/1
雪崩予防柵 落石防止柵	N6.5~N7.5 10R2/0.5 10R2/1 10R3/2 5G5/3 5G5/3			
鋼製覆道	N8.5 N6.5~N7.5 5Y9/2	N8 10R4/3		10R2.5/1 10R2.5/1

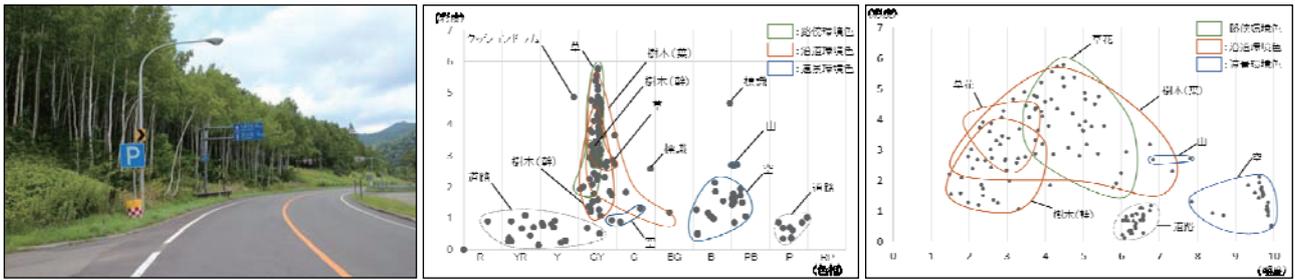


図-3 山間景域における夏の周辺環境色の分析結果例 (左:元画像、中央:色相・彩度分布、右:明度・彩度分布)

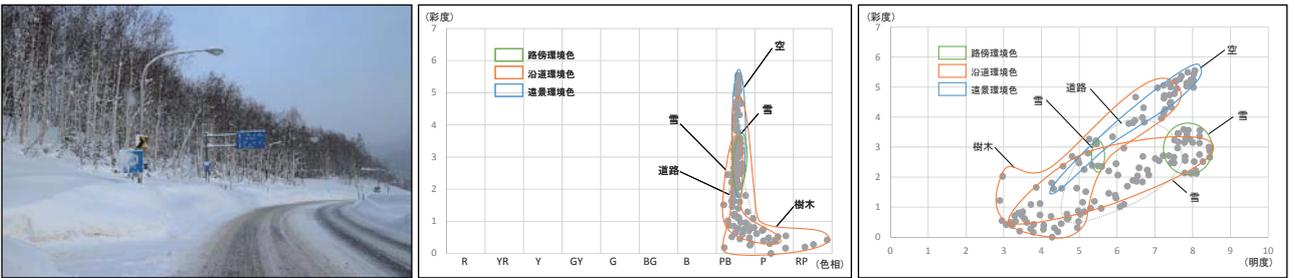


図-4 山間景域における冬の周辺環境色の分析結果例 (左:元画像、中央:色相・彩度分布、右:明度・彩度分布)

3) 田園景域

田園景域では、広大な空を背景とした開放的な景観が広がっており、空の色彩が大きな影響要素となっていた。路傍や沿道は草本が主体であり、色彩の季節変化は山間、丘陵と同様の傾向であった。

4) 湖沼景域

湖沼景域では、湖面側に視界が開け、反対側は斜面となっており、周辺環境色は沿道の樹木や湖面が主となっていた。夏から紅葉期までの傾向は他景域と変わらないが、積雪の影響が少ない地点であったため、冬においても「沿道環境色」は樹木の幹の色である5YRが中心であった。湖面の色彩は、概ねB~PB系の中明度・中彩度の分布であったが、夏においては明度の9程度と高い値を示した。

(3) 道路施設の色彩と周辺環境色との関係

ムーン&スペンサーの色彩調和論を用いて、道路施設の色彩と周辺環境色との調和・不調和を分析した(図-5)。その結果、不調和と判定されたのは、一般に環境に配慮した色彩とされるダークブラウン(ここでは10Rの暗い茶色を含む)がほとんどであった(表-2)。また、ダークブラウンは、調和判定でも対比調和となる場合が多く、景域や背景によっては不調和となる可能性がある。

また、自然環境に馴染む印象が強いG系の色についても、対比調和や不調和の判定となっており、目的に応じて明度・彩度の調整が必要になるものと考えられた。

一方、亜鉛メッキ処理を中心とする無彩色は、環境色に対し同一・類似調和または対比調和の判

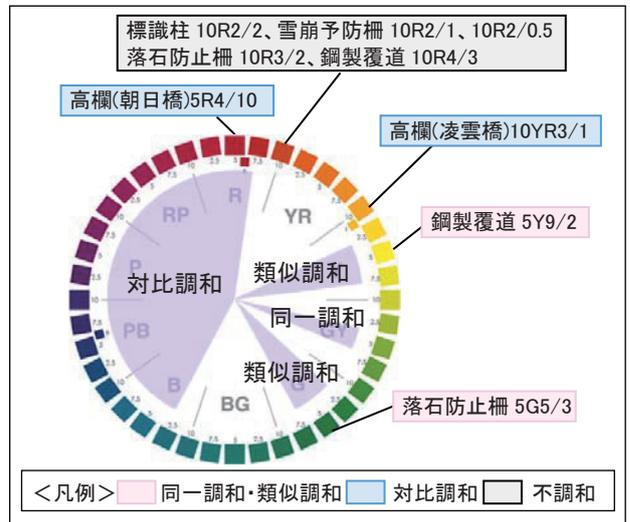


図-5 色相調和分析(山間景域・沿道環境色5GYの例)

定となっていた。

(4) 道路施設の色彩の現状と課題

調査対象の道路施設では、暗い茶色やグレー系の塗装が多く用いられていた。夏期の樹木等の緑が支配的となる環境の中にあっては、これら色彩の存在感はそれほど高くなかったが、積雪寒冷地では環境色の季節変化が著しいことから、標準的に用いられているダークブラウンは環境色に対し調和的でない可能性が確認された。

ダークブラウン(こげ茶)は、「森をバックにそのものを見るという限定つきで開発した色」であり、強い色であることからどこでも使って良いものではないとの指摘もある⁴⁾。ダークブラウンの採用には十分な配慮が必要といえるが、実際には安易に用いられる傾向があることから、その適用性について再度整理を行う必要がある。

表-2 不調和判定となった道路施設の色彩

景域・ 環境色 道路施設	山間景域	丘陵景域		田園景域		湖沼景域	
	路傍環境色	路傍環境色	沿道環境色	路傍環境色	沿道環境色	路傍環境色	沿道環境色
10R2/1			×夏、秋(紅葉)				
10R2/1.5							×秋(紅葉)、冬
10R2.5/1		×夏、秋(二期)					
10R3/1		×夏、秋(紅葉)					
10R3/2	×夏、秋(二期)						
5YR4/6					×夏、秋(落葉)		
10YR2/1.5				×秋(二期)	×夏、秋(紅葉)		
10YR3/1	×夏、秋(落葉)		×秋(二期)			×夏、秋(落葉)	×秋(紅葉、冬)
5G5/4		×秋(二期)、冬					

また、亜鉛メッキ処理を施された道路施設については、無彩色で陰影がつきにくく、明るい空や濃い緑など様々な背景の中であっても、特にその存在を強く主張する印象はなかった。亜鉛メッキは、経年変化により明度が低くなっていくことで徐々に落ち着いた印象になるため、比較的的自然なじみやすい素材といえる。

一方、数は少ないが独自色が採用されている施設もあった。そのうち、一連の大小様々な道路施設を比較的鮮やかな緑系で塗装した事例では、これらが群としてまとまるために、過度に存在を主張してしまっている印象があった(図-6)。このような場合には、施設の高さに応じて色彩の切り替えを行い分節化するなど、圧迫感を軽減するための工夫が必要と考えられる。

5. おわりに

今回の調査で得られた結果を踏まえ、周辺環境色の季節変化を考慮した望ましい色彩について検証を行うため、カラーシミュレーション画像を用いた被験者実験を実施しているところである。

今後も、積雪寒冷地における土木施設の機能発揮と景観の向上に貢献する色彩設計方法の提案に向けて、研究に取り組んでいく予定である。



図-6 道路施設の色彩の現状(鮮やかな緑系塗装)

参考文献

- 1)国土形成計画(全国計画):国土交通省ホームページ, 2015.8,
http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudokeikaku_fr3_000003.html
- 2)第4次社会資本整備重点計画:国土交通省ホームページ, 2015.9,
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000003.html
- 3)北海道の道路デザインブック(案):国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所, 2010.4,
<http://scenic.ceri.go.jp/manual.htm>
- 4)堀繁談話集 景観からの道づくりー基礎から学ぶ道路景観の理論と実践ー:(財)道路環境研究所, 大成出版社, 2008.3, pp205

視点移動に伴う景観色彩のまとまり度の変動周期 Fluctuation Periods of Landscape Color Unity Index with Moving Viewpoint

近藤桂司

Keishi Kondo

福山市立大学

Fukuyama City University

Keywords: 景観色彩, まとまり, シークエンス, 周期性, 視点移動.

の変動に周期性があるのか, またあるとするならばその周期性が街路の特徴を説明するヒントになるのではないだろうか.

1. はじめに

私たちは「ふつうのまちの姿は, 混沌としており, あまり美しくない. その一方で, 明文化された計画も規制もなくとも, 山裾の集落や古い町並みは魅力的と感じる(注1)」。私たちは景観計画を立てる際, 景観の構成要素(建物やストリートファニチャーなど)を分類し, さらに小さな要素(外壁や屋根など)に分割してそれぞれの基準を設けている. 色彩についても同様の手法を取っている. 一方で私たちは「要素ごとに基準を示しても, それらが集まったときに必ずしも心地のよいものとならないことを経験的に知っている(注2)」。すなわち, 現行の手法では要素間の関係性や全体性を反映することは困難なのである.

筆者の研究手法は景観構成要素の物体色を扱っているのではなく, カメラが捉えた眺めの映像中の色彩を扱っている. それゆえ常に景観全体が分析対象となっている. また, 視点の移動に伴って構成要素の見え隠れや見かけの大きさも変化するため, 全体性や関係性を排除せずに景観の特徴を把握する方法の一つであると考えている.

筆者は街路を移動しながら景観の動画を撮影し, 動画像を構成している色彩の「まとまり」具合を研究してきた. これまでの研究で, 歴史的景観の保全に努めている地区の街路では「まとまり度」が高いことが明らかになっている. また, 移動に伴う「まとまり度」の時系列変化を分析することによって, 屋外広告物が街路景観色彩のまとまりに影響を与えていることも明らかになった. しかし一方で, 派手な大型屋外広告物のある郊外幹線道路がなぜ単調に感じ, 雑然とした小さな商店街に活気を感じるのかという実体験の違いを説明するには至っていない.

本論では, 視点移動に伴う「まとまり度」の変動周期に着目して分析を行った. 「まとまり度」

2. 実験方法

実験対象とした街路は次の12の街路である.

白壁: 愛知県名古屋市東区白壁/白壁町筋

久屋: 愛知県名古屋市中区丸の内/久屋大通

伏見: 愛知県名古屋市中区錦/伏見通

有松: 愛知県名古屋市緑区有松

半田: 愛知県半田市荒古町

美濃: 岐阜県美濃市/一番町

鶉沼: 岐阜県各務原市鶉沼西町/鶉沼宿

柄山: 岐阜県各務原市那加柄山町

久松: 広島県福山市延広町/久松通商店街

国道: 広島県福山市延広町-船町/国道2号線

春日: 広島県福山市春日町/春日通

照葉: 福岡県福岡市東区香椎照葉

このうち有松, 半田, 美濃, 鶉沼は歴史的町並み保存地区であり, 柄山は「景観地区」である.

撮影には SONY のデジタルビデオカメラ HDR-CX720V を用い, 晴れの日11時~14時の間に行った. 時速約6kmで移動しながら進行方向を撮影した. カメラから出力されるRGB値はデバイスに依存した数値であることや撮影日時が異なると照明環境も異なる. また「まとまり度」の分析は三次元色空間内の画素間距離を用いるため, ユークリッド距離を扱える均等色空間に変換しておく必要がある. そこで撮影の都度色票を撮影し, 撮影後に色補正及び CIEL*a*b*色空間への変換を行った.

3. 分析方法

撮影した街路景観映像から1秒ごとに静止画像を切り出し, 白壁233枚, 久屋89枚, 伏見115枚, 有松124枚, 半田106枚, 美濃54枚, 鶉沼184枚, 柄山67枚, 久松90枚, 国道194枚, 春日210枚, 照葉125枚のシークエンス画像を得た.

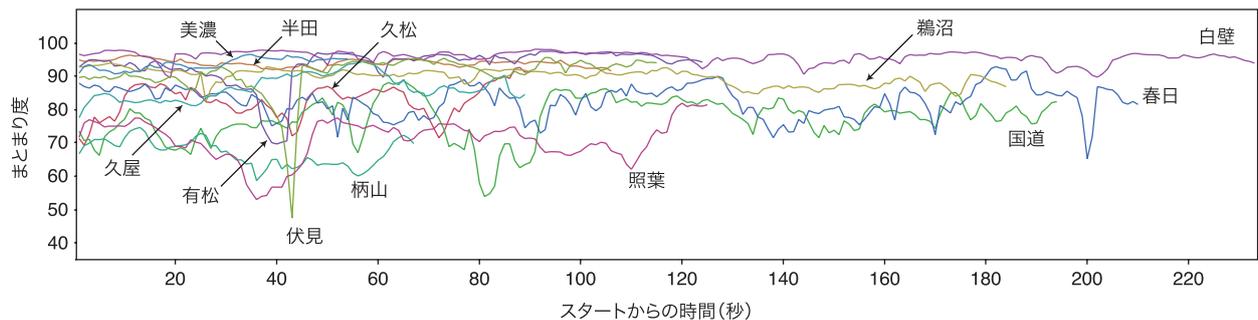


図1 各街路のまとまり度の推移

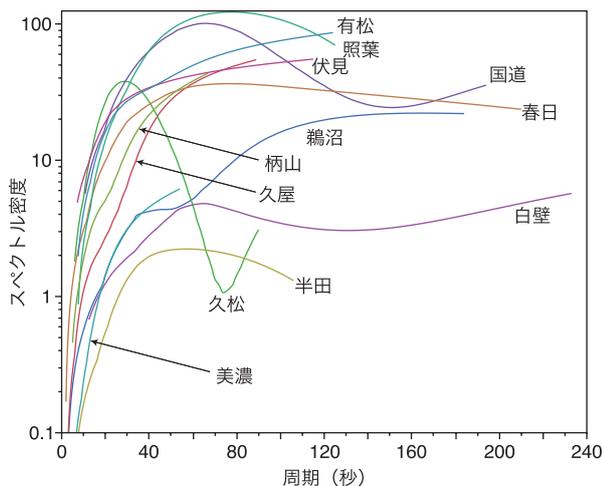


図2 各街路のまとまり度の周期とスペクトル密度

なお、色補正・色空間変換の際の残差は、有松が 9.05、伏見が 7.14、その他の街路は 5.25~6.66 であった。

次に各シークエンス画像の画素の $L^*a^*b^*$ 値に対してそれぞれ共分散行列を出発行列とした主成分分析を行い、第一主成分寄与率を求めた。この値が「まとまり度」の指標となる。「まとまり度」が移動に伴ってどのように変化したかをグラフにしたものが図1である。

さらに各街路の「まとまり度」の変動周期とスペクトル密度との関係を調べた。分析には SAS Institute Inc. の統計ソフトウェア JMP を用いた。図2は縦軸に変動スペクトル密度の対数、横軸に周期(秒)をとってグラフ化したものである。

4. 考察

図1からは白壁や鷺沼、半田など、常に高い「まとまり度」を維持して推移している街路がある一方、国道や春日、照葉のように「まとまり度」が若干低い値で推移し、時折急激な変化を見せる街路がある。後者には彩度の高い屋外広告物や幟旗などが眼前に迫った際の変化が表れている。

図1に示したそれぞれの街路の「まとまり度」の時系列変動に何らかの周期性が潜んでいるという仮説を立て、Fourier 解析を行った。「Fisher のカップ」検定で帰無仮説が真であることを確認した。

図2は周期の関数としてスペクトル密度をグラフにしたものである。撮影した街路によって街路長が異なるため、撮影時間も異なり変動周期の幅も街路によってまちまちであるが、グラフ形状にピークのある街路とない街路に大別できることがわかる。久松、半田、国道、照葉の4街路が前者に含まれる。特に久松はピークが明瞭であり、他の3つはさほどではない。明瞭なピークがあるということは、「まとまり度」の変動に特定の周期性があるということになる。

久松のスペクトル密度のピークは 30 秒の周期である。動画撮影時、時速約 6km で移動しているから、ピークとなった周期を距離に換算すると約 50m となる。久松の街路に面して立地している建物の間口を地図上で計測したところ、約 7m であった。よって建物の繰り返しが周期性に関与しているとは言い難い。また、街路樹は 15m の間隔で植えられており、その関与も低いと考えられる。

5. おわりに

今回の対象とした街路の中で、久松が他の街路と異なるのは、商店街だということである。そこそこの人通りがあり（撮影実験では人通りを避けている）、空き店舗がない。他の街路に比べると格段に「活気」があるように思える。「活気」の定義は難しい課題であるが、同様の周期性を持つ街路を数多く発見できれば、「活気」の解明につながるのではないかとと思われる。

注1：小浦久子著『まとまりの景観デザイン』学芸出版社、2008、p.3

注2：小浦久子著『まとまりの景観デザイン』学芸出版社、2008、p.6

路面のカラー化の期待される効果と景観上の課題

A prospective effect of the colorization of the pavement marking and problem in the scenery

寺倉 嘉宏 Yoshihiro Terakura (株) キクテック KICTEC INC.
池田 典弘 Norihiro Ikeda (株) キクテック KICTEC INC.
荻野 弘 Hiroshi Ogino 豊田工業高等専門学校 National Institute of Technology, Toyota College
(株) キクテック KICTEC INC.

Keywords: カラー舗装, 交通事故, 視認性, 景観.

1. はじめに

交通事故の多くは、単路部に比べ交差点部で発生している。事故対策の方法として背景色との明度差を利用し、「誘導」・「減速」・「注意喚起」などの視認性を高めた「カラー舗装」の設置が進んでいる。全国的にも安全・安心を目的としたカラー舗装が設置されているが、用途や景観に合わせて設置しているものが多く、統一されていないのが現状である。本研究では、愛知県の事故削減対策で実施した交差点部の「カラー舗装」を中心に実施されているカラー化を体系的に整理し、その効果と景観上の課題について検討を行った。

2. カラー舗装について

カラー舗装とは、交通事故の抑止を目的とし、道路管理者との緊密な連携により実施される。カラー舗装には主に道路施工時にアスファルトと顔料を混合させた着色舗装と、舗装表面を塗装したカラー標示がある。ランプや狭さくに比べ、安価に施工できる対策の一つでもある。アスファルト路面のような黒に近い背景色との明度差を利用した視覚的効果によりドライバーへ「誘導」や「減速」、「注意喚起」の効果がカラー化にはある。警察庁の「法定外表示等の設置指針（通達）」¹⁾では、ゾーン・エリア対策におけるカラー舗装の色彩は、

①車道部は、白または黄色以外とし、路面標示の視認性が確保できる色とすること。

②車道部及び歩道部とも単一色を基本とし、原則として自治体ごとに統一されること。

と記載されており、区画線や道路標示となる「白」や「黄」と類似した色を使用することは誤認の恐れがあるため、高い効果が期待されても設置は難しい。また自治体ごとでの統一のため、多種のカラー舗装が汎用されているのが現状である。

3. カラー舗装の区分について

表1に、主に愛知県内で実施されているカラー舗装について区分を行った。

表1 カラー舗装の用途区分

区分	目的	設置色
単路カーブ	進入車両の誘導	ベンガラ・黄
交差点進入部	直進車両の誘導	赤
右折帯レーン（交差点）	右折車両の誘導	青
右折導入路	右折車両の誘導	赤
自転車通行帯（交差点）	自転車の誘導	緑
自転車専用レーン	自転車の誘導	青
中央線の末梢	車両の減速喚起	オレンジ・緑
通学路等	歩行者の保護	緑
ゾーン 30	歩行者保護 車両への周知	緑

愛知県内のカーブ進入部では、注意喚起を示すベンガラ・黄が用いられ、交差点部でも赤（注意して交差点に進入）や青（スムーズに交差点に進入）を使用している。色の使い方は、事前に国土交通省名古屋国道事務所との打合せにより統一されたものである。他県にない視覚的に刺激の強い色彩であるが、車両への注意喚起、減速を目的としており交通事故の死亡者数の多い愛知県では推奨されている。自転車専用レーンについては、全国的なカラー色に合わせて青を使用している。通学路については、スクールゾーンのイメージカラーである緑が多く使用され、児童及び道路利用者双方に認知度を高める効果を持たせている。ゾーン 30 では、警察署により定められた区域の生活道路において歩行者の安全通行の確保及び車両への周知を目的としたカラー舗装（緑）が施され、警視庁の設置指針に基づいた配色となっている。

上記の区分より、愛知県内のカラー舗装の多くは、国や警察との協議や通達²⁾に合わせた全国的な色彩が大半であるが、一部のカラー舗装（中央線の末梢等）は地域の景観に合わせて、住民に認知されやすい色を使用して安全対策を図っている。

4. カラー舗装による効果について

カラー舗装の設置効果について、交差点部における車両速度の低減効果から検証を行った。写真1にカラー舗装対策前後の状態、図1に同対策箇所の進入速度の挙動改善効果を示す。通行する車両の進入速度は全体的に低下しており、60km/h以下の進入が約4割から8割まで増加した。



対策前 対策後
写真1 カラー舗装対策前後の状態
(主) 岡崎環状線 竜美台2交差点

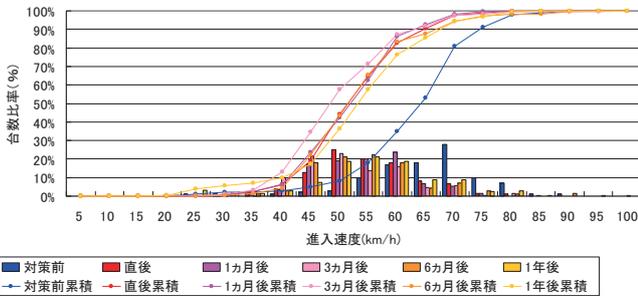
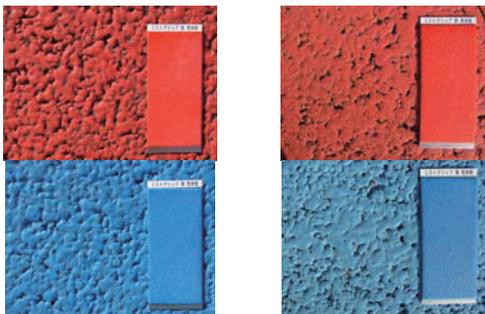


図1 進入速度の挙動改善効果

写真2に経年変化によるカラー舗装の色あせ・摩耗状況、図2に平均速度の変化を示した。



調査初回 13カ月後
写真2 カラー舗装の色あせ・摩耗状況

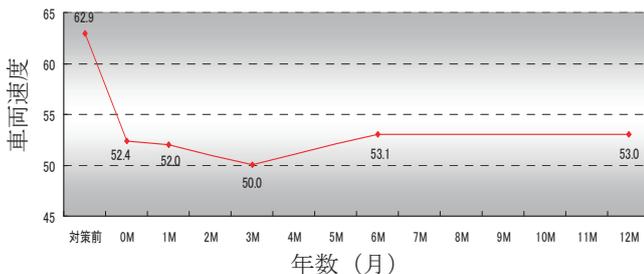


図2 平均速度の変化

通行する車両の平均速度は、対策直後では-10.5km/hと大幅に低下した。設置12カ月後で

カラー舗装の色あせ・摩耗が確認されたが、平均速度は対策直後と同様に低い水準を維持している。カラー舗装の経年変化により退色が確認されたが、視覚的に刺激の強い赤色のカラー化により視環境が改善され、速度の抑止力に繋がり安全対策に寄与していることが確認できた。

5. 景観への影響について

交差点のカラー舗装対策を実施後、対策の必要性と景観上の問題について検証を行った。図3にカラー舗装対策の必要性と景観の問題について、豊田市土橋地区の地域住民に実施したアンケート結果を示す³⁾。景観に合いにくい赤色のカラー舗装であるが、交通事故防止の対策として必要であるとの意見もあり、約8割の回答者から景観上の問題なしとの結果が得られた。

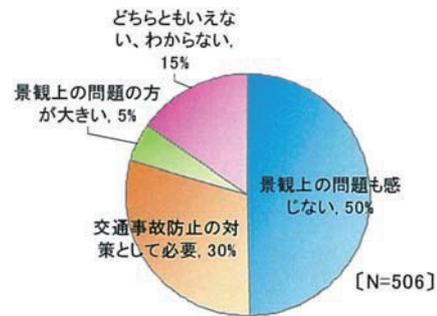


図3 カラー舗装対策の必要性と景観の問題

6. まとめ

道路面のカラー舗装化は、自動車・自転車のドライバーだけでなく、歩行者に対しても交通事故防止として有効的な効果を上げる対策である。地域の景観に合わせた色を選択して安全対策を図ることは必要であるが、本来の目的である「交通事故の抑止」のためには効果の高い色彩を使用することも重要である。また全国的に統一された色彩を用いることによって設置したカラー舗装の意味を認知させ、より効果の高い交通事故の防止に繋げることができると考えられる。今後は地域の景観面にも配慮したカラー舗装を施工し、使用する対象者の年齢や天候による視認性についても検証を行うことで、より安心して通行できる車道・歩道空間のカラー化の整備が必要である。

参考文献

- 1)警察庁丁規発第7号: 法定外表示等の設置指針について(通達)(2014)
- 2)(一社)全国道路標識・標示業協会編: 路面標示ハンドブック 第4版(2012) 397-402
- 3)濱口雅昭: 交通事故削減に向けた愛知県の取組、第86回交通工学講習会・事故削減に向けた自治体の取組、平成23年7月8日。

色とテクスチャーの組合せが及ぼす心地良さへの影響

The Effects of the Combination of Color and Texture on the Judgment of Comfort

稲葉 隆 Takashi Inaba

日本カラーデザイン Nippon Color & Design Research
研究所 Institute INC.**Keywords:** 無彩色, テクスチャー, 粗さ, 触感, 心地良さ

1. 研究の目的

色彩とテクスチャーが組合わされて物体表面は構成されている。われわれは、前者を視覚により、後者を視覚と触覚により知覚した上で、表面の状態を認知し、さらにその価値（好悪や心地良さ）を判定する。本実験では、色彩とテクスチャーからなる刺激から感じられる心地良さについて、色彩の見た目とテクスチャーの触り心地がどのように影響するかを検討することを目的とした。対象とした色彩は明度を変数とした無彩色であり、テクスチャーはシボ深さを変数とした粗さ度合いであった。なお、本稿では得られた結果のうち心地良さ判定に関して分析をおこなった。

2. 方法

実験参加者 29歳から37歳までの社会人10名（男性5名・女性5名）。平均年齢は32.1歳（*SD* 2.3）であった。

刺激 カラーシートとシボ加工された樹脂版とを表裏に組合せたプレート（40mm×170mm）を刺激とした。カラーシートは、白、灰色、黒の無彩色3色（Table1）、樹脂版はシボ深さが段階的に異なる平滑面、細シボ、粗シボの3種類（Table2）とし、両者の組合せパターン計9通りのプレートを刺激として用いた。

実験方法 実験参加者は、刺激から感じられた粗さの程度を、1.かなりなめらかな、2.ややなめらかな、3.どちらでもない、4.ややざらざらした、5.かなりざらざらした、の5段階で評定した。さらに、刺激から感じられた心地良さを程度を、1.かなり心地悪い、2.やや心地悪い、3.どちらでもない、4.やや心地良い、5.かなり心地良い、の5段階で評定した。まず、刺激の色面が上、テクスチャー面が下になるようにセットし、実験参加者

は、色面を見ながら、テクスチャー面を指先で触り、粗さ度合いの評定をおこなった。9つの刺激をランダムに提示する試行を3回繰り返した。次いで、同様に刺激を提示して心地良さ度合いの評定を1回おこない、色彩×テクスチャーの複合刺激に対する評定をおこなった。さらに、色彩（視覚）単独での評定として、刺激の色面だけを見て両評定をおこない、テクスチャー（触覚）単独での評定として、目を閉じた状態で刺激のテクスチャー面を指先で触り両評定をおこない、最後に内観をとった。実験は2015年11～12月におこなった。

Table1 刺激に用いた色彩

	マンセル値			Hue&Tone
	HUE	Value	Chroma	記号※1
白	6.7Y	9.4	0.3	N9.5
灰色	6.1B	5.0	0.2	N5.0
黒	10.0Y	1.8	0.1	N1.5

※1 日本カラーデザイン研究所製MMCカラーチャートを使用

Table2 刺激に用いたテクスチャー

	シボ深さ(μm)	JIDA No. ※2
粗シボ	76.54	JTX-010
細シボ	36.96	JTX-004
平滑面	0.00	Flat

※2 日本インダストリアルデザイナー協会製スタンダードサンプルを使用

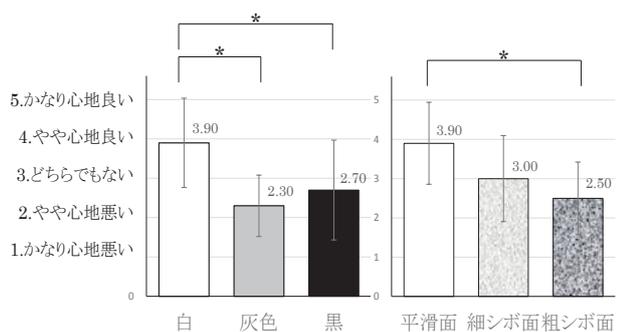
実験計画 実験は、色彩（視覚）要因（3水準）とテクスチャー（触覚）要因（3水準）の2要因で、ともに被験者内要因であった。

3. 結果

(1) 色彩単独、テクスチャー単独での評定値

色彩及びテクスチャーをそれぞれ単独提示した場合の心地良さ評定値をグラフ化した（Figure 1）。そして、色彩間、及びテクスチャー間で心地良さ評定の平均値に違いがあるかについて *t* 検定

をおこなった結果、色彩では、白と灰色、白と黒でそれぞれ5%水準で有意な差が認められ、白の方がより心地良い評定がなされていた ($t=2.954$, $df=9$, $p<.05$; $t=2.449$, $df=9$, $p<.05$)。また、テクスチャーでは、平滑面と粗シボ面とで5%水準で有意な差が認められ、平滑面の方がより心地よい判定がなされていた ($t=2.492$, $df=9$, $p<.05$)。なお、その他の組合せにおいては有意ではなかった。



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

Figure 1. 色彩単独、テクスチャー単独で提示した場合の心地良さ評定の平均値。エラーバーはSDを示す。

(2) 色彩×テクスチャー複合刺激の心地良さ評定

色彩×テクスチャーの複合刺激に対して、色彩を見ながらテクスチャーを触り、総合的な心地良さを評定した結果を元に、心地良さ評定値を従属変数、色彩(白・灰色・黒)の明度とテクスチャー(平滑面・細シボ面・粗シボ面)のシボ深さ(μm)とを独立変数とする2要因の分散分析をおこなった (Figure 2)。

その結果、テクスチャーのシボ深さの主効果は1%水準で有意であり ($F(2, 81) = 6.087$, $p<.01$, $\eta^2 = .12$)、明度の主効果は5%水準で有意であった ($F(2, 81) = 4.582$, $p<.05$, $\eta^2 = .09$)。しかし、テクスチャーのシボ深さと明度との交互作用は有意ではなかった ($F(4, 81) = .386$, $n.s.$)。そして、テクスチャーのシボ深さの主効果について Scheffe の方法で多重比較をおこなうと、平滑面は粗シボ面より心地良く評定されたことが1%水準で有意であった。同様に無彩色の明度の主効果について多重比較をおこなうと、白は灰色より心地良く評定されたことが5%水準で有意であった。以上から、色彩とテクスチャーを複合した刺激が喚起する心地良さには、色彩(無彩色の明度)とテクスチャー(シボ深さ)の両方の効果があることが明らかになった。有意な交互作用がみられ

なかったことから、テクスチャーの粗さが少ない程心地良く感じ、かつ、中明度の灰色より明度が高くなると心地良く感じられたといえる。

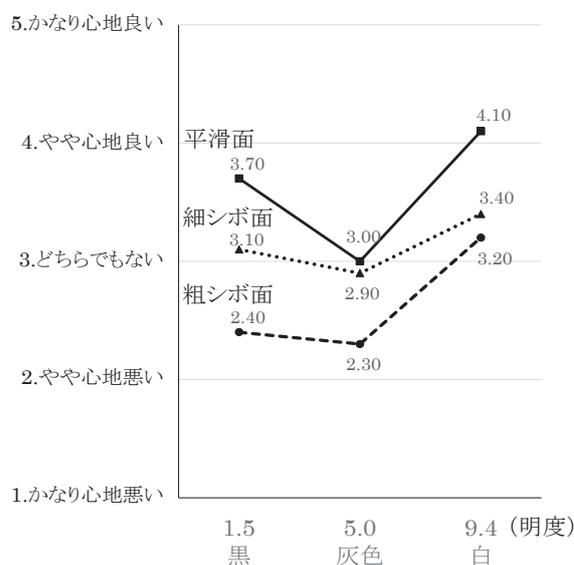


Figure 2. 無彩色の明度系列におけるテクスチャー別での心地良さ評定の変化。

(3) 色彩の見た目による心地良さ評定への影響

複合刺激と単独刺激とで心地良さ評定に違いがあるかについて t 検定をおこなった。その結果、白/粗シボ面の複合刺激と粗シボ面単独の刺激とにおいて心地良さ評定に有意傾向がみられ ($t=-1.909$, $df=9$, $p<.1$)、灰色/平滑面の複合刺激と平滑面単独の刺激でも心地良さ評定に有意傾向 ($t=1.868$, $df=9$, $p<.1$) がみられた。前者の場合、白の見た目によってテクスチャーの触感印象以上の心地良さがもたらされ、後者では灰色の見た目によって心地良さが減じられる可能性があることを示している。

4. 考察

色彩(無彩色)の視覚的印象とテクスチャー(粗さを有する表面)の触覚的印象とを同時に知覚することによって総合的に喚起される心地良さ感には、両者の効果があることが実験により示された。心地良さ評定値は、色彩では中明度の無彩色を最低値とするV字型グラフであらわされ、テクスチャーでは粗さが少ない程評定値が高い直線型グラフであらわされた。よって、物体表面の心地良さ感には、明度と粗さを操作することで、効果を最大化できることが示唆された。

インテリアファブリックの選択における シミュレーションと実空間の印象の差異

The difference between the simulation and the real on the choice of interior fabric

小浜 朋子 Tomoko Obama
木下 恵利 Eri Kinoshita

静岡文化芸術大学
静岡文化芸術大学

Shizuoka University of Art and Culture
Shizuoka University of Art and Culture

Keywords: インテリア, ファブリック, シミュレーション, 嗜好性, 環境心理.

1. はじめに

近年、画像ソフトや印刷技術の進化に伴いカタログや模型、Webサイトの画像のリアリティが高まり、ネットショッピングの市場も拡大してきている¹⁾。また、ゲームや様々なシミュレーションツールに慣れ親しんでいる若い世代は、バーチャルとリアルの間を日常的に行き来している。このような背景において、少し値の張る「上質なインテリアファブリックのアイテム」に対して、シミュレーションと現物の印象にどのような差異を感じ、購買意欲にどのような影響があるのか明らかにしたいと考えた。インテリアファブリックに着目した理由は、今回、実験参加者とする20代の女性にとって比較的馴染みがあり、アイテムの色や大きさを変えることによって、空間の印象の変化を表現しやすいと考えたからである。

2. 手続き

実験参加者は、嗜好性のばらつきを抑えるため「インテリアに興味があり北欧テイストのデザインが嫌いでない20代の女子学生20名」に限定した。

まず、この実験で使うファブリックのデザインを

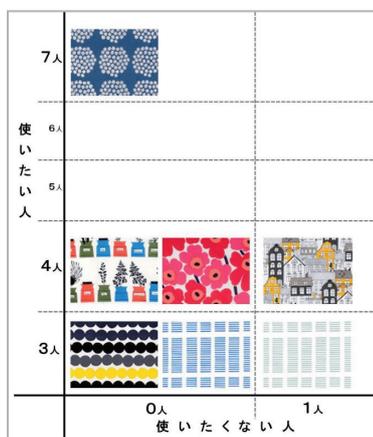


図1. プレ実験の結果

選定するために、実験参加者と同様の特性を持つ著者の1人である木下が、北欧のファブリックデザインで有名な数社²⁾の中から約100パターンを選び、実験参加者にプレ実験を行った。図1に示す結果より、最も

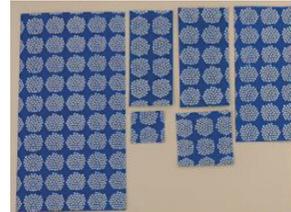


図2. 6種類のサイズのインテリアアイテム (印刷版)

好まれ、嫌われにくいデザインとしてマリメッコ社のプケッティのデザインを選定した。また、インテリアアイテムは、ベッドカバー、クッション、テーブルセ

ンター、ファブリックパネルなどを想定し、1000×2000、550×1300、450×950、350×900、500×500、300×300 (単位はmm) 6種類のサイズを用意した。模型用のインテリアアイテムは、プリンター (キャノン PIXUS MG6230) で高品質紙 (マットフォトペーパー MP-101A450) に印刷し制作した (図2)。

実験空間はワンルームマンションや実家の個室を想定した6畳とし、10分の1の模型 (図3) と実際の空間 (図4) を用意した。家具は白又は透明とし、部屋の中は寂しくない程度に、色が偏らない本やぬいぐるみ、植物などを配置した。

実験は、実験参加者一人ずつ行い、実験空間を自分がくつろぐ場所として想定し、提示したインテリアファブリックのパーツを、少し長い間大切に使う

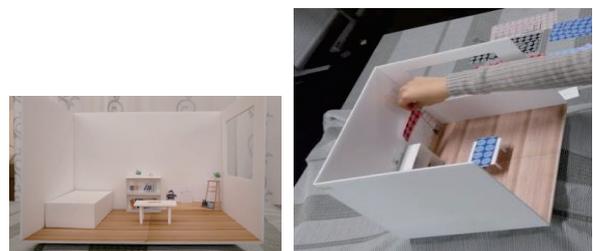


図3. 模型 (左) と実験風景 (右)

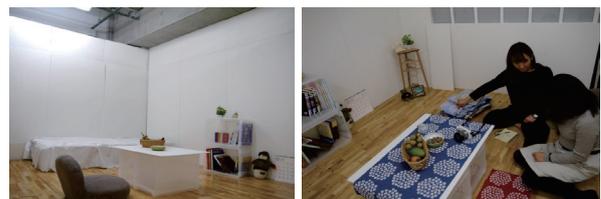


図4. 実空間 (左) と実験風景 (右)

ものとして自由に配置してもらった。6種類のファブリックをどのようなインテリアアイテムとして使うか、いくつ設置するかなどは限定しない。「模型を用いた実験」(以下、模型という)を行った後、同様に「実際の空間で実物のファブリックを使った実験」(以下、実空間という)を行う。それぞれの実験で「購入したいと思う気持ち」を①いらない、②多分買わない、③どちらでもない、④買いたいかもしいない、⑤買いたい、の5段階で評価してもらい、実験者はその理由を聞きとり、実際のファブリックをどのように感じたのか、空間に入ることによって印象はどのように変わったか、などシミュレーションと実空間の差異に関わるコメントを引き出した。

実験は2回行い、最初は「青1色」のファブリック(以下、青単色という)で、2回目は図5に示すベージュ、水色、赤、青、黒の5色のプケッティのファブリックから好きなだけ選択して行う(以下、5色選択という)。実験空間の照度環境は昼光色で550 lxとした。実験時間は制限を設けていない。



図5. 5色のインテリアファブリック

3. 結果と分析

模型と実空間の差異を「選択されたアイテム数」、「アイテムの総面積」、「5色選択における傾向」、「購入したいと思う気持ち」において分析した。また、アイテムの種類については、床面に対する設置の方

向が水平方向のもの(ベッドカバー、テーブルセンター、床面に置く座布団やクッションなど)と、垂直方向のもの(壁面パネル、タペストリー、立てかけたクッションなど)から分析を行った。

(1) 選択アイテム数

模型と実空間における平均選択アイテム数は、青単色、5色選択とも、ほぼ変わらない(図6)。

5色選択の総数は、青単色よりも0.55個多い。

設置方向を見ると、青単色は水平と垂直はそれほど変わらないが、5色選択では垂直よりも水平の割合が多く、その傾向は模型の方が顕著である。

選択された個数の分布をみると、5色選択は模型、実空間とも4個以上が60%を占め、アイテム数の多い人の割合が青単色よりも高い(図7)。

(2) 選択アイテム総面積

アイテム総面積数の平均値をみると、模型よりも実空間の方が広がっている。この傾向は、青単色と5色選択で同様であるが、青単色の方がそのギャップは大きい。言い換えると、模型では5色選択の方が青単色よりサンプルを多く配置しがちだが、実空間では青単色と5色選択の差異が少なくなるともいえる(図8)。

設置の方向を見ると、青単色と5色選択ともに水平の方が垂直よりもかなり広く、この傾向は模型、実空間で同様である。

総面積の割合では、青単色、5色選択共に1㎡以上の割合が増えている(図9)。

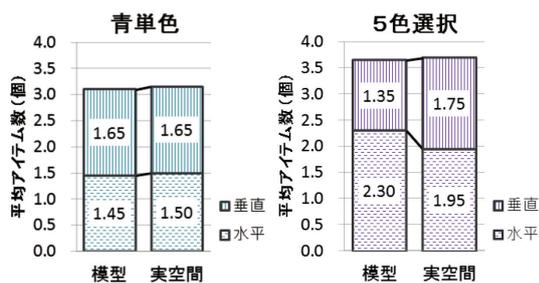


図6 選択されたアイテム数の平均

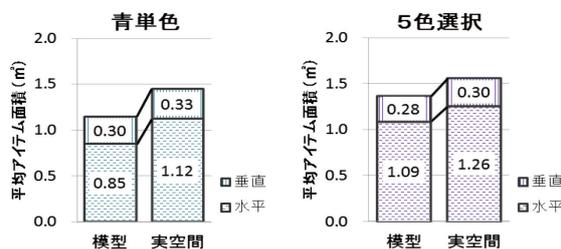


図8 選択されたアイテム総面積の平均

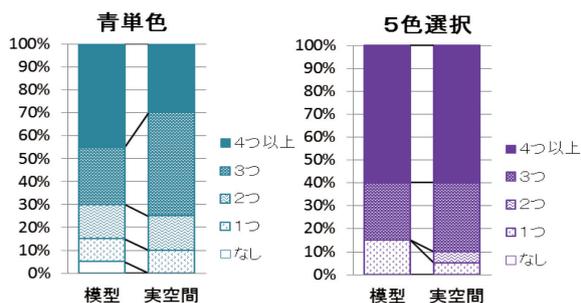


図7 選択されたアイテム数の分布

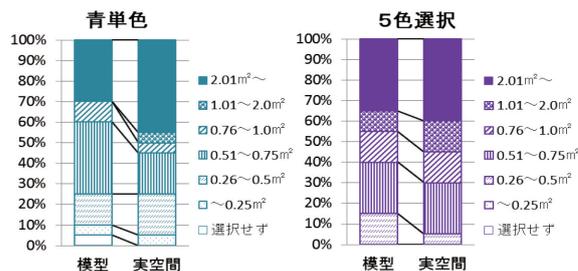


図9 選択されたアイテム総面積の割合

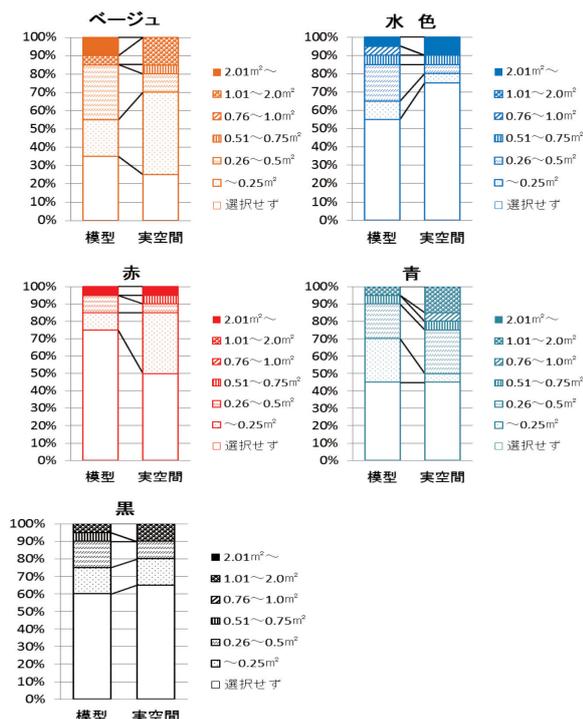


図10. 色別のアイテム総面積の割合

(3) 5色選択における傾向

5色選択において、模型と実空間で色の組み合わせを全く変えなかった人20名中4名(20%)で、残りの16名(80%)は、何らかの色の増減をしている。

色別のアイテム総面積の割合のグラフをみると、ベージュが5色の中で最も選択された割合が高く、実空間では75%の人が何かのアイテムを選択している(図10)。部屋や様々な色に馴染みやすいので、他のファブリックの添え色としてコーディネートする人も複数見られた。実物の色の印象が異なる人も多く、総面積の2㎡以上の割合は下がっている。

黒のファブリックに関しては選択した人は40%と少ないが、色のコントラストの強さや、花芯の緑が実際の布でははっきり見ることなどに違和感を持つ人も複数見られた。

水色のファブリックでも花芯の色に対して違和感があるとのコメントがあった。小さな面積でインパクトのある色のあるデザインは、シミュレーションと実物との間での印象のギャップを生み出しやすいと思われる。

(4) 購入したいと思う気持ち

購入したいと思う気持ちに対する5段階評価の平均は、模型が3.57、実空間は4.07で、実空間の購入意識が0.5高い結果となった。また、評価値は個人によって異なるものの、実空間での評価が模型よ

り下がった人はいなかった。

コメントをまとめると、実際のファブリックにふれてその色合い、質感の好感度が上がったという、ファブリックそのものに関するものと、空間の把握が正確にできることによるもの、2つの要因に分かれた。シミュレーションと実空間の印象の変化にはその2つの要因が関わっていると考えられる。

4. まとめ

今回の調査は、マリメッコ社のプケッティという限定されたデザインではあるが、少し値のはる「上質なインテリアファブリックのアイテム」においては、シミュレーションと実物との印象に差はあるものの、実物の方が印象は良く、購買意欲は高く、次のような特徴を仮説として得ることができた。

①模型、実空間で比べると、アイテム数はそれほど変わらないが、実空間の方が面積は広がる。

②選択の色数が多くなると、模型、実空間ともアイテム数が多く、総面積も広がる。床面に水平に置くインテリアアイテム(クッションやテーブルセンターなど)が多く選択される。

③プリントと実際のファブリックの間で感じた色や風合いなどのギャップは、色やアイテムの数、アイテムの種類などを変えることである程度調整できる。

この研究をさらに深堀すれば、ネットショッピングにも効果的な提案につながるのではないかと考える。今後は、もう少し実験参加者を増やすと共に、同じインテリアファブリックを用いて、空間の色や照明条件を変えた場合の実験を行い、仮説の検証を深めると共に、また、安さが売りの「上質とは言い難いインテリアファブリックのアイテム」についても同様の実験を行い比較検討したい。

参考文献・資料

- 1) 総務省：情報通信白書平成27年度版
- 2) 北欧記事と雑貨のお店cortina など
<http://www.rakuten.ne.jp/gold/cortina/fab/>

探索応答時間と一対比較選択率による浴室手摺色選択のための色視認性評価

Color visibility evaluated by reaction time of search task and selection rate of paired comparison

篠森敬三	Keizo Shinomori	高知工科大学	Kochi University of Technology
鈴木敬明	Taka-aki Suzuki	静岡県工業技術研究所	Industrial Research Institute of Shizuoka Prefecture
豊田敏裕	Toshihiro Toyota	静岡県工業技術研究所	Industrial Research Institute of Shizuoka Prefecture
中内茂樹	Shigeki Nakauchi	豊橋技術科学大学	Toyohashi University of Technology

Keywords: 高齢者, 色選択, 一対比較, 探索, 応答時間.

1. はじめに

本研究は、浴室で使用する高齢者向け浴槽設置型手摺色の選択という実際の製品への適用を視野に入れながら、実用的色視認性評価手法を開発するとともに、高齢被験者で視認性が高い色傾向を調査し実際の製品色に反映させたものである。

最初に、手摺色の色を最適に選択するという問題を、素早く認識して手摺を掴むためには、視認性に優れた配色が要求されると再定義した[1]。その上で、様々な色の視認性を測定するにあたって、人間による視認性評価における計測手法への依存性を把握する観点から、一般的な評価過程を含む主観的計測手法に加えて、色の評価そのものを含まない客観的計測手法の2手法を併用してその結果を比較することとした。

主観的手法として異なる着色を行った併置2画像中で、より目立つ色の画像を選択する一対比較法での選択率 SR(selection rate)を測定した[2]。また客観的手法として、複数画像内から着色した手摺像を検索(選択)する作業の反応時間 RT(reaction time)を測定した[1]。総合的評価のために、RTの逆数(速度に相当)と選択率SRのZスコアをそれぞれ計算して、その相関を求める手法[3,4]を導入し、両者の結果を比較した。計測結果として、両者の間に良好な相関関係が存在しており、有意に視認性に優れた色と、劣った色を選択することが可能であった。

2. 手法

(1) 実験刺激画像の作成

実際の使用環境に対する事前調査(浴室環境調査)から浴室における照明は様々に存在することが明らかとなった。白熱電球や蛍光灯といった異なる波長成分の光源下でも有効に視認性が保たれる配色が望まれるため、本研究では、少なくとも、蛍光灯、白色LEDと白熱球色LEDという3つの異なる光源下での視認計測を行う必要性が生じた。しかし、このように照明と対象物の(可能性のある)配色に多数組合せが生じる場合、数多くの試作品を作成して実際に用いる実験で評価することは、実験の準備や被験者の負担が大きく現実的ではないと考えた。

そこで本研究では、波長成分が異なる複数光源下での視認性を評価する方法として、実測した分光データ(色材の変角分光反射率と光源の分光放射輝度)に基づき波長ベースの光線追跡法でレンダリングしたCG画像を作成して、そのCG画像を刺激として計測を行った。素材の変角分光反射率は、手摺に用いる色材試料と浴室の壁、床、浴槽の素材について測定した。本研究では、変角分光反射率を、試料に対する光の入射角・受光角を変えながら414角度条件に対して測定を行っている。測定波長範囲は390-730nm(10nm間隔)で、測定データから各試料の双方向反射率分布関数(BRDF)を生成し、CG作成に用いた。

照明は、蛍光灯(FLD条件)、色温度3,200Kの白熱球色LED灯(LED_A条件)と色温度5,000Kの白色光LED灯(LED_D条件)のあわせて3種類を、分光放射輝度データとして用い、

上述の CG 画像での光源データとして使用した。

手摺色（刺激色）として、本計測では主に色相の影響を明らかとするため、モニター上で最もクロマ値の高い8種のマンセル色（5B6/8, 5G7/10, 5GY8.5/10, 5Y8.5/12, 5YR7/12, 5R4/14, 5RP5/12, 5P5/10）を用いた。

3次元形状データとして構築した浴室モデルの中に、手すりの3次元形状モデルを配置し、モデルの表面には対応する部材の反射特性として測定したBRDFを設定した。照明として、前述の光源の分光放射輝度データを用い、光源の全光束は、浴室の床面の照度の最低値が200lxになるよう設定した。以上のような条件下で、手すりの入ったシーンに対し光線追跡法を用い、波長400～700nm間で10nm間隔の波長ごとに画像31枚の2次元単色光強度分布を計算した。各波長で計算された2次元強度分布に対して、CIE 1931 2度視野等色関数を適用して、3刺激値の画素値を持つ画像を生成した後、使用する液晶モニター（EIZO Color Edge CG222W, ナナオ社製）のICC カラープロファイルを用いて実験刺激として表示する画像の各画素のRGB値を決定した。

(2)被験者

被験者として26人の高齢者（64～83歳、平均年齢71.9才）が参加した。石原式色覚検査表によって色覚正常とされた被験者であり、被験者の説明により眼科学的健康状態を把握して、問題が無いと考えられた被験者のみ主実験に参加した。

(3) 応答時間 RT の計測手法

反応時間 RT の計測実験では、4分割した画面の疑似ランダムな位置に表示された目標刺激1枚と非目標刺激3枚から（図1上図参照）、被験者が目標刺激の場所をボタン応答する課題を行った。画像呈示時間は1500msとし、画像の切り替え時に白色刺激を3500±1000ms間呈示した。呈示した目標刺激画像のRTを24回計測し、その平均を画像で表示した色材に対するRTとした。

(4) 一対比較の選択率 SR の計測手法

主観的評価では、サーストンの一対比較法の原理を用いた。手摺色が異なる2画像を画面上に併置呈示し（図1下図参照）、被験者はより目立つ画像を選択した。照明ごとに画像セットを分けて、1つのセット内では、全ての色の画像組合せについて測定し、各手摺色（画像）の選択率SRを求めた。

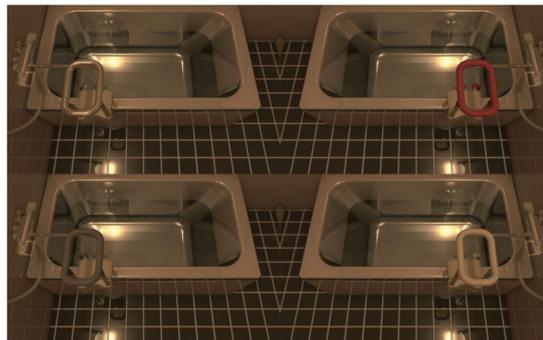


図1 反応時間計測（上）と一対比較選択率計測（下）の画面呈示刺激

3. 実験結果

(1) 応答時間 RT 計測の結果

応答時間 RT 計測の結果は、当初の予測通り、被験者ごとに絶対値が大きく異なった。ただし、26名の被験者平均値によっても、ANOVA分析から刺激色 ($p=0.0045$) および照明条件 ($p=0.0155$) について、有意な依存性がみられた。刺激色ごとの被験者平均値より、各照明条件での全 RT 平均値を求めると FLD 条件では 825.7 ± 63.8 (SD) ms, LED_D 条件では 823.9 ± 44.8 ms であった一方で、LED_A 条件では、 938.4 ± 136.1 ms であり、100ms 程度、有意に LED_A 条件での応答時間が遅いことがわかった。

本研究では、刺激色の影響をより明確にするため、照明条件ごと、および被験者ごとに、その被験者の刺激色平均 RT で正規化を行った。正規化した RT についての結果を図2に示す。図の誤差棒は正規化後の被験者間の標準誤差 (S.E.M.) である。図からも予想されるように、有意な刺激色の影響が見られた (ANOVA 解析, $p < 0.001$)。FLD 条件と LED_D 条件で紫の RT が有意に長く (Steel-Dwass 法, $p < 0.05$)、FLD 条件では赤、オレンジ、赤紫の RT が有意に短かった ($p < 0.01$)。一方で、LED_A 条件では、黄緑と黄色の RT が有意に長く ($p < 0.01$)、逆に、赤と赤紫の RT は

有意に短かった ($p < 0.01$). これは図1上図にあるような白熱球色では、照明色類似の色の RT が遅くなるためであると考えられる。

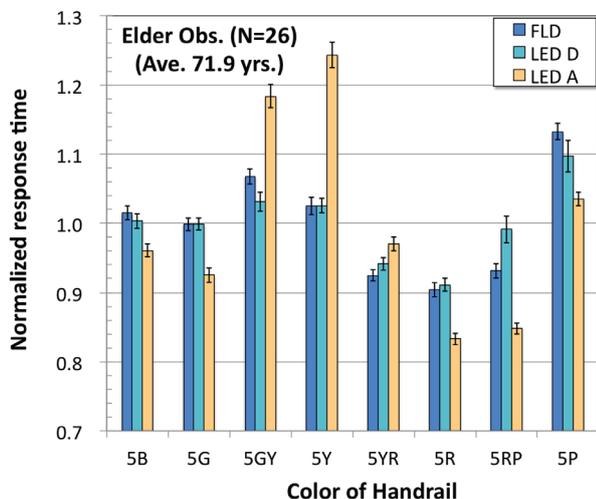


図2 正規化反応時間 RT の結果

(2) 一対比較の選択率 SR 計測の結果

一対比較の選択率 SR は、サーストンの一対比較法の考え方から、全被験者の選択結果から求めている。SR 計測結果を図3に示す。図の誤差棒は、他の刺激色各色間の標準誤差である。SR の計測結果では、差はあるものの統計的な有意性は明確ではなかった。FLD 条件と LED_A 条件では、紫が一部で有意に選ばれず、LED_D 条件では、赤がオレンジ、黄色、黄緑、紫に対して有意に高く (Steel-Dwass 法, $p < 0.05$) 選択された。

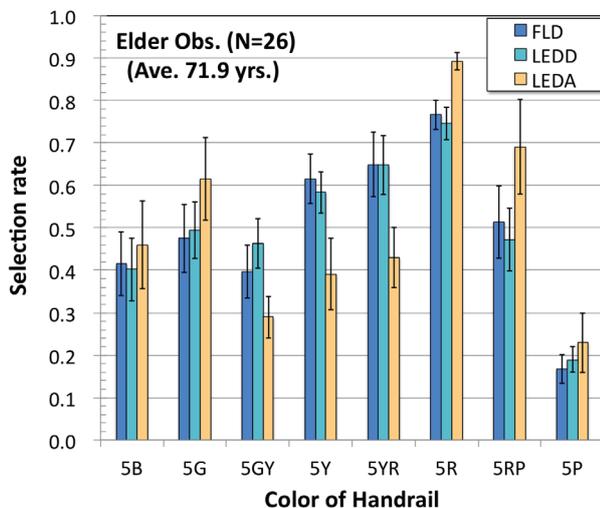


図3 一対比較法による選択率 SR の結果

4. 考察

(1) Zスコア計算

両方の計測結果を合理的に比較するために、Zスコア変換を行った。反応時間 RT については、前述の各照明光条件、各被験者別に正規化された RT に対して逆数を取った逆数 RT ($1/RT$) に対して、全ての被験者、全ての照明光条件での逆数 RT の平均と標準偏差からそれぞれの Zスコア値を計算した。その Zスコア値の各照明条件、各刺激色別の被験者平均値を Zスコアとしている。

選択率 SR についてはサーストンの一対比較法を用いて、ある刺激色と対をなすそれぞれ他の刺激色ごとに、被験者平均となっている SR から Zスコアをそれぞれの色別に計算し、それら他刺激色間の平均値をその刺激色の Zスコア値とした。

これら手順のため、Zスコアは、各照明色条件別での導出となり、照明別の全体的な増減シフトはおこらず、照明別の刺激色の優位、劣位のみを反映することになる。また反応時間については正規化値を用いたこと、一対比較の選択率では、全被験者データから選択率を計算したことによって、被験者間の相違は、刺激色の優位、劣位にのみ反映され、絶対的な速度の違いは反映されない。

(2) Zスコアを用いた両者の結果比較

両者の Zスコア値を、照明条件ごとにとったのが図4であり、誤差棒は上記の最終的な平均を取るときの標準誤差である。また照明条件間での Zスコア値の平均を取ったのが図5であり、誤差棒は照明平均での標準誤差である。両図とも直線は回帰直線、点線は 95%信頼区間を示す。

解析結果は、平均を含む全ての条件で、両手法の Zスコア間で有意相関を示した。また寄与率 (r^2) は、FLD 条件で 0.755 ($p = 0.0051$)、LED_A 条件で 0.645 ($p = 0.016$)、LED_D 条件で 0.789 ($p = 0.0032$) であり、平均については 0.639 ($p = 0.0173$) であった。

全体として赤は他色に対し高い色視認性を持ち、紫は最悪となった。興味深いことに、黄色は視認性の高さほどには、反応時間的には優れておらず、本目的での黄色の使用には疑問があることが明らかとなった。また黄緑も微弱だが同様な傾向を示した。これら2色以外では、両者の Zスコアはおおむね一致しており、本手法により必要十分に高い精度で、視認性を調べられること、また両測定手法の相関が高いことから、両者を測定することで視認性評価結果の良好な検証となることが示された。

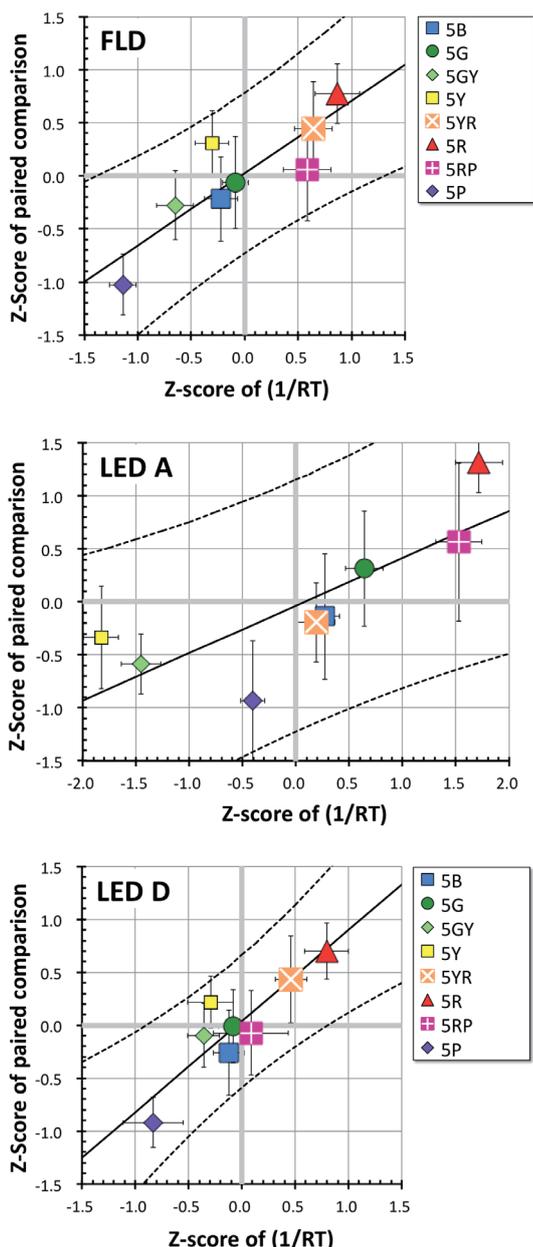


図4 照明条件ごとの Z スコア比較結果

5. まとめ

計測結果において両者の計測結果に良好な相関が認められ、また今回の手法によって、有意に視認性が高い色として赤が、有意に低い色として紫が、見いだされた。また黄色は、直接的な視認性評価ほどには、応答時間の面では、優れた色ではないことも明らかとなった。

本手法により異なる照明下での配色視認性という機能指向の色選択において、逆数 RT (速度

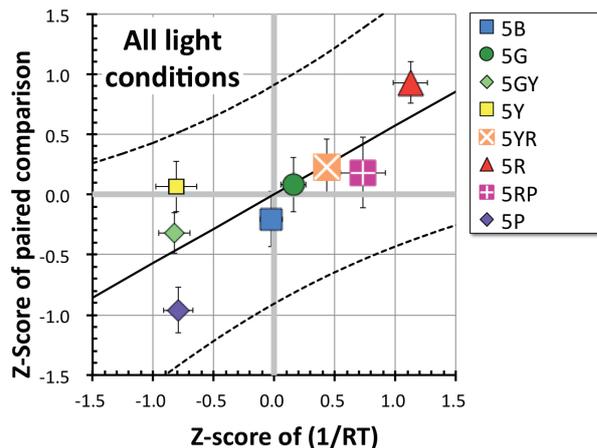


図5 照明条件平均の Z スコア比較結果

次元) および SR 指標により効率良く定量的評価ができることが示された。今後は色相だけではなく、彩度の視認性に対する影響も検討する必要があるだろう。

謝辞

本研究はアロン化成(株)の受託研究費と科研費(24300085)の支援を受けた。アロン化成(株)の村井直樹氏、尾崎裕司氏の実験協力に謝意を表す。

参考文献

- 1) K. Shinomori, T. Suzuki, N. Murai, Y. Ozaki and S. Nakauchi: Function-oriented color selection technique using subjective estimation (paired comparison of images) and psychophysical evaluation (reaction time measurement), Proc. AIC Colour 2013. 3 (2013) 1165-1168.
- 2) T. Suzuki, K. Shinomori, N. Murai, Y. Ozaki and S. Nakauchi: Evaluation of visibility of color under a range of spectral illumination using physically based spectral rendering images: Comparison of reaction times for colored handrail in the bathroom, Proc. AIC Colour 2013. 1(2013) 135-138.
- 3) T. Toyota, K. Shinomori, T. Suzuki and S. Nakauchi: Practical color visibility evaluated by response time of search and selection rate in paired comparison, i-Perception 5 (2014) 273.
- 4) 篠森敬三, 鈴木敬明, 豊田敏裕, 中内茂樹: 浴室手摺色応用のための探索応答時間と一対比較選択率に基づく色視認性評価, 第 57 回日本産業・労働・交通眼科学会予稿集(2015) 48-49.

給食用トレイの色が喫食者の視覚的おいしさに及ぼす影響

～ロービジョン者・健常者共に快適な色彩の検討～

Psychological effects of meal tray color on the visual palatability of meals among individuals with low vision

富田 圭子	Keiko Tomita	近畿大学	KINKI UNIVERSITY
今井 恵	Megumi Imai	近畿大学	KINKI UNIVERSITY
山本 恵利加	Erika Yamamoto	近畿大学	KINKI UNIVERSITY
安岡 美総	Misato Yasuoka	近畿大学	KINKI UNIVERSITY
稲村 真弥	Maya Inamura	近畿大学	KINKI UNIVERSITY

Keywords: ロービジョン、おいしさ、後光効果、給食用トレイ

1. はじめに

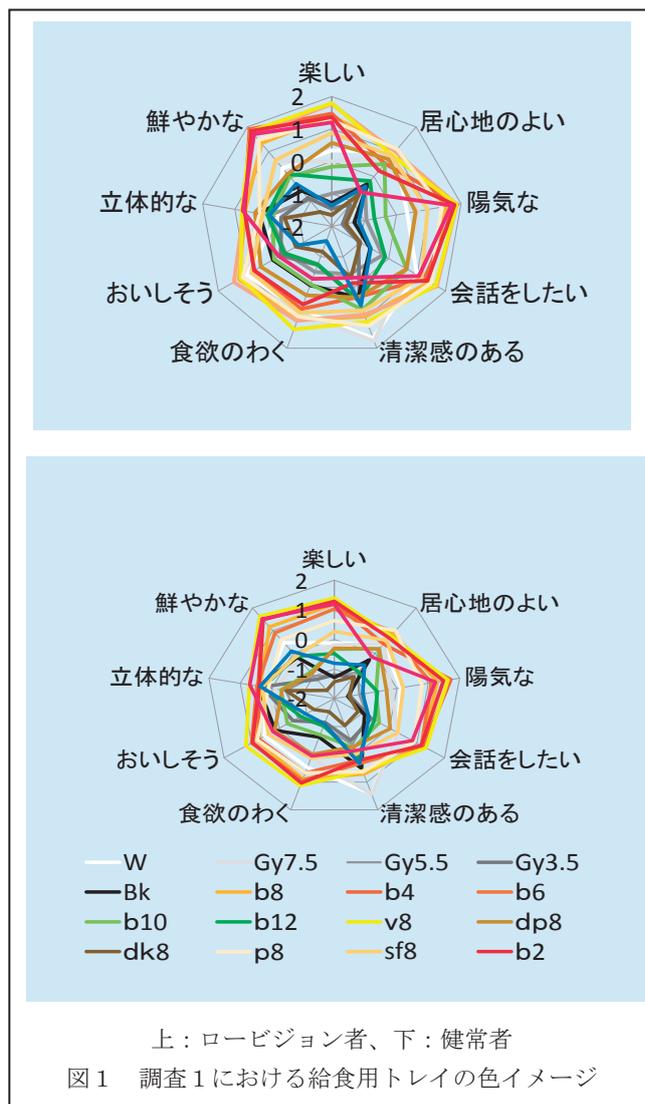
生活習慣病増加に伴い、糖尿病網膜症等を起因とするロービジョン者が増加し、毎年 3000 名が失明に至っている。失明は日常生活動作 (ADL) を低下させることから、失明に至らないための積極的なケアが必要である。しかし、食習慣を改善することは容易ではない上に、見えにくい状況下での食事療法は困難を有する。そこで、食事療法を生涯に渡って継続させるためには、食事の質を向上させ、QOL 向上に配慮する必要があると考えられる。しかし、ロービジョン者専用の食器を見てみると、視認性に焦点をあてた白黒配色の製品は見られるものの、有彩色を用いた製品はほとんどみられない。そこで本研究は、ロービジョン者にとって必要な視認性に加え、視覚的おいしさをも満足させる背景色を提案することを目的に、給食施設で利用されている給食用トレイを用いて、その色彩検討をおこなうこととした。

2. 給食用トレイの色が視覚的おいしさを与える影響 (調査 1)

(1) 調査方法

1) 料理画像の作成 A 養護老人ホームで実際に食された計 218 食を D65 下 (標準光源装置マクベスジャッジ II) で撮影 (Nikon 製カメラ D-3000 で撮影後、カラーチェッカー・パスポート (サカタインクスエンジニアリング株製) で色調整) した画像を LCD 画面に投影し、7 段階評価法にて最も彩りの良い和食画像を選出した。その画像を再度 LCD (TOSHIBA dynabook T35/34CBJ)

に投影し、食器以外の給食用トレイの部分のみを計 18 色 (図 1 参照) に色変換した。色変換の方法は、新配色カード 18 色 (日本色研: 199c) を 1 枚ずつ撮影後 LCD 上に読み込み、色彩輝度計 (CS-2000, KONICA MINOLTA) で色度座標を測定した (A 値) 後、adobe photoshop elements 9.0



のフィルターのうちの palette changecolor を用いてトレイ部分のみを配色カード (A 値) と同色に変換し、料理画像を作成した。

2) イメージ調査 平成 24 年 8 月～平成 27 年 6 月にかけて大学生 (21.5±0.67 歳、n=約 30/色) を対象にアンケート調査をおこなった。調査内容は属性、不定愁訴および 36 形容詞対を用いた 5 段階 SD 法によるトレイの色のイメージ調査等からなる。まず、LCD 上に 1) で作成した料理画像を 1 枚ずつ被験者に見せて各トレイの色ごとに印象調査をおこなった。いずれの調査もロービジョンシミュレーションメガネ装着群 (以下ロービジョン者) と非装着群 (以下健常者) の 2 種の条件下で調査をおこない、ロービジョン者は聞き取り、健常者は自記式調査とした。尚、トレイの縮尺率は 60%、部屋の環境は、照度: 496.2±12.03 lx・温度: 24.1±1.36°C・湿度: 48.4±10.69% であり、食堂に相応しい条件であることを確認した。被験者は食後 1 時間以上経過した者のみを対象とした。

(2) 結果 36 形容詞対による色彩イメージを因子分析に供したところ、2 つの因子が抽出され、それぞれ快活性と柔和性と名付けた。次に、2 つの因子をそれぞれ X 軸 Y 軸に配した座標上に、トレイの色毎の因子得点をプロットした。結果、ロービジョン者と健常者の評価結果の差よりもむしろ、給食用トレイの色ごとの特徴の差の方が大きいことが示された。次に、36 形容詞対の中から視覚的おいしさに最も必要であると考えられる形容詞対を抽出し、ポジティブなイメージを外輪側に配してレーザチャートに表したところ、視覚的おいしさが高得点を示していたのは b8、b6、b4、v8、p8 であった (図 1)。

3. 給食用トレイと食器の視認性 (調査 2)

(1) 調査方法 給食用トレイに見立てたカラーチャート (調査 1 で使用した色と同色を使用 (ただし白を除いた 17 色): トレイに見立てた用紙の大きさは給食用トレイと同寸) の上に食器に見立てた白色の画用紙を貼り、食卓セットを作成した (図 2)。作成した 17 色の食卓セットの中から、2 色ずつをランダムに選出し、N5 の画用紙で覆

ったテーブルの上に左右 2 枚ずつ並べ、被験者に見せ、5 段階で評価してもらった

(1 対比較)。調査時期は平成 25 年 10 月、対象者は女子大学生 (年齢: 21.6±1.06 歳、n=10) とした。調査 1 同様、ロービジョンシミュレーションメガネ装着ありの者をロービジョン者、装着なしの者を健常者として分析に供した。尚、部屋の温度、湿度、照度は 482±16 lx、22.9±2.12°C、66.5±8.31% であった。

(2) 結果 17 色を 2 組ずつすべての組み合わせで一対比較した結果を重回帰分析に供したところ、最も見やすいと評価された色は Bk であり、ロービジョン者と健常者ではほぼ同等の色順位であった (図 3)。次に、Bk との間の有意差を調べたところ、左の Bk から b4 までは有意差がなく、それ以降の色間に有意差があることが示された。

4. 考察

有彩食・無彩食を含む 18 色の給食用トレイを用いて視認性・視覚的おいしさの評価をおこなったところ、b4 が有用性の高い色であると示された。

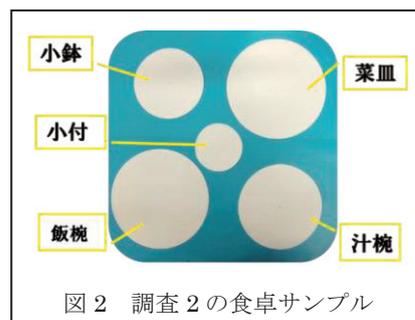


図 2 調査 2 の食卓サンプル

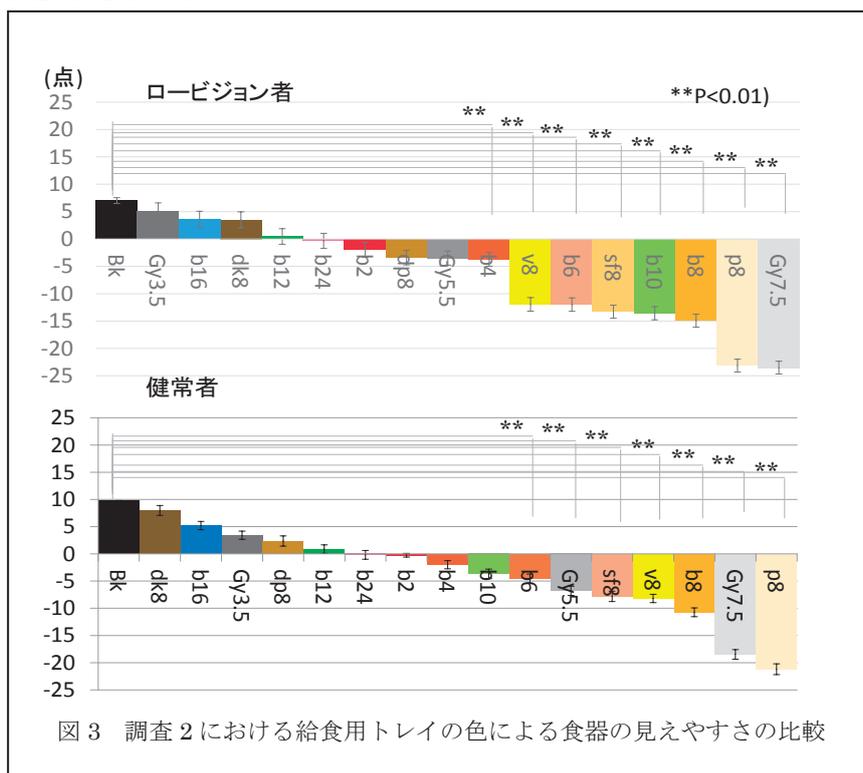


図 3 調査 2 における給食用トレイの色による食器の見えやすさの比較

色の三属性が自然画像の弁別と許容に与える影響

Influence of Three Attributes of Color on Perceptible and Acceptable Color Difference in Natural Images

濱田一輝, 溝上陽子, 矢口博久 千葉大学
Kazuki Hamada, Yoko Mizokami, Hirohisa Yaguchi Chiba University

キーワード: 色の三属性, 色差, 自然画像

1. はじめに

許容色差は工業製品の色彩管理に用いられる評価指標である。近年, 画像を表示するデバイスが身近になっており, これらのデバイスでの正確な色再現が求められている。そこで, 画像の色再現の評価に許容色差を用いることができれば有用だが, デバイス上で表示される画像はほとんどが多色の自然画像であり, 自然画像における許容色差の研究は少ないのが現状である。Katsumata et al.¹⁾や藤井ら²⁾は CIE1976 $L^*a^*b^*$ それぞれの方向に対して自然画像の色変化に対する弁別色差と許容色差を求め, その関係を検討した。

一方, 「色の三属性」と呼ばれる明度・彩度・色相は, 色の見えの表現として広く用いられており, 近年では従来の CIE1976 色差から改良された CIEDE2000 色差でも, 明度・彩度・色相を用いて色差を求めている。したがって, より正確な色差の計算法を提案するために, 自然画像における弁別・許容色差に色の三属性がどのような影響を与えるか検討することは重要であると考えられる。

2. 目的

本研究は, 色の三属性が自然画像の弁別と許容に与える影響を明らかにすることを目的とする。

3. 実験

3.1 実験環境

実験は暗室ブース内で行った。ブース内には刺激呈示用の CRT モニタと画像変調用のキーボードを設置した。被験者は顎台で頭部を固定し, 視距離を 80 cm に保った。

3.2 実験刺激

原画像は様々なオブジェクトが写る計 8 枚の自然画像とした。図 1(a)~(h)に各原画像を示す。変調画像は原画像を CIELAB 色空間において変調させた画像とした。変調方向は明度 L^* , 彩度 C^* , 色相 h_{ab} の 3 方向で, それぞれ増分方向と減分方向の 2 方向の合計 6 方向に対して変調を行った。変調は以下の式を用いて変調を行った。

$$L^*_{mod} = k_L \times (L^*_{ori} - L^*_{ave}) + L^*_{ave} \quad (1)$$

$$C^*_{mod} = k_C \times C^*_{ori} \quad (2)$$

$$h_{ab_mod} = h_{ab_ori} + \Delta h_{ab} \quad (3)$$

ここで, L^*_{ori} , C^*_{ori} , h_{ab_ori} はそれぞれ原画像の明度, 彩度, 色相角を表し, L^*_{mod} , C^*_{mod} , h_{ab_mod} はそれぞれ変調画像の明度, 彩度, 色相角を表している。また, L^*_{ave} は原画像の明度の平均値である。

3.3 実験手順

実験は調整法で行った。被験者は, 暗順応を 1 分間, 明順応を 2 分間行った。その後, 原画像と変調画像をモニタ上に左右に並べて呈示した。被験者は原画像を参照しながら手元のキーボードで変調画像を調整し, 色差を弁別できる画像 (弁別画像) を決定した。続けて, その状態から色差を許容できる限界の画像 (許容画像) を決定した。これを画像 8 枚, 変調方向 6 方向に対して行い, 1 セッションとした。被験者は, 色覚正常者 5 名であり, 1 名につき 5 セッションずつ行った。

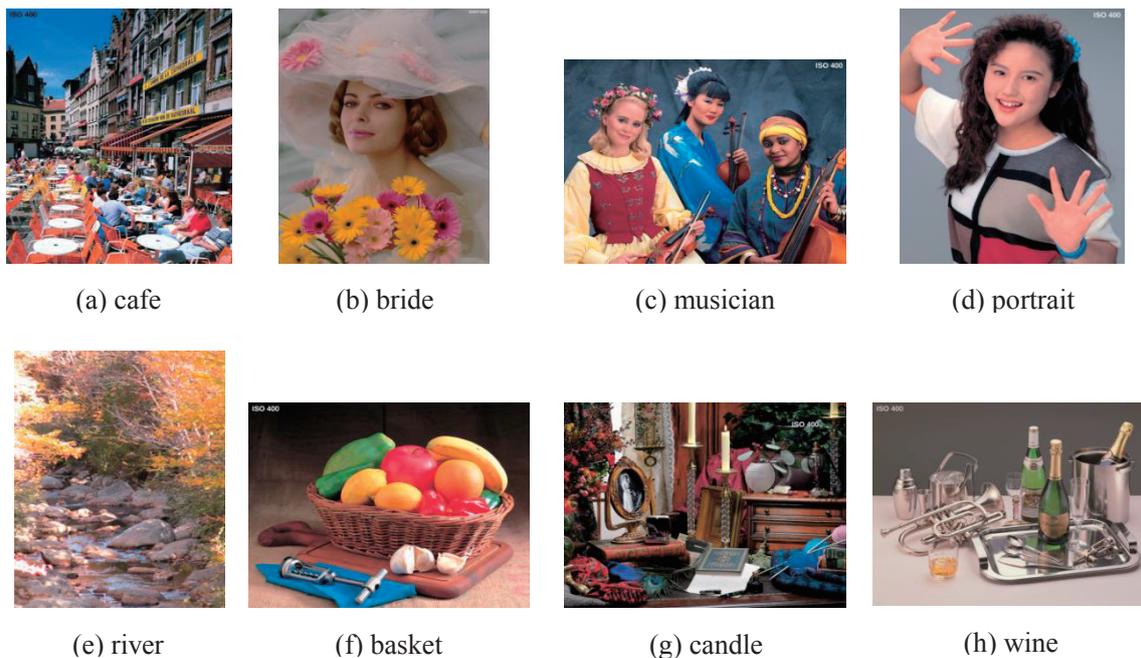


図1 原画像

4. 結果と考察

4.1 弁別色差と許容色差

図2に被験者YMの結果を示す. 図2(a)は弁別色差, (b)は許容色差の結果を示している.

色差はCIE1976色差式で計算し, 各画素の色差 ΔE^*_{ab} を全画素で平均することで算出した. 増分方向の変調時における色差を縦軸正の方向, 減分方向の変調時における色差を縦軸負の方向として画像ごとにプロットしており, 明度 (L^*), 彩度 (C^*), 色相 (h_{ab}) を各バーの色の違いで表している. エラーバーは標準偏差である.

弁別色差においては, 明度・彩度・色相の属性による色差の違いが小さいという特徴が見られた. 一方, 許容色差においては, 被験者5名中4名で彩度の増分方向の色差が大きくなる傾向が見られた.

CIEDE2000色差では高彩度の方が色の判別がし難くなるという知覚特性を考慮し, 高彩度の色差を補正している. そのため, CIEDE2000色差で計算を行った. 図3にCIEDE2000色差における被験者YMの結果を示す. 図3(a)は弁別色差の結果を, (b)は許容色差の結果を表している. 図3から, 属性による色差の違いが小さくなる傾向が見

られた. このことから, CIEDE2000色差を用いれば, 弁別・許容色差を色の三属性に依存せずに扱うことができる可能性がある.

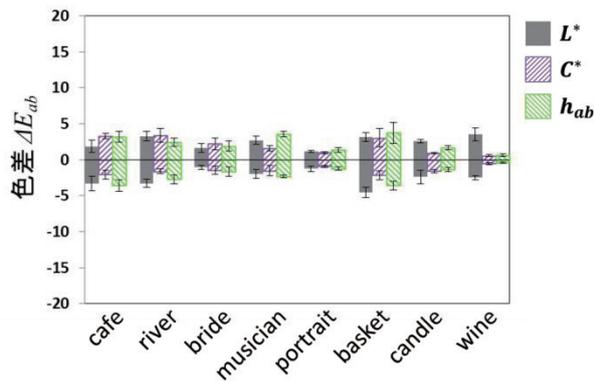
4.2 弁別色差と許容色差の相関関係

次に, 全被験者の平均の弁別色差を横軸, 許容色差を縦軸として散布図を作成し, 弁別色差と許容色差の決定係数 R^2 と近似直線を求めた.

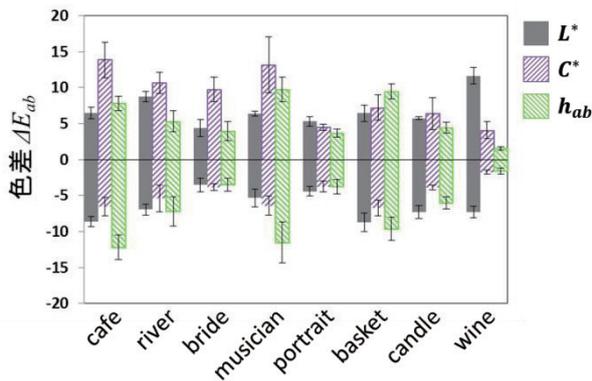
図4(a)~(c)にそれぞれ明度, 彩度, 色相の各変調方向における弁別色差と許容色差の相関関係を示す. 図は増分方向に変調した際の色差を第一象限にプロットし, 減分方向に変調した際の色差を第三象限にプロットした.

全ての変調方向において高い相関 ($R^2 \geq 0.89$) を得られた. また, 近似直線の傾きは変調方向によってわずかに異なり, 明度 (L^*) 方向で約 1.78, 彩度 (C^*) 方向で約 2.03, 色相 (h_{ab}) 方向で約 1.81 となった.

弁別色差と許容色差の相関関係を調べたところ, どの属性においても高い相関が得られた. 近似直線の傾きは明度・彩度・色相の変調方向でそれぞれ約 1.78, 2.03, 1.81 となった. この結果はCIEDE2000色差で算出した弁別・許容色差を用い

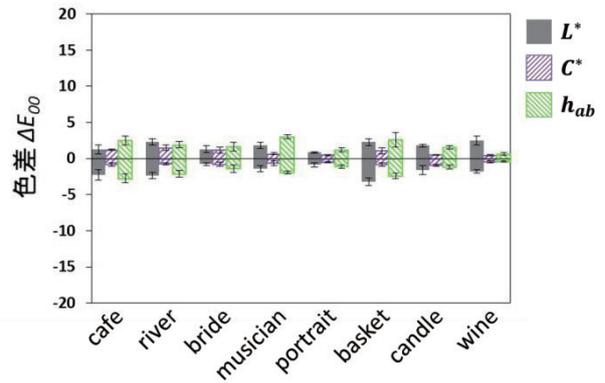


(a) 弁別色差

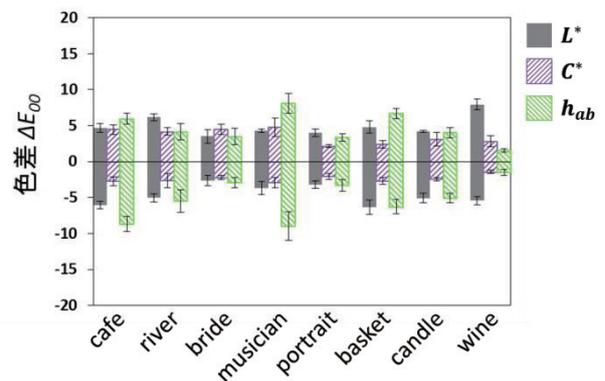


(b) 許容色差

図2 被験者YMの色差 (CIE1976色差)



(a) 弁別色差



(b) 許容色差

図3 被験者YMの色差 (CIEDE2000)

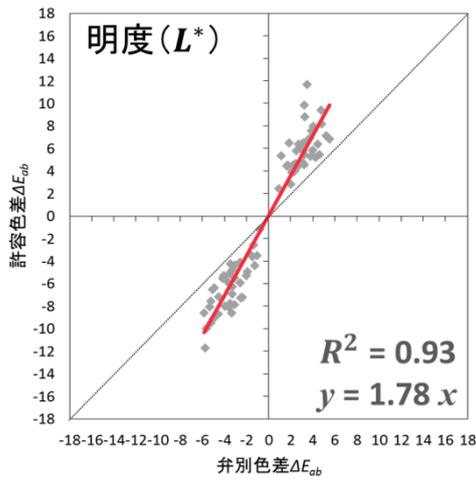
た場合でもほとんど同じであった。図5にCIEDE2000色差における弁別色差と許容色差の相関関係を示す。図5からCIE1976色差とCIEDE2000色差では、色差値自体は異なるものの弁別と許容の関係性は変化しないことが分かった。すなわち、どの色差式を用いた場合でも、許容色差は弁別色差を定数倍することで推定できる可能性があると言える。また、本研究と藤井ら²⁾の研究では明度の変調が共通しているが、藤井らが求めた近似直線の傾きと本研究で得られた近似直線の傾きはほぼ等しい結果となった。

6. 結論

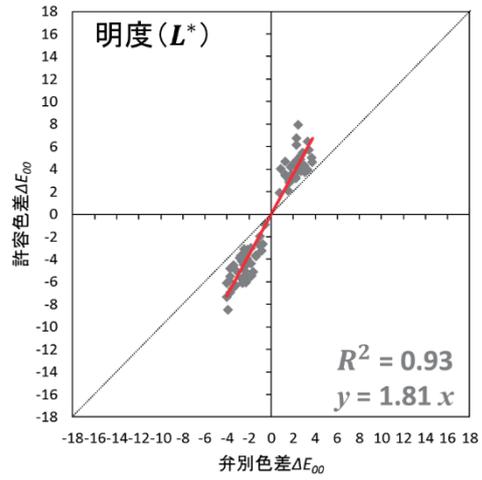
弁別色差と許容色差における色の三属性による影響は小さいと考えられる。また、弁別色差と許容色差には相関関係があり、弁別色差から定数倍することで許容色差を推定できる可能性が示された。

参考文献

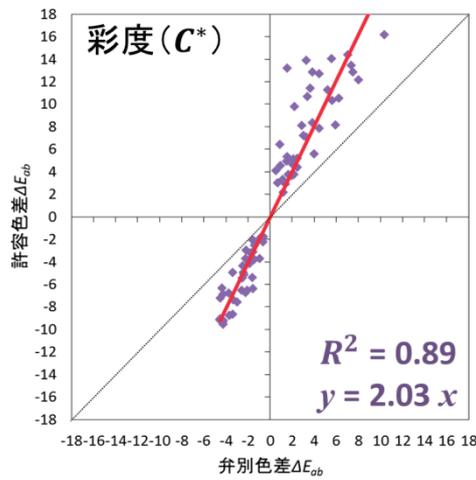
- 1) T. Katsumata, H. Yaguchi, Y. Mizokami, "Effect of image category on acceptability and perceptibility of color difference in natural images", AIC 2012 Interim Meeting, Taipei, Proceedings, pp. 334-337 (2012年9月)
- 2) 藤井裕子, 矢口博久, 溝上陽子, "自然画像の弁別色差と許容色差の関係", 日本色彩学会第23回視覚情報基礎研究会, 論文集 pp. 25-28 (2015年3月)



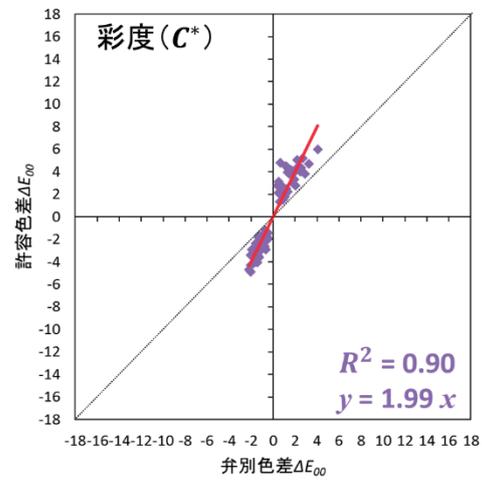
(a) 明度



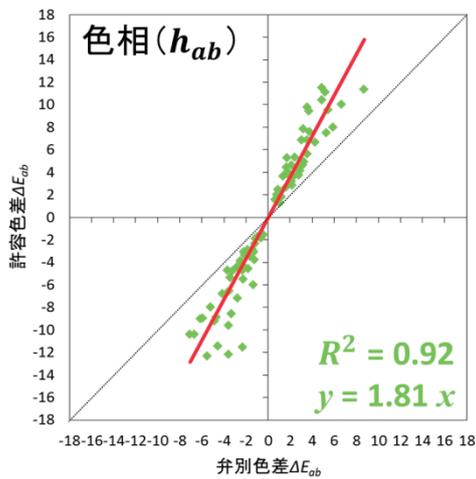
(a) 明度



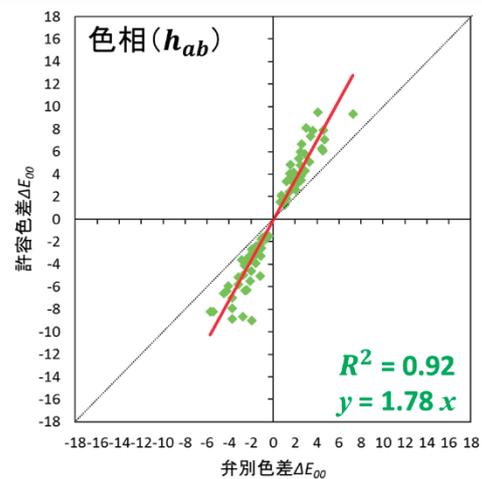
(b) 彩度



(b) 彩度



(c) 色相



(c) 色相

図4 弁別色差と許容色差の相関関係

図5 弁別色差と許容色差の相関関係

色彩環境における身体運動能力の性差に関する研究

The Effects of the Environmental Color Change on the Sexual Specificity in the Ability of the Human Movement

張 禎
邵 建雄
湯 海鵬

Zhen Zhang
Jian-xiong Shao
Hai-peng Tang

愛知県立大学
愛知県立大学
愛知県立大学

Aichi Prefectural University
Aichi Prefectural University
Aichi Prefectural University

Keywords: 色彩環境, 性差, 筋力, バランス, 動作正確性

1. はじめに

色彩は我々人間の体と生活との結びは緊密であり, その相互作用を無視することはできない. 色彩というのは人間の精神, 意識, 情動活動や喜怒哀楽などの感情には, 人々が考えているよりもはるかに複雑に, そして強く関わっている. 特に照明により作られた色彩環境の生理的, 心理的影響については, 数多くの研究が行われている. スポーツや運動場面でも, 色彩の影響がよく見られる. 競技成績に直接あるいは間接的に影響していると考えられる.

張ら(2014)の研究では, 一般光(日常用蛍光灯), 青, 緑, 赤4つの色彩作業環境において各運動能力を測定した結果, 色彩環境と運動能力との関連性を判明した. また, 小野ら(1965)の研究では, 男女の運動能力と筋力発育を測定した結果, 男と女は身体運動能力と身体発育など差異があるということが証明された. 運動能力における性差は13歳以後で著明された.

そこで, 本研究は, 18歳から28歳までの男子8名と女子8名の被験者を用い, LED昼光色と赤色二つの色の作業環境の中で, 身体重心動揺, 膝関節最大伸展力, 筋電図, 動作正確性を測定し, 男女が色彩環境での運動能力の差異を究明したいと考えている.

2. 方法

本実験ではLEDランプを使って作業環境について, 一般光作業環境(以下一般光)は日常で使用するLED昼光色ランプ, 赤色作業環境(以下赤色)はLED赤色ランプ(波長660nm)の照明によってつくられた環境であった. 色彩環境の照度(デジタル照度計, 佐藤商事製, LX-PROTM204)は, 作業環境で均等に分布した高さ1.6mの9個の測定地点で測定した, 二つの作業環境の平均照度は100LUX前後

に統一された. 作業環境内での色彩の相互影響を除くため, また実験用の色彩以外の色彩が視界に入らないように, 作業環境の室内は白色で統一し, 検者も白い服を着用した. 各作業環境の温度と湿度はそれぞれ温度17°, 湿度50%~58%であった.

測定は, 1名の被験者に対し1日に2色の作業環境での測定を行う. 被験者は色彩の作業環境に入り, 5分間の安静状態を取ってから, 身体重心動揺, 膝関節最大進展力, 動作正確性の順番で各項目を測定し, 一番目の作業環境での測定の後, 1時間の休憩をとらせ, 二番目の測定を行った. 作業環境の測定順番は, 8人は一般光から赤, 8人は赤から一般光の規則性となる.

3. 結果

男女別の身体重心動揺の軌跡分析では, 総軌跡長は, 図1によって, 男性のほうが一般光より赤のほうが総軌跡長は有意に長くなることがみられた.

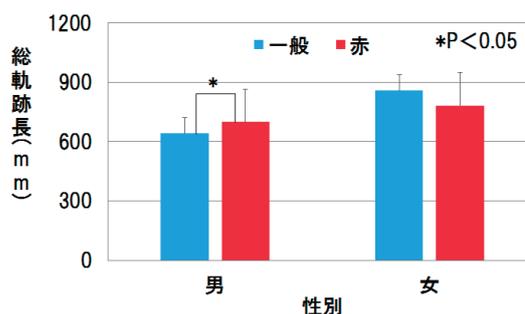


図1 男女別総軌跡長

また, 図2のように, 動作正確性では, 男性は一般光より赤のほうが有意に得点が高かったことがみられた. 図3は男性における1回目から20回目の得点の変化を示している. 図4は女性における1回目から20回目の得点の変化を示している. 男性では, 1回目から10回目までの得点は一般光

と赤の間に有意差がみられなかったが、11回から20回の得点は赤のほうが有意に得点が高かったことが図5に示している。

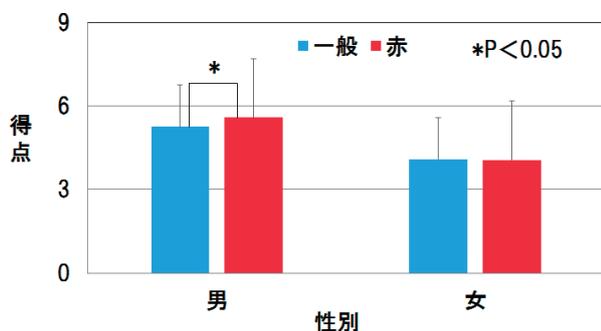


図2 男女別ダーツゲームの得点

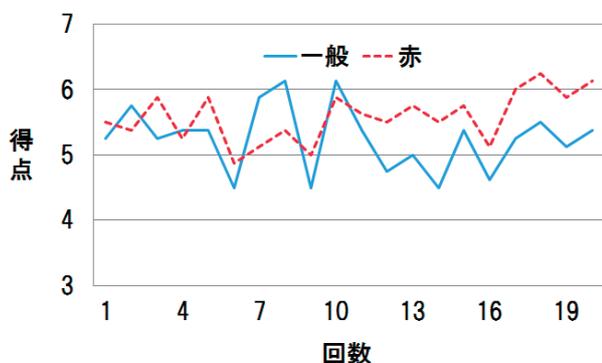


図3 男性におけるダーツゲームの得点

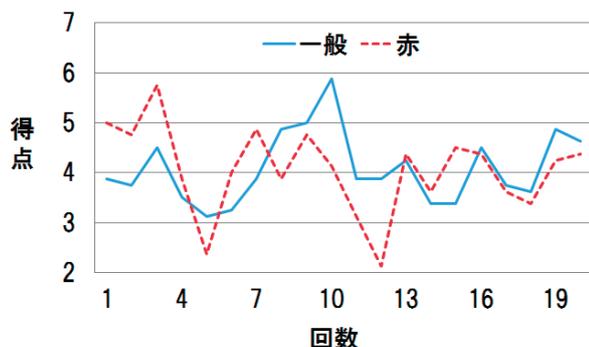


図4 女性におけるダーツゲームの得点

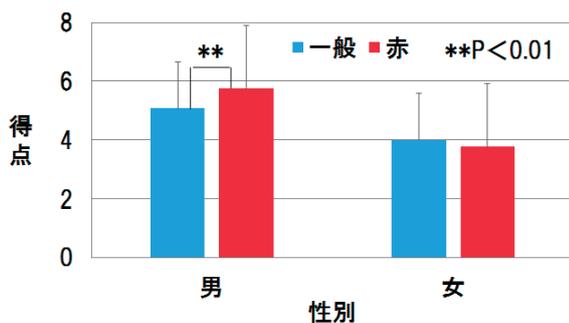


図5 男女別11回から20回までダーツゲームの得点

4. 考察

ダーツゲーム得点の結果からみると男性は赤色で得点が一般光より有意に高く、特に11回から20回での得点が一般光より有意に高いことがわかった。Daniel ら(2013)の研究によると、赤色は男性に対しては、男性ホルモンのテストステロンのレベルが高いことがわかった。テストステロンのレベルの上昇は、いわゆる気力の上昇、性欲の増進、集中力の上昇、疲労の解消などの関連が報告されている。それは、男性の得点が高く、特に後半での得点が一般光より高くなる可能性があると考えられる。これらのことによって、赤色は人間を興奮し、活性化させることができ、より高い得点を得られた原因の一つではないかと考えられる。

Israel (2012)の研究では、同じ色を見たとき性別によって若干見え方が違う可能性があり、女性の方が色の違いに敏感なことが判明した。女性は男性よりも青、緑、黄色の識別能力が高く、緑色、黄緑色、青緑色などの微妙な色の違いを男性よりも細かく見分けている。その遠因としては、人間の認知機能が狩猟採集時代に適応していたという仮説に基づくなら、採集の仕事に任されることの多かった女性には、果実やキノコを見分けるのに色彩感覚が必要だったからと考えられる。逆に、狩猟に任されることの多かった男性は、動体視力、静止視力などの視空間把握能力に優れている。この男女の色に対する見え方の違いで、女性より男性のほうが赤の色彩環境に対して、影響を受けやすい原因だと推測できる。

参考文献

- Daniel Farrelly (2013) Competitors Who Choose to Be Red Have Higher Testosterone Levels. *Psychological Science*, 24:2122-2124.
- Israel, Abramov (2012) Genetic Engineering & Biotechnology News. <http://www.genengnews.com/keywordsandtools/print/3/28752/> (参照 2016-02-17)
- 小野 三嗣・山下 富士男・本間 達二 (1965) 身体発育及び筋力発達の動態研究(第4報). *体力科学*, 14(4):155-166.
- 張 禎・邵 建雄・潘 珍・金謙 樹・豊島 進太郎・湯 海鵬 (2014) 色彩環境の変化が身体運動能力に及ぼす影響. *人間発達学研究*, 5:23-29.
- 張 禎・邵 建雄・潘 珍・金謙 樹・豊島 進太郎・湯 海鵬 (2015) 色彩環境の変化が走行運動の心拍数に及ぼす影響. *人間発達学研究*, 6:51-56.

高齢ドライバの視覚刺激に対する反応特性の検討

Response attributes to visual stimulus of the older drivers

山岸未沙子	Misako Yamagishi	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University
田中貴紘	Takahiro Tanaka	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University
稲上 誠	Makoto Inagami	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University
高橋一誠	Issey Takahashi	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University
武田夏佳	Natsuka Takeda	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University
米川 隆	Takashi Yonekawa	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University
金森 等	Hotoshi Kanamori	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University
青木宏文	Hirofumi Aoki	名古屋大学	未来社会創造機構	Nagoya University

Keywords: 高齢ドライバ, 反応時間, 運転適性

1. はじめに

日本では、高齢者人口の増加に伴う高齢ドライバの増加と、高齢ドライバが関わる事故の増加が問題となっている。高齢ドライバが安心・安全な運転を続けるためには、自身の運転能力をモニタリングするとともに、ドライバの特性を考慮した支援システムを活用することが必要である。

視覚刺激に対する反応時間は、危険箇所や信号の検出、その後の操作の迅速性に関わる運転能力であり¹⁾、加齢や刺激の性質、ドライバの身体運動機能などの影響を受けるドライバの特性である。例えば、刺激の性質に関して、長波長光に対する反応は中波長光より速いなど刺激の色によって反応時間が変わることが明らかにされている²⁾。また、単一の刺激に対する単純反応時間よりも、複数の刺激の弁別と反応の選択を含む選択反応時間の方が長いことや、反応動作が手よりも足の方が 30 ms ほど反応時間が長くなることが報告されている³⁾。このように反応時間には様々な要因が影響するが、運転時には複数の要因が存在するため、刺激の色と数、刺激の色と反応動作など各要因を組み合わせた状況での反応特性を検討する必要がある。

本研究では、高齢ドライバを対象に、刺激や反応動作が異なる種々の課題を含む運転適性検査器を用いて反応時間を計測した。その成績を、刺激の色、数、反応動作の種類観点から検討し、高齢ドライバの刺激-反応特性を検討した。

2. 実験方法

参加者：日常的に運転をしている 224 名が参加した。このうち、全般的認知機能を評価する MMSE

(Mini-Mental State Examination) の点数が 24 点以下の 4 名を分析から除外し、50-64 歳 45 名 (平均年齢 = 58.8, SD = 4.6), 65-74 歳の前期高齢者 121 名 (平均年齢 = 69.2, SD = 3.1), 75 歳以上の後期高齢者 54 名 (平均年齢 = 78.0, SD = 3.4) の 220 名を分析対象とした。



図1 運転適性検査器

課題：図1の警察庁方式 CRT 運転適性検査器 (竹井機器工業(株)) を使用した。この装置では 7 つの検査項目で反応速度や操作の正確性が評価される。そのうち、本研究では刺激の色や数、反応動作の種類 (手ボタン、足ペダル) を操作して単純反応時間や選択反応時間を測定した緊急反応検査 (緊急)、連続緊急反応検査 (連続)、信号確認検査 (信号)、アクセル反応検査 (アクセル)、アクセルブレーキ反応検査 (ブレーキ) の 5 つの検査項目を用いた。表 1 に各検査項目の概要を示す。

表 1 各検査項目の刺激色、刺激数、反応の種類

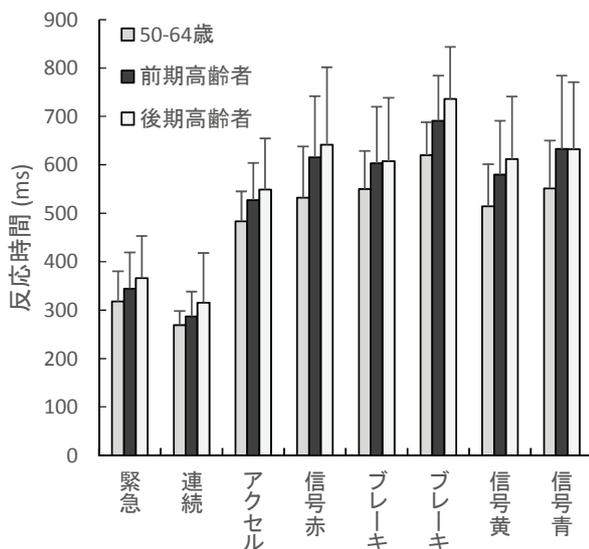
	刺激色	刺激数	反応の種類	
			手	足
緊急	赤	1		アクセルオフ
連続	赤	1		アクセルオフ
アクセル	青	2	無反応	
	赤			アクセルオフ
ブレーキ	青	3	無反応	
	黄			アクセルオフ
	赤			アクセルオフとブレーキオン
信号	青	3	右を離す	
	黄		左を離す	
	赤			アクセルオフ

方法：全参加者にインフォームド・コンセントを行った後、MMSEとTrail-Making Test (TMT) Part A & B等の神経心理検査、静止視力および動体視力等の視覚機能検査、運転適性検査を行った。運転適性検査器では、反応時間を計測するために、参加者は画面中央に提示される色円に対応した反応を手あるいは足で行うよう説明を受け、数回練習をして内容が理解されたことを確認した後、本試行が実施された。このとき、刺激提示からボタンやペダルを離す反応を返すまでの時間を反応時間とした。ただし、ブレーキでは、赤色が提示されたときにはアクセルオフとブレーキオンが求められたが、反応時間は刺激提示から反応まで、すなわちアクセルオフまでの時間とした。検査は、全参加者同じ順序で行った。なお、本研究は、未来社会創造機構倫理審査委員会の承認を得て行われた。

3. 結果

(1) 反応時間の結果

各検査項目の反応時間について年齢と検査による違いを検討した。その結果、年齢の主効果、検査項目の主効果、年齢と検査項目の交互作用が示された ($F(2,211)=17.92, p<.01$; $F(7,211)=506.63, p<.01$; $F(14,211)=2.38, p<.01$)。図2に、年齢と検査項目による反応時間の違いを示す。



色	赤	赤	赤	赤	赤	黄	黄	青
数	1	1	2	3	3	3	3	3
反応	足	足	足	足	足	足	手	手

図2 各検査項目の反応時間と年齢の違い

分析の結果、交互作用がみられたため、単純主

効果の検定を行った。その結果、50-64歳の緊急と連続の反応時間は、他の検査項目より速かった。アクセルの赤色とブレーキの赤色とでは、アクセルの方がブレーキよりも反応が速かった。これらは刺激色と反応動作が同じであり、この結果から刺激数の増加とともに反応時間が長くなることが確認された。アクセル赤色に関しては、信号青色より反応時間が短かった。アクセルは足で反応を返し、信号青色は手で反応を返す課題である。そのため、反応動作が優位であれば、信号青色の反応時間の方が速いと考えられるが、逆の傾向が得られたことから、刺激数が少ないことは手での反応時間短縮を上回る可能性が考えられる。しかし、青色と同様に手で反応する信号黄色との間には差がみられなかった。したがって、青色と黄色とでは異なる刺激-反応特性を示すことが示唆された。また、ブレーキ黄色よりもアクセル赤色およびブレーキ赤色の反応が速かった。アクセル赤色とは刺激の数が異なるが、ブレーキ黄色と赤色は同じ検査、同じ反応動作であるため、黄色に比べて赤色の方が速く反応できるという色の効果が作用した可能性がある。

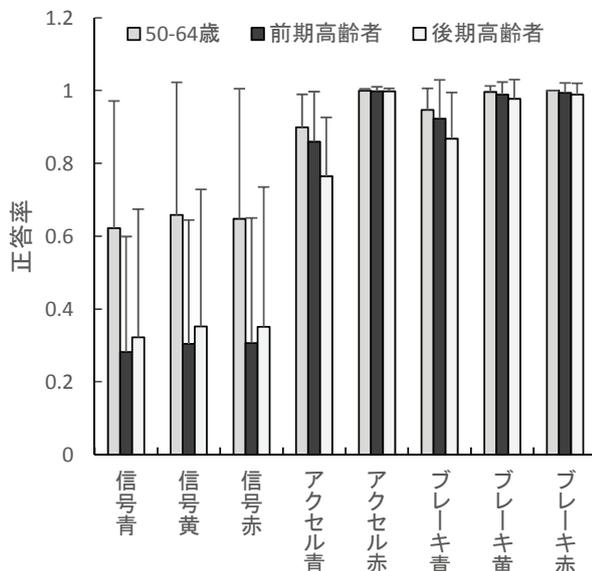
前期高齢者では、試行数の多い連続の方が緊急より反応が速く、試行を重ねることによる習熟の効果が示された。その次に反応が速い検査項目はアクセル赤色であり、次いで信号各色、ブレーキ各色の順に反応が遅延したことから、刺激数の効果が観測された。また、信号では黄色の方が青色よりも反応が速く、同じ手で反応する場合でも両色は反応時間に異なる影響を及ぼすことがわかった。この2色の違いは、信号赤色との比較において、黄色に対しては有意に速いが、青色とは変わらないという異なる結果が得られたことから支持される。さらに、ブレーキ赤色と黄色については、50-64歳と同様の傾向がみられ、赤色の方が黄色よりも優位であることが示された。赤色と黄色との成績の相違は、信号各色とブレーキ赤色とは差がないにも関わらず、ブレーキ黄色とは有意差がみられたことからわかる。

後期高齢者については、50-64歳と同様、緊急と連続の反応が最も速く、次いでアクセル赤色、その次に信号各色とブレーキ赤色、最後にブレーキ黄色という順序であった。緊急および連続、アクセル、信号およびブレーキと刺激数が増えるにつれて反応時間が長くなったことから、後期高齢者の反応時間にとって刺激数は重要な要因の一つであることが示された。また、ブレーキについては、赤色の反応時間が黄色よりも短いという他の年代と同じ赤色の優位性がみられた。

年齢の違いについて、緊急、連続、アクセルでは50-64歳と後期高齢者との間に差がみられたが、信号各色とブレーキ各色については50-64歳の反応時間が前期高齢者および後期高齢者より速かった。信号とブレーキは刺激数が多く、刺激の弁別と反応の選択に心的資源が多く使われるため反応が遅れると予想されるが、この結果から、その程度がより大きくなるのは、前期高齢期以降である可能性が得られた。

(2) 正答率の結果

正答率にも年齢の主効果、検査項目の主効果、年齢と検査項目の交互作用が示された ($F(2,211)=22.60$, $p<.01$; $F(14,211)=360.55$, $p<.01$; $F(14,211)=13.52$, $p<.01$)。図3に、正答率に関する年齢と検査項目の違いを示す。



色	青	黄	赤	青	赤	青	黄	赤
数	3	3	3	2	2	3	3	3
反応	手	手	足	足	足	足	足	足

図3 各検査項目の正答率と年齢の違い

交互作用が有意だったため、単純主効果の検定を行ったところ、50-64歳では信号各色の正答率がアクセル各色、ブレーキ各色よりも低いことが示された。これは、アクセルやブレーキが足のみで反応を返す検査項目であるのに対して、信号は刺激の色によって反応を手と足とで区別することが求められたため、異なる身体部位での反応が混在する状況では、そのパフォーマンスの正確性が損なわれる可能性を示している。この傾向は、前期高齢者、後期高齢者でもみられた。また、前期高齢者では、アクセル青色の正答率が赤色よりも低く、後期高齢者ではアクセルに加えて、ブレ

ーキでも青色の正答率が黄色および赤色よりも低かった。この結果は、前期・後期高齢者において、青色に対する反応の正確性が低下するという色の効果を示唆している。

年齢による違いを検討した結果、信号の各色では、50-64歳が前期高齢者および後期高齢者の正答率よりも高かったが、アクセル青色、ブレーキ青色と黄色では、50-64歳と後期高齢者との間に差がみられた。これらの結果から、信号のような反応動作が混在する課題での成績低下は、前期高齢者の段階から生じることが示唆された。

(3) 検査成績と視覚機能、認知機能との関係

刺激色や数、反応動作の種類による違いが生じた背景要因を探索するために、視覚機能として静止視力と動体視力、認知機能としてTMT 遂行時間を用いて、各検査項目の反応時間および正答率との相関関係を検討した。その結果、視覚機能と各検査成績との相関関係は弱いことがわかった。

一方、TMT Part Bは、各反応時間との間に一部中程度の相関関係が示された。しかし、正答率との間にはこのような関係性はみられなかった。これらのことから、反応の正確性よりも反応の速度がTMTに示されるような情報処理能力と対応することが確認された。各検査項目の反応時間と静止視力、動体視力、TMT Part Bとの相関係数を表2に示す。

表2 各検査項目と視力、TMTとの相関関係

	静止視力	動体視力	TMT A	TMT B
緊急	-0.10	-0.08	0.08	0.34
連続	-0.04	-0.07	0.12	0.31
信号青	-0.17	-0.15	0.24	0.41
信号赤	-0.15	-0.17	0.23	0.43
信号黄	-0.21	-0.20	0.30	0.51
アクセル赤	-0.08	-0.02	0.13	0.29
ブレーキ赤	-0.09	0.05	0.16	0.16
ブレーキ赤	-0.17	-0.11	0.24	0.42

視覚機能と各検査成績との間に強い相関関係はみられなかったが、本研究では日常運転下での視力を想定し、矯正した状態で視力を測定した。そのため、本研究の結果は、視覚機能補正下において、認知的情報処理能力がドライバの刺激-反応特性に寄与すると解釈される。

4. 考察

以上の結果から、複数の要因を組み合わせた課題状況での高齢ドライバの刺激-反応特性に、刺

激色と刺激数、反応動作がそれぞれ影響することが示唆された。刺激色については、ブレーキの結果から、どの年齢においても赤色に対する成績が高く、先行研究が支持された。さらに、信号青・黄色と赤色は、青・黄色が手、赤色が足で反応するため、足での赤色の反応時間が遅くなると予想されるが、50-64歳と後期高齢者の信号青・黄色と赤色の反応時間や前記高齢者の信号青色と赤色との間に差はみられず、予測とは異なる結果が得られた。これは、赤色への反応が、足による反応遅延を抑制した可能性があり、運転能力評価時の提示色や運転支援機器のデザインにおいて色を考慮する必要性があることを示唆している。

赤色に加えて、青色について、前期高齢者では他の色よりも反応が遅延する傾向が示された。また、前期および後期高齢者の正答率について、青色の正答率が他の色よりも低いという結果が得られた。この青色のパフォーマンスについては、2つの可能性が考えられる。一つは、色の効果である。前期高齢者の信号では同じ反応動作の黄色と比べて、青色の反応時間の方が長かった。色以外の刺激数と反応動作の条件は同じであるため、青色によって前期高齢者の反応成績が阻害されたと考えられる。一方、色以外の原因も考えられる。アクセルやブレーキでは、黄色や赤色には「ペダルを離す」という刺激提示後に反応を返すという行動が求められたのに対して、青色には「ペダルを踏んだままにする・反応しない」という反応行動を抑制する異なる反応が求められた。つまり、青色に対してのみ行動の切り替えや抑制といった心的過程が介在したため、成績低下が誘引された可能性がある。したがって、青色の応用の可能性を探るためには、更なる検討が必要であろう。

また、刺激の数の効果として、刺激が単一の単純反応時間は、どの年齢でも反応時間が速く、刺激の種類が複数で刺激の弁別と反応の選択過程を含む選択反応時間で反応の遅延が生じることが確認された。この傾向は、全年齢共通であり、年齢とともに顕著になることが示された。しかし、正答率の結果から、刺激数による正確性の変化はみられなかった。正確性の違いは、反応動作が混在する信号と他の課題との間でみられたことから、反応時間と正確性とは影響する要因が異なる可能性が示された。つまり、刺激数の増加は反応の遅延に関連し、反応動作のバリエーションの増加は反応の正確性の低下に関連すると考えられる。

5. まとめ

本研究では、運転適性検査器を用いて、高齢ドライバの刺激-反応特性を検討した。その結果、色や数、反応動作の種類を組み合わせた状況において、赤色の優位性や前期高齢者における青色のパフォーマンス低下、刺激数増加に伴う反応時間の延長、反応動作混在による正確性低下といった各要因の優先性と反応速度や正確性への促進、抑制効果が示唆された。これらの結果から、本運転適性検査は、高齢ドライバの刺激-反応特性に影響する年齢や刺激様相、反応の仕方といった基礎的な要因を示すことによって自身の運転能力への気づきにつなげることができると考えられる。また、本研究で得られた高齢ドライバの刺激-反応特性を応用して、計器や警告、注意の色や数、反応の仕方を工夫することで、この各要因を考慮した迅速かつ正確な反応につながる運転支援機器の設計への応用の可能性も見出された。

運転はさまざまな情報を同時的、継時的に処理することが求められる複雑な課題である。ここで検討した要因やその組み合わせは限定的であり、また今後は実運転下での刺激-反応特性も検討する必要があるが、本研究のように高齢ドライバの反応の特徴を明らかにすることは、安心・安全なモビリティ社会の実現にとって有意義であろう。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム」の支援によって行われました。また、データの収集および解析についてご尽力いただいた関係各位に対しまして、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) G. Casutt, M. Martin, M. Keller and L. Jäncke: The relation between performance in on-road driving, cognitive screening and driving simulator in older healthy drivers. *Transportation Research Part F*. 22 (2014) 232-244
- 2) P. D. Jones and H. Wilkinson: Latency differences to monochromatic stimuli measured by disjunctive reaction time. *Perception & Motor Skills*. 41 (1975) 55-59
- 3) 大山正: 反応時間研究の歴史と現状. *人間工学*. 21 (2) (1985) 57-64

虹の内側は何故紫なのか：紫の心理物理学

The hypothesis that the inner part of the rainbow appears

purple: the psychophysics of the purple

鈴木 恒男 Tsuneo Suzuki 慶應義塾大学名誉教授 Professor emeritus of Keio University
井澤 尚子 Shoko Isawa 東京家政学院大学 Tokyo Kasei Gakuin University

Keywords: 色覚理論, 虹の色, 紫, 色相環, 波長と色

1. はじめに

色に関する研究で最も古くから扱われているのが虹と孔雀の羽の色であると言われている。虹の色は哲学から始まり物理学の対象となってきた。虹の色に関しては、虹が何色であるかと、どうして虹が出来るのかとの問題である。前者に関しては、アリストテレスと彼の弟子は紫、緑ないし黄、赤だと考えた。エピクロスは紫、緑、黄、赤と考えた。この虹の色は何色かを定説としたのが、ニュートンで堇、藍、青、緑、黄、橙、赤の虹の七色を提唱し、これが現代の日本でも定説になっている。米国では七色ではなく、堇と藍を紫として六色としている。一方、虹が何故できるかに関して空中にある水滴に入った光が屈折して、虹の内側が短波長になり、波長の順に外側に配置されることで、異なった色が並んでいることになる。このように虹に関する問題は解決しているようであるが、ここで問題となるのは、虹の内側は物理的には短波長の380nmの光であるが、この光が紫に知覚されることである。人間の眼の錐体は3種類あり、L、M、Sの錐体であるが、昔は赤、緑、青錐体と言われ、短波長を処理するS錐体は主に青の知覚を作り出すと言われていた。虹の380nmの光はS錐体で処理されるが、紫に見えるということは、青みと同時に赤みを感じていることである。なぜS錐体の興奮なのに、赤みを感じるのかに関しては明確な議論がされていない。本報告ではこの問題に関する一つの考えを提案する。

その方法としては、簡易分光器を使用して、分光した光を観察して、短波長端の光が何色に見えるかを確認、次に、色覚が異なった場合には、短波長端の色が何色に見えるかを調べ、その結果からある大胆な仮説を導くものである。

2. 実験方法

虹の色を確かめるための実験方法は虹を観察する代わりに携帯用簡易分光器(Spectroscope)を観察して、分光器の短波長端と長波長端が何色に見えるのかを自由に回答する方法である。さらに、色覚の違いで、虹の色の見えに違いが生じるかも検討する。正常色覚の実験参加者は東京家政学院大学の学生と教員である。実験参加者は20代から40代の女性20名で、裸眼もしくは日常使用しているメガネ着用した場合の観察と、長波長の光を吸収して擬似的に2色型を体験できるP型バリアントールを着用した観察である。擬似二色型での長波長側は色が知覚できる端の色を答えさせる。さらに、カラーユニバーサルデザイン機構(CUDO)の協力で二色型色覚の3名が実験に参加した。そのうち1名はP型(Protanopia)で、2名はD型(Deuteranopia)である。この2色型色覚の持ち主にも同様に、簡易分光器を観察し、短波長端と長波長端が何色に見えるかを自由に回答する方法をとった。

3. 結果

正常色覚者の結果を、通常の視覚で観察した正常色覚での観察とバリアントールを着用した擬似二色型での観察の結果を示したのが表1である。表には正常色覚と擬似二色型での短波側と長波側での色の報告を分類した。正常色覚の短波側は17名が「紫」と答え、他の者は青、紺、群青と答えたので、この3色を「その他」とした。長波側は18名が「赤」と答え、他の者は朱色、赤茶と答えたので、この2色を「その他」とした。擬似二色型では短波側は16名が「紫」と答え、他の者は青が2名、紺が2名であるので、この2色を「その他」とした。長波側での判断は難しく、オレンジが5名、暗い赤が4名、臙脂が3名、黄が3名、茶が2名、黒が1名、緑が1名である。暗い赤、臙脂と茶を一つの色名と考えて、「暗い赤」

とすると9名となる。オレンジと黄を一つと考えると、「橙」とすると8名になる。その他の色名は黒、と緑である。

二色型色覚者の結果は、P型1名は短波長側を暗い青、長波長側は暗い赤か黄であると答えた。D型は2名とも短波長側は暗い青、長波長側は赤と答えた。

分光した光の短波長端は正常色覚では紫に知覚され、擬似二色型でも紫に知覚される。二色型色覚では短波長端には赤みは知覚されないとの結果である。

4. 考察

虹の内側にあたる短波長の色は正常色覚では紫に知覚されていることは確かであると思われる。一部に、赤みがない青に感じる場合もあるが、この理由は現段階では明確にすることはできない。スペクトルの短波長側に赤みを知覚することは Boynton らの結果¹⁾でも報告されている。さらに Oh と Sakata²⁾の最近の研究でもS錐体で赤を知覚することが報告されている。

2色型では短波長端に赤みを知覚することはできない。赤を知覚しないP型では、短波長端に赤を知覚しないことは予想されていたが、赤を知覚できるD型でも短波長端に赤みを感じることはなかった。これが、実験の結果であるが、

この結果だけから、青の知覚に関与するS錐体が主に働く短波長側の光に赤を知覚するかを説明することは出来ないので、これからは仮説を提出するだけである。

初めに、考えられるのは赤の知覚に関係するL錐体の分光感度の裾が、短波長側にまで伸び、短波長でのS錐体とL錐体の興奮の比率から赤みが感じられる可能性であるが、これは考えにくい。錐体の興奮レベル、または次の段階の水平細胞以降の反対色応答での説明も困難と思われる。

この短波長端に赤みを知覚することの大胆な

仮説として、次のことを考える。視点が全く違うと思われるかもしれないが、ここで考えるのは知覚と対象である物理的特性の関係である。色の物理的特性は電磁波の波長の違いである、短波長から長波長に一次元上に並んでおり、これが虹の色の物理的特性である。一方、色の知覚では色相環との知覚があり、色は一次元ではなく、色相だけ考えると2次元の円環を形成している。この一次元の物理的存在が知覚上の二次元に変換されるのに必要なことは短波長端に赤みを知覚することではないか。3名の2色型色覚者に色相環を見せてどのように見えるかを尋ねると、円環には見えず、円のある分が欠けたような半円に近い形に見える報告している。

正常色覚者が色相環に見えるのは錐体が3種類あることからであると従来考えられ、なんら疑問はなかったようであるが、この3種類の錐体が独立に機能すれば、3次元となり円環となるが、M、Lの錐体はその分光感度も遺伝子の塩基配列から考えると独立とは言い難い。錐体が3種類あることが色相環には必要であることは二色型色覚は円環には見えないことから、独立でなくても3種類は必要であるとは確かであるが、この3種類あること以外に、S錐体が赤を感じる事が重要な要素のなることが考えられないだろうか。

色相環の知覚を考えることは、従来の色覚モデルを再度考える切っ掛けになるのではないか。

5. 参考文献

1) R.M, Boynton & J. Gordon : Bezold-Brucke Hue Shift Measured by Color-Naming Technique.

J. Opt. Soc. Am., 55(1965) 78-86

2) S. Oh & K. Sakata : Do the Short-Wave Cones Signal Blueness ? ,

Color Res. Appl. 40 (2015) 323-328

表1 正常色覚者の観察結果

正常色覚				擬似二色型			
短波側		長波側		短波側		長波側	
紫	1 7	赤	1 8	紫	1 6	暗い赤	9
その他	3	その他	2	その他	4	橙	8

蛍光感知覚における質感対比効果について

Contrast Effect of Textures in Appearance of Fluorescence Colors

加藤 恵治 Keiji Kato 千葉大学大学院
平井 経太 Keita Hirai 千葉大学大学院
堀内 隆彦 Takahiko Horiuchi 千葉大学大学院

Chiba University
Chiba University
Chiba University

Keywords: 蛍光感, 主観評価, LCD モニタ, 蛍光実物体, 質感対比効果

1. はじめに

我々が日常生活する環境下において、蛍光を含む物体が多く存在する。一般に、ヒトが見る色の知覚は、可視光が物体の表面を照射した際の反射光の波長(分光分布)に基づいて決定される。その反射光の分光分布は、光源のエネルギー分布と分光反射率の積で表され、これが一般の物体の色として知覚される。しかしながら、蛍光物体は通常の可視光による光反射に加えて、紫外光・可視光を吸収・励起し、励起光よりも長波長側の光を発光するという蛍光発光特性をもっている¹⁾。この蛍光発光特性によって、ヒトは蛍光らしさ「蛍光感」を感じると考えられる。

先行研究²⁾において、モニタ上の蛍光色に対する見えや知覚に関する研究が進められ、刺激の CIE Y_{xy} が等しくても、刺激の周囲を黒画用紙で覆うか否かによって、蛍光感が変化することを発見した。本稿では、蛍光感知覚に周囲媒体の質感が影響する現象を「質感対比効果」と定義し、この効果について、実験を通じてさらに考察を深めることを目的とする。

2. 実験1：実画用紙を周囲に用いた場合

文献²⁾では、黒い画用紙のみを用いて、周囲条件を統一して実験を行っていた。周囲色(明るさを含む)は、対比効果によって色知覚に影響することが知られており、この対比効果が蛍光感に影響した可能性あると考えられる。本稿では、新たに白およびグレーの画用紙を追加し、周囲色が異なる場合でも、周囲の質感が蛍光感に影響するかどうかを検証するため、以下の2つの実験条件を設定した。実験 1-1: モニタ上の蛍光刺激の周囲を、実物の画用紙で覆う。実験 1-2: モニタ上の蛍光刺激の周囲色を、画用紙の CIE Y_{xy} で表示する。

2.1. 実験方法

蛍光パッチ 4 種(青, 緑, 橙, 黄)に対して、照明 2 種(A: 人工太陽光+ブラックライト, B: 人工太陽光+ブラックライト 2 種)を組み合わせた 8 刺激と、LCD モニタ(ナナオ社製 EIZO ColorEdge CG221)にパッチと同等の CIE Y_{xy} を再現したパッチ画像 8 刺激の合計 16 刺激を用いた。図 1 に、実験に用いた刺激 16 種の xy 色度を示す。平均色差は $\Delta E^*_{ab} = 1.03$ で再現できている。使用した画用紙は NT ラシャ(gray50, gray70, black)およびシリウス水彩画用紙(white)であり、それらの $L^*a^*b^*$ 値を表 1 に示す。いずれの画用紙も、蛍光は含まれていない。

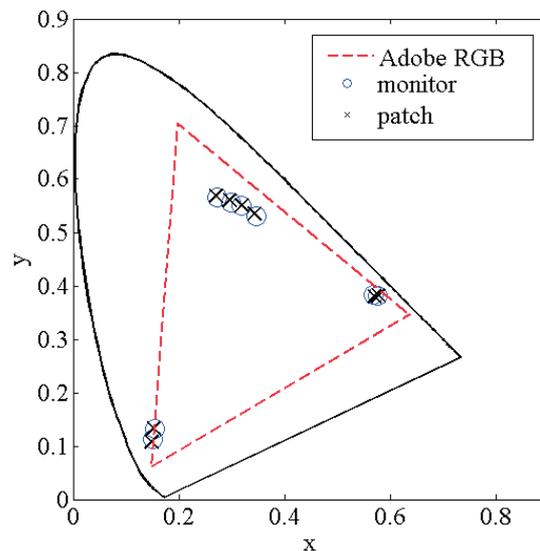


図1 モニタ再現色と蛍光パッチの xy 色度図

表1 使用した画用紙の $L^*a^*b^*$ 値

	white	gray50	gray70	black
L^*	95.36	56.05	40.72	28.92
a^*	-0.71	0.26	-0.53	-0.74
b^*	4.57	-1.53	-1.66	0.02

図2に、各実験環境を図示する。パッチサイズは縦4cm、横5cmであり、視野角は縦4.6°、横5.7°である。被験者と観察対象までの距離は50cmである。蛍光実刺激の周囲は、いずれも画用紙で覆った。被験者は20代の男女9名であり、蛍光感の評価は、マグニチュード推定法を用いた。実験では、16刺激を各3回、計48刺激をランダムに提示し、被験者は基準と比較したときの蛍光感の強さを0(蛍光感なし)から上限なしで評価した。マグニチュード推定法による基準となる蛍光感、black画用紙で周囲を覆った黄色蛍光実刺激に対して人工太陽光+ブラックライトを照明した際の知覚量と定義し、これを蛍光感50とした。

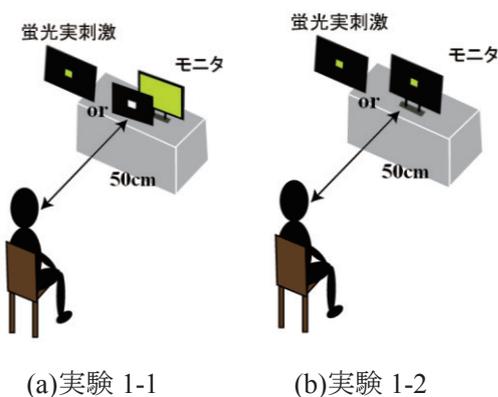


図2 実験環境

2.2. 実験結果

図3および図4に、gray50の画用紙を用いて行った実験1-1および実験1-2の結果をそれぞれ示す。各刺激における3回の回答の中央値を、各被験者の蛍光感とした。グラフは全被験者の平均値と標準偏差を示し、*は5%有意、**は1%有意で、実刺激とモニタ再現刺激の蛍光感が異なっていることを示す。図中の横軸は実験の条件を示しており、「刺激媒体－刺激色－光源」で表現している。例えば、patch-blue-Aとは、蛍光実刺激、青、光源Aを表す。

図3および図4に示されるように、蛍光刺激の周囲を画用紙で覆った実験1-1の場合、実刺激とモニタ刺激から得られる蛍光感に、さほど有意な差が見られないことがわかる。これに対して、周囲色をモニタに表示した実験1-2の場合、多くの場合で蛍光感に有意な違いが見られた。表2に、それぞれの条件下における蛍光感の違いを示す。表中の「画用紙」は蛍光刺激の周囲を画用紙で覆った実験1-1を、「モニタ」は周囲色をモニタに表示した実験1-2における実刺激とモニタ再現刺激との有意差を示す。

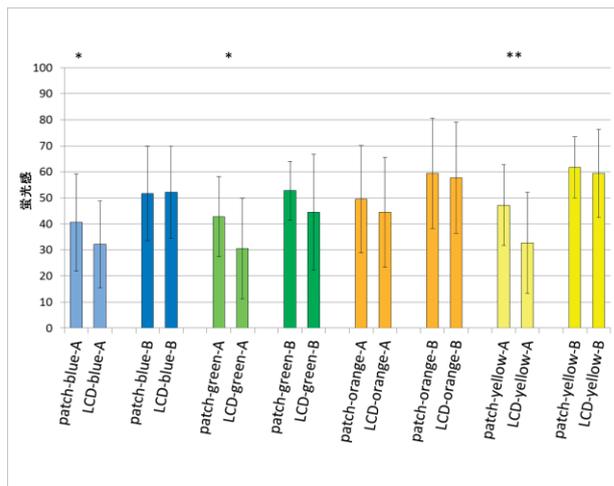


図3 実験1-1の結果(gray50)

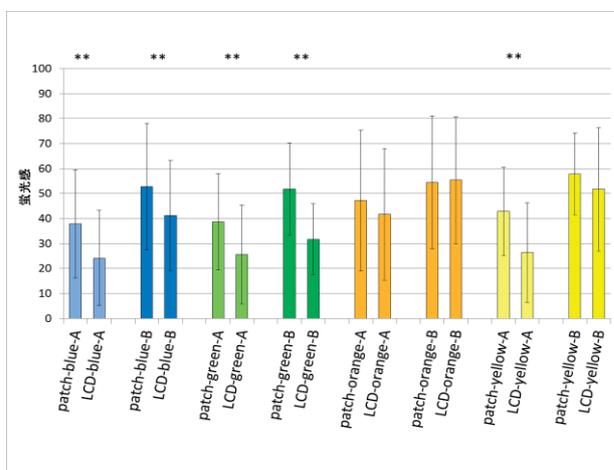


図4 実験1-2の結果(gray50)

表2 各条件における蛍光感の違い

	white		gray50		gray70		black	
	画用紙	モニタ	画用紙	モニタ	画用紙	モニタ	画用紙	モニタ
blue-A	*	**	*	**		*		*
blue-B	**	**		**		*		**
green-A		**	*	**	**	**		*
green-B	**	**		**		*	*	**
orange-A	**	**			**			
orange-B		*						
yellow-A	**	**	**	**	**	**		**
yellow-B	**	**						

p < 0.05...*, p < 0.01...**

先行研究2)と同様に、黒い画用紙で周囲を覆って再現した場合、モニタの再現色と蛍光パッチから得られる蛍光感には、概ね有意な差がないことが再確認された。また、他の色の画用紙の場合でも、周囲を画用紙で覆った場合、モニタ再現色より有意に蛍光感の異なる刺激が減少している。しかし、白い画用紙を用いた場合では、モニタ再現色と蛍光パッチに有意な差がある結果となった。

これは、白画用紙は他の画用紙と比較して画用紙の質感を認識しにくいことが影響していると推察される。

3. 実験2：画用紙の画像を周囲に用いた場合

質感対比効果の蛍光感への影響をさらに考察するために、本実験では、蛍光刺激の周囲の画用紙を含めてカメラで撮影し、モニタ上に刺激と周囲の画用紙の質感を再現した上で、蛍光感の判断を行った。

3.1. 実験方法

実験環境は、実験1と同様である。使用する刺激は、各色の蛍光パッチ8刺激、モニタ上で再現した8刺激の計16刺激である。撮影した画像における刺激のサイズは、縦4cm、横5cmであり視野角は縦4.6°、横5.7°である。被験者は20代の男女5名である。画用紙は、実験1で使用したblackを使用した。

3.2. 実験結果

図5に、実験結果を示す。各刺激における3回の回答の中央値を各被験者の蛍光感とし、図には全被験者の平均値と標準偏差を示している。

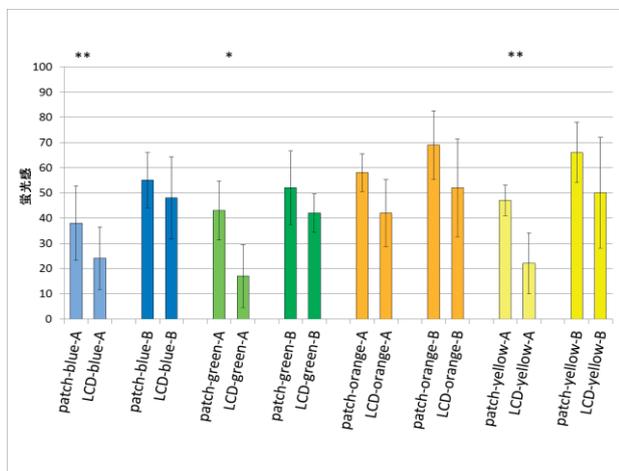


図5 実験2の結果

4. 考察

表3は、実験1、実験2によって得られたblackの画用紙の実物体とモニタ再現間の蛍光感の有意差をまとめたものである。各周囲条件におけるt検定の結果をみると、蛍光実刺激とモニタ再現色の間、有意に蛍光感の違いが見られる刺激色が、減少したことが分かる。このことにより、周囲を覆う画用紙の質感が、蛍光感の知覚に影響していることが明らかとなった。しかし、図5の

green-A や yellow-A に見られるように、色によってはモニタ再現色と実物体との評価値の絶対値に大きく差がみられる点もあり、更なる検討が必要である。

表3 画用紙とモニタ再現間の蛍光感の有意差

	画用紙	モニタ再現	
		質感+色	色
blue-A		**	*
blue-B			**
green-A		*	*
green-B	*		**
orange-A			
orange-B			
yellow-A		**	**
yellow-B			

p < 0.05...*, p < 0.01...*

5. まとめ

本稿では、蛍光感の知覚に刺激周囲の質感が影響する「質感対比効果」の考察を目的として、蛍光刺激の周囲を種々の色の画用紙を用いて覆う実験1、蛍光刺激の周囲を含めて撮影した画像を用いた実験2の2種類の実験を行った。その結果、周囲色の違いによって効果に違いは見られたものの、画用紙を周囲媒体とすることによって、蛍光感の違いが生じにくい結果となった。また、周囲の画用紙を含めてモニタに表示した場合に、刺激の蛍光感の違いが軽減されることも示された。以上の結果により、蛍光感知覚において、質感対比効果が生じていることがより明らかとなった。刺激色によっては、モニタ再現色と実物体との評価値に大きく差がみられる場合もあり、更なる解析が必要である。

参考文献

- 1) S. Tominaga, K. Hirai and T. Horiuchi, "Estimation of Bispectral Donaldson Matrices of Fluorescent Objects by using Two Illuminant Projections", The Journal of the Optical Society of America A, Vol.32, No.6, pp.1063-1067, 2015.
- 2) K. Hirai, M. Yamaguchi, T. Horiuchi and S. Tominaga, "Comparison of Fluorescent Color Perception using Real Objects and LCD Monitor", Proc. AIC2014, 2014.

蛍光物体における発光 PSF の分光計測と CG レンダリングへの応用

Spectral PSF Measurement of Fluorescence Emission and its Application to CG Rendering

平石 拓未 Takumi Hiraishi 千葉大学
 平井 経太 Keita Hirai 千葉大学大学院
 堀内 隆彦 Takahiko Horiuchi 千葉大学大学院

Chiba University
 Chiba University
 Chiba University

Keywords: 蛍光発光, 点拡がり関数, PSF, 分光計測, CG レンダリング

1. はじめに

蛍光発光特性をもつ蛍光物体は我々の周りに多く存在しており, 日常生活環境の約 20% の物体は蛍光成分を持っていると言われている[1]. 我々の日常生活環境を, リアルにコンピュータグラフィックス(CG)で表現するためにも, 蛍光色の正確な CG 再現は重要な課題である.

蛍光色の正確な CG 再現のためには, 蛍光物体の色彩特性を知る必要がある. 一般的な物体の反射特性は, 拡散反射と鏡面反射の 2 つの成分で表すことができる. 一方, 蛍光物体は通常の物体と同じ可視光の反射による特性に加え, 紫外線・可視光を吸収することで励起し, 励起光よりも長波長側の光を発光する蛍光発光特性を持っている. したがって, 蛍光物体の色の正確な再現には, この特性を正確に再現する必要がある. Wikie[2]らは, 蛍光物体の各波長の BRDF(双方向反射率分布関数, Bidirectional Reflectance Distribution Function)を計測し, BRDF と蛍光発光を結合してその指向性を示した. Hullin ら[3]は, BRDF に入射波長の項を加え, 蛍光を考慮した Bispectral BRRDF を定義した. 飛谷[4]は, 蛍光特性を考慮した BTDF(異方性透過散乱分布関数, Bidirectional Transmittance Distribution Function)近似モデルである Multi-band BTDF を提案し, 蛍光特性を持つ織布であるカーテンのよりリアルな CG 表現を可能にした.

著者らは, 先行研究において, 蛍光物体の計測・解析とその再現応用に関する研究を行ってきた. 蛍光物体の計測・解析の研究としては, 二つの可視光源とマルチバンドカメラで得られた分光画像を使用し, 簡易的に蛍光物体の拡散反射成分と蛍光発光成分の分光反射率を推定する手法を提案した[5-7]. さらに, これらの計測データをもとに, 蛍光物体の各反射成分と受光角の関係

を解析し, 蛍光物体の拡散反射成分と蛍光発光成分を Lambertian model で, 鏡面反射成分を Torrance-Sparrow model で表現し, 3 つの反射成分を分けて, CG レンダリングするモデルを提案した[8]. しかしながら, このレンダリング手法には, 蛍光物体の空間的な発光特性を表現できないという課題があった. 蛍光物体には, 発光特性があり, 空間的な光の広がりを生じるが, 文献[8]の手法では, これらの表現が不可能であった.

本稿では, 空間的な蛍光発光特性である点拡がり関数(Point Spread Function, PSF)を分光で計測し, CG レンダリングへ応用する. PSF 計測では, 蛍光物体および鏡に対して, ブラックライトを用いた点照射を行い, その反射光を撮影した. 鏡画像にガウシアンフィルタをかけた画像と蛍光物体画像との誤差を最小とするガウシアンフィルタの標準偏差を求め, このときのガウス関数を蛍光発光 PSF とした. さらに, 波長毎に計測した蛍光発光 PSF を, 蛍光物体の CG レンダリングに適用する.

2. 蛍光発光の点拡がり関数(PSF)

蛍光発光特性によって励起される光は, 単純な入力波長の反射ではなく, 分子・イオンにより放出されたものであるため, 空間的な光の広がりが発生する. 光の広がり, 点拡がり関数 PSF で表現できる. PSF とは, 点光源を入力した際に出力信号の広がり, 点拡がり関数 PSF を表す関数である(図 1).

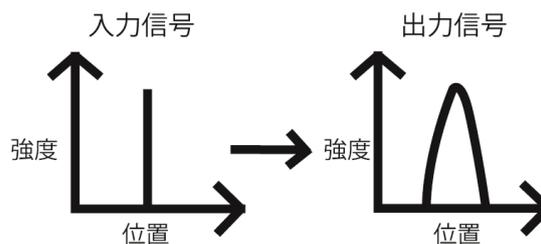


図 1 点拡がり関数(PSF)

一般的な光源は、点光源の集合と仮定できるため、各画素において入射輝度に比例する広がりが発生する。したがって、カメラ等で観測された画素は、各画素の広がりが周りの画素に加算された画像になる。したがって、式(1)に示される通り、カメラ等の出力画素は、物体表面と PSF の畳み込みで表すことができる。

$$I(x, y) = \iint O(u, v) f_{PSF}(x-u, y-v) dudv \quad (1)$$

ここで、 I は出力画像値、 O は物体表面の値、 f_{PSF} は PSF 関数、 (x, y) は PSF 関数の中心座標、 (u, v) は PSF の効果を与える座標である。本研究では、PSF 関数は、ガウス関数によりフィッティングが可能であるとする。したがって、式(1)より、PSF 関数で畳み込みが行われた出力値 I と、畳み込みが行われる前の値 O が既知であれば、PSF 関数を推定することが可能である。

3. 蛍光発光 PSF の計測

3.1. 計測方法

蛍光発光の PSF を推定するためには、PSF 関数によって畳み込みが行われる前後の値が必要となる。本研究では、PSF 関数の畳み込みがおこる前後の値として、ブラックライトの光源形状画像とブラックライトによる蛍光発光画像を測定した。光源形状画像は鏡に対して、蛍光発光画像は蛍光ボードに対して、それぞれブラックライトを照射して計測を行った。また蛍光発光の PSF 推定は蛍光発光成分に対して分光で行うため、蛍光発光画像の測定は、マルチバンドカメラを用いて 400nm~700nm まで 5nm 間隔で撮影を行った。図 2 に、計測のジオメトリを示す。マルチバンドカメラは、計測対象にピントが合う限界の距離まで近づけて固定した。光源として使用したブラックライトレーザーポインタは、計測の障害にならない限界まで計測対象に近づけた上で、マルチバンドカメラの計測方向に対して約 30 度方向から照射されるように固定した。

分光情報の取得には、12bit モノクロ CCD カメラである Retiga1300 と液晶チューナブルフィルタを組み合わせて使用した。モノクロ CCD カメラの解像度は、1280×1024 である。液晶チューナブルフィルタは、400nm から 700nm の区間で任意のピーク波長帯を透過することができる。本研究では、400nm から 700nm まで 5nm 間隔にピーク波長を変化させて使用した。図 3 に、このカメラシステムの総合分光透過率を示す。光源には、ブラ

ックライトレーザーポインタを用いた。この光源は、405nm にピークを持っており、蛍光物体を発光させ、広がりを計測するのに適している。図 4 にレーザーポインタの分光分布を示す。

光源形状取得のための計測対象として、また PSF 画像取得の対象物体として、青色、黄色、オレンジの 3 色の蛍光ボードを用いた。図 5 に計測対象とした各蛍光物体、図 6 にオレンジの拡散反射・蛍光発光特性(Donaldson 行列[7])を示す。

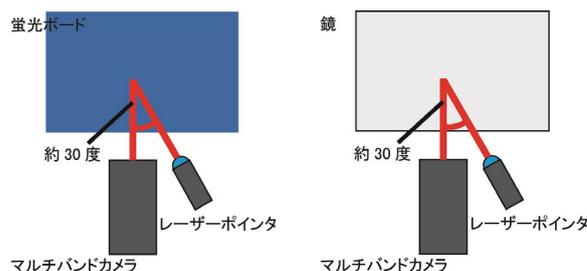


図 2 PSF の計測ジオメトリ

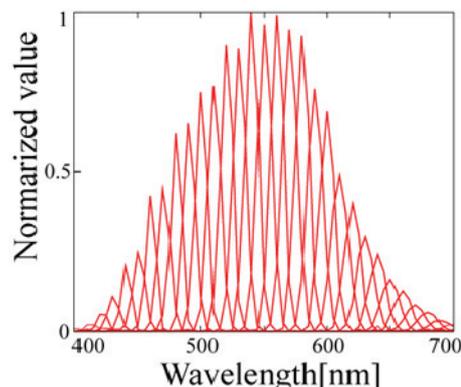


図 3 マルチバンドカメラの総合分光感度

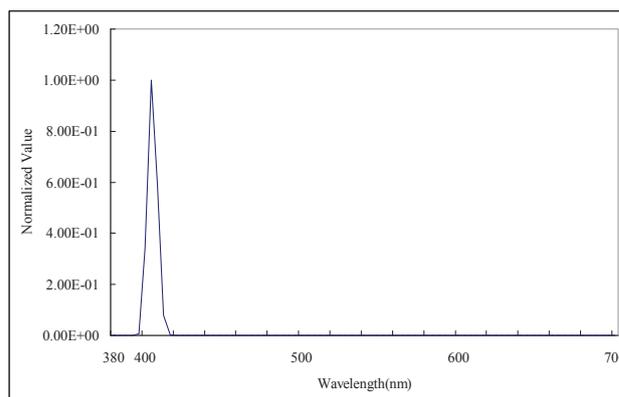


図 4 ブラックライトの分光分布



図 5 計測対象(蛍光ボード)

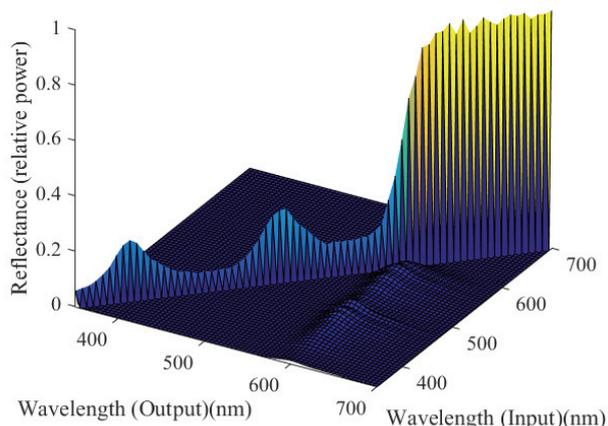
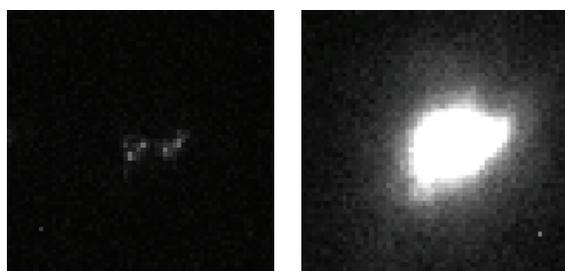


図6 オレンジの Donaldson 行列



(a)光源形状画像 (b)蛍光発光画像(450nm)

図7 点拡がり解析のための撮影画像

表1 オレンジ蛍光ボードにおける波長毎の標準偏差の推定値

波長(nm)	560	570	580	590	600	610
標準偏差	0.113	0.234	0.245	0.293	0.292	0.282
波長(nm)	620	630	640	650	660	670
標準偏差	0.238	0.208	0.038	0.035	0.032	0.030

3.2. 計測結果と PSF 推定

図7(a)に、光源のピーク波長405nmにおける光源形状画像を、図7(b)に青色蛍光ボードの450nmにおける蛍光発光画像をそれぞれ示す。それぞれ60pixel×60pixelの画像であり、1pixelは0.1mmの大きさである。光源形状画像よりも、蛍光発光画像は大きく広がっていることがわかる。また、光源形状が円形ではないことが確認できる。

本研究では、蛍光発光 PSF をガウス関数で近似できると仮定し、光源形状画像にガウス関数を畳み込んだ値と蛍光発光画像との誤差が最小となるガウス関数の標準偏差を求めた。表1に、計測したオレンジ蛍光ボードの標準偏差を示す。本研究では、この標準偏差が各蛍光物体に対する固有の PSF 特性とする。青色蛍光ボード、緑色蛍光ボードに対しても、同様に、標準偏差を算出し、PSF 特性を求めた。

4. 蛍光発光 PSF を用いた CG レンダリング

4.1. レンダリング方法

本研究では、文献[8]で提案されたモデルに従い、蛍光物体をレンダリングする。具体的には、拡散反射成分には Lambertian model, 鏡面反射成分には Torrance-Sparrow model を使用した。蛍光発光成分は、Lambertian model を使用する。

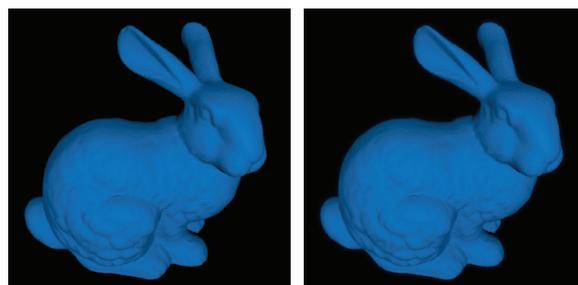
本研究では、拡散反射成分と鏡面反射成分をまとめてレンダリングし、蛍光発光成分は PSF を推定した波長ごとにレンダリングを行った。蛍光発光成分は、推定した標準偏差を用いたガウスフィルタにより畳み込みを行うことによって、PSF 関数を適用した。その後、拡散反射成分・鏡面反射成分画像と蛍光発光成分画像を合成したものを、レンダリング結果とした。

レンダリングには、レイトレーシング法に基づく物理ベースレンダリングが可能な PBRT[9]を用いた。本研究では、PBRT を波長ごとのレンダリングが行えるように改良し、PSF 特性であるガウシアンフィルタを実装した。

4.2. レンダリング結果

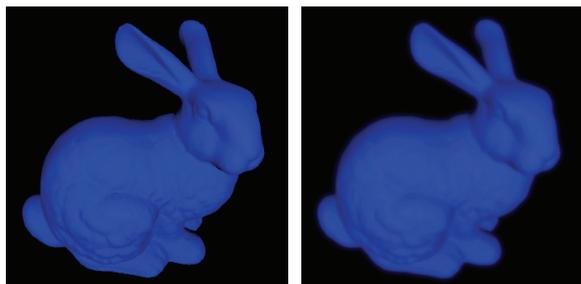
青色蛍光ボードに対して、人工太陽光の分光分布を使用し、PSF を考慮せずレンダリングした結果、および、提案手法により推定した分光 PSF を考慮してレンダリングした結果を図8にそれぞれ示す。また、効果をわかりやすく確認するために、ブラックライトの分光分布を使用し、同様の手法でレンダリングした結果を図9に、その拡大図を図10に示す。

レンダリング結果(特に図10の拡大図)に示されるように、PSF 考慮無しによるレンダリングに比べ、分光 PSF を考慮した結果では、物体と空間の境界付近で蛍光発光色である濃い青色の広がりが確認できる。また、セルフシャドウ部分が、蛍光発光色の広がりにより、色が蛍光発光色に色づくという効果を確認できた。



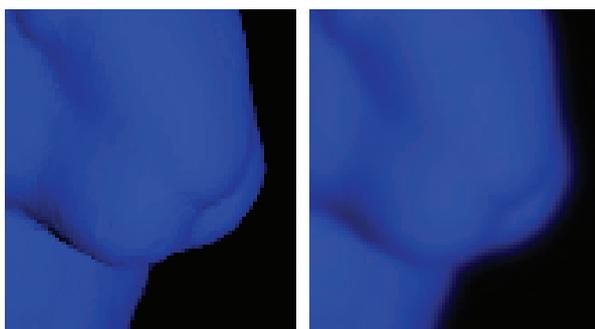
(a)PSF 考慮なし (b)分光 PSF を考慮

図8 青色蛍光発光の分光 PSF を用いた CG レンダリング(人工太陽光)



(a)PSF 考慮なし (b)分光 PSF を考慮

図9 青色蛍光発光の分光 PSF を用いた CG レンダリング(ブラックライト)



(a)PSF 考慮なし (b)分光 PSF を考慮

図10 図9における顔部分の拡大図

5. まとめ

本稿では、リアルな蛍光物体の画像再現を目指し、蛍光発光 PSF 推定とレンダリングへの応用を行った。撮影した光源形状画像と蛍光発光 PSF 画像から、PSF 特性であるガウス関数の標準偏差を推定した。また、上記計測により推定した PSF 特性を蛍光物体の CG レンダリングへ応用した。その結果、蛍光物体と空間の境界付近における蛍光色の広がりや、物体のセルフシャドウ部分での蛍光発光の広がりによる効果が確認できた。

本稿の実験では、PSF 特性の推定をガウス関数の近似により行なった。しかしながら、光源形状画像にガウス関数を畳み込んだ値と蛍光発光画像との誤差が大きい場合があり、ガウス関数での近似が十分でない可能性があるため、今後検討したい。また、今後の課題として、実物との比較によって、本研究の手法によってレンダリング結果が実物の蛍光物体に近づいているのかを、主観評価実験を通して確認することが挙げられる。

参考文献

- 1) K. Barnard, "Color Constancy with Fluorescent Surfaces," Proc. of IS&T/SID Seventh Color Imaging Conference, pp.257-261, 1999.
- 2) A. Wilkie, A. Weidlich, C. Larboulette, and W.

Purgathofer "A Reflectance Model for Diffuse Fluorescent Surfaces," Proc. ACM GRAPHITE, pp.321-331, 2006.

3) M. B. Hullin, J. Hanika, B. Ajdin, H. P. Seidel, J. Kautz, and H. P. A. Lensch, "Acquisition and Analysis of Bispectral Bidirectional Reflectance and Reradiation Distribution Functions", ACM Trans. Graphics (SIGGRAPH), Vol.29, No.4, pp.97:1-97:7, 2010.

4) 飛谷謙介, 水嶋彬貴, 長田典子, "Multi-band BTDF モデルによる織布の蛍光特性の表現", 精密工学会誌, Vol.80, No.12, pp.1213-1218, 2014.

5) S. Tominaga, T. Horiuchi, and T. Kamiyama, "Spectral Estimation of Fluorescent Object Using Visible Light and an Imaging Device," Proc. IS&T/SID's 19th Color Imaging Conf. (CIC19), pp.352-356, 2011.

6) 上山都士也, 平井経太, 堀内隆彦, 富永昌治, "可視光源とマルチバンドカメラを用いた蛍光物体の分光成分推定", 電子情報通信学会論文誌 (D), Vol.J95-D, No.3, pp.638-644, 2012.

7) S. Tominaga, K. Hirai, and T. Horiuchi, "Estimation of Bispectral Donaldson Matrices of Fluorescent Objects by using Two Illuminant Projections," The Journal of the Optical Society of America A, Vol.32, No.6, pp.1063-1067, 2015.

8) S. Tominaga, K. Hirai, and T. Horiuchi, "Measurement and Modeling of Bidirectional Characteristic of Fluorescent Objects," LNCS (Proc. 16th International Symposium on Multispectral Colour Science), Vol.8509, pp.35-42, 2014.

9) M. Pharr, and G. Humphreys, Physically Based Rendering: From Theory to Implementation, Second Edition, Morgan Kaufmann Publishers Inc, San Francisco, CA, 2010.

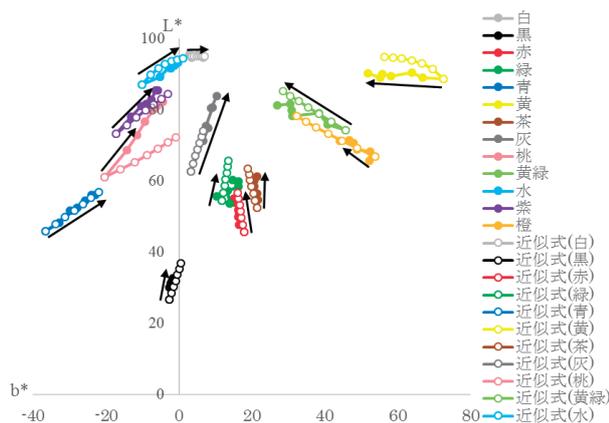


Fig. 3 退色推移と近似曲線 (b*L*平面)

3. 劣化・新化シミュレーションの作成

得られた近似式をもとに、劣化画像を作成する劣化シミュレーションシステムを作成した。新化については、劣化式が初期値に依存する非線形な関数であることから、劣化の近似式をそのまま逆方向に用いることができない。そのため、劣化の近似式を用いて新化の目標となる色を定めるために、劣化の近似式から数値計算で求め、その目標色から任意時間劣化させることで、元画像から新化させるような新化式を作成した。

Fig.4 に元画像と本シミュレーションで劣化させた画像を、Fig.5 に元画像と新化させた画像の例を示す。



Fig. 4 元画像 (左) と劣化画像 (右)



Fig. 5 元画像 (左) と新化画像 (右)

4. シミュレーション画像の評価実験

本シミュレーションによって作成した画像が、実際に古さ感または新しさ感を感じるかどうか、および不自然さを感じない画像になっているかどうかを確認するため、被験者を用いた評価実験を行った。

4. 1. 劣化評価実験

実験は暗室で、モニターと被験者との視距離は90cmで固定し、被験者の顔を顎台で固定して行った。評価は物体の古さ感と不自然さの2項目について主観評価を行ってもらった。評価用語は古さ感に関しては「古さを感じない」「わずかに古く感じる」「少し古く感じる」「やや古く感じる」「古く感じる」「とても古く感じる」「非常に古く感じる」の7段階であり、不自然さについても同様の副詞をつけた7段階である。

対象となる元画像には、建造物、自動車、看板などの6種類の人工物であり、これらに対し劣化経過時間を8段階で変化させた画像を作成し、元画像と合わせた計54枚の画像を刺激とした。した。画像は400×400サイズで統一し、ランダムに1つずつ提示した。

実験は3セット行い、1セット目は練習とし、2セット目と3セット目の評価値の平均を結果のデータとして用いた。

被験者は横浜国立大学の学生9名（男性6名、女性3名、平均年齢24.6歳）で構成され、全員色覚正常者であった。

古さ感に関する全画像の評価結果の平均値のグラフをFig.6に示す。図の縦軸は、評価値0が「古さを感じない」、評価値6が「非常に古く感じる」である。横軸が劣化の経過時間を表しており、0が変化なしの元画像の結果にあたる。実験から得られた古さ感の全体の結果の分散分析と多重比較を実施したところ、劣化経過時間が古さ感の評価値と相関があり、ほぼすべての2値間で有意差があった。これにより、新化経過時間が増加するほど古さ感が増大することが確かめられた。

次に、不自然さに関する全画像の評価結果の平均値のグラフをFig.7に示す。図の縦軸は、評価値0が「不自然でない」、評価値6が「非常に不自然」である。横軸が劣化の経過時間を表しており、0が変化なしの元画像の結果にあたる。実験から得られた不自然さの全体の結果の分散分析と多重比較を実施したところ、劣化経過時間と不

自然さの評価値との相関性はなかった。さらに、Fig.7で示されている通り、不自然さの評価値の平均は最大でも1の「わずかに不自然」程度であった。

これらの結果から、本シミュレーション手法によって作成された劣化画像が、確かに古く感じられ、現実世界に存在してもそれほど不自然に感じない画像になっており、本シミュレーションの妥当性が示された。

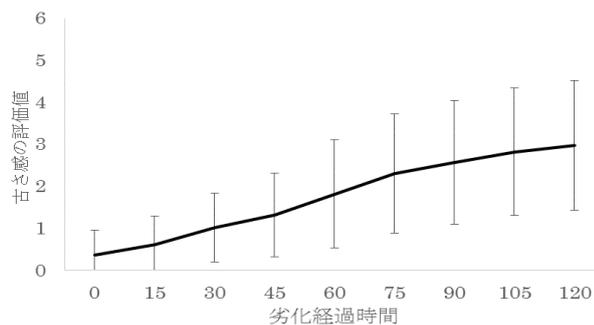


Fig. 6 古さ感の全画像の評価値の平均の変化

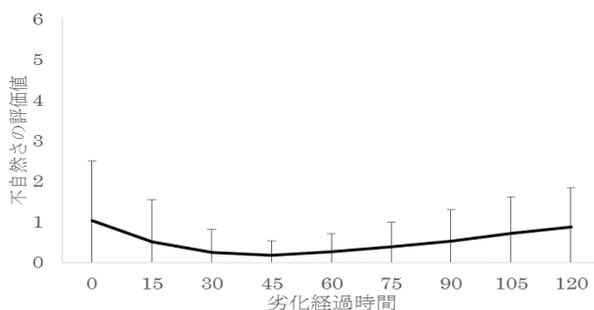


Fig. 7 不自然さの全画像の評価値の平均の変化

4.2. 新化評価実験

物体の新しさ感と不自然さの2項目について主観評価を行ってもらった。評価用語は新しさ感に関しては「新しさを感じない」「わずかに新しく感じる」「少し新しく感じる」「やや新しく感じる」「新しく感じる」「とても新しく感じる」「非常に新しく感じる」の7段階であり、不自然さに関しても同様の副詞をつけた7段階である。

提示する刺激画像は劣化評価実験と同じく元画像6種類に対し劣化経過時間8段階で画像を作成し、元画像と合わせた計54枚であるが、対象となる元画像は劣化評価実験と異なる人工物とした。

その他の使用した実験器具及び実験条件、画像サイズ、画像の提示順、解析に使用するデータについては、劣化評価実験と同一の手法で実験を行った。

被験者は横浜国立大学の学生14名(男性13名、女性1名、平均年齢23.4歳)で構成され、全員色覚正常者であった。

新しさ感に関する全画像の評価結果の平均値のグラフをFig.8に示す。図の縦軸は、評価値0が「新しさを感じない」、評価値6の「非常に新しく感じる」である。横軸が新化の経過時間を表しており、0が変化なしの元画像の結果にあたる。実験から得られた新しさ感の全体の結果の分散分析と多重比較を実施したところ、新化経過時間が新しさ感の評価値と相関があり、ほとんどの2値間で有意差があった。これにより、新化経過時間が増加するほど新しさ感が増大することが確かめられた。

次に、実験から得られた不自然さの結果の分散分析と多重比較を実施したところ、ある新化経過時間を過ぎると急激に不自然さが増大し続けていることが分かった。これについて、個々の元画像ごとにさらに詳しく分析すると、不自然さの有意差がほぼない画像(Fig.9)とどこかの値を境にして有意差が存在する(そこで不自然さが増大している)画像(Fig.10)の2つに大きく分類できた。このとき、不自然さが増大している画像は、元画像に汚れや表面の削れなどの風化が見られるものであった。このことから、本シミュレーションでは汚れなど突発的な表面の色変化にはうまく対応できないといえる。しかし、汚れなどの少ない単純な色の変化のみの劣化物体に対しては、本シミュレーションは有効であり、Fig.9で示されている通り、それらの画像の不自然さの評価値の平均は最大でも1の「わずかに不自然」程度であった。

以上の結果から、元画像が単純な色の変化のみならば、本シミュレーション手法によって作成された新化画像が、確かに新しく感じられる画像になっており、現実世界に存在してもそれほど不自然さのない画像になっているといえる。

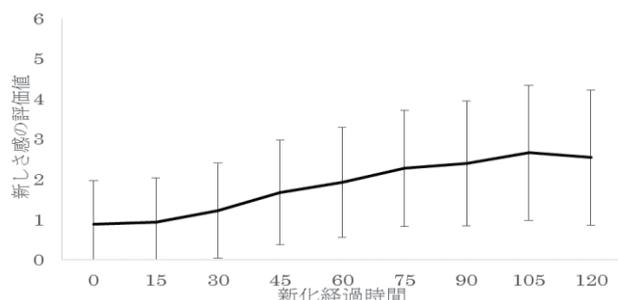


Fig. 8 新しさ感の全画像の評価値の平均の変化

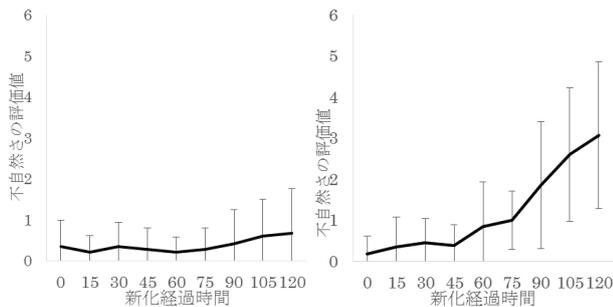


Fig. 9 不自然さの
有意差がほぼない画像

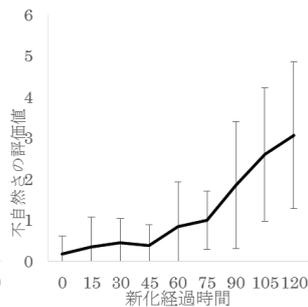


Fig. 10 不自然さがある値を境に増大している画像

5. 考察

本シミュレーションでは、ある1点に色を収束させる、あるいはその収束点から逆方向に色を広げることによって、古さ感や新しさ感を感じさせる画像を作成した。このとき変化している要因として、色の彩度と色分布の広がり具合の2つがある。単色の色でベタ塗りしたものからは古さ感を推定しにくく、また実際の物体としてそのような物体はあまり存在しないことから、劣化・新化の手がかりとして色分布の収縮及び拡大が考えられる。今後この仮説を検証する実験を行うつもりである。

また、汚れなどのついた画像を新化させると途中から不自然さが増大していることから、汚れはそれら感覚に大きな役割を果たしている可能性がある。これは色分布を広げれば新しさ感を得られるという仮説と矛盾するようにも見えるが、汚れは物体の色とは独立的な変化であるため、太陽光による劣化とは別の要因であり、ヒトはこれら複数の要因を総合的に判断して劣化や新化をとらえていると予想される。現在のシミュレーションでは色変化しか再現できていないため、今後は汚れや風化のシミュレーションを行えるようにし、これらの要因による古さ感や新しさ感への影響も調べていくつもりである。

6. 結言

本研究では、太陽光による物体の退色に伴う色変化推移のデータを基に、劣化画像や新化画像を作成できるシミュレーションを作成した。作成した画像の評価実験を行った結果、汚れなどのない色変化のみの物体であれば、視覚的にも自然に古さ感や新しさ感を与えることができる画像を生成できることが示された。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H05926 (新学術領域研究「多元質感知」) の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] M. Manso et al.: Characterisation of foxing stains in eighteenth to nineteenth century drawings using non-destructive techniques, *Analytical and bioanalytical chemistry* 395.7 (2009) 2029-2036
- [2] A. Yoonessi and Q. Zaidi: The role of color in recognizing material changes, *Ophthalmic and Physiological Optics* 30.5 (2010) 626-631
- [3] 永井達也, 岡嶋克典: 退色劣化画像の生成手法と古さ感の認知特性, *日本色彩学会誌*, 38(6), (2014) 406-407

照明光源の色によって特徴づけられた色集合を用いた配色の視覚的印象評価

Visual impression of color arrangements selected from a set of colors characterized by colored light

杉岡 宏輔 Kousuke Sugioka

京都大学 Kyoto University

石田 泰一郎 Taiichiro Ishida

京都大学 Kyoto University

Keywords: 色彩調和, 光源の色, 配色

1. はじめに

配色は環境や様々な製品の設計において重要な要素である。配色方法のベースとなる色彩調和論では、ある特徴(明度, 彩度, 色相, トーンなど)を共有する色は調和するという有力な考え方があり¹⁾。著者らは配色が共有する特徴として「光源の色」に着目した²⁾³⁾。ある光源によって照明された表面の色を要素とする色集合を考えると、その色集合に属する色は光源の色によって与えられる何らかの視覚的な特徴を共有すると考えられる。例えば赤色の光源によって特徴付けられた色は、赤の成分が増加し、緑の成分が減少する傾向を共有することになる。著者らは先行研究において光源の色によって特徴付けられた色集合を用いた配色によって調和感が得られることを示した。本研究では、光源の色によって特徴付けられた色を計算によって求め、それらの色をディスプレイ上に提示する方法を整備した。それによって、特徴付けの光源の色と配色の視覚的印象との関係を体系的に調査し、様々な印象を持つ配色を行う方法を検討する。

2. 実験概要

本研究では、色光で照明された色票の色を計算によって求め、それらの色をモニター上に提示し、配色の心理印象についての評価実験を行った。色を特徴づける光源の色は、 u^*v^* 色度図から体系的に選択された有彩色 8 色と白色の計 9 色である。

特徴付けの光源の分光分布を作成するために、まず赤, 緑, 青, 白に相当する分光分布を設定した。9 色の光源の分光分布は、これら 4 つの分光分布の重みづけによって作成した。照明される色として、JIS 標準色票の分光反射率を測定して計算に用いた。配色数は、9(3×3)色, 16(4×4)色, 25(5×5)色の 3 種類である。これら各条件につき、被験者ごとに異なる 10 通りの色配列を作成し、計 270 の配色を提示した。被験者は提示される配色について、調和感, 力量性, 嗜好性, 活動性, 温冷感, 新規性, 人工性の 7 つの評価項目について、それぞれ 11 段階尺度で評価した。

3. 実験結果

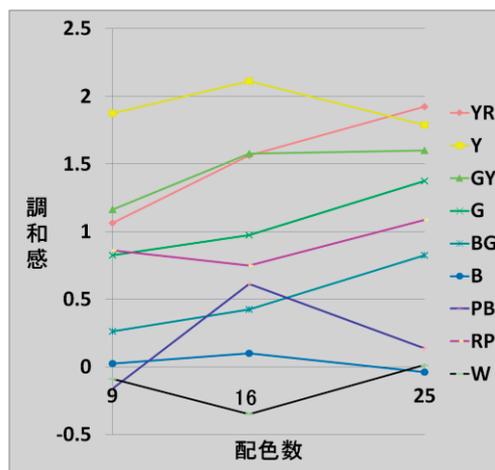


図 1 実験結果—調和感(被験者平均)

図 1 に調和感の評価結果(被験者平均)を示す。白色(光源 W)よりも有彩色の光源で特徴付けられた色集合を用いた配色の方が調和感が高くなった。

また、配色数が増加するにつれて調和感も高くなる傾向が見られた。そこで、各評価項目について、白色との評価の差をバブル図で表現して考察することにした(図 2)。バブルの大きさは白色での評価値との差の絶対値を表しており、バブルが着色されているものは正の評価、白抜きのは負の評価を示す。この結果より、特徴付けの光源の色と配色の視覚的印象の関係を見てとることができる。例えば、力量性については、光源 BG、光源 B で照明された色はかたい印象をもち、光源 YR、光源 Y で照明された色はやわらかい印象をもつことがわかる。

今後、このような特徴付けの色とそれによる配色の視覚的印象の関係を示すデータを応用することによって、目的に応じた様々な視覚印象を与える配色を作成する方法の検討を進めていきたい。

参考文献

1) 槇 究：カラーデザインのための色彩学，オーム社(2006)
 2) 森文徳，石田泰一郎：照明光源の色によって特徴づけられた色集合の調和性，日本色彩学会誌，34 (2010) 52-53
 3) 森文徳，石田泰一郎：照明光源の色によって特徴づけられた色集合の印象評価と建築空間の配色への応用，日本色彩学会誌，36 (2012) 32-33

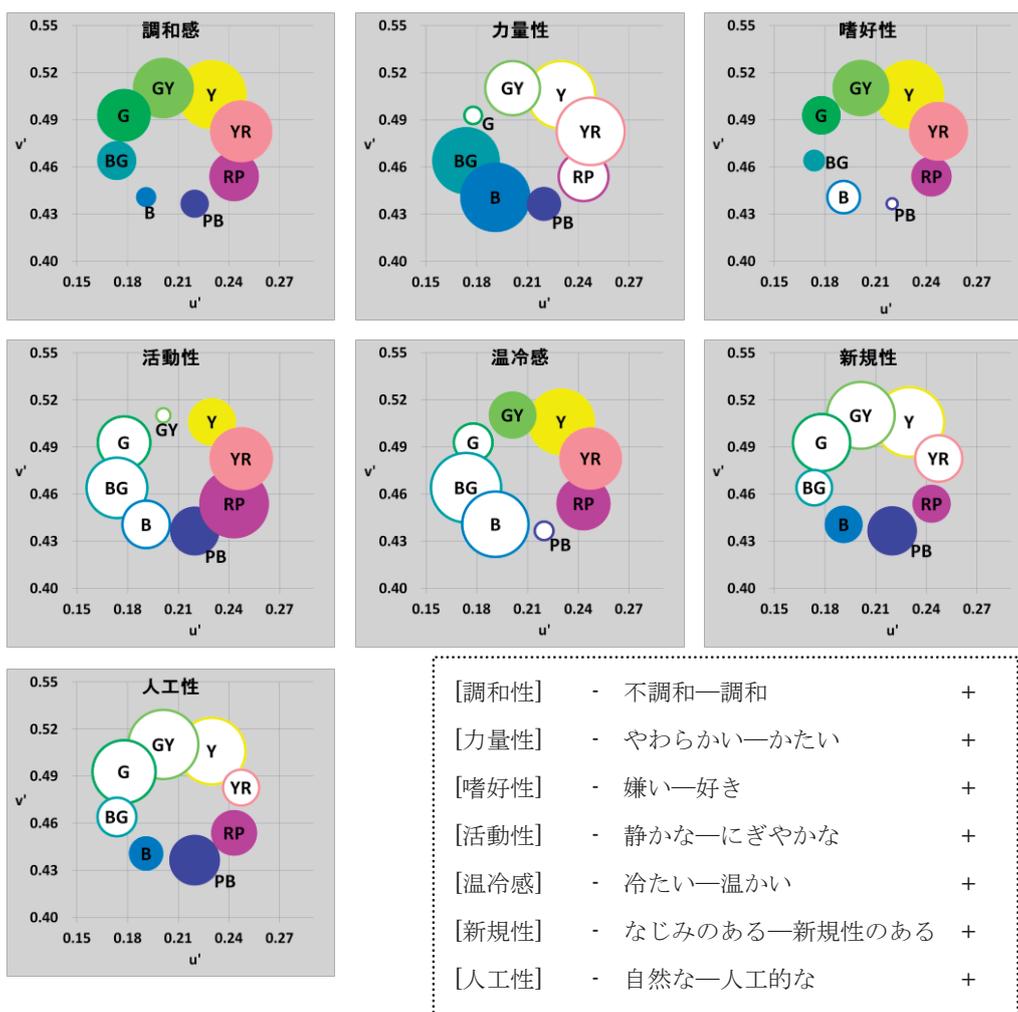


図 2 光源の色と配色の印象の関係

インターネット上の大規模データの解析による 色彩調和の特徴検出

Feature Detection of Color Harmony from Large Scale Data on the Internet

深井 英和 Hidekazu Fukai

岐阜大学 Gifu University

Keywords: 色彩調和論, インターネット, 大規模データ解析

1. はじめに

複数の色の組み合わせに対して感じる色彩の調和は、人類にとって比較的身近な問題であるにもかかわらず、体系立てて論じられ始めたのは17世紀後半のニュートン以降である¹⁾。その後、19世紀半ばから20世紀半ばにかけてM. E. Chevreulをはじめとして、O. N. Rood, W. Ostwald, P. Moon and D. E. Spencer, J. Ittenなどがそれぞれ独自の色彩調和を論じた。D. B. Juddは20世紀半ばまでに提案されたこれらの色彩調和論を4つの原理に集約した。また、近年では2006年のL. C. Ou and M. R. Luoによる色彩調和に関する報告がある²⁾。色彩調和論の特徴のひとつに、このように歴史的に多種多様な色彩調和の原理が提案されてきたことがある。これらの色彩調和の原理の中には後の実験により否定されたものもあるが、実際色彩調和の原理は著者の数だけがあるといわれるほど多様であり、決定的な理論がない状態である。このような、色彩調和論の多様性の原因のひとつとして文化による違いや時代による変化も指摘されている¹⁾。

一方、近年のインターネット技術の発展によりビッグデータと呼ばれる超大規模なデータとその解析手法の開発が注目されている。本研究では、世界中の不特定多数者が好みの色の組み合わせ(パレット)を自由に投稿でき、かつ投稿されたパレットに対して不特定多数の第三者が自由に評価することができるサイト(colorlovers.com)に集まった数百万に及ぶパレットデータに注目した。我々は、サイトに投稿されたパレットを古い順に十万強抽出し、好まれるパレットの特徴を解析することにより、過去に提案された色彩調和に関する仮説の検証、およびパレットにおける新たな法則の導出を試みた。

色彩調和については文化による違いも指摘されているが、本解析に用いたデータには投稿者の

IPアドレスは含まれないため、国別や文化別の違いは確かめられない。しかし、逆に全世界の不特定多数の投稿者による大規模なデータを解析することにより、英語表記のサイトではあるが、特定の国や文化に偏らない人類に普遍的な色彩調和の特徴を、非常に小さな統計的な誤差で抽出できる利点がある。データを取得したサイト(colorlovers.com)では任意の色数のパレットを投稿できるが、本報告では特に5色のパレットのみの解析結果を紹介する。投稿できるデータの形式はRGBであるが、解析ではRGB色空間を知覚的に等間隔な色空間であるL*a*b*色空間に変換し、パレットの5色の、色空間における幾何学的な構造の特徴を調べた。

解析はまず、投稿されたパレットの統計的特徴を大まかに調べた後に、次章で紹介する代表的な色彩調和論であるJuddの4つの原理のうち3つの原理について検証を行った。さらに色空間における様々な幾何学的特徴量を計算し、データの偏りを調べることによりこれまで提案されたことのない新たな色彩調和のルールを検出を試みた。

2. 色彩調和論

M. E. Chevreul (1786-1889) は、2色の組み合わせにおける調和を実験的な方法を用いて調べあげた先駆者とされている。彼は独自の表色系を考案するとともに「類似性の調和」と「対称の調和」の2種の調和と、それぞれのサブタイプとして計6通りの色彩調和の原理を主張した。

W. Ostwald (1853-1932) は、あらゆる色は白(W)、黒(B)、純色(F)を適当な混合比で回転混合することにより表現できるという仮説のもと、独自の表色系を提案した(オストヴァルトの色立体)。また、次の7つの色彩調和の法則を唱えた。(a) 無彩色の調和(3色以上の無彩色は明度が等間隔だと調和する)、(b) 同一色の調和(等色三角形において、等白系列同士または等黒系列同士の色は調和する)、(c) 等純系列の調和(等色三角形の垂直軸に平行な直線上の色は調和する)、

(d) 等価値色系列の調和 (色立体の中心軸に対して水平な面に配置された色は調和する), (e) 色相間隔類似の調和 (24色相環で色相差 2~4 以内にある色は調和する), (f) 異色の調和 (24色相環で色相差 6~8 以内にある色は調和する), (g) 反対色の調和 (24色相環で色相差が 12 以上の場合調和す).

アメリカの照明学者である P. Moon and D. E. Spencer は, 二色間の不調和の要因はパラメータ曖昧さにあると考えた. 彼らはパラメータの領域を, 色相環と明度-彩度断面のそれぞれの面で, 「同等」「第一のあいまい」「類似」「第二のあいまい」「対比」の領域に分割し, 調和と不調和の領域を論じた.

この他にも複数の色彩調和論が提案されてきたが, D. B. Judd は, それら 20 世紀半ばまでの色彩調和論を次の 4 つの原理に集約した.

- 秩序の原理 (ある一定の法則により規則的に選ばれた色は調和する)
- なじみの原理 (自然界にみられる配色や見慣れた配色は調和する)
- 類似性の原理 (何らかの共通性がある色同士は調和する)
- 明瞭性の原理 (明度や色相などの差が大きい色同士は調和する)

本報告では, 上記の Judd の調和論の検証を行った. ただし, 5色パレットの解析を行うため, 主に 2色間における調和の原理である d) は解析対象から除外した.

3. 方法

インターネットのウェブサイトである colorlovers.com は, 不特定多数のユーザーが自由に好みの色の組み合わせを RGB の値で投稿できるサイトである. ユーザーは会員登録を必要なく簡単にウェブサイト上でパレットを作成できる. パレットの作成画面では, RGB, HSV の値が表示されるほか, マウスを用いて直観的に色を選択できる.

また, いったん投稿されたパレットはサイトを訪問する不特定多数が自由に閲覧できるが, 同時に気に入った他者による投稿に対して [LOVE THIS] のボタンを押すことで評価できる. また, 投稿されたパレットの詳細を第三者が確認する毎に, [VIEWS] がカウントされる仕組みである.

パレットを投稿する際にパレットの色の数は 1色から 5色まで任意に選択できるが, 本研究では最も投稿数の多い 5色のパレットについて解析を行った.

これまでに投稿されたパレットの数は 2016 年現在 400 万以上に及ぶ. 本研究では, パレットデータを取得するために, 自動的に HTML ファイルを解析して, パレット番号, LOVE 値, VIEW 値, 5色の RGB 値を順に取得する Java プログラムを作成した.

解析するデータの数は多いほど統計誤差を小さく抑えることが出来るが, 逆にデータ数が多過ぎると, 解析には時間と共に計算機のリソース利用の工夫が必要になる. 今回は, 初期の投稿から約 10 万のパレットを選んで解析を試みた. また, 解析の目的は投稿されたパレットの偏りの解析であるため, 必要に応じて RGB をそれぞれ一様分布でランダムに生成したパレットを別途 10 万個 (50 万色) 用意し, 投稿されたパレットと比較を行った. パレットの投稿はディスプレイに都合の良い RGB であるが, 我々はひとの知覚に興味があるため, RGB 色空間を知覚的に色がより等間隔に配置されている $L^*a^*b^*$ 色空間に変換して解析を行った. 具体的には, 投稿されたパレットを sRGB (D65) と仮定し, ガンマ逆補正を行った後に $L^*a^*b^*$ (D65) へと変換した.

4. 結果

4.1 色相の偏り

まず, 「5色パレット内の構成色の色相の偏り」, すなわち, パレットがどれくらい偏った同系色で構成されているかを, 各パレットの 5色の色相が全て含まれる扇型の角度 (色相の範囲) で調べた. 色相を計算するにあたり, $L^*a^*b^*$ 色空間において D 級許容差の基準で無彩色と分類されるもの (色差 < 25.0) を 1つでも含むパレットは除外して計算した. 結果を図 1 に示す.

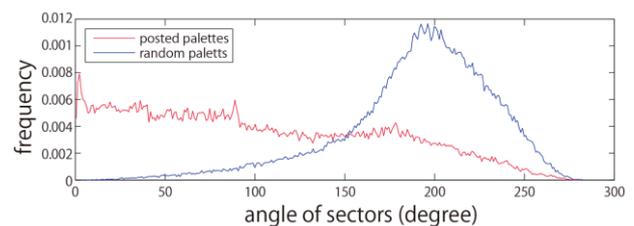


図 1: 5色の色相が全て入る扇型の角度

横軸は扇型の角度であり, 縦軸はその頻度である. 角度が小さいほどパレットが同系色で構成されることを表す. 赤線が投稿されたパレットの頻度であり, 青線がランダムデータで計算した頻度である. それぞれ扇型の角度の最大値は $360 - 360/5 = 288$ 度である. まず注目すべき点として, ランダムデータと比較して, 恣意的に選ばれた投稿パレットの各色は, より狭い色相の範囲 (同系色) から選択されていることがわかる. ま

た、この解析により0度、90度、180度付近にピークの存在が確認された。0度のピークは、同一色相で、彩度 and/or 明度に変化を持たせたパレットに対応する。180度のピークは、一組の反対色とその他の同系色によるパレットを表す。これらの結果はこれまで提案されている一般的な色彩調和論の原理と矛盾しない。一方、90度付近に見られるピークについては、Moon & Spencer の色彩調和論によると「第二のあいまい」の領域であり、本来敬遠されるべき組み合わせである。この要因は現段階では不明であり、該当するパレットを個別に調べるなど今後の検討課題にしたい。

次に、「パレットの構成色として好まれる色相の傾向」を知る為に、上で定義した色相の扇型に含まれる5色の、色相の中央値の頻度を計算した結果を図2に示す。

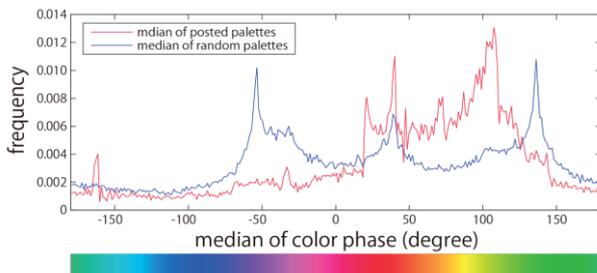


図 2 : パレットに用いられる色相の偏り

赤線と青線はそれぞれ、投稿されたパレットとランダムに生成されたパレットに対応する。投稿されたパレットでは、20度から130度付近の赤、黄、緑の色相がより好まれていることがわかる。これらは波長が550nmから650nm付近の光源に対応しており、錐体細胞ではL-Cone およびM-Cone の感応領域におよそ対応する。一方で-70度から-30度付近の紫を中心とするパレットは比較的投稿されていないことがわかる。なお、ランダムデータから計算した青線に3カ所ピークが存在するのは、RGBの立方体色空間で一様分布として生成したランダムデータがL*a*b*色空間に変形されたことに起因する。赤の投稿されたパレットに対応する分布には複数の顕著なピークが見られるが、これらが何に対応するかは未解析である。

4.2 明度の偏り

パレットを構成する色の明度としてどのようなものが選ばれる傾向にあるかを調べるため、まず、5色の明度の最大値と最小値の差分の分布を計算した(図3)。

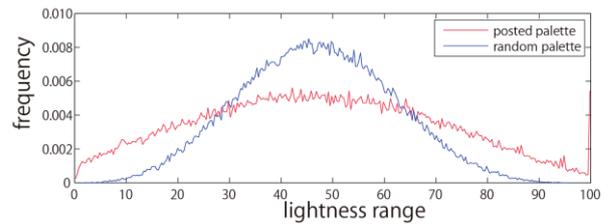


図 3 : パレット内の明度の最大値と最小値の差分

青のランダムデータに対して、赤の投稿されたパレットでは、明度差が約30以下の小さいものが好まれると共に、明度さが約65以上のものも好まれていることがわかる。これは、コントラストの小さな組み合わせ、もしくは逆にコントラストの大きな色の組み合わせが調和するという従来の原理に矛盾しない。一方、特に明度さが100に大きなピークが確認できるが、これはパレット内に白と黒を同時に含むものである。

また、どのような明度の色がパレットを構成する色として好まれるかを知るために、解析対象とする投稿された全ての色の明度(Lの値)の頻度を計算した。比較のため、RGB色空間で一様分布で生成したランダムデータの結果も同時に表示する(図4)。

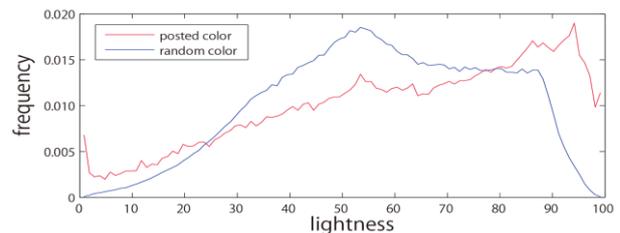


図 4 : 明度の分布

ランダムデータと比較して、明度が80以上の高いものと25以下の低いものがより多く選ばれていることがわかる。投稿されたパレットにはRGB=(0 0 0)の黒やRGB=[255 255 255]の白を含むものが一定数存在するが、これは明度0と100のピークに対応する。

4.3 彩度の偏り

各パレットの5色が、どれくらいの彩度の幅で選ばれているかを調べた。図5は、5色の彩度の最大値と最小値の幅の統計である。青のランダムに生成したパレットと比較して、赤で示した投稿されたパレットは狭い彩度(20~40)の範囲、すなわち似通った彩度の5色で構成されていることがわかる。赤のラインには、彩度範囲が0においてピークが見られるが、これはグレースケールの5色パレットに対応する。また、パレットには白や黒を特別に含むものも散見されるため、無彩

色をひとつでも含むパレットを除外して彩度幅を計算したものを黒のラインで示した。彩度幅が80前後で頻度が下がっているが彩度幅が20から40付近のピークは赤のラインとほぼ一致していることがわかる。

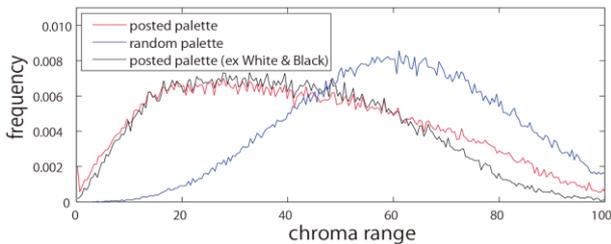


図 5：彩度の偏り

4.4 Judd の色彩調和論の検証（秩序の原理）

ここでは、一般によく認知されている Judd の色彩調和論の妥当性を、今回取得したデータから検証する。Judd は、20 世紀半ばまでに提案された多種多様な色彩調和論を4つの原理に集約した。まず、「秩序の原理」は、色空間内で幾何学模様を形作る色配置であり、5色配色の場合、色相環上に正五角形もしくは正三角形に白と黒で構成される2パターンが当てはまる。我々は、この条件として下記の数値を用いて解析した。明度や彩度の差は考慮しなかった。

秩序の種類	色相 (各色の角度差)	条件に合うパ レット数
正五角形	72±7.5 度	1/111,449
正三角形	120±7.5 度	3/111,449

その結果、正五角形に配置されたパレットは、10万におよぶ投稿されたパレットのうちわずか1個であった。どのように白黒に加えて正三角形に配置されたパレットは3個であった。このことから、Judd の色彩調和論のうち、秩序の原理については、特に5色配列については正しいと言えない。

4.5 Judd の色彩調和論の検証（共通性の原理）

Judd が提唱した共通性の原理は、ある共通の特徴量をもった色の組み合わせは調和するという原理である。これについては上で報告した通り、5色の明度が一定以下のもの(図3)、5色の彩度の範囲が一定以下のもの(図5)は明らかに好まれる傾向にあり、妥当性が確認された。

4.6 Judd の色彩調和論の検証（なじみの原理）

なじみの原理とは、人の生活環境に依存した原理であり、見慣れている配色は調和するという原則に基づく。具体的には、明度が高い色が黄色寄り、低い色が青色寄りの連続的変化の配色があり、

これはナチュラルハーモニーと呼ばれる。本解析ではナチュラルハーモニーの条件として、彩度は考慮せず、色相と明度の線形性のある傾きの範囲で検証した結果、約10万個のパレット中、ランダムに生成されたパレットでは19個が該当したが、投稿されたパレットでは4,106個が該当した。すなわち、なじみの原理の存在が確認できた。

5. おわりに

人がどのような色の組み合わせに調和を感じるかは、文化、時代、世代、性別などによって異なるであろう。しかしインターネット技術の発展に伴いグローバル化がますます進む昨今、デジタルな世界ではこれらの差異は収束方向にあると思われる。また、従来のような限られた文化において限られた被験者で行われた心理実験と違い、インターネット上のボーダーレスなコミュニティ(例えば本研究で用いたcolorlovers.com)に集積されたデータは膨大であるために統計的誤差が無視できる利点と、文化の違いを超えた人類に普遍な特徴を抽出できる利点がある。

本研究では、大規模データ解析により、投稿されたパレットの色と色の組み合わせの偏りを解析した。さらに Judd の色彩調和論の検証を試み、特に5色の配色については Judd の秩序の原理は当てはまらないという結果を得た。

今回我々は、色彩調和の特徴検出をインターネット上の投稿サイトのデータ解析を通じて行った。従来の方法と比較して利点が多いが、一方で注意すべき事は何点かある。まず、インターネット、もしくは計算機によるパレットの生成は通常RGB色空間行われる。パレット生成時にはRGBの具体的な値が0~255の範囲で表示される。このため、パレット製作者が色の選択でRGBの具体的な値に影響される可能性を想定しなければならない。また、投稿されたパレットが、一般に流布されているパレット作成ツールを用いて作成されたパレットの可能性がある。この場合、ひとが無作為に探索するのではなく、作成ツールのパレット作成アルゴリズムの影響が統計結果に偏りとして表れるであろう。この影響を少しでも軽減する方法としては、投稿されたパレットのパラメータである Love 値、すなわち第三者による評価の値で重み付けする方法が有効である。Love 値を考慮した解析も今後の検討課題としたい。

参考文献

- 1) 福田邦夫：色彩調和論，朝倉書店（1996）
- 2) Li-Chen Ou, M. Ronnier Luo: "A Colour Harmony Model for Two-Colour Combinations", Color Research & Application 31 (2006)

色変換による感情表現作品と「原基的な色」の検討

—画像解析の手法を用いて—

A study of Color Fundamentally of Representations on Color Conversion —by Image Analysis Method—

金澤 律子 Ritsuko Kanazawa 東海大学 Tokai University
高崎いゆき Iyuki Takasaki 三菱総研 DCS (株) Mitsubishi Research Institute DCS Co.,Ltd

Keywords: 感情表現, 色の原基性, SD 法, テクスチャ解析

1. はじめに

「色は、われわれ人間に対して、基底的作用をもち、そこには一定の反応を起こさせるような生得的で共通の「原基性」が存在することが考えられる。その基本的な「枠組み」となる色を「赤」「黄」「緑」「青」の有彩色と「白」「黒」の無彩色とし、生理的・心理的な相互の作用関係を起こし、その働きの力関係が色の作用のダイナミズムを生むであろう、という人間に与える影響の基点となるという考え方(*1)が、「色の原基性」である。

本研究は、『20世紀の悲劇 うず (原水爆の象徴)』と題された作品 (「沢山の人間があつという間に大きなうずの中に巻き込まれてしまう—不安、不気味な空気—東京藝術大学・油画 34年卒) を原画として用い、「うず」を5色に変換した結果、被検者への印象はどのように変化したかを画像解析の手法(*2)を用いて分析を行った。

2. 方法

2-1 原画のデジタル画像化と色変換

画像 A (原画) をデジタル写真撮影により、デジタル画像 (300dpi, 3,631×5,179pixel) 原画 (画像 A) を使用した。色変換ポイントは、原画 (天地 510mm×左右 368mm) の中心値よりやや上で左より 160mm、上より 190mm の「黄」の部分 (作品の中で、「黄」が目立った部分) を変換のポイントとした。色変換の手順は、Photoshop の機能にて「イメージ→色調補正→色の置き換え→許容度 200」を用いた。色相変換の基準にはマンセル値を設定し、予めターゲ

ットカラーを選択しておいた RGB 値に置き換えてから色変換を行った。基準としたマンセル値は、画像 B (緑) が 5G 5/10、画像 C (赤) が 5R 4/14、画像 G (青) が 5B4/8、画像 F (黄) 5Y8/13、画像 E (白) は階調反転し、「色の置き換え」を用いて明るさ 38、コントラスト 50 に変換した。



画像 A (原画) 画像 B (緑) 画像 C (赤)



画像 D (青) 画像 E (白) 画像 F (黄)

2-2 SD法を用いた作品の感情評価

被験者：2015年度東海大学で「色彩学」を受講している大学生130名 (男性74名、女性56名、平均年齢20.63歳)。

実験方法：2-1で示した6画像をランダムにプロジェクターで提示し、各作品を表1の10項目のSD尺度 (7段階) で評定させた。

さらにSD法評価後に、「印象に残った画像のうち、Positiveな印象とNegativeな印象はどれか」という感想文を書かせた。

2-3 画像 A (原画) と画像 F (黄) の画像分析

SD 法評価の結果と画像の印象記述結果をもとに画像 A (原画) と画像 F (黄) の 2 画像について、画像の特徴をテクスチャー解析の手法を用いて数値化した。

2-3-1 濃度ヒストグラム法

濃度は 8 ビットで表される画素値であり、0 が最も暗く、255 が最も明るい。「輝度」、「明度」という表現を用いることもあるが、以下では「濃度」と表記する。全体が 1 になるように正規化された濃度ヒストグラム $P(i)$ から、次に示すテクスチャーの特徴を求める方法である。

$$\text{平均 } \mu \quad \mu = \sum_{i=0}^{n-1} iP(i) \quad (1)$$

$$\text{分散 } \rho^2 \quad \rho^2 = \sum_{i=0}^{n-1} (i - \mu)^2 P(i) \quad (2)$$

2-3-2 濃度レベル依存法 (コントラスト)

濃度レベル依存法は、あらゆる画素の濃度とそこから θ 方向に距離だけ離れた画素の濃度差が K である確率 $P(k)$ 、($k = 0, 1, 2, \dots, n-1$) を要素とする行列を求め、その行列から次に示すテクスチャーの特徴を求める方法である。本研究では、 $\theta = (0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ)$ 、 $d=1$ とした。

$$\text{コントラスト } C \quad C = \sum_{i=0}^{n-1} iP(i) \quad (3)$$

3. 結果

3-1. SD 法を用いた作品の感情評価

3-1-1 6 画像の SD 法

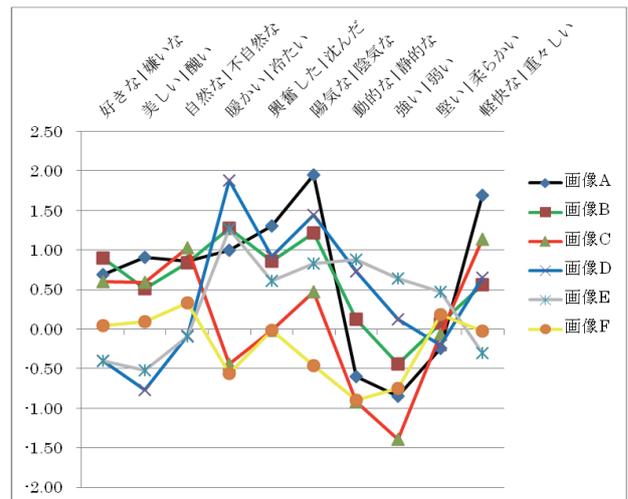
画像 A (原画) ~画像 F (黄) に対する被験者の評価結果を表 1 に示す。また、表 1 の平均値から各図のプロフィール (図 1) を作成した。

表 1. 画像 A (原画) ~画像 F (黄) の SD 法評価結果

評価項目	画像A(原画)		画像B(緑)		画像C(赤)		画像D(青)		画像E(白)		画像F(黄)		T検定(F値)
	AVE	STD	AVE	STD	AVE	STD	AVE	STD	AVE	STD	AVE	STD	
好きな 嫌いな	0.69	1.27	0.90	1.40	0.60	1.60	-0.40	1.55	-0.40	1.48	0.05	1.45	5.058 **
美しい 醜い	0.91	1.17	0.51	1.46	0.59	1.50	-0.77	1.45	-0.52	1.44	0.09	1.50	6.021 **
自然な 不自然な	0.85	1.33	0.84	1.62	1.03	1.40	-0.08	1.56	-0.09	1.58	0.33	1.56	3.319 **
暖かい 冷たい	0.99	1.25	1.28	1.21	-0.44	1.63	1.88	1.16	1.27	1.26	-0.56	1.24	10.574 **
興奮した 沈んだ	1.31	1.35	0.86	1.37	-0.02	1.73	0.92	1.38	0.61	1.25	-0.02	1.42	8.478 **
陽気な 陰気な	1.95	1.11	1.22	1.32	0.47	1.57	1.45	1.31	0.83	1.14	-0.46	1.49	15.153 **
動的な 静的な	-0.60	1.65	0.12	1.73	-0.92	1.51	0.73	1.81	0.88	1.61	-0.90	1.28	1.949 *
強い 弱い	-0.85	1.33	-0.45	1.40	-1.39	1.41	0.12	1.51	0.64	1.53	-0.75	1.30	-0.619
堅い 柔らかい	-0.25	1.49	0.08	1.46	-0.07	1.37	-0.20	1.58	0.47	1.51	0.18	1.39	-2.797 **
軽快な 重々しい	1.69	1.19	0.56	1.56	1.13	1.37	0.65	1.60	-0.31	1.49	-0.02	1.51	11.018 **

**: $p < 0.005$, *: $p < 0.05$

図 1 画像 A (原画) ~画像 F (黄) のプロフィール



画像 A (原画) では、「陰気な、重々しい」、画像 B (緑) では「冷たい、陰気な」、画像 C (赤) では「強い、重々しい、不自然な」、画像 D (青) では「冷たい、陰気な、沈んだ」、画像 E (白) では「冷たい、静的な、陰気な」、画像 F (黄) では「動的な、暖かい、陽気な」を選択した被験者が多かった。

3-1-2 Positive/Negative な印象の図

SD 法評価後に書かせた「印象に残った画像のうち、Positive な印象と Negative な印象はどれか」という感想文の結果を数値化し表 2 にまとめた。

表 2. 画像の印象(Positive/Negative)結果 (人数)

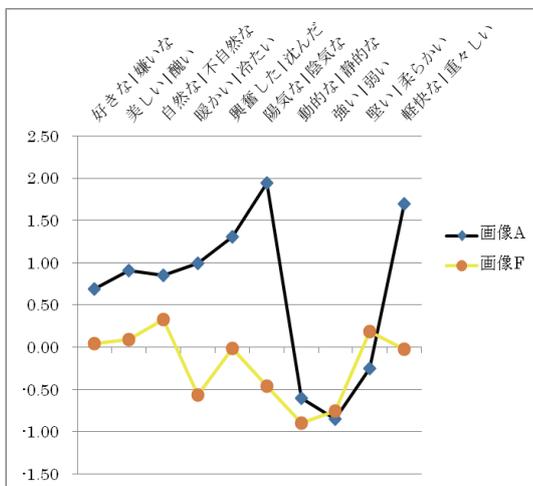
	Positive	Negative
画像A (原画)	3	16
画像B (緑)	14	17
画像C (赤)	23	20
画像D (青)	29	31
画像E (白)	33	27
画像F (黄)	27	9

被検者の感想文は、感想のみ、または Positive と Negative を選択していないものを含んでいた。集計数には複数回答も含まれている。

画像 B (緑)、画像 C (赤)、画像 D (青)、および画像 E (白) では、Positive と Negative がほぼ同数であったのに対し、画像 A (原画) では Positive と比較して Negative が約 5 倍で、画像 F (黄) では Negative と比較して Positive が 3 倍であった。(表 2)

画像 F (黄) は Positive の印象を持つ被験者が多かった。それ以外の画像には差がなかった。このことから、画像 A (原画) と画像 F (黄) の SD 評価結果のプロフィール (図 2) に注目すると、SD 法評価結果は、「強い/弱い」以外の評価項目は画像 A (原画) と画像 F (黄) は有意な差が認められた。画像 A (原画) では「陰気な、重々しい、堅い」の SD 法による平均値が高く、画像 (黄) では「動的、陽気な」の得点が高かった。画像 A (原画) は「冷たい」が、画像 F (黄) は「暖かい」の得点が高かった。

図 2 画像 A (原画) と画像 F (黄) のプロフィール



3-2 画像 A (原画) と画像 F (黄) の画像解析

画像 A (原画) と画像 F (黄) のテクスチャー解析結果のうち、濃度ヒストグラム法の濃度平均 (式 (1))、分散 (式 (2)) を表 3 に示した。画像 A (原画) の R 値、G 値の濃度平均は画像 F (黄) より小さく、R 値、G 値のそれぞれの濃度は画像 A (原画) のほうが濃かった。また分散は R 値、G 値ともに画像 F (黄) のほうが大きく、R 値、G 値の各ピクセルの濃度にばらつきが大きいと言える。一方、B 値の濃度平均は画像 A (原画) のほうが大きく、B 値の濃度は画像 F (黄) のほうが濃かった。また画像 F (黄)

の B 値の分散は小さく、各ピクセルの濃度が平均値に近い値だった。

表 3 濃度ヒストグラム法

	画像 A (原画)		画像 F (黄)	
	平均	分散	平均	分散
R	64.71	916.03	99.54	2595.73
G	55.69	660.47	70.97	1937.88
B	38.8	184.38	7.89	51.13

濃度平均 : 0 = R,G,B の濃度 Max 値 255 = 白

画像 A (原画) と画像 F (黄) のテクスチャー解析結果のうち、濃度レベル依存法のコントラスト (式 (3)) を表 4 に示した。画像 F (黄) の R 値、G 値共に、画像 A (原画) よりすべての角度でコントラストは高い。一方 B 値のコントラストは画像 A (原画) のほうが高かった。画像 A (原画) では R 値、G 値、B 値ともに水平方向 (45°、135°) のコントラストがやや高いが、R 値、G 値、B 値の角度ごとのコントラストの値の差が少なかった。

表 4 濃度レベル依存法

	画像 A (原画)				画像 F (黄)			
	0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°
R	0.574	0.89	0.499	0.85	1.24	2.083	1.064	1.969
G	0.565	0.876	0.489	0.837	1.096	1.802	0.929	1.725
B	0.505	0.766	0.442	0.731	0.272	0.375	0.245	0.371

4. 考察

4-1. 画像 A (原画) について

本研究に使用した画像 A (原画) は、『20世紀の悲劇 (1~5)』と題された作品である。東京芸術大学「色彩学」のレポートとして提出された 5 作品のうち、「うず」に着目し、本研究を行った。その理由は、著者が「広島平和記念資料館 (広島市)」に行ったことにある。記念館入口には、原爆の「キノコ雲」が大パネルと 8 枚の部分的な原爆雲のモノクロ写真が展示されていた。パネルにあったその写真を見た瞬間に浮かんできた心像は『20世紀の悲劇 うず』であった。「うず」<画像 A (原画)>は彩色されている。下地全体に白や黄がクレパスで塗られ、中央には赤い塊がある。その上に、右回りの「うず」が力強く描かれている。画面左下の 20mm 前後の泡の粒は、黄色い下地に黒い線で囲まれている。画面上方には、縦 100 × 横 350mm の黒い塊が渦を押さえ込むように描かれ、原子爆弾「リトル・ボーイ」にも見える。黒

の塊は右中心の渦の中に巻き込まれていく先に、赤に溶け込んでいく。画像A(原画)は、クレパスで白と黒の濁りのある彩色の上に黄が塗り重ねられただけではなく、何度も削り採られた傷から、黄色いクレパスが見えている。画像A(原画)は「一番汚く見えた、下水みたい、暗くてNegativeだ」と学生の感想文にもあり、SD法では「陰気な、重々しい」という感情評価につながった理由として、執拗なまでのクレパスを重ねた描き方にも、その結果につながる要因があるようだ。

4-2 画像A(原画)と画像F(黄)との考察

色には、われわれ人間に共通する生得的な作用をなす「色の原基性」が存在するという考えに基づき、本研究では、画像A(原画)を用いて、「色の原基性」である「赤」「緑」「青」「黄」「白(黒)」に色変換を行った結果、それらの画像の印象が被検者にどのように変化するかということを検討した(*3)。

SD法での活動性評価項目である「暖かい/寒い」では、暖色系の画像C(赤)、画像F(黄)は「暖かい」の得点が高く、寒色系の画像G(緑)、画像D(青)は「寒い」の得点が高かった。画像A(原画)の画面上方には「黒」の形態が描かれ、色変換された色の大きな渦に巻き込まれ絡み合うという構成となっている。画像A~Fは、それぞれの渦の色に被検者の印象は影響を受けた。その結果は、「色の原基性」と重なる印象評価が得られた。しかし、色相が同じでありながら画像A(原画)と画像F(黄)では、評価項目の「陽気な/陰気な」「軽快な/重々しい」について異なった印象が得られた。画像A(原画)は「陰気な」「重々しい」という印象評価が高得点であるのに対して、画像F(黄)は「陽気な」「軽快な」の印象評価が高得点であった。SD法調査後に実施した、印象に残った画像に関する感想文においても、画像A(原画)はNegative、画像F(黄)はPositiveな印象が感じられた結果となった。

以上のことから、『黄』の原基性に着目し、画像A(原画)と画像F(黄)の2図について、テクスチャー解析の濃度平均(式(1))及びコントラスト(式(3))を画像特徴量として用いた量的分析を試みた。

R, G値の濃度平均を比べると画像A(原画)のほうが画像F(黄)より濃かった(表3)。またB値の濃度平均は画像F(黄)の方が濃かった(表3)。この濃度平均の数値をR, G, B値ごとに加法混色し

てみると、画像A(原画)の色相は僅かに黄緑みの「黄」でありR, G値の濃度が濃いことで暗い印象になったと考えられる。画像F(黄)は、ややオレンジみの「黄」に近似しており、B値が濃いことで「黄」の「うず」は明るい印象となったと考えられる。「コントラスト」では、画像F(黄)のR, G値のコントラストの値は画像A(原画)より2倍近く高く(表4)、画像F(黄)の「うず」はよりはっきりした「黄」に見え、被験者の「陽気な」「軽快な」という印象評価につながったと考えられる。R, G値のコントラストが高いということだけで、「黄」がよりはっきり見えるわけではない。画像を構成する「うず」に巻かれていく画面上方の黒い塊があることによって、被験者には画像F(黄)の「うず」がさらにはっきりとした印象に見えたことも考慮すべき点ではある。しかしながら、R, G, B値の濃度平均のバランスやコントラストが、同じ『黄』の色相が鑑賞者に与える印象の違いを説明する一つの手法であることは推察される。

本研究では、感情表現作品の「黄」の原基性に着目し、PositiveとNegativeの印象評価の違いを、画像解析で数値化した特徴量「濃度平均」「コントラスト」を用いて検討した。その結果、感情表現作品の印象評価を画像解析の手法を用いて数量的に説明する可能性が示唆された。

[参考文献]

- 1) 小町谷朝生『色彩のアルケオロジー』勁草書房1987
- 2) 高崎いゆき・竹村和久・岩満優美『描画から「心理」を解釈する一樹木テストの画像解析と臨床心理学的解釈』感性工学研究論文集 5 pp. 155-164 2005
- 3) 金澤律子・高崎いゆき『対極の感情を描いた作品における「赤」が及ぼす原基的な特徴の検討-統計的分析方法を用いて』日本色彩学会誌 Volume39 Number5 2015

[謝辞] 本研究は、東京藝術大学色彩研究室に保管されていた作品を東京藝術大学名誉教授 小町谷朝生先生よりご提供いただき、ご教示を賜りましたことに深く感謝申し上げます。

肌の分光測色の特性理解と日本人女性の長期的な肌色変化

A correction method for skin reflectance obtained with different spectrophotometers and its application: changes in the skin color of Japanese females for 25 years.

菊地久美子	Kumiko Kikuchi	資生堂グローバルイノベーションセンター	Shiseido Global Innovation Center
片桐千華	Chika Katagiri	資生堂グローバルイノベーションセンター	Shiseido Global Innovation Center
吉川拓伸	Hironobu Yoshikawa	株式会社 資生堂	Shiseido Co., Ltd.
溝上陽子	Yoko Mizokami	千葉大学	Chiba University
矢口博久	Hirohisa Yaguchi	千葉大学	Chiba University

Keywords: 肌色, 分光測色, 長期的変化, 補正式.

1. はじめに

顔の肌色は、肌色に対する嗜好やそれに伴う化粧行動などに影響を受け、時代によって変化することが知られている^{1,2}。その長期的な変遷を理解することは重要であるが、近年の日本人女性の肌色の分布を把握し、過去の分布と比較した例はない。その背景には、多くの女性の肌色データの収集が困難なことに加え、同一測色計の維持の難しさがある。皮膚は半透明であるが故、測色計の光学系が異なる場合は出力値に差が生じてしまう³。本研究の目的は、異なる分光測色計により得られる肌色データの差を把握し、データを比較可能とするための補正式を導入することで、日本人女性の肌色分布の長期的な変遷について考察することである。

2. 方法

(1) 異なる分光測色計による肌色データの特徴把握と補正式の構築

対象とした分光測色計 1990年代における日本人女性の肌色変化に関する調査¹では分光測色計CM-1000RH（コニカミノルタ株式会社，東京）の改良機が用いられていた。CM-1000RHの標準品は、測定径が8 mm、照明径が直径11 mmであったが、エッジロスを軽減する目的で、改良機は測定径が直径10 mm、照明径が15 mmに変更されていた。その後、CM-2600d、CM-700dといった後継機が市販化され、肌色の測定に利用されてきた。本研究では、CM-1000RHの改良機（以下CM-1000RHsと示す）、CM-2600d、CM-700d、三種の分光測色計を対象とし、これらの測色計で得られた肌色データを比較するための補正式を構築することとした。各分光測色計の測定径と照明径、受光光学系について、表1に示す。

表1. 使用した分光測色計の特徴^{4,5}

測定機種	測定径/照明径	受光光学系
CM-1000RHs	φ 10 mm/φ 15 mm	SCE ^注
CM-2600d	φ 8 mm/φ 11 mm	SCI/SCE 選択可能
CM-700d	φ 8 mm/φ 11 mm	SCI/SCE 選択可能

^注 光トラップではなく遮光板によるSCE.

異なる分光測色計による肌色の比較測定 仕様の異なる分光測色計を用いて肌の同一部位を測定した。測定位置は、一般的にいう「ほお」より下部、フェースラインに近い位置とし、CM-2600dとCM-700dの受光光学系はSCI(正反射光含む)に統一した。まず、CM-1000RHsとCM-2600dの比較測定を行い、次に、CM-2600dとCM-700dの比較測定を行った。比較測定の実施年、女性対象者の年齢、データの内訳について表2に示す。

表2. 対象者の詳細とデータの内訳

CM-2600dと の比較機	測定年	対象者 年齢	教師用 データ数	検証用 データ数
CM-1000RHs	2004	20~59歳	30	30
CM-700d	2014	20~49歳	30	20

補正式の構築 本研究では、全てのデータをCM-2600dで測定された肌色データとして扱うこととし、波長毎の線形モデルによりCM-2600dへのデータ補正を行うこととした。

$$\text{CM2600dの反射率}(\lambda) = \alpha(\lambda) \times \text{CM1000RHsの反射率}(\lambda) + \beta(\lambda) \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\text{CM2600dの反射率}(\lambda) = \sigma(\lambda) \times \text{CM700dの反射率}(\lambda) + \varepsilon(\lambda) \quad \dots \text{式(2)}$$

λ は波長(400~700 nm)、 $\alpha(\lambda)$ 、 $\beta(\lambda)$ 、 $\sigma(\lambda)$ 、 $\varepsilon(\lambda)$ は係数。

まず、CM-1000RHsとCM-2600dの比較測定で得られた教師用データセットを用い、CM-1000RHsの出力を説明変数、CM-2600dの出力を目的変数とする回帰分析を行った。同様に、

CM-700d と CM-2600d の教師用データセットを用い、CM-700d の出力を説明変数、CM-2600d の出力を目的変数とする回帰分析を行った。回帰分析は、31 波長 (波長領域 400~700 nm, 10 nm 間隔) に対してそれぞれ行われ、CM-2600d の出力を推定する回帰係数を決定した。回帰分析による決定係数はすべての波長で 0.90 以上を示し、当てはまりの良さを確認したため、次の手順として補正式の精度検証を行った。CM-1000RHs の検証用データに補正式を適用し得られる CM-2600d の予測値と、CM-2600d の実測値の比較を行った。同様に CM-700d の検証用データに補正式を適用し、CM-2600d の予測値と実測値の比較を行った。

(2) 25 年間の日本人女性の肌色変化

対象者 対象者は首都圏在住の日本人女性であった。年間を通じた平均的な肌色として扱うため、試験は様々な季節に実施された。測定部位は前節と同様であり、受光光学系は SCI (正反射光含む) に統一した。吉川ら¹の報告で使用された「1991 データ」は 1991 年と 1992 年に測定された。「2001 データ」は 1999 年から 2002 年において測定された。本研究では、2004 年から 2006 年にかけて測定されたデータを「2005 データ」、さらに、2013 年から 2015 年にかけて測定されたデータを「2015 データ」として追加した。表 3 に、使用された測色計、対象者の詳細を示す。

表 3. 肌色データの測色計、対象者の詳細

	測定機種	合計	20 代	30 代	40 代	50 代	60 代
1991	CM-1000RHs	794	335	178	244	37	-
2001	CM-1000RHs	975	194	220	223	210	128
2005	CM-2600d	503	91	110	67	82	153
2015	CM-2600d CM-700d	1366	213	341	394	239	179
2015	CM-2600d	681	144	218	229	53	37
内訳	CM-700d	685	69	123	165	186	142

データ解析 取得した測定値のうち、CM-1000RHs および CM-700d により測定されたデータは、本研究で提案した補正式を適用することで分光反射率の補正を行い、CM-2600d で測定されたデータとして扱った。分光反射率から JIS Z 8722 に基づき⁶、観察光源を標準イルミナント C、2 度視野に基づく XYZ 表色系へ変換し、さらに修正マンセル表色系の色相 (H) 明度 (V) 彩度 (C) を算出した⁷。各マンセル指標に対し、測

定年および年齢を要因とした二元配置の分散分析を行い、変化の有意差を確認した。すべての指標において測定年の主効果が確認されたため ($p < 0.05$)、その下位検定として多重比較 (Tukey 法) を行い、どの測定年間に差があるか調べた。統計ソフトとして R (3.2.0) を用いた。

3. 結果

(1) 肌の分光測色の特性理解と補正式の精度検証

異なる分光測色計による肌色データの特徴把握

CM-1000RHs と CM-2600d による 30 名の同一部位の分光反射率の比較を、図 1 (a) に示す。CM-1000RHs の出力は CM-2600d による出力と比較し、長波長領域における反射率が高いことがわかる。分光反射率から、2 度視野に基づく三刺激値 X_c, Y_c, Z_c ⁶、さらに CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色空間⁸ を介し、算出される二機種の平均色差は 1.22、最大色差は 2.12 である。一方、CM-700d と CM-2600d の比較では、出力される分光反射率に有意な差はみられない (図 1 (b))。二機種の平均色差は 1.09、最大色差は 1.48 である。各波長において、CM-1000RHs と CM-2600d の相関係数、CM-700d と CM-2600d の相関係数を確認したところ、全波長で相関係数が 0.9 以上を示すこと確認している。このことは、CM-2600d の分光反射率は、CM-1000RHs または CM-700d により得られる反射率を、各波長で一次回帰変換し予測できることを示唆している。

補正式の精度検証

精度検証の結果を図 2 に示す。図 2 (a) は補正式適用後の CM-1000RHs と CM-2600d の出力の比較である。補正前に観察された長波長領域における二機種の反射率の差は、補正式の適用により低減し、二機種の出力がほぼ一致することを示している。補正前に 1.34 を示した CM-1000RHs と CM-2600d の平均色差は、補正後 0.62 に低下する。図 2 (b) は変換式適用後の CM-700d と CM-2600d の分光反射率の比較である。補正式の適用により二機種の差はさらに低減し、平均色差は 0.99 となる。

これらの結果は、本検討による補正式は有効であり、補正後のデータは実際に CM-2600d で測定したデータと対等に比較することが可能であることを示している。

さらに、補正式の誤差を評価するため、色相・明度・彩度について平均二乗誤差 (Root Mean Square Error) を確認した結果を表 4 に示す。

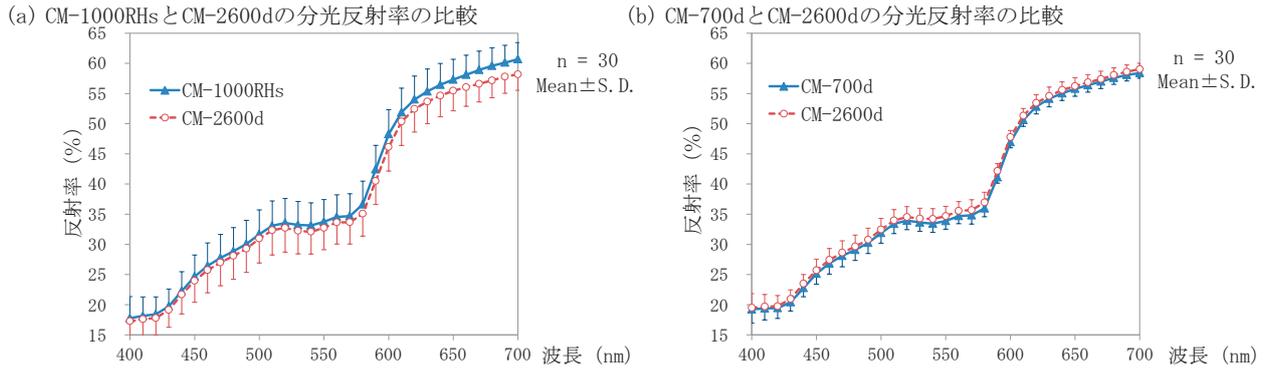


図1 異なる分光測色計から得られる、肌の同一部位の分光反射率の比較。

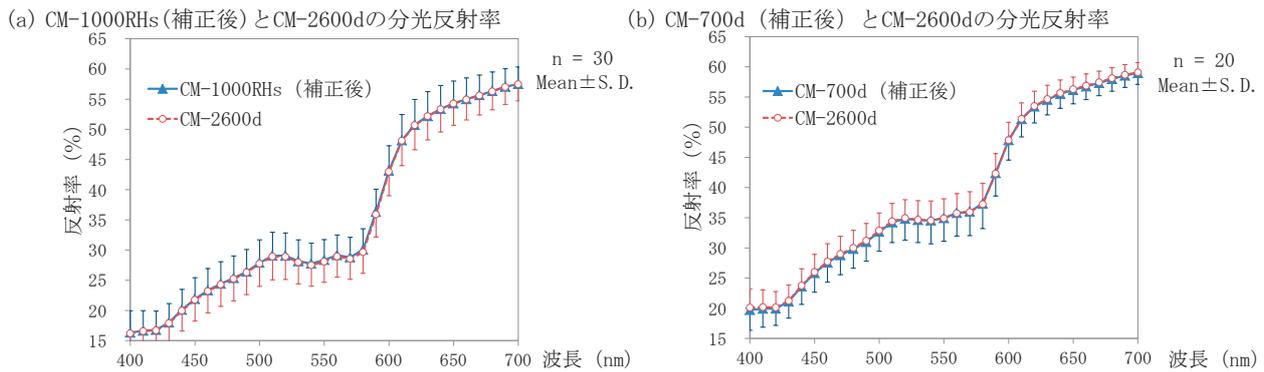


図2 補正式適用による CM-2600d の予測値と実測値の比較。

表4. CM-2600d への変換に関する平均二乗誤差(RMSE)

	色相誤差	明度誤差	彩度誤差
CM-1000RHs からの変換	0.397	0.118	0.129
CM-700d からの変換	0.596	0.075	0.079

(2) 25年間の日本人女性の肌色変化

図3にマンセル色相, 明度, 彩度の測定年による変化を示す. また, 1991年から2015年における, 20歳から59歳の女性の肌色の平均値と95%信頼楕円を図4に示す. 文献1に記載されるように, 女性の肌色は1991年から2001年の10年間で, 黄み, 高明度, 低彩度方向へシフトしている. その変化量は大きい. 2001年と2005年は肌色の分布がほぼ同位置に重なっており, この4年間で大きな変化はないことがわかる. 2015年の肌色分布を2005年の分布と比較すると, この10年間で色相が赤みへシフトし, 彩度が低下するとわかる. その変化量は小さいが, 統計的に有意な変化である. なお, CM-700d から CM-2600d への補正による誤差と比較し, 誤差以上の変化量であると確認できる.

4. 考察

肌の分光測色の特性理解 肌は半透明な物質であ

るが故, 分光測色計の光学系の違いが測定値に影響を及ぼすことが予想されていたが, 実際に「照明径と測定径の比」の違いは肌の同一部位の測定値に差をもたらすことが示された(長波長領域におけるCM-1000RHsの出力>CM-2600dの出力). この測定機による差の影響を除外するための一次回帰モデルは, 検証データにおいても良好な予測精度を示した. 補正式の適用により, 異なる機種で測定したデータの比較が可能と判断されたが, 本研究で提案した補正式は日本人女性の頬部の肌色に対してのみ有効であり, 日本人の肌色領域以外の解析については, 新たな補正式が必要となる可能性がある.

25年間の日本人女性の肌色変化 補正式の誤差を把握した上で, 1991年から2015年の肌色の変化について検討を行った. 1991年から2001年の10年間に於ける, 肌色の高明度・低彩度・黄みへのシフトの要因としては, 紫外線防御意識の向上と日焼け経験の減少が挙げられている¹.

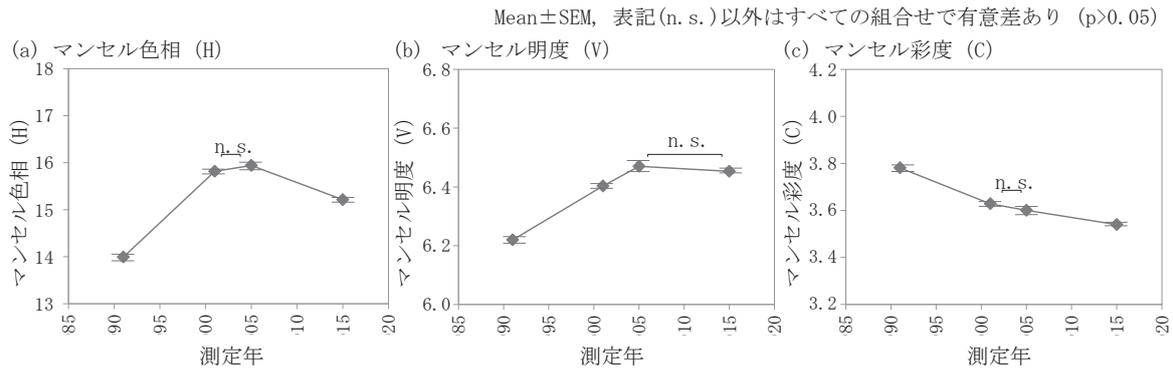


図3 マンセル色相, 明度, 彩度の測定年による変化.

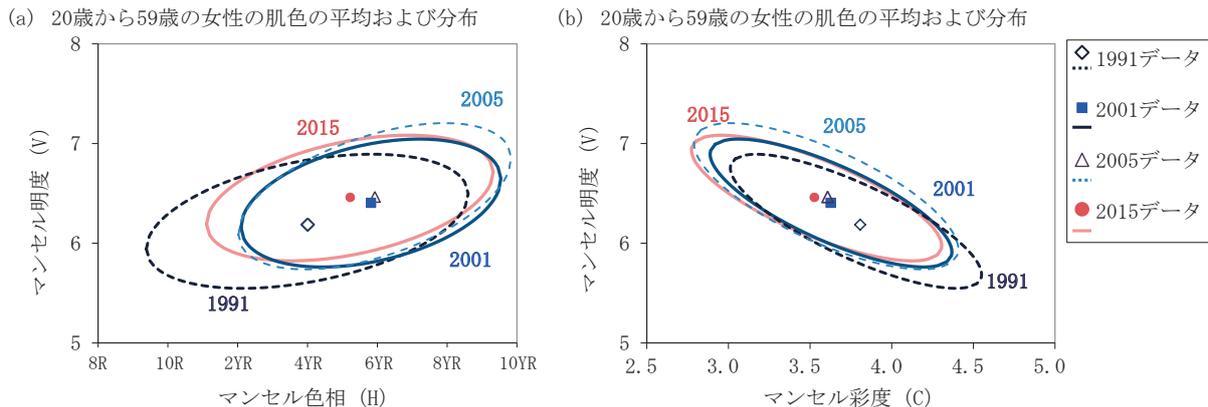


図4 1991年から2015年における, 20歳から59歳の女性の肌色の平均値と95%信頼楕円.

本研究で示された, 2005年から2015年の10年間における変化の要因については, 肌の色素成分解析⁹およびモンテカルロモデルに基づく皮膚の分光反射率との比較¹⁰から, メラニン色素の減少に起因する変化であったと推察している. 色白肌に対する嗜好の継続, 紫外線の害に対する認知の拡大と日焼け経験の減少が, 肌色変化の背景にあると考えられる.

5. 結論

本研究では, 異なる分光測色計により得られた肌色データを比較するための補正式を構築した. さらに, 日本人女性の長期的な肌色変化を明確にするための検討を行い, 2001年から2015年にかけて, 女性の肌色は低彩度・赤みよりヘシフトしたことを確認した.

参考文献

- 1) 吉川拓伸, 棟方明博, 高田定樹, 矢口博久. 1990年代における日本人女性の肌色変化. 日本色彩学会誌. 2010, vol.34, no.2, p.120-130.
- 2) 水越興治, 二川朝世, 山川弓香. 日本人女性における皮膚状態の長期的変化と地域差, 個人差に対する検討. 日本化粧品技術者会誌. 2013, vol.47, no.2, p.119-127.

- 3) 森瑛二郎. 皮膚色の分光測定. 日本化粧品学会誌. 1982, vol.6, no.2, p.126-130.
- 4) 川越宣和, 稲葉政仁, 横田聡. 分光測色計CM-1000. MINOLTA TECHNO REPORT. 1988, no.5, p.97-105.
- 5) コニカミノルタ製品情報・<http://www.konicaminolta.jp>
<http://www.konicaminolta.jp/instruments/products/color/>.
- 6) JIS Z 8722:1982. 色の測定方法-反射及び透過物体色. 日本規格協会.
- 7) JIS Z 8721:1982. 色の表示方法-三属性による表示. 日本規格協会.
- 8) JIS Z 8781-4:2013. 測色-第4部: CIE 1976 L*a*b*色空間. 日本規格協会.
- 9) Yuji Masuda, Toyonobu Yamashita, Tetsuji Hirao, Motoji Takahashi. An innovative method to measure skin pigmentation. Skin Res & Technol. 2009, vol.15, no.2, p.224-229.
- 10) Takaaki Maeda, Naomi Arakawa, Motoji Takahashi, Yoshihisa Aizu. Monte Carlo simulation of spectral reflectance using a multilayered skin tissue model. Optical Review. 2010, vol.17, no.3, p.223-229.

謝辞

本研究に関してご意見を下さった, コニカミノルタ株式会社 瀬戸口知巳氏, 室蘭工業大学 相津佳永教授, 日本色彩学会理事 棟方明博氏に感謝申し上げます.

素肌における透明感の定量化に寄与するパラメーターの抽出

Translucency parameter of human skin with quantitative evaluation

渡部 敬二郎 Keijiro Watabe 株式会社ファンケル Fancl Corporation
 桜井 哲人 Tetsuhito Sakurai 株式会社ファンケル Fancl Corporation

キーワード:ハイパースペクトルカメラ、透明感、定量化、素肌

1. 目的

「素肌における透明感とは視覚的な表現であり、皮膚がくもりなく透き通ったように見える状態を言う」と定義されている¹⁾。ただし、定義は明確にあるものの、透明感個人の主観や経験に左右される感覚であり、透明感を定量的に評価することは困難である。そこで、透明感の定量的な評価に寄与するパラメーターの抽出を目的とし、二次元の空間情報とハイパースペクトル情報を同時に取得できるハイパースペクトルカメラを用いて素肌を撮影した。得られた情報と透明感の目視スコアの相関を確認することで、ヒトが肌を見た際に感じる透明感の定量的評価を試みた。

2. 方法

2-1.透明感目視評価

洗顔 15 分後の素顔の女性 27 名 (平均年齢 37.9 歳) の全顔を、VISIA (Canfield Scientific 製) を用いて撮影した。撮影した写真の頬部位のみをトリミングし、トリミングした写真について、専門家 7 名により透明感を目視評価にて 1~5 点でスコア化し、その平均値を算出した。(配点、5 点 : 透明感がある、4 点 : 透明感がややある、3 点 : ふつう、2 点 : 透明感がやや無い、1 点 : 透明感が無い)

2-2.透明感評価に適した波長の探索

2-1 と同一の対象者の全顔を、ハイパースペクトルカメラ NH-3 (エバジャパン製) により正面から撮影した。光源には室内の照明条件を考え、3 波長型昼白色蛍光灯を使用した。測定したハイパースペクトルデータから頬部位の紫 (400~430nm)、藍 (435~

450nm)、青 (455~500nm)、黄緑 (505~515nm)、緑 (520~565nm)、黄 (570~590nm)、橙 (595~620nm)、赤 (625~700nm)、全波長 (400~700nm) の反射強度を抽出し、平均値を求めた。得られた各波長の反射強度と透明感目視スコアの相関解析を行った。

2-3.形状特徴抽出

次に、肌の凹凸や色むらが透明感に及ぼす影響を確認するために、肌の表面状態を反映する波長を確認した。青、緑、黄、赤波長の反射画像の比較から、青波長の反射画像が、色むらや凹凸等の肌表面の情報を最も反映することが分かった。また、各波長強度を等高線化したグラフでも同様の傾向が得られた。そこで、図 1 の通り、青波長強度の等高線グラフを用い、一定以上の反射強度範囲 (高強度面積) と二番目に強い反射強度範囲 (中強度面積) を設定し、形状特徴値として抽出した。得られた形状特徴値を、高反射面積率 (式(1)) と円形度 (式(2)) を用い数値化し、肌表面の状態を表す尺度として用いた。

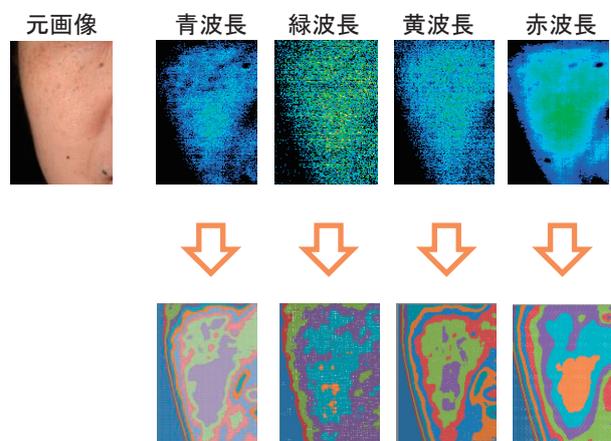


図 1)等高線グラフ化

高反射面積率:高強度面積/(中強度面積)×100…
式(1)

円形度の平均:(中強度面積の円形度+高強度面積
の円形度)/2…式(2)

※円形度=4π×(面積)/(周囲長)² (0≤円形度≤1)

3. 結果および考察

3-1.透明感評価に適した波長の探索

各波長領域の波長強度平均値と透明感目視スコアの相関係数を表1に示す。

表1)各パラメーターと透明感目視スコアの相関表

	紫	藍	青	黄緑	緑
相関係数	0.465	0.743	0.736	0.388	0.649
	黄	橙	赤	全波長	
相関係数	0.219	0.606	0.434	0.594	

各波長の中で、藍～青波長領域は全波長領域の平均値よりも透明感目視スコアと相関が高かった。また、藍～青波長領域は各波長領域の中で相関係数が最も高く、透明感の目視評価への寄与が高いことが確認された。

3-2.形状特徴抽出

透明感目視スコアの高い肌とスコアの低い肌では、式(1)、式(2)から得られた高反射面積率、円形度に大きな違いが確認された。透明感目視スコアが高い肌では、高反射面積率、円形度が高い傾向にあった。(図2)

目視スコア	5	2.2
画像		
高反射面積率	53.8	30.8
円形度(AVE.)	0.67	0.27

図2)形状特徴と画像対応表

3-3. 官能評価値とのマッチング

青波長強度、高反射面積率、円形度を説明変数として選択し、重回帰分析を行った。透明感目視スコアと重回帰式によるスコアとの関係を図3に示す。3項目の重回帰式スコアと目視スコアの重相関係数はR=0.91であり、非常に高い相関があることが確認された。このことより、室内照明下での肌の透明感評価には、青波長の反射強度、高い反射強度の領域、反射強度が円形に近いことが重要であることが推察された。

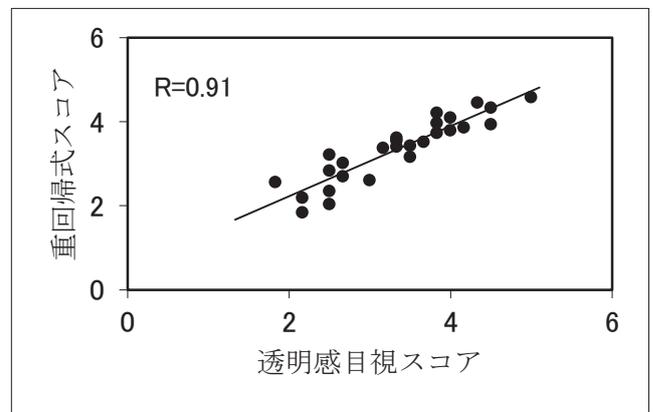


図3)官能評価との重回帰分析結果

4.まとめ

本検討では、ヒトが女性の顔を見て感じる素顔の透明感を、最も精度高く評価できる条件の抽出を行った。透明感を評価するには、可視光波長の中で、435nm～500nmの青領域の波長強度を用いることが最適であることが分かった。また、透明感には肌の凹凸や色むらが影響を与えており、青波長の二次元解析を行うことで、表面の均一性を評価することが可能であることが分かった。ハイパースペクトルカメラにより取得した青波長の強度および青波長強度の形状特徴が、肌の透明感の定量化に有用であることが確認された。本研究の今後の予定としては、透明感を肌に付与できる原料開発等につなげたいと考えている。

参考文献

1)日本化粧品工業連合会,粧工連技術資料,107,144(2000)

メタリック・パール色のマイクロ光輝感測定方法

The Glitter feeling Measurement way of Metallic and Pearlescent Color

大住雅之 Masayuki Osumi オフィス・カラーサイエンス Office Color Science Co., Ltd.

Keywords: 分光イメージング, メタリック・パール色, ミクロ光輝感

1. はじめに

メタリック・パール色は、塗膜層内に金属光輝材や干渉性光輝材を含み、キラキラと輝く多くの微小な光輝性反射が認められる。この反射は意匠上の特徴として大変重要な外観上の要素であるが、客観的な評価指標が確立されておらず、開発や生産現場では経験者による目視判断が主な手段となる。特に干渉性光輝材は、構造色として高彩度な色彩を多く含み、多様な光学幾何条件で広色域を正確に計測する必要がある。また、光輝性反射は極微小なスポットであるがゆえに、画素シフトに伴うレジストレーションエラーの影響を強く受ける。本研究では、変角測定が可能な分光イメージング装置を適用した。分光手段には、可視光領域を10nm毎に計測可能な液晶チューナブルフィルター(LCTF)を用いた。変角測定には、画像内の光学幾何条件の変化を利用し、LCTF特有の波長毎の画素の位置変動は、各波長で予め計測した白黒の格子パターン像により補正した。画像のレジストレーションエラーを低減した上で、種々の金属光輝材や干渉性光輝材を含有する塗板を計測し、その分光画像からマイクロ光輝感に関するパラメータを、各種画像処理を適用することで導出した。

2. 実験方法

(1) 計測装置

基本構成として、照明には白色LEDを、受光にはペルチェ冷却とアンチブルーミング機構を備えた白黒CCDセンサー(Bitran製, 16bit出力, 772×580画素)を、分光には液晶チューナブルフィルター(米国CRi, 現パーキンエルマー社製VeriColor Spectoro, バンド幅10nm, 以下LCTF)を組み合わせ、サンプル面垂直方向に対し20°, 45°, 70°の3方向から照射する。照明と受光の

幾何条件を図1に示した。

画像は、中央部の720×520画素を用い、周辺部分の収差の影響を取り除くようにした。また、中央部や周辺部といった計測部位による特性の変化を引き起こさないよう、焦点距離25mmのCマウントレンズをF4に絞り、撮影に供した。撮像条件は、ワーキングディスタンスが150mm、撮像範囲は長辺方向で50mmであり、380dpiの分解能となる。照射光源は10個の白色LEDチップを線上に配置し、それぞれのチップにはレンズが附属しており、スポット状の光を照射する。これを測定領域の短辺方向に対し、平行な位置にライン照明を配置し、長辺方向が変角方向となるように装置を構成した。

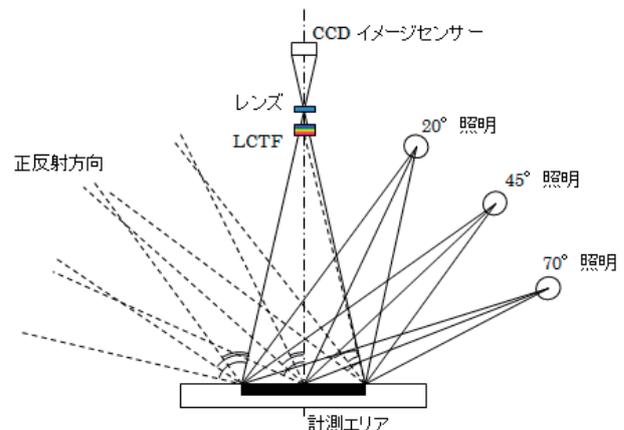


図1. 測定システムの光学幾何条件

装置の校正には、白色の拡散反射面を艶消し塗装で作成し、予め分光光度計(コニカミノルタセンシングCM3600d)で値付けしておき、常用白色校正板として用いた。尚、LCTF、CCDセンサー、白色LED等の分光特性は可視光領域で平坦では無く、これを補う為、測定波長毎に露出時間を最適化することで、波長間のダイナミックレンジの適性化を行う工夫を施した。露出時間の調整は校正中に自動的に行われる。本装置に用いたCCDセンサーにはペルチェ冷却機構が備えられてい

る。CCD素子の表面温度が 0°C 以下の条件で、長時間の露出でもノイズの発生を極力抑えるようにしている。撮像時の測定波長域は $420\sim 700\text{nm}$ で 10nm 毎である。LCTFの特性上、短波長側は紫外線保護フィルターの影響で透過率が極めて低い。実用領域として 420nm から計測を行った。尚、図2に示すように長辺方向を8つのブロックに分割し、それぞれのブロック毎に画素の分光反射率係数を平均し、変角での分光反射率情報を得られるように工夫した。3照明で合計24角度の変角測定が可能となる。

(2) 計測試料

評価対象の光輝材として、アルミフレーク(東洋アルミ製, Alplate 7670NS)と、干渉マイカ光輝材(Merck製, Pylsma 6種, Xirallic1種, Color Stream1種)を選定し、クリアベースに所定濃度を分散後、白黒下地(LENETA製 Metopic T-12)上にスプレー塗装を施して作成した。膜厚は大よそ $20\mu\text{m}$ で、更に $30\sim 40\mu\text{m}$ のトップコート用塗料を上掛けしている。濃度は3段階用意し、更に0.3%のカーボンブラック(FW200)を混合したもの2種をそれぞれ用意した。また赤、青、黄、黒の顔料単体のデータを顔料や光輝材を混合して作成した塗色もサンプルとして供した。

3. ピクセルシフトの補正

(1) ピクセルシフト

物体色を分光イメージングで計測する方法に於いて、画像センサーが備わる受光側で分光する方法である場合、その分光手段の特性によって、波長毎の画像位置が一定とならず、シフトする現象が発生する。例えば干渉を利用した狭帯域バンドパスフィルターを受光側に用いる場合には、透過帯域の異なるフィルターを複数枚用意して、これを回転機構等で交換し、短波長光のイメージを画像センサーで受光する方法では、波長毎のフィルターの厚みや蒸着物による屈折率の違い、フィルターの併行度、光軸のズレ等が原因となり、各波長間で画像がシフトする。画像がシフトすると、仮に1画素以内のシフト量であったとしても、分光反射率が異なる画像の境界領域であれば、情報は隣接する画素に分散されることになり、波長によって値の増減が発生し、その結果、レジストレーションエラーと呼ばれる偽色の発生が起こる。特に分光イメージングで得られた情報を用いて、取得した画像の出現色の分布や範囲を正確に求める際には、大きな誤差要因となる。また、照明やレンズ系も含めた光学的な特性により、画像全般にわたり、XY両方向に対するシフトの量は様々では無い。この為、レジストレーションエラー

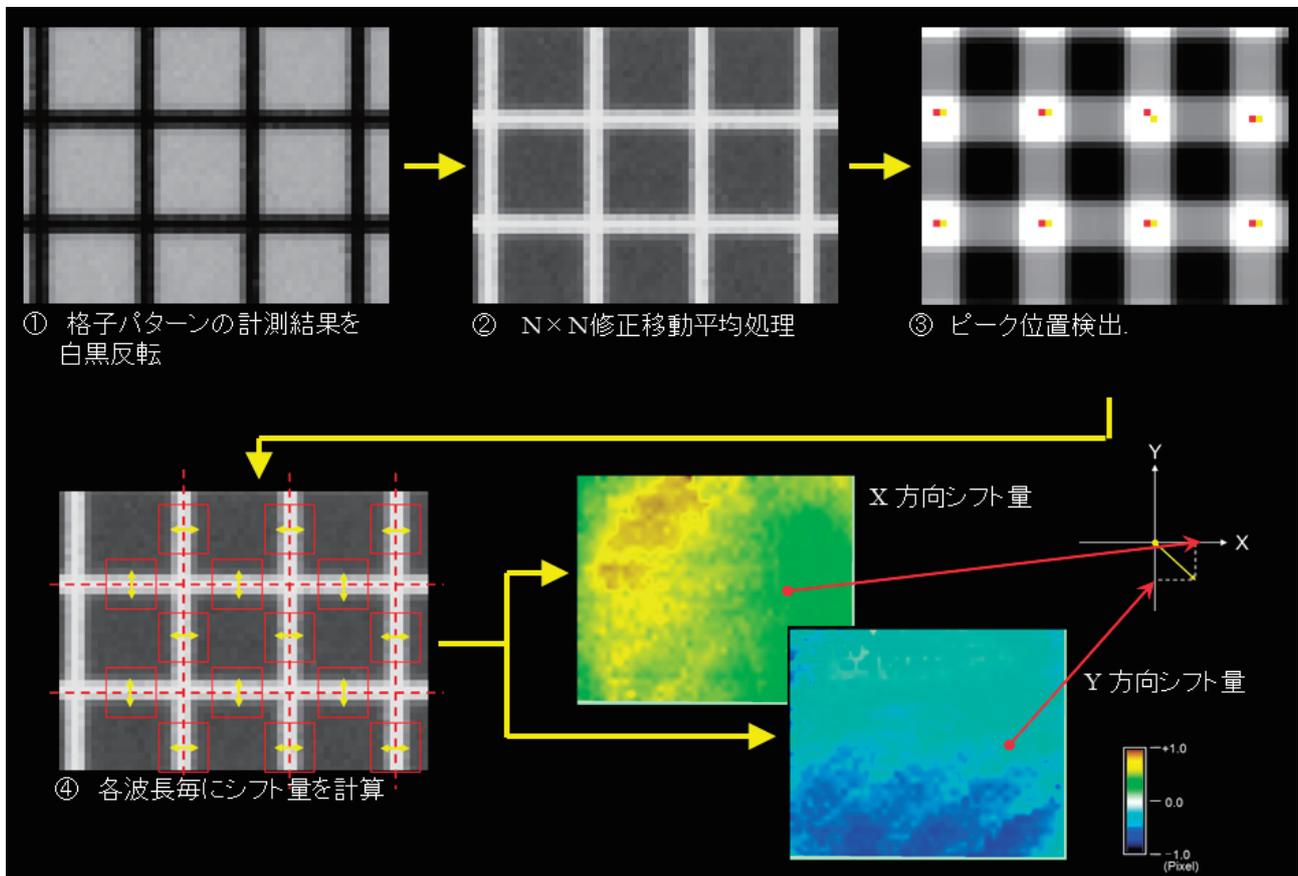


図2. ピクセルシフトの計測方法

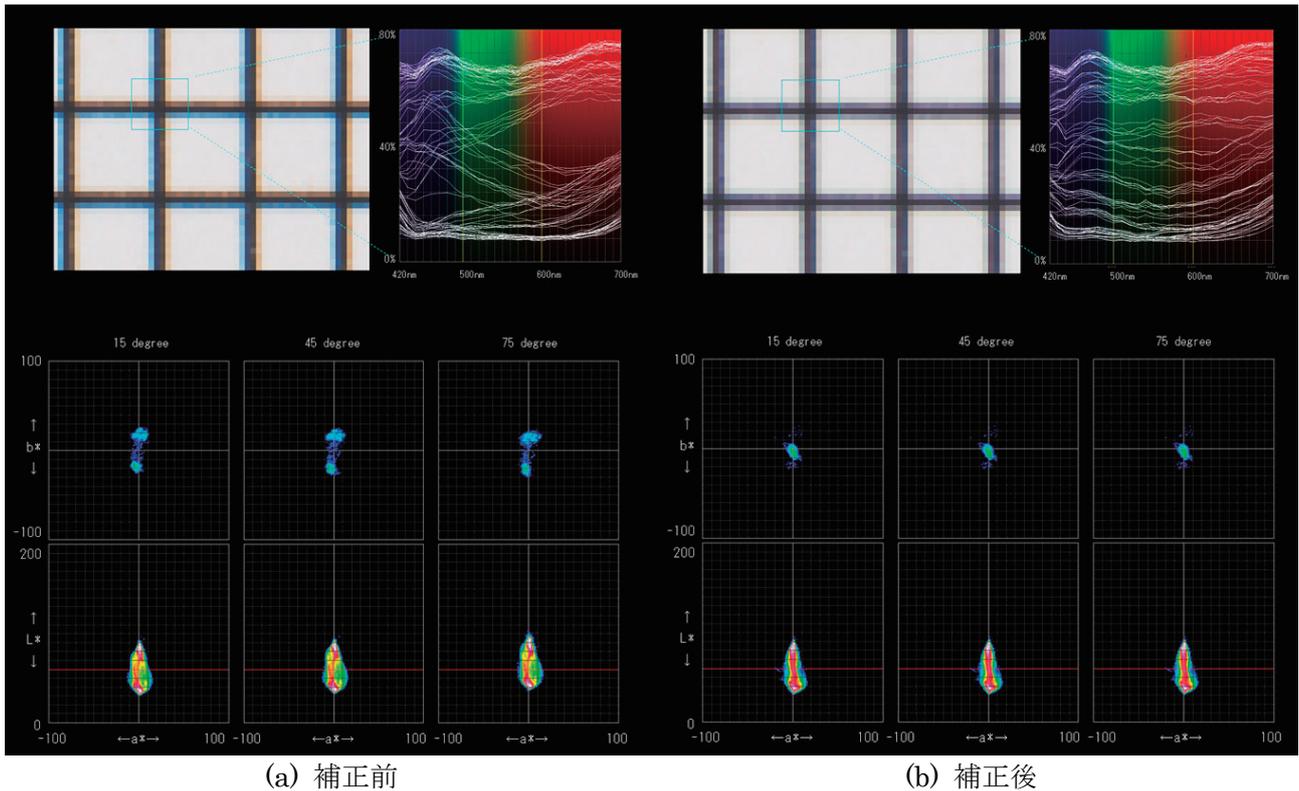


図3. ピクセルシフトの補正結果

を解消し、正確な分光画像を得る為には、波長毎に、できるだけ正確にピクセルシフトの量を、画像全般に渡り計測し、補正する必要がある。図2にピクセルシフトの計測方法を示した。対象となる格子像は、ファインペーパーにインクジェットプリンターでブラックインクのみで印刷したものを用いた。焦点距離 25mm のレンズを用い解像度は大よそ 200dpi である。この場合、格子の線の太さは 2~3 ピクセル程度となり、確実にレジストレーションエラーを観察できる。

(2) ピクセルシフト量の計測

計測した格子画像から各波長に於けるシフト量を求めた。計算手順は以下の通りである。

①画像を反転する。

$$R'(x,y)=1-R(x,y)$$

②各波長の反転画像に対して、修正移動平均を施す。今回の実施例の場合は、11×11 ピクセルの範囲で2次元の修正移動平均を施した。

③修正移動平均画像に対して偏微分を施し、頂点位置を特定する。頂点は格子線の交点となる。

④各波長の画像に対して交点の平均を求め、頂点画素の基準位置の画素位置を求める。

⑤基準位置を中心に 7×7 ピクセルの範囲で反転画像の重心位置を計算する。

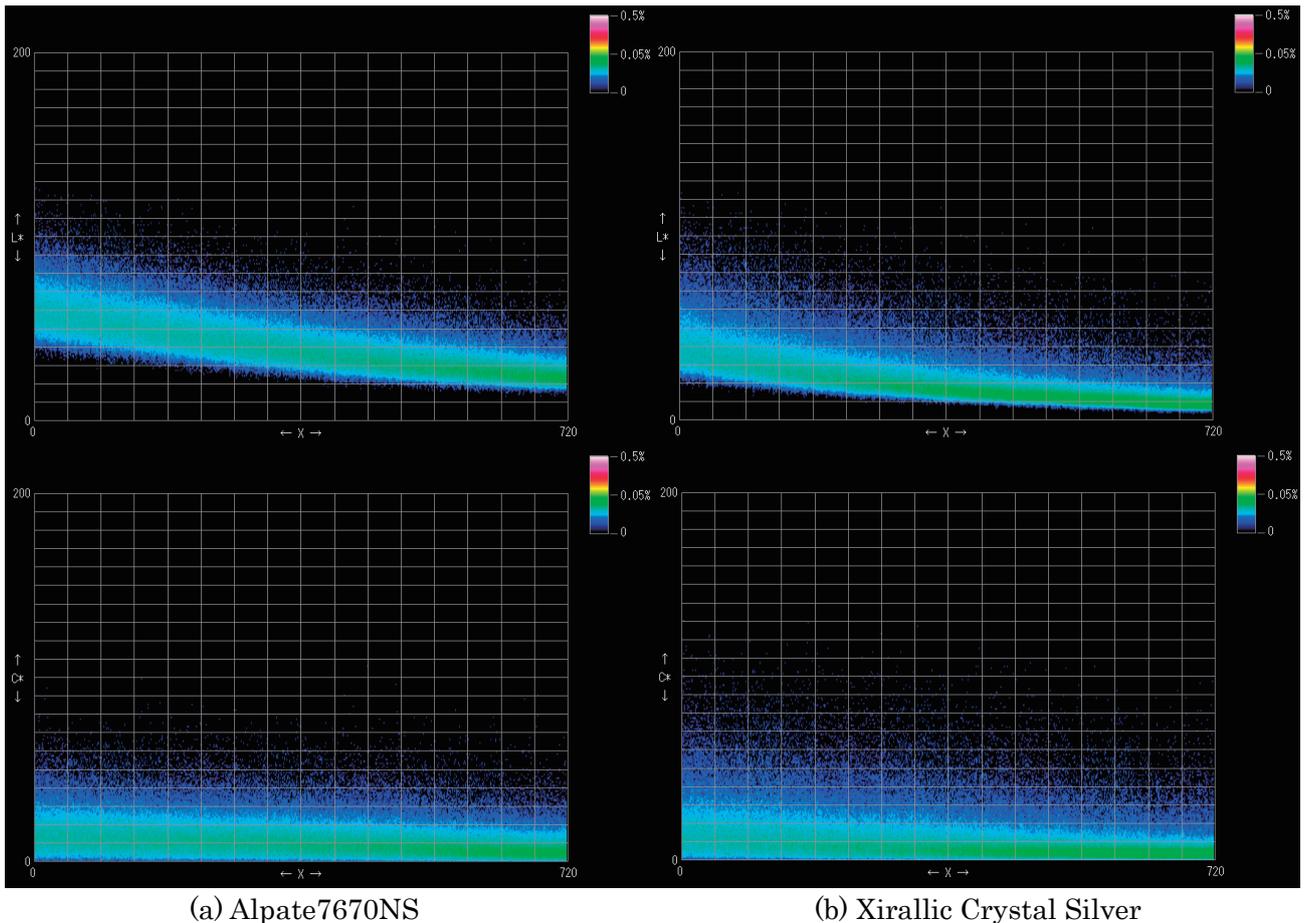
⑥波長毎の重心位置の変動がピクセルシフトの量に相当する。

(3) 補正方法と結果

求めた XY 両方向の波長毎のピクセルシフト量から、分光反射率の補正を試みた。各画素の分光反射率係数を画素の中心位置の代表値と仮定して、ピクセルシフトの量をずらした位置の値を直線補間して求めた値に置き換えた。図3には白黒の格子像と白黒境界領域の分光反射率、CIELAB空間上での出現分布について、補正の前後の状況を示した。概ね本方法のシフト量補正により、レジストレーションエラーは、大幅に減少した。

4. 結果

測定結果の一例を図4に示した。測定試料は金属性光輝材と干渉性光輝材の比較の為に、(a)カーボンブラック FW200 を 0.3%に東洋アルミ製 Alplate 7670NS を 0.5%混合したもの、(b)カーボンブラック FW200 を 0.3%に Merck 製 Xirallic Crystal Silver を 1.0%混合したものの2者の計測例を示した。図の横軸には画像の X 方向のピクセル位置を、上段は、経軸に L*を、下段には C*の出現頻度を示した。横軸のピクセル位置は、図1に示した照明と受光の光学幾何条件に対応しており、ピクセル位置の X=0 は、Aspecula 角(正反射方向を 0° とした角度)で概ね 3.5°、X=720 は 37.5° に相当する。マイクロ光輝感は鱗片状の光輝材が、個々の配向によって部分的に照明と観察方向が正反射の位置にあるものが、強い尖頭性の反



(a) Alplate7670NS

(b) Xirallic Crystal Silver

図4. 変角分光イメージングでの計測結果

射を引き起こすことに起因していることから、ベースラインからの出現分布に関連する。ベースラインから広範囲に分布するほど、マイクロ光輝感に関連した反射が多くなり、逆に狭い範囲に分布していれば、マイクロ光輝感は減少する。特に干渉性光輝材のカラフルな光輝性の反射は、 C^* の分布に関連する。

5. まとめ

- ①マイクロ光輝感は、微小な鱗片状の光輝材反射面が照明と受光の幾何条件で観察方向が正反射の位置にあるとき、尖頭性の強い反射が起こることによって引き起こされる。
- ②自動車外装塗色に用いられる塗色材料には干渉性光輝材も含まれ、干渉色の場合は、通常の物体色と比較して波長に対する半値幅の狭いプロファイルとなる為に、色空間の中では非常に広い範囲にわたり分布している。この為、正確な測定を行う為には、広い Gamut を実現できる波長分解能の高い変角分光イメージングが必要となる。
- ③分光イメージング装置には、レンズ収差や分光手段の極僅かな光学的な変動による画像シフトに起因するレジストレーションエラーがあ

る。特に尖頭性の反射はそのスポットサイズが小さい為に、厳密な補正が必要となる。

- ④以上の点を踏まえ、本研究で述べた提案手法により、マイクロ光輝感に関する計測を実施した。

以上

参考文献

- 1) Tsai Du-Yih, Lee Yongbum, Matsuyama, "Information-Entropy Measure for Evaluation of Image Quality", Journal of Digital Imaging, Springer New York, 2007
- 2) 西省吾, 富永 昌治 "干渉フィルタによるマルチバンドカメラシステムとその応用" 日本色彩学会誌 33(supplement), 16-17, 2009-05-01
- 3) 西省吾, 富永 昌治 "マルチバンドカメラシステムの較正とその応用" 日本色彩学会誌 35(Supplement), 26-27, 2011-05-01
- 4) B. Hensley, D. Wyble, "Spectral Imaging Using a Liquid Crystal Tunable Filter", Munsell Color Science Laboratory, Technical Report November 2012

座標変換による散乱異方性の計測 (3); 光路分割「指数則」からの逸脱とダイヤモンドのカットグレード Anisotropy in Optical Scattering Measured with Converted Coordinates. (3); Correlation between cut-grade and deviation from “exponential rule” in distribution of scattered light spots.

川口昭夫
二宮洋文

Akio Kawaguchi
Hirofumi Ninomiya

京都大学
二宮宝石株式会社

Kyoto University
Ninomiya Jewelry Co.Ltd.

Keywords: 座標変換、散乱光、離散的強度分布、
2次元計測、宝石

1. はじめに

ダイヤモンドや真珠などの「宝石」の輝きや視覚的印象は、現象としては外部光の散乱に由来する物理現象であって、光学に基づく議論が適用できる。それは鉱物や天然資源としての化学的組成に起因するものであると同時に、人工的な形状加工によって大きく左右される。[1] そこでは偶然・長時間の過程を通じて生成・結晶化することによる希少性と加工技術上の難易度が視覚印象を生み、さらに市場の流行傾向などの結果が最終的な市場価値につながる。その一方で現状では、購入者の十分な信頼を得るだけの市場価格の科学的根拠や客観的評価法が提示されているとは言い難い。そこには化学的な組成や物理的な分光性能などの分析だけにとどまらない、視覚に対応した光学的分析法が求められている。このような分析手法は消費者だけでなく、加工・流通を担う宝飾業界にも重要であると同時に視覚印象の研究にも貢献するものと考えられる。

特に我々はカット（研磨）されたダイヤモンドに着目し、その光学的散乱特性を解析することを通じて官能評価につながる物理的なパラメータを探求してきた。[2] これは最終的には鑑定士による肉眼目視による評価法に根拠を与えると同時に、評価者の体調や経験の多寡などによる評価揺動をできるだけ抑えた客観的評価を目指すものでもある。今回は前回までに報告した間接的な散乱光の観測法を通じて得られた散乱パターン（直進光入射時に生じる散乱光束の投影像としての「輝点」の分布傾向）にカットグレード（「4C」のうちのCut）との相関が限定的ではあるが認められたので報告する。[3]

2. 実験手法

試料に対する外光として直進光を用い、試料全

体をカバーする幅を持ったスポット状（直径6mm）のレーザー光または白色LED光を用いた。これを試料位置を中心とした球面極座標（ ϕ, θ ）上を段階的に移動（ $\phi = 0 \sim 270$ deg., $\theta = 0 \sim 90$ deg.）させながら、試料から散乱される光束群を放物面凹面に投影することで間接測定した。これは試料からの散乱光束を、試料位置を焦点とする放物面凹面に投影した「輝点」として放物面軸上に距離を取った位置のカメラから撮像して得られた画像データから、座標変換と2値化を通じて立体角分布を求める間接的測定法である。[4] このとき「輝点」の立体角が取り得る最大値 Ω_{\max} をあらかじめ設定した上で $\Omega = 0 \sim \Omega_{\max}$ 間を100等分した区間内で Ω の度数分布をヒストグラム化した。また鑑定士による評価指標としてのカットグレード（"Poor" < "Fair" < "Good" < "VeryGood(VG)" < "Excellent(EX)" < "TripleExcellent(3EX)）との対応を見るために、各グレード毎に選別した3~10個の個別試料に対して定性的傾向を比較検討した。

3. 結果と考察

これまでの報告で、直進光源の散乱によって投影される「輝点」の立体角 Ω の度数分布 $N(\Omega)$ には指数則が見いだされる領域が存在する。[4]

$$N(\Omega) \sim C_0 \exp(-\lambda\Omega) \quad (1) \text{ または}$$

$$\ln\{N(\Omega)\} = -\lambda\Omega + k_0 \quad (1')$$

(C_0, k_0 : const.; $\lambda > 0$)

このような「指数則領域」は比較的 Ω の小さい範囲での度数分布に対する連続的傾向として見いだされるもので、係数 λ は最小自乗法から求めることができる。これに対して Ω の大きい領域に行くに従って式(1')の直線近似からの逸脱傾向が見られる。（図1に各グレード試料に対して直進性の良いレーザー光照射時に生じる「輝点」から求めた散乱光の立体角分布の例を示す。）

これを鑑定士による指標としてのカットグレードとの対応で比較したところ、すべてのグレード

で「指数則領域」が認められた。その一方で下位グレードから上位グレードに移行するに従ってその定性的傾向に差が認められた。(図 1(a)-(f))なお現時点では試料点数の関係から偏差が大きいので定性的傾向を議論するにとどめる。

それらを整理すると、

- "Poor"から"VG"にグレードを上げるに従って「指数則領域」が高 Ω 領域に分布を広げる(近似式(1)の係数 λ が小さくなり、近似直線の傾きが緩やかになる)傾向が若干認められる。ただしこれは必ずしも定量的に明確な差とは言えない。
- その一方で、高 Ω 領域で直線近似から逸脱する成分もグレードが上がるのに従って多くなる。ただし"Good"グレード程度までは高い Ω 領域までの全体を直線近似するような係数 λ を最小自乗法から求めることは難しいが、度数分布 $N(\Omega)$ としてはほぼ連続的である。(図 1(a)-(d))
- ところが更に高グレード群("EX" or "3EX")になると「指数則」からの逸脱はより顕著となり、高 Ω 領域の成分が多くなる。(図 1(e,f))
- この「高グレード群での『指数則』からの逸脱」傾向は、直線近似式(1)の傾き λ : 大 \rightarrow 小が逆転する(λ : 小 \rightarrow 大)だけでなく、 $\ln\{N(\Omega)\}$ vs. Ω プロットでの連続的な分布から離散的な分布に移行する。

以上の結果から、「指数則」が成り立つ連続的な分布領域での係数 λ だけでなく、「分布の離散性」や「大きな Ω の成分比」もカットされたダイヤモンドの「高グレード」評価の指標となるものと推

測される。

ここでダイヤモンドの形状と光の散乱の基本について改めて考えると、材質として高硬度(モース硬度 10) 素材であるために形状加工は基本的に研磨による平面(ファセット)加工となる。また結晶性が高い試料であることから劈開や研磨によるファセット形成にも難易の差が生じる。このことは研磨加工によって一見「滑らかな曲面・曲線」や「設計通りのカットデザイン」が得られたとしても、基本的に「カットされたダイヤモンド」は「平面ファセットから構成される多面体」であることを意味する。そのために直進光の入射に対して「光路分割」が生じることになる。その結果が散乱光の立体角分布(「輝点」のサイズ分布)と考えることはほぼ妥当と思われる。

「1次元線分のランダムな分割」であれば、「一定線分上にランダムに発生する点密度は Poisson 分布に従い、その点によって分割された結果の線分の長さは指数分布に従う」とされる。[5] ただしこれを単純に「カットダイヤモンドからの散乱光の立体角分布」に見る「指数則」の根拠とするのは性急、とも考えている。

なぜなら、

- (1)カットされたダイヤモンドによって散乱される光束は試料の射影像に応じた領域であって、入射光方向によって一律ではないこと(特にラウンドブリリアントカットとしてデザインされた試料について模式図を図2に示す。)
- (2)その場合に「射影の分割」は(1次元の線分ではなく)「2次元図形のランダム分割」問題であること、

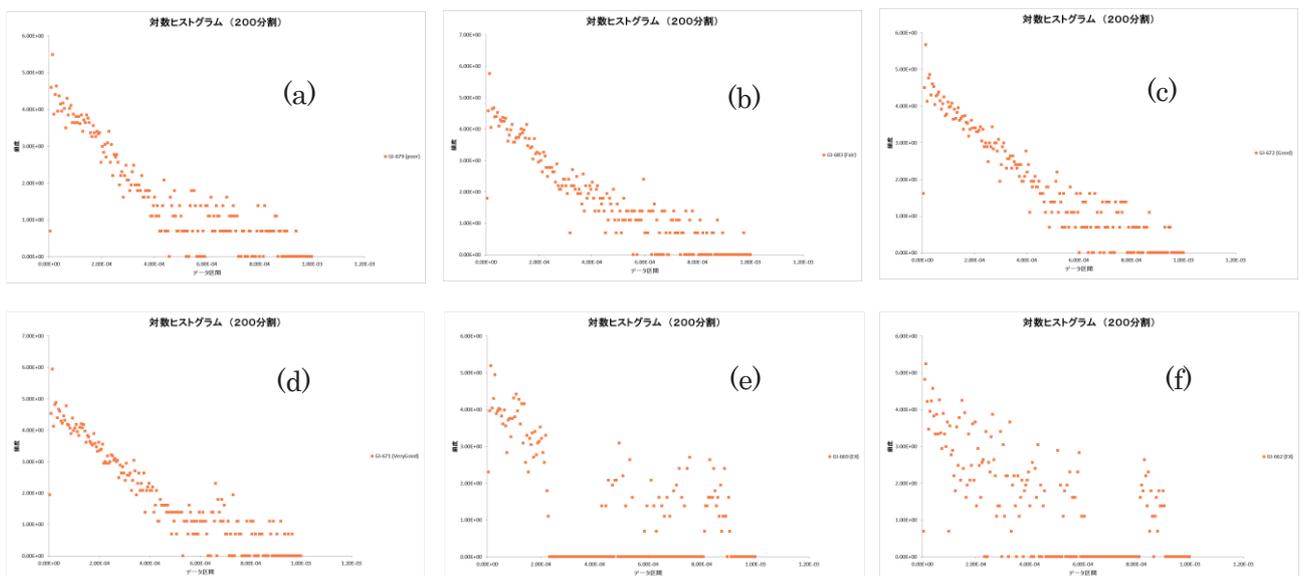


図1 投影された「輝点」から求めた散乱光束の立体角 Ω の度数分布(対数化 $\ln\{N(\Omega)\}$ vs. Ω) ; grade (a) "poor", (b) "fair", (c) "good", (d) "very good", (e) "excellent", (f) "triple excellent".

(3)「1次元のランダム分割」では分割前の線分の長さ(分割された線分の総和)は保存されるのに対して、ダイヤモンド試料による散乱では元の射影面積や散乱光束の総和は保存されないこと(ひとつのファセットを入射光が通過するとき、稜でなくても反射光と透過光とに分割されるため)、

などの点で異なる条件とも考えられる。つまり「2次元図形のランダム分割」「入射光方位による異方形状」「全反射が生じる(生じない)光路条件」などに対してPoisson分布が適用できるかどうかは不明であり、現時点では「指数則」が観測されるという実験結果の理論的な裏付けは得られていない。

その部分を保留した上でこれまでの結果を見ると、「カットグレード」については低グレード群("poor"~"VG")と高グレード群("EX", "3EX")との判別、または各レベル内での数値化による客観的な峻別は可能であるものと思われる。また「高グレード群に見られる離散的な分布」は形状加工の対称性に由来するものと予想しているが、対称性の良否が最終的な評価につながるかどうか、更に視覚印象に対する影響も今後の検証課題と考える。

なお今回は指標として「カットグレード」との相関を探ったが、今後は「4C」以外の他の指標

(scintillation / brilliancy / fire) との対応も検討していく予定である。

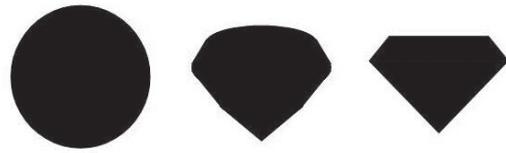


図2 (厳密に考えれば) 宝石試料によって散乱される光束(散乱断面積)は試料の射影像に依存する。特に「ラウンドブリリアントカット」の場合には形状も大きさも入射光の方向によって異なる。

参考文献:

- [1] Schumann, W., *GEMSTONES of the World*: London: N.A.G. Press. (1977)
- [2] 川口、他 日本色彩学会誌 第45回全国大会発表論文集、3C-1, 38, 206-207. (2014)
- [3] 川口、他 第63回応用物理学会春季学術講演会、01-021 (20a-S322-6) (2016)
- [4] 川口、他 第61回応用物理学会春季学術講演会、03-022 (17p-F6-10) (2014)
- [5] 吉川、他 総合都市研究、43, 99. (1991)

甘さを表す言葉の色彩イメージ調査

-日本、中国、韓国の学生を対象として

Questionnaire Survey of Color Image for Expression of Sweetness -For Japanese, Chinese and Korean Students

清水 彩子	Ayako Shimizu	金城学院大学	Kinjo Gakuin University
栗木 千明	Chiaki Kuriki	京都府立大学	Kyoto Prefectural University
宋 榮	Rong Song	同志社大学大学院	Guraduate School of Doshisha University
康 薔薇	Jangmi Kang	兵庫栄養調理製菓専門学校	Hyogo NCC College
In-sook Lee			Uiduc University
村元 由佳利	Yukari Muramoto	京都府立大学	Kyoto Prefectural University
松井 元子	Motoko Matsui	京都府立大学大学院	Guraduate School of Kyoto Prefectural University
大谷 貴美子	Kimiko Ohtani	京都府立大学大学院	Guraduate School of Kyoto Prefectural University

Keywords : 色彩イメージ, 甘さ, 日中韓比較
SD 法

1. はじめに

特定の色や形と、味覚との関連は生活環境、文化的環境に影響をうけるため、異なる文化圏では、特定の味覚に対する色彩イメージや色彩嗜好が異なるとされている。2013年の本大会で、我々は甘さを表現する味覚用語に対し、日本、中国、韓国で共通したイメージ色がある一方、「甘ったるい」などの特定の言葉に対しては、食文化の違いから各国間で異なる色がイメージされることを報告した¹⁾。

本研究では、その中でも特に日本、中国、韓国の間で違いがみられた味覚用語6語と、赤色系3色、黄色系3色に着目し、それぞれの味覚用語に対して各国の学生がもつ色彩感情を明らかにするため、アンケート調査を行った。

2. 方法

2015年9月から11月にかけて日本、中国、韓国の大学生を対象にアンケート調査を行った。

使用した言語は表1に示すように日本語、中国語、韓国語の3種類であり、日本語でアンケート調査票を作成した後、各国の言語に翻訳した。翻訳は、各言語を母国語とし、かつ日本語が十分に理解できる人々に依頼した。

アンケート用紙の配布および回収は、各国の教員、学生に委託した。有効回収数は、日本99名(20.0±1.3歳)、中国38名(24.3±3.3歳)、韓国69名(21.8±2.3歳)である。

アンケート調査は、前報で特徴が認められた赤色系3色と黄色系3色のカラーチップ(日本色研:標準色カード202)を提示し、表1に示した甘さを表す6語からイメージした色を1色選択してもらい、併せてその色から連想した食品を挙げてもらった。さらにその食品に対するイメージについて、15の形容詞対を用いた7段階SD法により回答を得た。提示したカラーチップを写真1に、そのマンセル値を表2に示す。

表1 甘さを表現する言葉

日本語	中国語	韓国語
甘ったるい	甜膩	단맛 (매우 단맛)
濃厚な甘さ	浓厚的甜	달콤한 맛
ほんのり甘い	微甜	달달한 맛 (약간 단맛)
甘酸っぱい	酸甜	달콤새콤한 맛
さわやかな甘さ	爽甜	상큼한 단맛
やさしい甘さ	柔和的甜	달짝 지근한 단맛

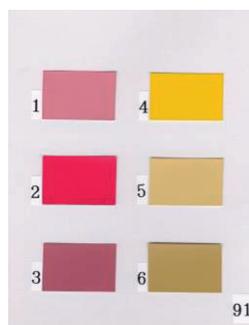


写真1 カラーチップ

表2 カラーチップのマンセル値

	PCCS	マンセル値
1	sf2	4R 6.0/6.5
2	v2	4R 4.5/14.0
3	d2	4R 4.5/6.5
4	v8	5Y 8.0/13.0
5	sf8	5Y 7.5/6.0
6	d8	5Y 6.0/6.0

3. 結果

1) 甘さを表現する言葉からイメージする色と連想する食品

「甘ったるい」の結果を図1に示す。日本ではいちご味の食品が連想され、sf2が多く選択されたのに対し、中国、韓国では特定の食品が連想されることはなく、イメージする色が分散した。

「ほんのり甘い」に対する結果を図2に示す。日本では約50%、中国では約30%の学生がsf2を選択したが、イメージされる食品は日本では桃が多かったのに対し、中国では特定の食品は連想されなかった。韓国においてはイメージ色も分散した。

「甘酸っぱい」では、日本、韓国で同じv8が30%以上の学生によって選択され、連想する食品もレモンなど柑橘類が挙げられるなど、共通したイメージを持っていることが示された。しかし、日本においてはv8以上にv2が多く選択されており、中国、韓国とは異なる傾向を示した。v2から連想する食品は日本ではいちご、ラズベリーをはじめとするベリー類が90%以上を占めた一方で、中国では酢豚やサンザシ、韓国ではトッポキや冷麺など、独特の食文化を反映した食品が連想された。

2) 各色から連想された食品に対するイメージ

「甘酸っぱい」からイメージされたv2, v8から連想する食品について、特に各国間で違いが認められた形容詞対のイメージプロフィールを図4,5に示す。中国、韓国の学生は、v2から連想された食品を日本の学生よりも、より身近で日常的なものと感じており、先に述べた各国の日常的な食文化を反映していると考えられる。

今回の調査では、甘さを表す言葉からイメージする色や連想する食品は、日本では一つの色、食品に偏る傾向が認められ、中国、韓国の学生よりも、より固定されたイメージをもっていることが示された。

各色から連想される食品に対するイメージは、「身近な-身近でない」「日常的な-非日常的な」「カロリーの低い-カロリーの高い」「体に良い-体に悪い」などの項目において各国間で違いが認められ、各国での生活習慣や食習慣、食知識などが影響することが示唆された。

今後は、さらに因子分析を行うことでこれらのイメージを構成する因子を明らかにし、味覚用語に対するイメージ色の位置づけを明らかにしていきたいと考えている。

参考文献

1) 大谷貴美子ら, 日本色彩学会誌, 38(3) (2014) 286-287

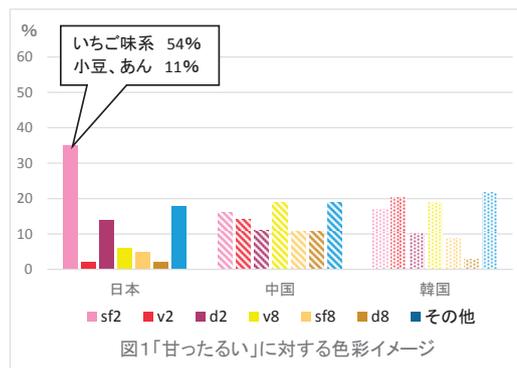


図1「甘ったるい」に対する色彩イメージ

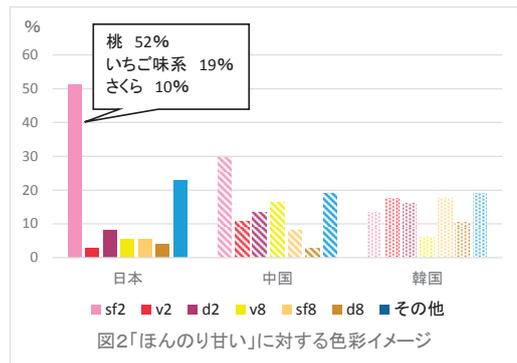


図2「ほんのり甘い」に対する色彩イメージ

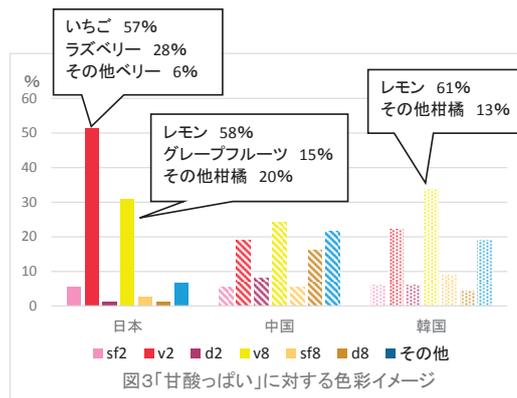


図3「甘酸っぱい」に対する色彩イメージ



図4 甘酸っぱい (v2) から連想された食品のイメージプロフィール

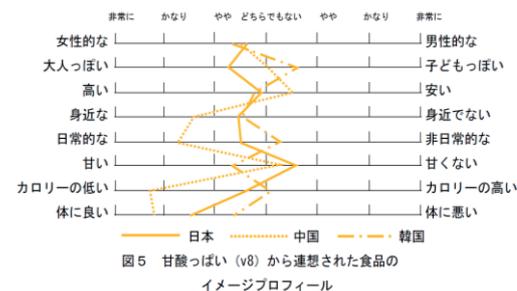


図5 甘酸っぱい (v8) から連想された食品のイメージプロフィール

日本における色彩論受容の萌芽

Beginning of Acceptance of Colour Theory in Japan

國本 学史 Norifumi Kunimoto 慶應義塾大学

Keio University

Keywords: 色彩論, 色彩学, 色彩教育, 日本.

1. はじめに

近代日本において西欧米の色彩論的知識がどのように受け入れられたのかについては、これまで先行の研究はありつつも、不明な部分が残る。本研究は、欧米で発展した色彩論が、どのような歴史的経緯のもと日本で受容されたのかについて、当時の文献資料等を参照しつつ整理する。

2. 欧米の主な色彩論展開

近代日本、特に明治維新後には、西欧の技術や知識が急速に日本に流入する。色彩論的知識についても同様の傾向が見られたが、日本で取り入れられた色彩論を見る前に、欧米における近代色彩論の展開について概観する必要がある。

西欧において、科学的見地から色彩論的な考察がなされたのは、ニュートン(Sir Isaac Newton, 1642-1727, 英)によるものが顕著である。プリズムを用いた分光や 1704 年(ラテン語版 1706 年)刊行の『光学』は、その後の色彩論発展に多大な知識的基盤を提供した。その後、ゲーテ(Johann Wolfgang von Goethe, 1749-1832, 独)による『色彩論』(1810 年)が著され、西欧における色彩論は大いに発展を遂げたと言ってよい。さらにシュヴルール(Michel-Eugène Chevreul, 1786-1889, 仏)による、『色彩の同時対比の法則』(1839 年)等が著され、フィールド(George Field, 1777-1854, 英)による『色彩論』(1817 年)や『色彩学』(1835 年)が登場し、三原色的理論が展開した。また、ブリュースター(Sir David Brewster, 1781-1868, 英)の三原色についての研究等があり、後述するように近代日本においてしばしば引き合いに出される。その後、ヤング(Thomas Young, 1773-1829, 英)による講演(1802 年)や、ヘルムホルツ(Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, 1821-1894, 独)の考察、マクスウェル

(James Clerk Maxwell, 1831-1879)のカラー写真(1861 年)や研究により、色光の三原色説等の理論が構築された。さらに、ヘリング(Karl Ewald Konstantin Hering, 1834-1918, 独)の反対色説が出て、西欧における色彩論はさらに進展した。そしてアメリカではマンセル(Albert Henry Munsell, 1858-1918, 米)によって、『A Colour Notation』(1905 年)が刊行され、欧米圏の色彩論が大枠において整理されたと言える。

3. 近代日本における色彩論と色彩教育

次に、日本における色彩論展開がどのような系譜を辿ったのかを整理する。西欧から色彩論的知識が流入する以前は、「アヲ」「アカ」「クロ」「シロ」といった色彩語の創出に始まり、中国文化圏から将来された五色の概念と色分類の流入、平安期の『延喜式』の染色の記録、そして「かさね色」のような色彩感覚の発展があった。その後狩野派の絵の具と色に対する考察が行われはしたが、西欧で発展したような、光学的知見にともなう色彩研究は行われなかった。このような背景がある中、明治維新前後に、西欧から色彩論の知識が急速にもたらされたのである。

驚くべきことに、明治 6(1873)年には、すでに「色ノ図」という色彩教育科目が小学教則に登場する。当該科目では、アメリカ人スコット(Marian M Scott, 1843-1922, 米)による指導の元、アメリカから取り寄せたフィールドの『色彩学』に基づくウィルソン(Marcus Willson, 1813-1905, 米)の掛図が用いられている。明治 9-13(1876-80)年頃には、家原政紀による『色図問答』が刊行されるなど(図 1)、色彩論教育の推奨は、西洋の先進知識教育に合致する。しかし、明治 14(1881)年の小学校教則綱領に色図の項目はなく、色彩教育自体が教育課程から姿を消している。

そのためか、色彩論の理解と発展はしばらく停滞し、再び色彩論への関心が高まるのは、著名な

美術教育者である白濱徹(1866-1928)の登場を待たねばならない。明治 31(1898)年の白濱による『日本臨画帖教授法』には、「黄・赤・青」の原色が提示されるなど、色図にも見られたフィールドの理論に基づくと思われる論が説明されている。その後の明治 37(1904)年の『図画教授法：文部省講習会』では、やはり三原色について説明があるが、色光・色材の三原色の区別は曖昧で、フィールド以降の欧米の色彩論が反映されている様子は少ない。一方で「余色」という補色残像についての論が見られることは、新たな色彩理論研究の影響も見られる。この後、白濱は文部省の命令で明治 37(1904)年から 3 年間、米国及び欧州へ留学する。日本国内では水彩画家の三宅克己が明治 38(1905)年に『水彩画手引』を、明治 39(1906)年には印藤真楯が『油絵階梯』を出版するなど、一般に美術趣味が広がり、水彩・油彩画に用いる輸入絵の具を扱う機会が増えることで、色彩に対する興味・関心が市井の間で高まったと想像できる。明治 40(1907)年には、大蔵省印刷局の矢野道也(1876-1946)により『色彩学』が刊行された。当該書籍には、ウィウンシュ(Wünsch)、ヤング、ヘルムホルツ、マクスウェル、ローゼンチール、ヘリング、ブリウスター、シュブロール、ルード(以上表記は原文ママ)等の、西欧の先進の色彩論が説明されている点で意義深い。他方、日本独自の色彩論的知識をまとめた書籍が明治 42(1909)年に田口米作(1894-1903)によって、『色彩新論』として刊行された。ここでは三原色は「藍・黄・紅」という日本的な色名で表記されているが、これはフィールドの青・黄・赤の三原色説と同様のものである。同書は田口死去後に出版されたもので、生前の田口は矢野の色彩論を参照できず、旧来の色彩論を参照に考察したと考えられる。

白濱帰国後の明治 44(1911)年には、『図画教授之理論及実際』、『色彩の練習』が白濱により刊行された。書籍中、ニュートン、ヤング、ヘルムホルツ、マクスウェル、ローゼンチール、ブリウスター、シュブロール(以上表記原文ママ)や心理学上の原色等が紹介されている。色光・色材の原色を明確に区別した点はこれまでと異なり(図 2)、矢野の色彩学や白濱が欧米にて見聞きした色彩論が反映された成果であろう。色覚障害について個別に記していることも目新しい。大正 3(1914)年には矢野道也が東京美術学校の「色彩学」印刷講義担当嘱託となり、白濱・矢野らの色彩学の系譜は、美術学校を軸に受け継がれたことを指摘できる。大正 5(1916)年には白濱の教え子である霜田利平(静志, 1980-1973)が「ムンゼル氏色彩

組織に就いて」との論考を著し、大正 6(1917)年白濱編の『文部省講習会図画科講話集』の参考書中にマンセルの“A Color Notation”が登場する。この頃に至って、欧米の色彩論展開に日本国内の色彩論的理解が追いついたと言って良い。日本の色彩論展開においては、今日あまり目にしないブリュスターやローゼンチール等の人名が見いだされたり、研究・紹介者の社会的動向によって理論の紹介が遅れたり、という背景のもと、色彩論が整理・吸収されていったことが確認できた。

4. おわりに

以上のように、日本国内での色彩論の受容は、明治維新後に漸次流入せず、欧米での理論展開と差異が生じつつ、受容されて行ったことが整理された。今後は、欧米圏の色彩論の発展過程や、受容する色彩論の取捨選択基準等についても、史料調査を中心に検証して行くことを課題としたい。

[参考文献]

- 1) 三島利正「色図の研究」『東京教育大学教育学部紀要』第 15 巻別冊, 1969-03
- 2) 川上元郎「わが国におけるマンセル表色系に関する研究小史」『照明学会雑誌』 56(3), 125-130, 1972-03
- 3) 緒方康二「日本近代色彩学史ノート 明治以降戦前までの色彩文献書誌」『夙川学院短期大学研究紀要』 9, 31-54, 1984-12
- 4) 國本学史「日本における色材・色名の変容と色彩学の展開」鹿島美術財団年報 (30), 82-93, 2012-11 他

本研究は、「平成 27 年度科学研究費助成事業(科学研究費補助金)(奨励研究)」の助成を受けた成果の一部である。

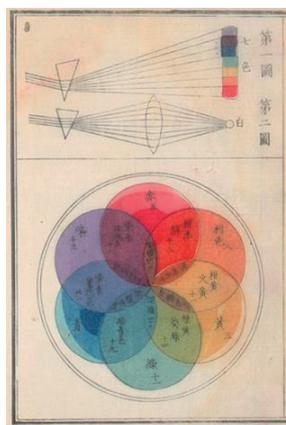


図 1. 家原政紀
『色図問答』

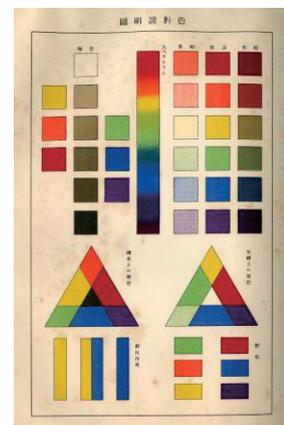


図 2. 白濱徹 『図画
教授之理論及実際』

体質顔料がソフトパステルの色に与える影響

Effects of Body-pigment on Colors of soft pastel

横田香世 Kayo Yokota 京都工芸繊維大学
山登大輔 Yamato Daisuke 王冠化学工業所
西本博之 Hiroyuki Nishimoto 京都工芸繊維大学

Kyoto Institute of Technology
Okan Kagaku Kogyosyo
Kyoto Institute of Technology

Keywords: ソフトパステル, 体質顔料, 色相, 明度, 彩度.

る体質顔料は, 混合される分量の差はあるが, すべてのソフトパステルに入れられるものであり, 製品の色に及ぼす効果は大きい³⁾.

1. はじめに

パステルが考案されたのは17世紀中頃である。一旦粉末にした顔料を練り固めなおすという方法が考案されたことによって, 様々な種類の「色の塊」を人工的に作り出すことが出来るようになった¹⁾。製造方法は至ってシンプルで, パステルの色をつくる有色顔料とパステルのボディをつくる体質顔料をごくわずかな水溶性の固着剤で練って固めてつくられる。固着剤の濃度と分量によってパステルの硬さが異なり, 軟質(ソフトパステル)と硬質(ハードパステル)にわけられる。ごく少量の固着剤で作られるソフトパステルは顔料に最も近い固形絵具であるため, 顔料そのものがもつ安定した色が得られる²⁾。

パステルの特徴として, あらかじめ多くの色が準備されていることがあげられる。メーカーによって異なるが, 概ね200色から500色程度製造されている。多くの色揃えが必要な理由は, 油絵具や水彩絵具のように画家が必要な色をパレット上で混色してつくることや, 水やテレピン油などで薄めて濃淡を調節することができないためである。色づくりがメーカーにゆだねられた絵具ともいえよう。その製造においては, 顔料の微妙な調合や混練の加減など, 職人の経験によって手作りで行われているところが多く, 老舗メーカーは独自の特徴をもったソフトパステルを製造し続けている。

本研究では, 体質顔料の種類とその含有率が, ソフトパステル本体の色に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。体質顔料にクレイと炭酸カルシウムを用い, 含有率を変化させた試験片を測色した。その結果をマンセル表色系で表すことによって, 体質顔料の種類や含有率がパステル本体の色にどのような影響を及ぼすのかを確かめた。ソフトパステルのボディをつく

2. 研究方法

2-1 試験片

表-1に試験片の顔料含有率を示した。有色顔料, 体質顔料, 固着剤の総重量を400gと定め, 顔料および固着剤の含有率はmass%として計算した。有色顔料は赤, 黄, 青を単色で用い, 体質顔料のクレイと炭酸カルシウムの含有率をそれぞれ92%, 72%, 47%とし, 合計18種類の試験片を使用した。他に, 有色顔料を含有させず, クレイ, 炭酸カルシウムの体質顔料を3%の固着剤で固めた試験片も作製した。

表-1 試験片作製における顔料および固着剤の含有率

有色顔料の含有率	5%	25%	50%
有色顔料の重量	20g	100g	200g
体質顔料の含有率	92%	72%	47%
体質顔料の重量	368g	288g	188g
固着剤の含有率	3%		
固着剤の重量	12g		

2-2 測色

体質顔料の色への影響を検討するため, 分光測色計 CM-700d (コニカミノルタ株式会社製)を用い, 試験片の測色を行った。測色条件は, 目視に近い色の評価となるSCE方式(正反射光除去), D65光源, 2度視野で試験片断面の中央を3回測定し, その平均値を採用した。測定値はマンセル表色系を用いて表した。

3 結果

3-1 体質顔料含有率97%の試験片の測色

体質顔料含有率 97%，固着剤含有率 3%の試験片に、直接測色計をあてて測色した。その結果を表 2 に示した。炭酸カルシウムは、4.7GY と黄緑の中心色相に近似した色相を持っていた。クレイは 0.5Y と橙に近い黄の色相を持っていることがわかった。図 1 に体質顔料含有率 92%の試験片の色相を色相環に記した。明度については、炭酸カルシウムは 9.7 と高明度であった。クレイは 8.3 と炭酸カルシウムよりも 1 以上明度が低かった。クレイの彩度は 1.5 で、炭酸カルシウムは 0.1 と非常に低かった。つまり炭酸カルシウムは黄緑がかった殆ど無彩色に近い白色であるのに対して、クレイは赤みがかった黄色を感じさせる白色であることがわかった。

表-2 体質顔料含有率 97%，固着剤含有率 3%の試験片の測色結果

体質顔料の種類	含有率	色相	明度	彩度
炭酸カルシウム	97%	4.7GY	9.7	0.1
クレイ		0.5Y	8.3	1.5

(固着剤:3%)

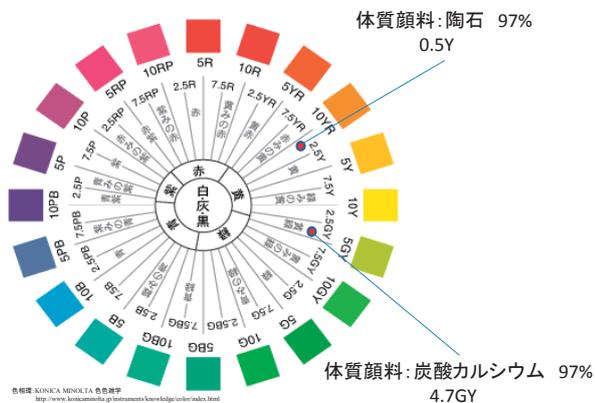


図-1 体質顔料含有率 97%，固着剤含有率 3%の試験片の色相

3-2 有色顔料を加えた試験片の色相

表 3 に各試験片の色相の値を示す。赤の有色顔料を用いた試験片では、クレイ含有率および炭酸カルシウム含有率が 47%，72%のいずれにおいても色相に顕著な差はなく赤の色相を示したが、クレイ含有率および炭酸カルシウム含有率が 92%では赤紫の色相を示した。クレイよりも炭酸カルシウムを用いた試験片の方がより赤紫の色相となった。黄の有色顔料を用いた試験片では、各試験片において色相に顕著な差はなく黄の色相であった。青の有色顔料を用いた試験片では、クレイ含有率および炭酸カルシウム含有率が 47%，72%のいずれにおいても色相に顕著な差はなく青紫の色相を示したが、クレイ含有率および炭酸カルシウム含有率が 92%の試験片では青の色相となった。特に体質顔料含有率 92%では炭酸カルシウムを用いた試験片がより青紫の色相に近かった。図 2 に体質顔料含有率 92%の時の各色相を示す。青の有色顔料を混合した時、その差が最も顕著であった。

シウムを用いた試験片の方がより赤紫の色相となった。黄の有色顔料を用いた試験片では、各試験片において色相に顕著な差はなく黄の色相であった。青の有色顔料を用いた試験片では、クレイ含有率および炭酸カルシウム含有率が 47%，72%のいずれにおいても色相に顕著な差はなく青紫の色相を示したが、クレイ含有率および炭酸カルシウム含有率が 92%の試験片では青の色相となった。特に体質顔料含有率 92%では炭酸カルシウムを用いた試験片がより青紫の色相に近かった。図 2 に体質顔料含有率 92%の時の各色相を示す。青の有色顔料を混合した時、その差が最も顕著であった。

表-3 体質顔料含有率が異なる赤・黄・青の有色顔料を用いた試験片の色相

有色顔料	体質顔料	色相	
		陶石	炭酸カルシウム
赤	92%	9.7RP	7.6RP
	72%	4.2R	4.0R
	47%	5.3R	4.7R
黄	92%	6.4Y	7.4Y
	72%	7.1Y	7.7Y
	47%	6.9Y	6.2Y
青	92%	3.6B	8.2B
	72%	0.6PB	0.3PB
	47%	1.7PB	1.7PB

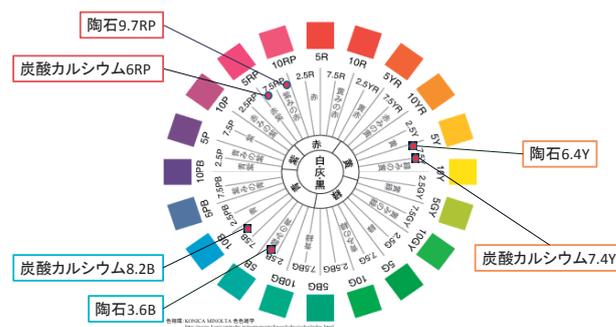


図-2 体質顔料含有率 92%の試験片における体質顔料の種類による色相の差異

3-3 有色顔料を加えた試験片の明度および彩度

表 4 に各試験片の明度および彩度の測定値を示し、図 3 に、体質顔料含有率の違いによる明度の変化を示す。図 3 の縦軸は明度、横軸は体質顔料含有率を表す。各色の試験片において炭酸カルシ

ムを用いた試験片の方が、クレイを用いた試験片に比べ高い値を示した。赤および青の有色顔料を用いた試験片では、体質顔料の増加に従い明度が高くなる傾向を示した。黄の有色顔料を用いた試験片では、体質顔料の多少によらず明度に大差はなかった。

表 4 体質顔料含有率が異なる赤・黄・青の有色顔料を用いた試験片の明度および彩度

有色顔料	体質顔料	明度		彩度	
		クレイ	炭酸カルシウム	クレイ	炭酸カルシウム
赤	92%	5.5	6.5	9.5	10.1
	72%	3.9	4.2	12.3	13.4
	47%	4.0	4.3	13.6	14.2
黄	92%	7.6	9.3	5.8	4.9
	72%	7.9	9.2	9.6	9.1
	47%	8.3	9.0	10.9	11.9
青	92%	6.1	7.8	5.8	7.0
	72%	4.3	5.0	10.6	12.0
	47%	4.1	4.1	12.5	12.5

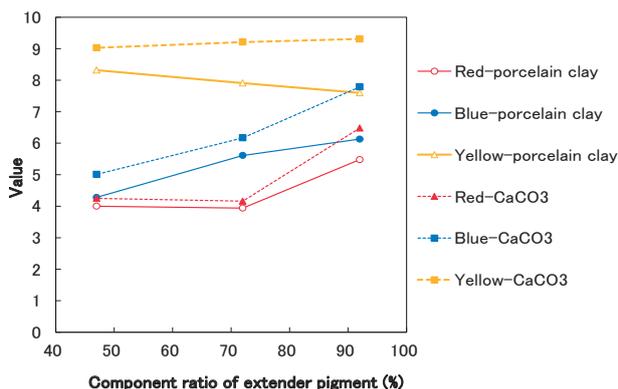


図 3 赤・青・黄の有色顔料を用いた際の体質顔料含有率と明度の関係

図 4 に体質顔料含有率の違いによる彩度の変化を示す。縦軸は彩度、横軸は体質顔料含有率を表す。各色の試験片において、体質顔料の増加に従い彩度が低下する傾向を示した。また体質顔料含有率 92%および 72%の黄の試験片を除き、クレイを使用した試験片に比べ炭酸カルシウムを使用した試験片の彩度が高い傾向を示した。彩度については、体質顔料含有率の違いによる変化が著しかった。体質顔料含有率が 47%の試験片と 92%の試験片を比較すると、体質顔料の種類や有色顔料の種類にかかわらず、彩度が 4 程度の差が認められ、この差異は明度より明らかに大きいことがわかった。

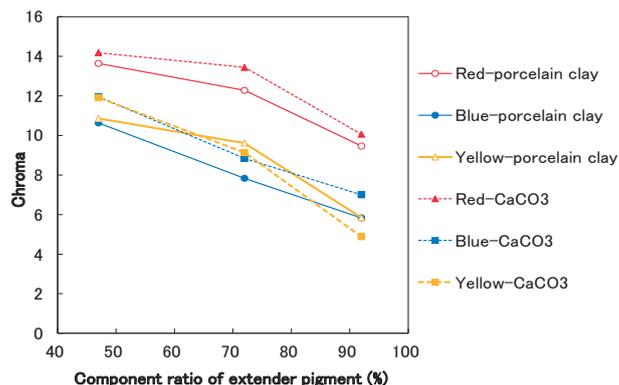


図 4 赤・青・黄の有色顔料を用いた際の体質顔料含有率と彩度の関係

4 考察

クレイと炭酸カルシウムの 2 種類の体質顔料を使用し、その含有率を変えた試験片の測色結果から、黄以外について、いずれの体質顔料の場合も含有率による色相の変化が確認できた。それは、体質顔料がもつ色みが影響していると考えられる。体質顔料は白に近い顔料であり、特に炭酸カルシウムのように明度が 9 以上になると殆どその色みに気づくことがない。しかし、体質顔料の色相がクレイは橙に近い黄、炭酸カルシウムは黄緑であったため、含有率 92%の時、赤の色相に差が生じ、青の色相には、顕著な差が生じたと考えられる。青の顔料に黄みを帯びたクレイ、または黄緑みを帯びた炭酸カルシウムを混練することは色相の離れた色同士の混色となり、緑みの強い炭酸カルシウムとの混練の方が青の色みが強くなったものとする。黄では体質顔料と有色顔料が同一色相であるため、影響は殆ど無かったと推察できる。赤については、絵具の混色の原理で考えると、赤の色みに橙に近い黄を混ぜれば赤は橙に近づき、黄緑を混ぜれば茶色がかつた赤になると考えられる。しかしながら、実験の結果は赤紫の色相を帯びた。このことから、有色顔料と体質顔料の混合は一般的な混色の予想のおりにはいかないことがわかった。

また体質顔料含有率と色相との関係では、黄のような同一色相では影響が小さく、赤や青といった体質顔料と色相差が大きい場合では、体質顔料含有率が 72%以下で有色顔料の持つ色相となることが明らかとなった。

明度については、体質顔料の種類の影響が大き

いことがわかった。炭酸カルシウムを用いた方がクレイを用いるよりも明度が高くなり、特に含有率が92%のとき、その差は最大となった。先に挙げた体質顔料含有率97%の試験片の測色結果より体質顔料がクレイでは明度8.3、炭酸カルシウムでは明度9.7であることから、炭酸カルシウムの高明度がその要因であると考えられる。

彩度は、全体的な傾向として体質顔料がクレイの場合により低い値を示した。先に挙げた体質顔料含有率97%の試験片の測色結果より体質顔料がクレイでは彩度1.5、炭酸カルシウムでは彩度0.1であることから、クレイと有色顔料の混練では彩度が低くなり、ほぼ無彩色である炭酸カルシウムと有色顔料の混練では彩度低下が起こらず、黄はクレイの色みと似ているため、彩度が高くなったと考えられる。明度に比べ体質顔料の種類による差は少なく、含有率による差が大きかった。体質顔料含有率が92%では、有色顔料の鮮やかさは失われることがわかった。

続いて、PCCS トーン分類を図4に示した。PCCSとは日本色研配色体系 Practical Color Co-ordinate Systemの略で、明度と彩度を「トーン」という概念で表している(4)。これに測色結果の明度と彩度を当てはめて検討したところ、体質顔料含有率92%の時、明度が高い傾向を示した炭酸カルシウムを体質顔料に使用すれば、ペールトーンやライトトーンに分類される明るく軽快な色みを得やすくなり、有色顔料の色調を抑制し、ライトグレイッシュやソフトトーンに分類される落ち着いた色みを求める場合は、明度が低いクレイを使用すると効果的であることが示唆された。

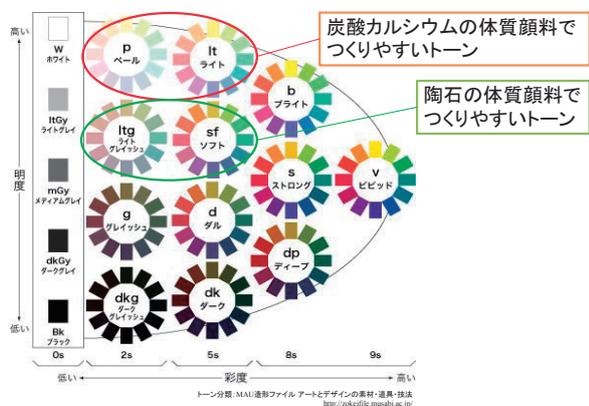


図5 トーン分類にみる体質顔料の明度彩度への影響

5 結論

本研究では、体質顔料の種類と含有率によってパステル本体の色にどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的に、クレイと炭酸カルシウムの2種類の体質顔料と3種類の有色顔料を用意し、含有率を変えた試験片を測色した。ソフトパステル製品本体への色の影響をマンセル表色系の色相、明度、彩度によって確認した結果、次のことが明らかになった。

色相においては、赤や青といった体質顔料と色相差が大きい場合では、体質顔料含有率72%以下で有色顔料の持つ色相となり、黄のような体質顔料と同一色相に近い場合は色相への影響が小さいことがわかった。体質顔料含有率92%の試験片では、体質顔料と異なる色相の有色顔料と混ぜ合わせた場合に、クレイと炭酸カルシウムで差がみられた。青については混色の原理で予想できる色相になったが、赤については予想外の色相になった。このことから色の調合の難しさを窺い知ることができた。

明度については、炭酸カルシウムを使用した方がクレイよりも明度が高くなり、含有率が高いほどその差異が大きくなることがわかった。彩度への影響は、炭酸カルシウムを用いたほうが、彩度が高くなる傾向にあったが、体質顔料の種類による影響は明度のように明確ではなかった。しかし、体質顔料含有率が彩度に及ぼす影響は、明度に比べて非常に大きく、体質顔料含有率が高くなると彩度は明らかに低くなった。体質顔料の増加に従い明度は上がり、彩度は下がる傾向を示した。特にクレイを体質顔料に用いることで、明度・彩度ともにより低くなり、抑制した色みとなった。

結果として、炭酸カルシウムを用いると、明るく軽快な色を作りやすく、クレイを用いると抑制的な落ち着いた色がつくりやすいという傾向が認められた。

【参考文献】

- 1) 田中為芳編:パステル-新しい画材ガイド-. 美術出版社(1998)pp. 100-101.
- 2) 森田恒之:画材の博物誌. 中央公論美術出版(2000)pp. 116-119.
- 3) ホルベイン工業株式会社:絵具材料ハンドブック(1997)pp16-25.

陰陽五行説の五色と五徳の関係性—冠位十二階における紫の意味

The Relationship of Five Colors and Five Virtues in the Yin-Yang Five Elements Theory: The Meaning of Purple in the Twelve Level Cap and Rank System

吉村 耕治 Kohji Yoshimura 関西外国語大学 Kansai Gaidai University
 山田 有子 Yuko Yamada 色彩講師・挿絵画家 Color Instructor, Illustrator

Keywords: 陰陽五行説、五色と五徳の関係性、冠位十二階、紫の多義性、正色

1. はじめに—古代より好まれている紫

紫は、赤とともに、古代より「色の中の色」「尊い色」「好ましい色」と感じられていた。そして、古代の中国より紫は、「青と赤の間色である」という考えが見られた。これは、後漢（ごかん）時代（25-220年）の字書『説文解字』（せつもんかいじ）に、紫は「帛の青赤色なるものなり」という説明があるという指摘が根拠になっている。

古代中国の陰陽五行説では、「青、赤、黄、白、黒」の五色が正色（せいしょく）と考えられている。正色は、混合色の意の中間色（間色）の反対語として用いられている。赤は正色に入っているが、紫は入っていない。陰陽五行説では、青と白の間色として碧色、白と赤（朱）の間色として紅色、赤（朱）と黒の間色として紫色、黒と黄の間色として駟（りゅう）黄色、黄と青の間色として緑色が考えられていた。そこで、孔子（前 552-前 479年）は『論語』陽貨第17（452）で「紫の朱を奪うを悪（にく）む」と述べている。この文の意味については、宮崎市定（2000: 299）は、正色を混合してできる色の紫が、正色の「朱だと思われて通っていることがあるから警戒せよ」、金谷 治（1999: 355）は、紫が「赤を圧倒するのが憎い」、加地伸行（2009: 404）は、紫が流行して「赤より増えているのをとがめる」と解釈している。紫が紀元前500年ごろに盛んに用いられていたことを示す証言になっている。孔子は、「赤」ではなく、「朱」と表現している。日本語では赤、中国語では朱が一般的に用いられている。

冠位十二階は、中国の陰陽五行説の五色と五徳を利用して、官吏の位を統一的に序列化した制度である。本稿は、その冠位十二階における紫と五色の持つ意味を考察することにより、「紫」に込

められている意味を探ることを目標にしている。陰陽五行説は、古代中国の戦国時代（前 403-前 221年）に生じた陰陽説と五行説が漢の時代（前 202-220年）に結びつき、一体化して生まれた思想である。陰陽五行説の「五徳」の内容は、儒教で説く「五常」と一致しているが、五つの徳を配置する順番が、五常と五徳では異なっている。

2. 冠位十二階の特徴と「冠位」の意味

日本が600年に第一回遣隋使を派遣した時、隋（581年建国、619年滅亡）の文帝に礼的秩序が整備されていないことを嘲笑されたことが、冠位十二階の制定の切っ掛けになっている（cf. 平田 耿二 2010: 48）。つまり、冠位十二階は、外国を意識して、外交の必要から作られたという説が最有力である。制定の第一の目的は、「外交使節の威儀を整えるため」と考えられている。第二の目的として、家柄にこだわることなく、「有能な人間を確保する人材登用のため」という理想的主張も見られる。しかし、この第二の目的は、現実的にはほとんど実施されなかったと判断されている。大和朝廷の政権下でも豪族の官僚化は進んでおり、律令制度のもとにおいても、官人になれる家柄は、ほぼ定まっておらず、世襲職的であったと指摘されている（cf. 平田 耿二 2010: 46）。

大和朝廷は豪族の連合政権の時代で、氏姓制度による支配機構が5世紀末から6世紀ごろには成立している。その氏姓制度の姓（かばね：氏を尊んだ称で、臣 [おみ]、連 [むらじ]、造 [みやつこ]、君 [きみ]、直 [あたえ] など）と冠位制とを比較すると、姓が氏に対して与えられたのに対し、冠位は個人に授与されていたことが言及されている。姓は世襲されたが、冠位は一身限りであった。氏姓制度は官職の世襲制と私有地・私有民制の上に成立していたのに対し、律令制は官僚制と公地公民制の上に成立している（cf. 平田 耿二 2010: 46）。従来の氏は、それぞれ個別的に天皇への奉仕を誓

っており、対等な氏に属する人を組み合わせて上司と部下という職務上の上下関係を結ばせることは容易ではなかったと言及されている。ところが、冠位を媒介にすると、官僚的上下関係を納得させ易いという利点があった。冠位十二階は、従来の氏姓の貴賤を否定する制度ではなく、従来の豪族を官人に脱皮させる上で大きな役割を果たしたというのが通説である。冠位十二階は豪族の身分秩序を再編成し、豪族を中央集権的官僚制度の中に取り込む礎になっている。

冠位十二階は、推古天皇 11 年 (603 年) に日本で初めて制定された冠位で、翌 12 年 (604 年) に天皇が冠位を初めて諸臣に授けたと考えられている。憲法十七条の制定と同様、天皇の権力を強化することによって、中央集権的政治体制の導入 (官僚制国家の建設) が意図されていたという説が有力である (cf. 平田耿二 2010: 38)。つまり、冠位十二階は律令制度に繋がる官僚制の萌芽と考えられている。律は、刑罰についての規定、令は、政治や経済などの一般行政についての規定を意味する。日本では 7 世紀後半から 8 世紀にかけて、中国で中央集権国家を樹立した隋や唐 (618 年建国、907 年滅亡) を模倣して、飛鳥浄御原律令 (あすかきよみはらりつりょう: 689 年施行) や、大宝律令 (701 年編集・制定; 位階と官職を対応させる官位相当制が確立; 律 6 卷・令 11 卷)、養老律令 (大宝律令を一部改修し 718 年編纂、757 年施行; 律・令各 10 卷) などが制定されている。その官僚制の萌芽が冠位十二階とされている。

人に等級 (位) を付けて統一的に序列化する制度は、高句麗や、新羅、百済にも見られ、官位 (爵位) 制が存在していた (cf. 若月義小 1998: 63-72)。さらに、同じ時代の中国の隋や唐の官品制度には似ていないが、それよりも前の時代の漢 (前 202 年建国、220 年滅亡) や南北朝 (420-580 年) の時代の思想制度の影響が言及されている (cf. 大倉精神文化研究所 1988: 238-42; 平田耿二 2010: 47-48)。つまり、日本の「冠位」は、実際に冠 (かんむり) を用いていることを根拠に「冠位」と表現されているが、明らかに「官位」と同様、官職や位階 (官吏の等級・位) を表している。『隋書』倭国伝でも冠位十二階の「冠」を「官」と認識している (cf. 若月義小 1998: 111)。冠位十二階の「冠」には官位の「官」の意味が込められている。「官位」と言わないで、「冠位」と表現したところに、日本らしさ (日本の独創性・独自性) を打ち出そうとする熱い精神が反映されている。最終的に、「官位」という直接的・明示的な表現を避け

て、「冠位」という多義性を持つ間接的・暗示的表現を用いる結果になった。ここには日本人の曖昧性を好む言語使用の特徴が反映されている。

「冠位」の冠は、『日本書紀』の説明によると、絹織物の一種である緇 (あしぎぬ: 悪しき絹の意; 太い糸で織った粗末な絹布) でできており、上の部分を合わせて袋のようにし、その周囲に縁が付けられていた。

黛 弘道 (1973: 224) が「聖徳太子の定めた冠位十二階」と語るように、冠位十二階は摂政で皇太子の聖徳太子 (厩戸皇子) が制定したと考えられてきた。しかし、21 世紀に入ることより、大臣である蘇我馬子も冠位十二階の制定に大いに関与していたことが認知されるようになっている。冠位の形式上の授与者は天皇であるが、冠位が授与される人を決定する人事権者は、制定時には聖徳太子と蘇我馬子の二人であったとされている。聖徳太子の主導権の程度を、どの程度認めるかは、学者によって意見が分かれるが、二人の共同の業績とする説が有力になっている (cf. 上田正昭・千田 稔 2008: 94-96)。

冠位十二階が改定され、七色十三階冠 (ななしきじゅうさんかいかん) が大化 3 (647) 年に制定され、翌年 648 年に施行されている。冠位十二階という名称にあわせて冠位十三階や、「制」を語末に付けて七色十三階冠制、冠位十三階制などとも呼ばれている。七色十三階冠が制定されたため、冠位十二階は、翌年の大化 4 (648) 年に廃止されているが、その後も何度かの改変が加えられ、律令位の位階制度に進化している。そして、現代でも遺制として叙勲などの制度に残っている。

3. 五徳の内容とその配置—五常との比較

中国の陰陽五行説における五徳は、「仁・礼・信・義・智」で、この最初に「仁」、二番目に「礼」、真ん中に「信」が配置されている。この五つの徳目の内容は、儒教で説く「五常」と一致しているが、配置の順番が異なっている。五常とは、人が常に守らなければならない五つの正しい道 (道徳) を表し、「仁・義・礼・智・信」を意味する。

最初に「仁」を配置することは、共通している。儒教の祖として敬愛される孔子 (紀元前 552 or 551-前 479 年) が、諸国を遍歴して回った時、特に説いたのは「仁」の道とされている。仁とは「人を思いやること、他者を愛する気持ち」を意味し、孔子は『論語』で仁を最高の道徳としている。

しかし、二番目が五常では義、五徳では礼となっている。礼とは、礼儀を表し、「仁」の精神を実際の行動に表したものである。つまり、仁と礼は、異なる意味を表しながら、お互いが表裏のように結びついている。

三番目が五常では礼、五徳では信である。信とは、信頼や、信用、誠実さを表し、友情に厚く、真実を告げること、約束を守ること、うそのないことを意味する。

義とは、正義を表し、利欲にとらわれず、行うべきことをすることを意味する。義は、常に「利」と対比して考えられている。

智とは、知恵や悟りを表し、道理を知り、知識を豊かにすることを意味する。

儒教には人が守るべき五つの道として、五典も見られる。五典とは、父は義（為すべきことを行うこと）、母は慈（情けをかけること）、兄は友（親しく交わること）、弟は恭（丁寧で慎み深くすること）、子は孝（孝行）を行うことを意味する。さらに、君主と臣下や、父子、夫婦の間の道徳である「三綱」と合わせ、「三綱五常」という熟語も見られる。このような徳目は、古代だけではなく、現代社会においても有効である。人間が生きる上での指針として活用することができる。

日本の神話や民話などには、「中を取る習俗」（真ん中を重視する習俗）が見られる。これは、中庸の精神や「間」を尊ぶ精神と密接に関連している。この精神は、日本だけではなく、中国や韓国などにも見られ、東洋に共通の精神文化と考えられる。中国の陰陽五行説の五徳では「信」が真ん中に配置されていることから、陰陽五行説では儒教の五常よりも「信」を重視していることが理解できる。これは、五徳の一つの特徴である。

4. 紫の象徴的意味

紫は、前漢（前206-8年）の第7代皇帝、武帝（前156-前87年；在位は前141-前87年）が特に好んだ色であったため、天帝の色として、他の者は使えない「禁色」とされていた。漢の武帝は、皇帝の住まいを「紫宸（紫極）」と表現していたため、それ以降、中国では紫が最高位の色とされている。この紫宸の「紫」は、天帝の居所という意の紫微垣（しびえん）との繋がりが含意されている。つまり、紫微垣（紫宮）の連想から紫宸と呼ばれている。紫は、道教の教理学において最も「尊貴な色」であり、百濟の冠位制に伴う衣冠においても、紫が最も「尊貴な色」であったと指摘されている（cf. 若月義小 1998: 106, 149）。宸は、

天子の住居、御殿を意味する。

日本の平安京では、朝廷の政務や儀式、裁判などが行われる正殿が、「紫宸殿」と呼ばれている。これは、正殿が平安京内裏の中心的な殿舎であるところからの命名である。即位の儀式や、朝賀（元日に天皇が大勢の臣下の祝賀を受けた大札）や節会（せちえ：天皇が臣下に酒や食物を賜る儀式）などの重要な儀式や政務が行われた建物である。天皇の居所を中心とする御殿が内裏と呼ばれ、17の主要な宮殿がある。その正殿の名前に「紫」が用いられている。これも、紫が「最高位の色」として利用されていたことを示す用例である。

なお、平安京の紫宸殿の北にある建物は、仁寿殿（じじゅうでん、じんじゅでん、にんじゅてん）と呼ばれ、五徳の最高の徳の「仁」が用いられている。倭国が第一回遣隋使を派遣した基本目的は、礼制の総合的摂取にあったと考えられている（cf. 若月義小 1998: 68）。そして、冠位十二階の位冠は「儀式に着用する礼冠」と考えられている（cf. 若月義小 1998: 101-102）。これらの表現には、古代の日本人が仁や礼という徳目を大切にする必要性を感じていたことが反映している。

5. 紫の語源と紫の文化的意味

紫色の紫は、元は「ムラサキ草」という植物の和名に由来している。この植物は群生しているため、「群（むら）」「咲き」と呼ばれるようになったと考えられている。この植物の根は、紫根と呼ばれ、古くから紫色の染料として用いられている。そこで、紫根で染色した色も「ムラサキ」と呼ぶようになったと推考されている。紫根に含まれるシコニン（shikonin）という色素によって染色される。シコニン（紫色の結晶）は、水には溶けにくい、アルコールには溶け、エーテルなどの有機溶剤にも溶けるといった性質がある。

紫色は、古代から「気品のある神秘的な色」「貴重な色」と見なされている。その理由は、「紫草の栽培が当時の技術では困難だったために珍重」されたこと、そして、紫色の染色には非常に手間がかかったことだけではない。紫根は熱に弱いため、美しい紫色に染めるためには、染液の温度を摂氏60度以下にして染める必要があった。確かに、古代中国では漢の武帝の時代以降、紫は「高位を表す色」「高貴な色」と見なされ、主に皇族や貴族、それに続く人たちにしか使用が許されなかったことが、大きな理由になっている。

しかし、紫が「気品のある神秘的な色」と見なされる理由を、冠位十二階における紫の意味に認めることができる。これは、南北朝時代に紫の地位が上昇し、五色の上に立つ「高貴な色」とされた理由でもある。

6. おわりに—五色と五徳の関係性と紫の多義性

冠位十二階は、大徳・小徳・大仁・小仁・大礼・小礼・大信・小信・大義・小義・大智・小智の12階の冠位に分かれている。徳目に関しては、「徳・仁・礼・信・義・智」の順に配列され、それぞれが「大」と「小」に分けられている。「徳」に続く徳目には、陰陽五行説の五徳が利用されている。そして、冠の色については、「紫・青・赤・黄・白・黒」の順になっており、それぞれの色が「深」と「浅」に分類されて、12階の冠位に分かれている。最上位に配置された紫に続く「青・赤・黄・白・黒」が陰陽五行説の五徳に一致している。

是非は別にして言及すると、色彩を用いることによって、冠位十二階では階級が可視的・物象的に表示されており、君主と臣下が一体化する象徴的行為としての意義が冠位に付与されている (cf. 若月義小 1998: 97)。例えば、王と大臣は、深紫の冠に深紫の服を、大夫は浅紫の冠に浅紫の服を着用していたと推考されている (cf. 若月義小 1998: 106, 117, 176)。

つまり、大徳が深紫、小徳が浅紫に対応している。徳とは、仁・礼・信・義・智のすべてを含むものであり、総称の役目をしている。冠位十二階では、最高の位である「徳」を表すために、「紫」が用いられている。これは、紫が「青・赤・黄・白・黒」という五色のすべてを含む総称の色として用いられていたことを意味する。紫が「気品のある神秘的な色」と見なされる理由は、まさに、この「紫の多義性」にあると指摘することができる。この考え方は、青と赤の間色が紫であるということと、古代のギリシャ以来、「すべての色は光と闇、あるいは白と黒の間から生ずる」とするアリストテレスの色彩論に似ていることに拠る。

そして、大化 3 (647) 年の七色十三冠位においては、一位と二位に相当する公服の色に深紫 (または黒紫)、三位相当の公服の色に浅紫 (または赤紫) が用いられている (cf. 若月義小 1998: 149)。この深紫と浅紫のように、色を「深」と「浅」のように細かく区別しているところに、日本人の微妙な色彩の区別を大切にしている心情が反映していると考えられる。

補足の項目として言及しておく、英語の red と blue の中間色の「紫色」に相当する表現は、purple で、すみれ色 (青紫) の意の violet よりも濃い紫色 (紅みがかかった紫) を表し、巻貝の一種のギリシャ語の porphyra やラテン語の purpura の古代の語に由来する。西洋では、この甲殻類の出す分泌物が紫の染料になっており、この染色法を発明したのは「現代のイスラエルやレバノンの地域に住んでいた古代のカナン人」であると指摘されている。1個の巻貝から抽出できる分泌物は極めて少量であったため、この染色法で染めた布は貴重なもので、ローマ帝国の頃より身分の高貴な者しか身に着けることができなかった。この染色法によって彩られた紫は、日本語では「貝紫色」と表現されており、日本語の紫色よりも赤に近い色 (赤味の強い紫、京紫、magenta) を表すことが多い。violet は青味の強い紫を表し、日本語の「江戸紫」に近い色を表す。増田美子 (1971) 「古代中国の紫」(『服飾美学』1号) も参照。

主要参考文献

- 1) 上田正昭・千田 稔 (編) (2008) 『聖徳太子の歴史を読む』東京：文英堂。
- 2) 大倉精神文化研究所 (編) (1988) 『総合研究：飛鳥文化』東京：国書刊行会。
- 3) 加地伸行 (全訳注) (2009) 『論語』(増補版) 東京：講談社。
- 4) 金谷 治 (訳注) (1999) 『論語』東京：岩波書店。
- 5) 新川登喜男 (2007) 『聖徳太子の歴史学—記憶と創造の1400年』(講談社選書メチエ382) 東京：講談社。
- 6) 叢小榕 (監修)、ハイブロー武蔵 (著) (2006) 『生きる力が身につく論語』東京：総合法令出版。
- 7) 平田耿二 (2010) 「聖徳太子と冠位十二階」新人物往来社 (編) 『日本史に出てくる組織と制度のことがわかる本』東京：新人物往来社、pp. 38-49。
- 8) 黛 弘道 (1973) 「冠位十二階考」論集日本歴史刊行会、原島礼二 (編) 『大和王権』(豊田武・児玉幸多・大久保利謙 [監修] 論集日本歴史1) 東京：有精堂、pp. 224-65。
- 9) 宮崎市定 (2000) 『現代語訳 論語』東京：岩波書店。
- 10) 歴史学研究会 (編) (2005) 『日本史資料 [1] 古代』(全5巻) 東京：岩波書店。
- 11) 若月義小 (1998) 『冠位制の成立と官人組織—東アジア史の観点から』東京：吉川弘文館。

幼児教育者の色覚異常に関する意識調査と 色覚特性推定のためのぬり絵図案の作成

Awareness survey about color deficiency to educator of infants and creating
a coloring pictorial for the color vision characteristics estimation

桂 重仁	Shigehito Katsura	九州大学大学院芸術工学研究院	Faculty of Design, Kyushu University
金田恵梨子	Eriko Kanada	九州学大学芸術工学部	School of Design, Kyushu University
須長正治	Shoji Sunaga	九州大学大学院芸術工学研究院	Faculty of Design, Kyushu University

Keywords: 色覚異常, 混同色, クレヨン, ぬり絵, 幼児教育

1. はじめに

色覚異常をもつ人は、男性で約 5%、女性で約 0.2%の頻度でいると言われている。色覚異常をもつ人は、一般的な色覚をもつ人より見分けられる色の数が少なく、色の知覚および色への認識が異なる場合がある。そのため、色彩が関わる業務に就職する際は、色覚異常をもつ人は制限を受けてきた。現在でも、パイロット等の色が人の生命に関わるような情報として使われている職業では、色覚特性による制限が存在している。しかし、以前は、過剰なまでの職業制限があり、色覚異常に対する正しい理解の訴えから職業制限が徐々に緩和されてきた。それと相まって、2003年に小学校4年での色覚検査の義務が廃止されている。

色覚検査の義務の廃止から10年以上経過し、検査を受けていない世代が就職を迎えたこの数年、自分自身の色覚特性を知らないことによる問題が表面化してきている。すなわち、前述したように色覚特性による制限のある職種が存在しているため、そのような職業を志望した際に、自身が色覚異常であることを初めて知り、突然、進路変更を迫られたという事例が報告されている。これは色覚検査の義務の廃止の弊害であると思われる。この問題を解決するには、色覚検査の廃止を補償する何らかの仕組みが必要となる。色覚は人の知覚システムのひとつであり、知覚は行動に現れる。もし、その行動に気づくことができれば、色覚検査代替の仕組みとして、十分になりうる。

色覚特性が現れる行動として、絵を描く際の色使いがあげられる。日本では、幼児期において絵を描く機会が多い。しかし、色覚異常をもつ人が絵を描くとき、塗る色を混同することにより、一般的な色覚を持つ人から見ると違和感のある色使いをすることもある。この違和感に、保育士や

保護者のような周囲の人が気づけばよい。そこで、本研究では、色覚特性の早期発見を実現するために、次の2つを目的とした。1つ目は、保育士が色覚異常を発見するだけの知識や意識があるかを明らかにし、現状の色覚異常についての幼児期の環境実態を把握すること、2つ目は、色覚異常発見の手がかりとして、ぬり絵の色使いに色覚特性の特徴がどのような色に現れるかを明らかにすることであった。その方法として、保育士へのアンケート調査の実施と、色覚異常をもつ大学生に対しぬり絵の実験を行った。

色覚特性の早期の把握は、就職の際の問題以外にも利点がある。色覚特性による違和感のある色使いは、時として色覚異常をもつ人に対する揶揄やいじめの原因となりうる。このような状況を改善し、色を用いたコミュニケーションの齟齬や揶揄に対し適切な対応をするためには、より早い段階で保護者や保育士といった周囲の大人が、子どもが色覚異常である可能性に気づくことが必要不可欠である。

2. 色覚異常に対する保育士の知識の実態調査

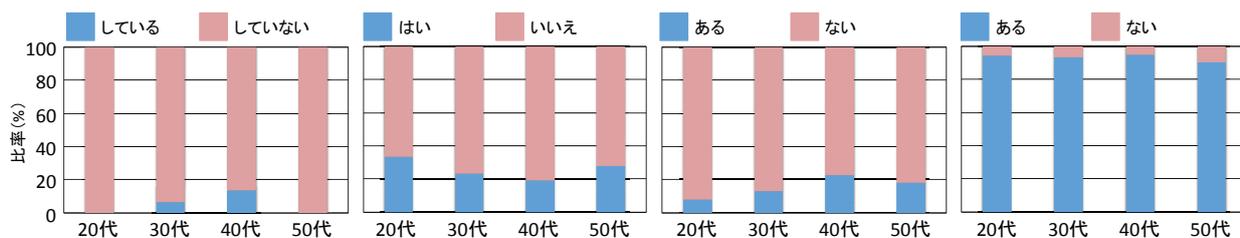
2.1 調査内容と対象

アンケートは実施目的を説明した上で、調査に同意した場合にのみ無記名で行った。アンケート内容は、保育士自身のプロフィール、色覚異常についての勉強歴、保育における色の使用方法、幼児のクレヨン画に対する意識等の、全21項目の自由回答を含む質問形式とした。

調査対象は、福岡市内の私立幼稚園2園、私立保育園7園、北九州市の私立幼稚園1園に勤務し、3~5歳児を保育する保育士112名とした。

2.2 アンケート結果と考察

112名の回答を、各項目について年代別に集計した。図1にアンケートの質問4項目における回答比率を示す。「色覚異常について、日頃から意



(a) 意識しているか. (b) いじめにつながるか. (c) 学習経験はあるか. (d) 意欲はあるか.

図1 アンケート質問4項目における回答比率

識していますか?」の質問では、30代、40代の7%、14%が意識していると回答した。「他の幼児と色使いが異なることが、揶揄やいじめに繋がると考えられますか?」の質問には、19~33%程度がいじめに繋がると考えていた。「色覚異常について学んだことはありますか?」の質問には、8~23%の低い割合であった。しかし、「色覚異常について学ぶことは意味があると思いますか?」の質問では、全年代で90%と高い割合であった。

以上の結果から、色覚異常について普段から意識しているとは言えず、知識も少ないことが浮き彫りとなった。このような状況下では、いじめに繋がるような違和感のある色使いを見かけたとしても、間違いを指摘するような場当たりの対応しか取れず、根本的な解決に至ることまでは期待できない。それどころか、間違いを指摘されたことにより、色について幼児自身が悩みを抱えるきっかけとなってしまう可能性も考えられる。このような状況を打開するためにも、保育士に対し色覚異常についての情報を提供していくことは重要である。保育士の学習意欲は高いことから、適切な情報を提供することにより、保育士の色覚異常への対応改善を期待することができる。

3. 色覚異常に対するぬり絵実験

3.1 実験環境と実験刺激

実験は、D65 近似蛍光灯 (TOSHIBA FL20S・D-EDL-D65) を用いて、照度 280 lx で机を照らし環境で行われた。机は、灰色 (マンセル N5 相当) のラシャ紙で覆われていた。

図2にぬり絵の図案を示す。図案は、「おに」、「おんなのこ」、「かに」、「さくら」、「さつまいも」、「すみれ」、「なす」、「ひまわり」、「みかん」、「もみじ」、「もも」、以上の11の図柄を使用した。これらは、色を塗る際に、正常者では色のぼらつきが小さく、色覚異常では混同する可能性がある色の図案として採用された。図案は、1枚の紙に1つの図案のみが描かれていた。

クレヨンには、色数の違いによる影響を調べるため、サクラクレヨン太巻 12, 16, 20, 24 色の4種類を使用した。実際に使用する際は、クレヨンのラベルを剥がし、被験者に色名がわからないようにした。

3.2 実験方法

被験者に、ぬり絵の図案が描かれた紙を1枚ずつ渡し、クレヨンで色を塗ってもらった。この際、被験者には、「おに」以外は、その物体として最も自然な色合いになるように色を塗るように教示した。「おに」は、被験者の好きな色で自由に



図2 実験に使用したぬり絵の図案

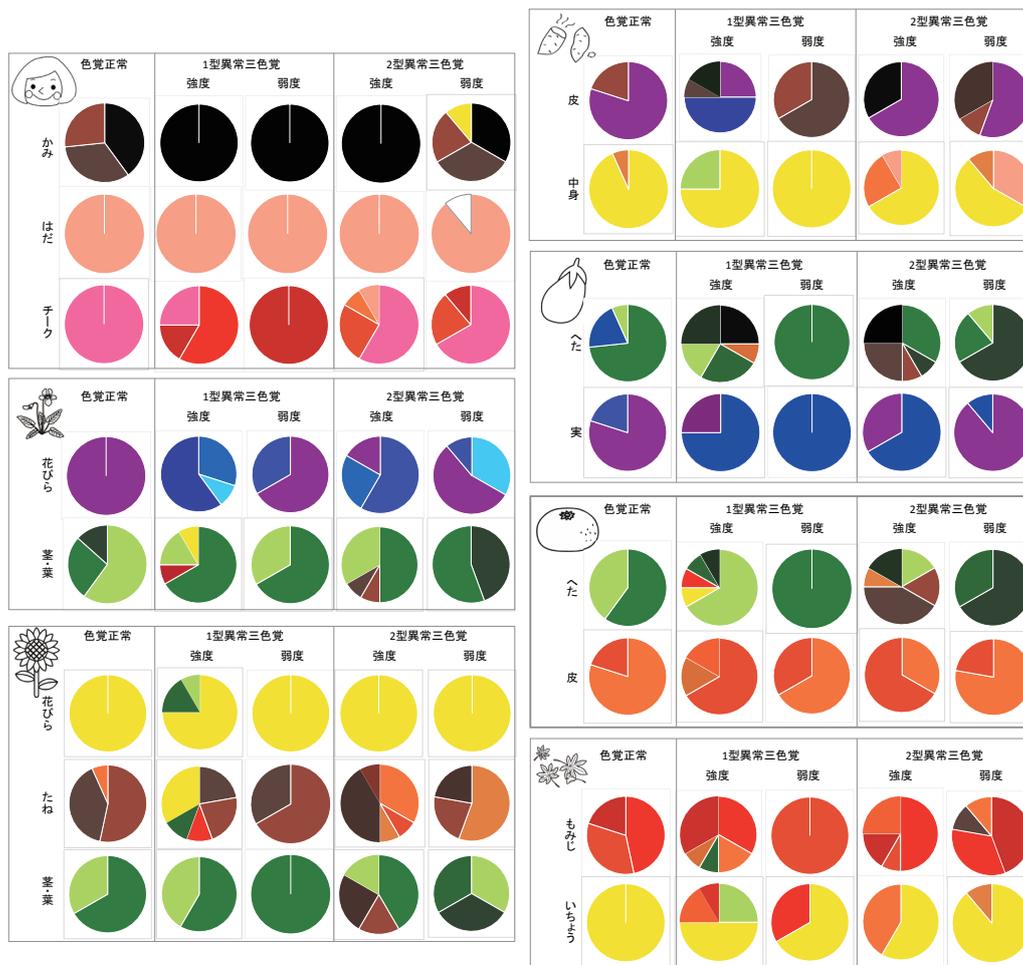


図3 ぬり絵で使用されたクレヨンの色の割合

塗ってもらった。各被験者は1つの図案に対し、ランダムな順番で3試行のぬり絵を行った。また、1枚色を塗るごとに、クレヨンが入っているケース内のクレヨンの配置を入れ替えることで、被験者が位置によって色を推測できないようにした。

被験者として、色覚正常者5名、1型異常三色覚5名(強度4名、弱度1名)、2型異常三色覚7名(強度4名、弱度3名)の大学生が参加した。また、クレヨン12, 16, 24色については、1型強度1名、2型強度1名のみが参加した。色覚特性は、石原式色覚検査表、アノマロスコープ、FM-100Hueテストによって分類した。

3.3 実験結果

図3にぬり絵に使われたクレヨンの色の割合を円グラフとして示す。「おんなのこ」の肌、「かに」の体部分、「さくら」の花びら、「もも」の実の部分、「ひまわり」の花びらは、全ての被験者で顕著な差は見られなかった。「さつまいも」の皮の部分は、色覚正常者では紫や茶で塗ることが多かった。色覚異常をもつ被験者は、茶、黒で塗る頻

度が高かった。特に1型の被験者は、群青を使う場合もあり、色覚正常者で最も多かった紫を使う頻度が非常に低かった。色覚正常者が一般的に紫と緑で塗る「すみれ」や「なす」の場合、色覚異常をもつ被験者は、「なす」の実や「すみれ」の花びらを青系色で塗ることが多かった。また強度の場合は、「すみれ」の葉や「なす」のへた部分を緑系以外の色で塗ることがあった。「ひまわり」の中心の種の部分は、色覚正常者と色覚異常をもつ被験者で使用する色に変化は見られなかったが、1型色覚異常をもつ被験者は暗めの茶色、赤、緑を使用し、2型色覚異常をもつ被験者は明るめの茶色、みかん色、黄土色、だいたい色を使用するという特徴が見られた。また先述と同様に、一般的に緑で塗られる茎、葉の部分に茶色系の色を使用するという特徴が、2型色覚異常の被験者に多く見られた。「おんなのこ」のチークや「みかん」の皮では、色覚異常をもつ被験者は、より赤みの強い色で塗る傾向が見られた。特に「みかん」の皮には、色覚正常者はみかん色を使用する

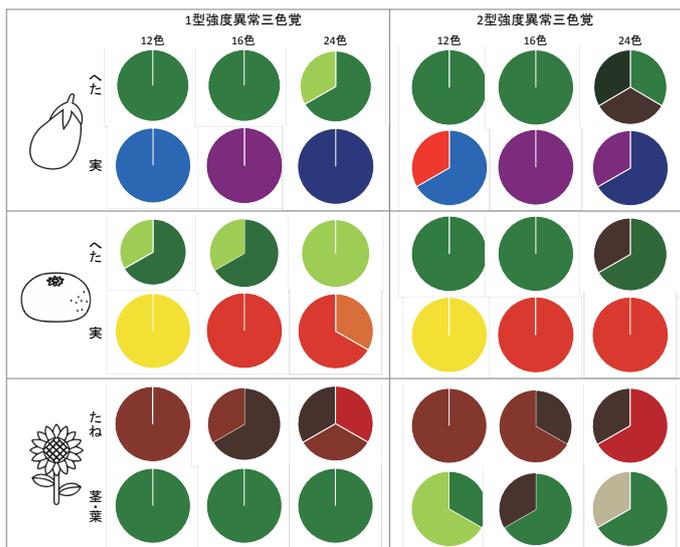


図4 ぬり絵で使用されたクレヨンの色

12色	16色	20色	24色
あか	あか	あか	あか
		しゅいろ	しゅいろ
	だいだい	だいだい	だいだい
		みかんいろ	みかんいろ
きいろ	きいろ	きいろ	レモンいろ
きみどり	きみどり	きみどり	きみどり
みどり	みどり	みどり	みどり
		ふかみどり	ふかみどり
みずいろ	みずいろ	みずいろ	みずいろ
あお	あお	あお	あお
		ぐんじょう	ぐんじょう
			あいろ
	むらさき	むらさき	むらさき
			あかるいむらさき
ももいろ	ももいろ	ももいろ	ももいろ
うすだいたい	うすだいたい	うすだいたい	うすだいたい
	おうどいろ	おうどいろ	おうどいろ
			くちほいろ
ちやいろ	ちやいろ	ちやいろ	ちやいろ
	こげちや	こげちや	こげちや
くろ	くろ	くろ	くろ
はいいろ	はいいろ	はいいろ	はいいろ
しろ	しろ	しろ	しろ

図5 各色数のクレヨンに含まれる色

頻度が高いが、色覚異常の場合、だいだい色の使用頻度が高かった。この傾向は、弱度より強度のほうがより強く現れていた。「もみじ」においては、全ての被験者が赤色や朱色、みかん色などを使用していた。しかし、この「もみじ」の図案中にある銀杏には、正常者は黄色であるが、色覚異常の場合は黄緑色やみかん色などを使用していた。

図4に、クレヨンの色数が異なる場合の結果、図5に各クレヨンに含まれる色を示す。どちらの被験者の場合も、色数は少ないほうが安定した色使いができていくことがわかる。「なす」の実は、16色のときに紫を使用していることから、群青や藍色のような青と紫の中間色がない場合は、色覚正常者との差は生じにくいことがわかる。また、「みかん」の皮や「ひまわり」のたねも同様に、20色に含まれているような赤系統の色数がない場合は、差がつかない可能性がある。

3.4 考察

実験結果から、色覚正常者が茶色に塗る部分に対し、1型の被験者は暗い茶色系、2型の被験者は明るい茶色系を使用することがわかった。また、2型の被験者は、茎や葉に対し暗い茶系を使用する頻度が高かった。これは、異常のある錐体の感度が影響することで、正常者よりも1型の場合は赤系を暗く、2型の場合は緑系を暗く知覚していると考えられる

最後に、実験結果を踏まえた上で色覚特性を推定するためのぬり絵図案を提案する。この絵には、紫、赤、ピンク、オレンジ、茶が含まれ、幼児でも親しみやすい内容としている。この図案を利用

した色覚特性の推定には、さらなる検証が必要となるが、色覚異常の早期発見のための1つのツールとしての効果は十分に期待できるであろう。

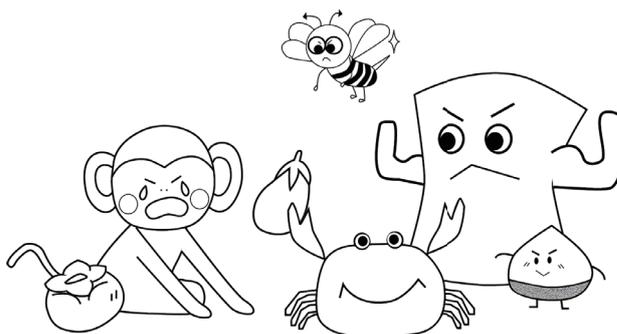


図6 色覚特性推定のためのぬり絵図案

4. おわりに

本研究では、保育士に対し色覚異常に関する知識・意識調査と、クレヨンの色使いから色覚特性を推定するために必要な基礎的なデータの収集を行った。そして、最後に、ぬり絵の実験結果を踏まえ、色覚特性推定のためのぬり絵図案を提案した。保育士の知識は、色覚異常を取り巻く環境としては決して満足できるレベルではないことが浮き彫りとなった。また、実験では、大学生の被験者ではあるが、色覚特性に依存したクレヨンの色使いがぬり絵に現れることが明らかになった。現状では、保育士がこの色使いの原因の一つとして、色覚異常を考えることができるかどうかには疑問が残る。色覚特性を早期に把握するためには、保育士への色覚に関する情報提供のあり方の検討が今後の課題であるといえる。

2色覚の視点に立ったカラーユニバーサルデザインのための色見本帖

Color sample sets based on the viewpoint of dichromats

須長正治	Shoji Sunaga	九州大学大学院芸術工学研究院	Faculty of Design, Kyushu University
桂 重仁	Shigehito Katsura	九州大学大学院芸術工学研究院	Faculty of Design, Kyushu University
玉野由利子	Yuriko Tamano	九州大学芸術工学部	School of Design, Kyushu University
大井手晴香	Haruka Oide	九州大学芸術工学部	School of Design, Kyushu University
金田恵梨子	Eriko Kanada	九州大学芸術工学部	School of Design, Kyushu University
光安祥代	Sachiyo Mitsuyasu	九州大学芸術工学部	School of Design, Kyushu University

Keywords: カラーユニバーサルデザイン, 色見本帖, 配色, 2色覚, マンセル色票.

1. はじめに

多様な色覚特性を持つ人たちにも色による情報が伝達されるように視覚表示物をデザインするというカラーユニバーサルデザインは広まりつつある。しかし、カラーユニバーサルデザインには、まだ問題も残っている。大井手らは、現在のカラーユニバーサルデザインでは、3色覚に対しては色の目立ちなどが考慮されていても、2色覚に対しては単に見分けられるだけという判断で作成されている視覚表示物が多く存在していることを示し、2色覚の視点からの配色手法の重要性を指摘している¹⁾。2色覚視点の配色手法は佐藤によって提案されており^{2,3)}、その手順は、

- (1) 青黄・明度平面上にて、2色覚者の視点の配色を決める。
- (2) 2色覚者用の配色に用いた色を混同色線上で変化させ、3色覚向けの配色を決定する。

というものである(図1)。3色者向けへの色の変更は、混同色線上での変更であるため、最初に行った2色覚視点の配色が保持される。

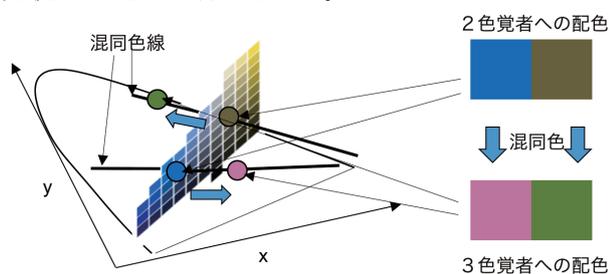


図1 2色覚の視点に立った配色手法

しかし、佐藤が提案する配色手法は実用されておらず、実用に至るには、主に2つの課題を解決する必要がある。最初の課題は、3色覚向けの配色に色を変える際の混同色は1型、2型、3型では異なるた

め、これらの3つの混同色線をどのように扱うかである。カラーユニバーサルデザインとしては、非常に稀な3型色覚を除くことはできても、1型と2型のどちらにも対応しなければならない。2番目は、青黄・明度平面にて、どの程度の色差間隔にて、色見本を用意すればよいかという課題である。本研究では、2色覚向け配色から3色覚者向け配色への色の変更の際、2色覚者の配色にて、ある程度の色の変化を許容することと、1型と2型色覚にある程度対応可能な中間の混同色を仮定することで、これらの課題に対処し、2色覚視点の配色を実践するため色見本帖の試作を行った。色見本帖は、混同色あるいは混同色と類似した色から構成される複数の冊からなる。

2. 実験

2色覚の混同色の冊を作るには、色を2色覚者に、混同色、あるいは、それに近い色からなる色グループに分類してもらうことが必要となる。しかし、前節で述べたように、本研究では、1型と2型の中間の混同色を仮定したため、2色覚者による分類を行えない。そこで、実際に2色覚者に色票を分類してもらうのではなく、1型と2型を複合した型の2色覚シミュレーションを実現する色弱模擬フィルタ(伊藤光学工業 バリアントール P・D 複合型)を3色覚者に着用してもらい、1型と2型を複合した型の混同色あるいは混同色に近い色グループに分類を行った。

2.1 方法

色見本帖の元となる色(以下、色票と呼ぶ)には、1553色から構成されるマンセル色票(日本色研事業管理色票)を使用した。マンセル色票は横5.5cm、縦7cmのサイズの紙製で、表面は光沢仕上げであった。D65近似蛍光灯でこれらを照明した。色票が置かれた机上面の照度は550lxであった。被験者として4名の3色覚者が実験に参加し、協力し合いながら色分類を行った。被験者の課題は、最初に、色

票を色カテゴリで大雑把に分け、その後、配色したときに似ている色であると判断される色の範囲となるように色票を分類することであった。さらに、分類終了後、色グループに対し、色名をつけた。色名は、慣用色名、系統色名、それらを合わせた色名が許された。また、比較のために、色弱模擬フィルタ着用なし、P型(1型)色弱模擬フィルタ着用、D型(2型)色弱模擬フィルタ着用でも実験を行った。

2.2 結果および考察

P・D 複合型色弱模擬フィルタ着用条件では 32 グループに色分類された。着用なし条件では 47、P 型着用条件では 23、D 型着用条件では 27 となった。色弱模擬フィルタ着用時では、着用なしに比べ、およそ 5 割から 7 割のグループ数となった。図 2 に、結果の一例として、167 枚のマンセルバリュー 8 の色票の分類結果を CIE1931xy 色度図にて示す。シンボルの色の違いは色グループを表す。マンセルバリュー 8 では、「黄」、「ベージュ」、「白」、「紫がかった白」の 4 つのグループに分類された。これらのグループの境界は 1 型あるいは 2 型の混同色線に沿っており、色弱模擬フィルタによる混同色の特性が反映されていることが確認できる。他のマンセルバリュー平面でも総じて同様の傾向が認められた。

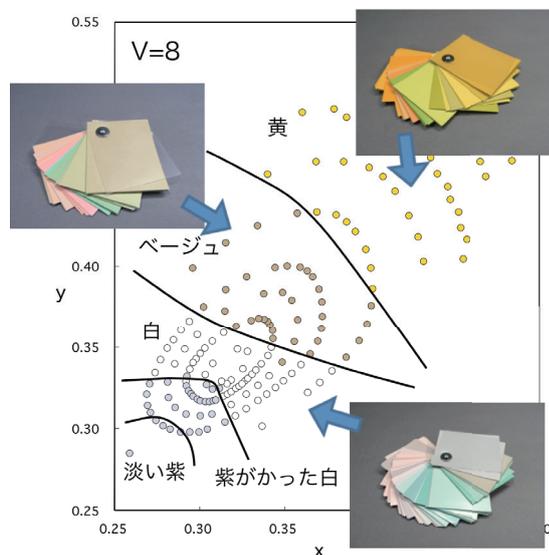


図 2 マンセルバリュー 8 での色分類と色見本帖の冊

3. 2 色覚者視点に立ったカラーユニバーサルデザインのための色見本帖の試作

実験結果を元に、混同色あるいは配色した際の混同色と類似した色から構成される複数の冊からなる色見本帖を作成した。実験結果には、実験誤

差などにより、色グループの境界付近では、相互の色グループの色票が入り組んでいた。そこで、これらの色票を色度座標に応じて配置し、色グループ境界付近の色について P・D 複合型色弱模擬フィルタを着用して色グループを再検討し、あらためて境界を設定した。図 2 の実線が再検討による色境界である。また、図 2 に作成した色見本帖の冊の写真を示す。

図 3 に色見本帖を示す。色見本帖の各冊の表紙には、各冊に含まれる青黄・明度平面の色を用いた。青黄・明度平面の色として、主波長 475 nm と主波長 575 nm の色に最も近いマンセル色票を求めた。32 グループ中 28 グループにて、これらの色が含まれていた。これらの色を表紙に用いることにより、青黄・明度平面での配色を検討することが容易になる。

4. おわりに

本研究では、佐藤によって提案された配色手法を実践するための色見本帖を試作した。ただし、今回、作成した色見本帖では 1 型と 2 型の中間の混同色を仮定したため、今後の課題として、この色見本帖がどの程度 1 型および 2 型色覚に対応できるのか検証する必要がある。



図 3 2 色覚の視点に立った色見本帖

参考文献

- 1) 大井手晴香, 桂 重仁, 須長正治, “二色覚者の視点に立った目立つ配色手法の提案,” VISION, 28, 53-54, 2016.
- 2) 佐藤尊之, 東洋インキ製造株式会社, 色票, 特開 2005-246830, 2005-09-15.
- 3) 佐藤尊之, 東洋インキ製造株式会社, 色を選択する方法, 特許第 4507641 号, 2010-07-21.

香りから想起された配色によるパッケージデザイン

Package design with color combination imaged from aroma

多田真奈美 Manami Tada design office Chic.ltd
 市場丈規 Takenori Ichiba Color Lab. for full Life (くらしの色彩研究会)

Keywords: 配色, 香り, イメージ, 商業デザイン, 商品企画, パッケージ

香り (D) Rose (0.05ml), Rosewood (0.1ml),
 Geranium (0.1ml)

1. はじめに

本研究は、配色が繊細な感覚である香りを表現できるかが主テーマであり、配色ワークに取り組み配色表現の広がりを目指している。2014年には「香りからイメージする配色表現Ⅱ」のポスター発表を行い、配色を作成した被験者が香りから受けるイメージと、その配色を見た第三者が視覚的に受けるイメージにどの程度の関連性があるかの調査を行なった。結果、配色を利用することにより複雑な香りを視覚で伝えられることが示唆されたため、今回は、配色の表現力を実際に利用する例として「香りからイメージする配色表現」によるデザインワークを行うことになった。

2. アロマ商品パッケージの色の役割

商業デザインに於いて、色の「情報を伝える」役割は重要である。アロマ商品パッケージでの色の具体的な役割は、どのようなコンセプトの商品なのかを伝えること、区別・差別化をさせること、どのような香料を使用しているか伝えること等であるが、どのような香りかを詳細に伝えるものは見当たらない。今回発表するカラーデザインは、視覚で香りを伝えるデザイン制作の試みである。

3. 概要

まず、4種の香りのアロマソルトを用意した。使用された精油の種類と量は以下であり、それぞれ50gのヒマラヤソルトに混ぜた。

香り (A) Lavender (0.1ml), Orange (0.1ml),
 Benzoin (0.05ml)

香り (B) YlangYlang (0.05ml), Rosewood (0.1ml),
 Lemon (0.1ml)

香り (C) Neroli (0.1ml), Frankincense (0.05ml),
 Bergamot (0.1ml)

4. 配色作成

4種のアロマソルトの各香りのイメージから、カラーリスト5名が配色カード199aによりそれぞれバーコード型の配色を作成した。(写真1) 出来上がった配色からデザイナーがパッケージデザイン用の配色を決定する。その際カラーリストが作成した配色から受けるイメージに加え、デザイン上の配色の美しさとアロマソルトに使われているアロマの原材料のイメージを考慮した。また、印刷のために色をシアン・マゼンタ・イエローに設定した。

5. パッケージデザイン作成

決定した配色を素にデザインを作成した。

デザイン案1 (写真2, 3)

バーコード型の配色を活かしたシンプルな基本デザインである。蓋部分には配色のメインカラーを使用した。4種のパッケージを並べることで「Arom Salt」の文字が見える。

デザイン案2 (写真4)

香りの原料である植物のイラストを描き、モノトーンでまとめたデザインである。アクセントにバーコード型配色を使用した。

市場のアロマ関連のパッケージはあえて色を使用しないモノトーンのものが多く見られ、特に高級フレグランス等の複雑な香りに多いようである。デザイン案2も同様にモノトーンが主であるが、アクセントの配色が香りを想起させる仕組みである。

デザイン案3 (写真5)

デザインは色だけではなく形も重要である。しかしバーコード配色はストライプで表現されているため、カジュアルでシャープな印象を与える。そこで香りの特性を表現するため、グラデーショ

ンを使用した。デザイン案1と同様にシンプルであるが、やわらかな印象に仕上がった。

デザイン案4(写真6)

デザイン案3と同じく、香りの特性を表現するためにぼかした円形でデザインを試みた。他のパッケージデザイン案と比較し、可愛らしく楽しい印象である。

5. おわりに

視覚で香りを伝えるパッケージデザインを試み感じたことは、デザインに於いての「形」の影響の大きさである。配色段階であまり気にならなかったバーコードの形が、具体的なデザイン段階になると強く主張し、香りの表現に苦慮した。それでも香りそのものをパッケージデザインの色で表現する試みは、デザイン手法のひとつとして興味深いものであった。

次の機会には、パッケージを見た第三者が視覚的に受けるイメージについての調査を行いたい。



写真1 バーコード配色と決定した色



写真2 パッケージ案1



写真3 パッケージ案1 香り別デザイン展開



写真4 パッケージ案2



写真5 パッケージ案3



写真6 パッケージ案4

木曾三川公園 桜堤サブセンター景観デザイン

Landscape Design for the Kiso-sansen Park

林 英光	Hideaki Hayashi	ランドアート&デザイン	Land Art&Design
松原秀樹	Hideki Matsubara	株式会社テイコク	Teikoku International
森 旬子	Junko Mori	名古屋市立大学	Nagoya City University

Keywords: 景観計画, 色彩計画, サイン計画,

1. はじめに

本研究の対象は国土交通省 中部地方整備局 木曾川上流河川事務所の事業であり、国営木曾三川公園羽島地区の計画であるが、ここでは景観計画における色彩計画とサイン計画について述べる。当敷地は国営木曾三川公園全域の中間点にあたり、公園全体を視野に入れた重要な結節点として位置づけられる。図1

基本理念は、1 自然環境への理解 2 歴史文化への理解 3 広域への貢献。川や流域のもつ魅力、自然環境や歴史文化を活かし、木曾・長良背割堤が残る豊かな水辺環境と、ケレップ水制などの歴史遺産を直接体験できる場とすることである。

また羽島地区には、木曾三川の治水構造物であるケレップ水制が残っている他、水制周辺やワンドには貴重な動植物が生息し豊かな自然を有している。これらの河川敷の条件を生かし、中部地方整備局の景観整備の基本思想である「あるべきものが、あるべきところに、あるべき姿で」に沿って取り組んだ。



図1 桜堤サブセンター全景

2. 前提条件と計画地概要

先ず上位計画と既基本計画をもとに、本計画を総合的に再検討した。羽島地区の堤外地は高水敷と低水敷で構成されており、高木層の樹林が景観的にアクセントを与えているが、その他は地形の変化に乏しく、全体的には平坦な印象となっている。低水敷の下流側は高水敷と同様にほぼ平坦でヨシ原の占有率が高くなっている。上流側は滞水の見られる河道湖が数箇所あり、内陸部の水辺空間を形成する他、樹高20mに及ぶアカメヤナギの木立が点在しており、優れた景観を見せている。



図2 全体計画構想図

3. デザインの基本方針

木曾川における高水敷（人工的な平坦地）と低水敷（水と緑の混在）の場所の特性を考慮し、下記のデザイン方針とする。

- ▷ この場所に相応しい必然性のある整備とする。
- ▷ 既存の隣接する施設との関係で配置計画を行う。
- ▷ 当地域の歴史文化の特性を学習出来る場所とする。
- ▷ 景観的視点からも、この場所らしさが明快で解り易い景観デザイン構成とする。
- ▷ ゾーンニング、配置計画など全体構成とそれを支える付属物等も（サイン、案内、誘導、トイレユニット、照明、遊具ベンチなど）同様の考え方に準じるデザインとする。

- ▷ 堤防から見下ろした全体の俯瞰景観は、自然景観を活かすため直線的デザインを避け、来訪者に明快で個性的な印象をあたえるデザインとする。
- ▷ 高水敷（動的空間）と低水敷（静的空間）の有機の関係性および景観に配慮する。
- ▷ 高水敷は低水敷の緑地と堤防とに挟まれた比較的閉鎖的な空間であるので、伸びやかで開放的な風景を楽しめる空間とすることによって利用者のリピートを促す。
- ▷ 川に面し、ワンドと溜まりのある低水敷は、水と緑の自然環境・河川空間実体験・観察及び景観を楽しむ。
- ▷ 散策、スケッチ、休息などに適した有機的・静的環境としての配慮をする。
- ▷ 漠然とした広い空間であり、案内サインは木曾川の風土・歴史・水・生物などの環境的学習の説明の他、危険性を考慮し誘導サインも丁寧にデザインする。
- ▷ ケレップ水制をモチーフにしたランドデザインを描く。〔園路をケレップ水制・花広場を堆砂に見立て、木曾川の整備の歴史を学ぶ〕
- ▷ ケレップ水制が設置されることによる上流からの河川の自然現象（堆砂の流水）を表現する。
- ▷ ユニバーサルデザインを取り入れた取り組み。
- ▷ サステイナブルな公園とするため、地域住民、子供達による花壇の手入れ等をすすめる。

4. 配置計画

「広場全体の景観」のゾーニング及び施設配置対処方法は、人工から自然への景観的捉え方を「人工と自然のグラデーション」として、緑の連続性を保つようにする。車の駐車場への誘導について、車の動線計画を検討し、路面表示とサイン表示によりドライバーにとって分かりやすくし、スムーズな誘導を促す。安全性については、歩行者と車動線の交差及び歩行者の低水敷への誘導は、ルートを絞る。また、車道と歩道の間には緩衝帯や防護柵を設置し、完全分離する。



図3 全体ゾーン構成

5. 色彩計画

わが国の公共環境の色彩は、伝統的に自然を活かす、白・黒・グレー・自然素材色が基本である。当計画地は河川と堤防に囲まれ視覚的に周辺集落と隔離された広大な空間であり、四季折々の自然の変化と共に賑わいと楽しさを誘発するためゾーニングの識別カラーを取ってインパクトの強い色彩とした。図4

その色彩を景観の基本カラーとし、遊具計画、サイン計画その他ストリーチファニチャー類全体に適用した。また路面はアスファルトの黒、白線、砂地であり、サイン躯体はコンクリート素地の色彩とした。



図4 サインのゾーン別基本色

6. 遊具施設計画

本公園における遊具の基本的方針は、増水時の水圧に耐える河川整備に使用されるエレメント（土木製品）図5を採用した。このエレメントのサイズ、機能、形態は組み合わせを工夫することで、自由な子供の発想と遊びを誘発し、河川整備の理解と体験学習にもつながると判断した。広大な空間における抽象造形による構成の色彩演出効果は、景観のランドマークの役割をも果たし子供達をリピーターへと誘う。



図5 遊具の基本エレメント例

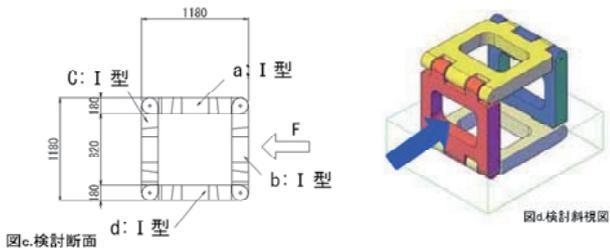


図6 ユニット形状寸法と組み合わせ例

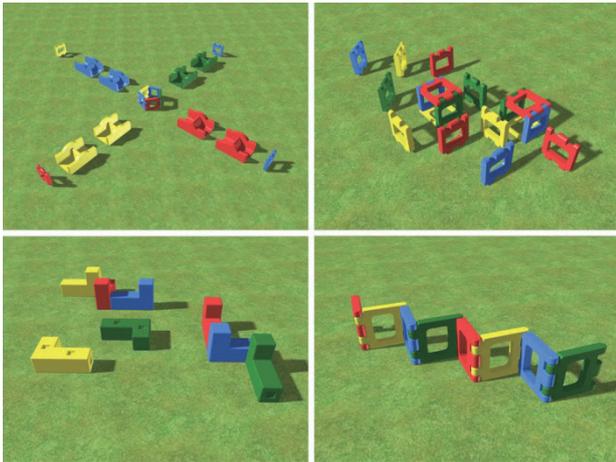


図7 遊具エレメント組み合わせ例



図10 遊具と水景の調和



図11 ユニットが混在する賑わいの演出



図8 遊びを誘発する組み合わせと色彩



図12 直交する伸びやかな配置構成



図9 幼児の視線からのエレメントの見え方

7. サイン計画

サインの役割は施設の位置と各種情報を分かり易く表示し伝達をすることである。本計画では、国営木曾三川公園の理解と河川学習に寄与し、高水敷の高さ1メートル以内の制限を活かした河川公園らしい景観にすることである。サイン表示の色彩は広場ゾーニングの識別カラーと連動し、サインの躯体は河川整備で使用されるエレメントをベースに水流を曲線で表し、遊具との調和を図った。書体はユニバーサルフォントを使用。

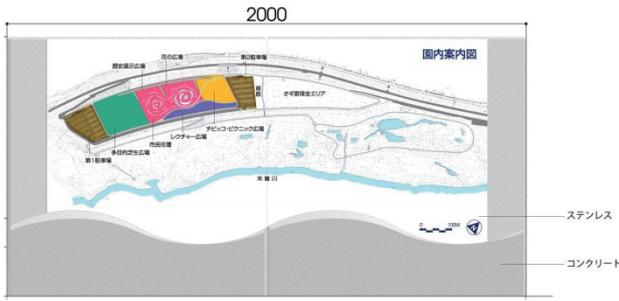


図13 ゾーンのサイン基本カラーと園内案内



図17 単体と連結サインの配置例



図14 桜堤サブセンターと木曾長良背割堤全体図



図18 駐輪場と駐輪方法を示すサイン

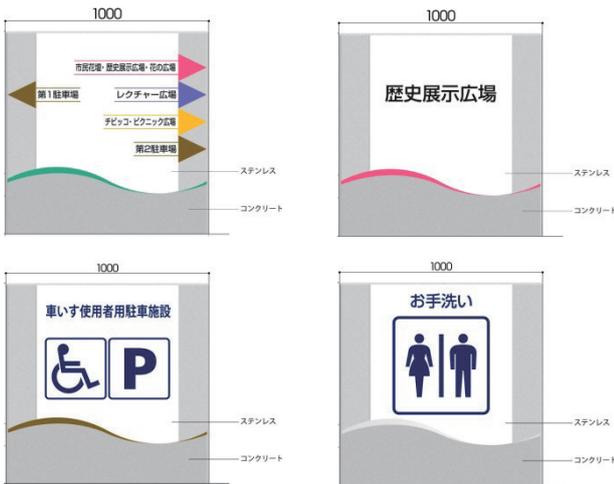


図15 誘導サインと位置サイン基本形例



図19 サインと遊具の配置例



図16 ケレップ水制説明サイン

8. まとめ

景観は、視界に入る全てを総合的な視点で関連性をもって取り組み、風土と伝統を活かし美しい環境の調和を図ることが基本である。

また本計画において河川整備等に使われる既製のエレメントを景観素材として、遊具やサイン、ストリートファニチャー等に活用したことは環境整備のあり方に一石を投じた意味があると考えている。

資料提供：国土交通省中部地方整備局木曾川上流河川事務所

西尾市民映画「オシニ」のカラーデザイン

Color Design for citizens movie "Oshini" production of Nishio City

石丸みどり Midori Ishimaru

愛知淑徳大学

Aichi Shukutoku University

Keywords: 市民映画, ストーリーデザイン, ブランディング, 映像.

1. はじめに

2015年、著者は、愛知県西尾市民映画「オシニ」の総合プロデューサーおよび監督と脚本を務めた。本研究は、地域のオリジナリティの発見と地域振興につなぐストーリーデザインを目的としており、2年間のリサーチ後、本作品のコンセプト、シナリオに加え、イメージカラーを設定した。



図1 「オシニ」クライマックスシーン

2. オリジナリティの発見

(1) 漂着文化

西尾市は、愛知県の南東、三河湾に面した位置にあり、2011年に旧西尾市、一色町、吉良町、幡豆町の1市3町が合併した(1)。主な産業は、日本全国生産量の約20%を占めるてん茶(西尾茶)、全国一の生産高を誇る洋ランやバラ、カーネーションなどの園芸、また自動車産業や綿織物などになるが、一方では古来より中国大陸から流れ着く渡来人により、味噌・醤油・塩などの発酵食品や塩作りも盛んであった。なかでも、日本後紀にも記述がある、799年に漂着した崑崙人により綿の種子が持ち込まれ栽培方法を教えたとの伝説は、この地の漂着文化を物語り、オリジナリティのあるストーリーを牽引する導入部として

採用することにした。渡来人が持ち込んだ異国の農産物が三河地方のこの地の風土の中で進化しつつ、地域の特産品として完成し、他地域へも拡散していく過程そのものが、西尾文化のオリジナリティのひとつと考えた。

(2) 地域の特産品と群像劇

また、合併前後の町の変化や人間社会の模様を樽の中で菌の作用によって味噌が熟成されていく様子になぞらえることで、群像劇としてのベースを作った。麹菌、酵母菌、乳酸菌などが空気中の納豆菌の繁殖に対抗し、いわゆる戦いを繰り返すことで、まるやかな味噌が出来上がる様子は、合併後の混乱期を経て、西尾市としての新しい色を生み出す姿を示唆するものとした。

(3) 地学的な条件とメタファ

さらに4つの市町を共通するシンボルとして、市民に共同体としての意識をもたらすメタファを「石」とした。その根拠は、白亜紀に遡る。この地域には中央構造線が走り、当時の火山爆発で流れ出した花崗岩を原材料とする地盤で出来た領家変成帯が、この地域の地盤となり形成されている。大きな一つの岩盤で支えられる地であることを各地から集めた「石」で円を築くことで、撮影の参加者をはじめ、観覧者に感じとってもらうことを狙った。

3. ストーリー

「オシニ」という国のお話。4つの町の間では、常に騒動が起き、平和とは無縁だった。19才の若者、うへのすけは、ヒーローになることだけを夢見て、嘘ばかりつき人々から嫌われていた。そんなある日、浜辺に一隻の舟が漂着する。モナリザと言う一人の女が乗っていた。モナリザは、「この国を永遠に平和にするようお告げがあり、カナタという国からやって来た」のだと言う。しかし、国を救う力を持った石・キララを無くしてしまっ

たことに気付く。うへのすけはヒーローになるチャンスだと、モナリザと一緒にキララを探すことにする。

一方、キララはオシニの国内を転がって行き、各地で不思議な出来事を起す。やがてキララの力に気付いた人々は、キララを取り合い、騒動はますます激しくなる。幼なじみの友人・倉蔵やその恋人ローザにより、モナリザまでも見失い、国じゅうを探し回るうへのすけは、吉良上野介の亡霊から聞かされた話からあることに気づく。うへのすけは「誠」の心を取り戻し、戻ったモナリザと共に「オシニ」を平和な国にしようと、人々に訴えかける。そして、円状に石を並べ、4つの町の人々が輪になって心から平和を祈った結果、モナリザとキララの姿は消えていたが、人々の心はいつのまにか一つに繋がり、笑顔で溢れていたのだ。

ストーリーテラーのおばあが、電車の中で孫に語る絵本の物語として映画は進行する。

4. カラーデザイン

(1) イメージカラー

前述のように、崑崙人による綿の種子の栽培が伝わった歴史から、一時は途絶えたにせよ、この三河地方では、ガラ紡船がひしめく時代を経て、手動織り機から自動織機が誕生する時代へと続き、現在、綿織物産業として西尾市の主要産業のひとつとなっている。著者は、この綿の花の「白」を映画のイメージカラーとし、糸を紡ぎ、織り機から生まれた木綿生地を「オシニ」という架空の国の人々が身にまとう布として使用することにした。「白」をまとったこの国の人々が、「モナリザ」と「キララ」の出現によってかき乱される様子や、「うへのすけ」の問題解決力を持って人々が受け入れていく変化を描く上でも、白い衣装は西尾の風土を表現する最適な色だと考えた。

撮影には、白い木綿の反物を3m～5mほどにカットした物を人数分用意し、キャストやエキストラに頭や体に巻きつけてもらった。主要なキャストはそのキャラクターに合わせた巻き方を指示し、キャラクター性を固定するためにも活用した。

また、上半身は「白」の衣類のみ着用とし、群衆が集まるシーンでは、統一された白い塊が動くオブジェクトとして、スクリーンの中で規律性を持ちながら画面を構成し、「オシニ」の世界観を演出した。

(2) 色調補正

現実の町を背景にした撮影で、ファンタジーテイストを演出するために、編集段階で色調補正を行った。ノスタルジーを演出するためにセピアカラーやモノトーン、彩度を下げる補正はよく行われるが、この映画の時代設定は、過去でもなく未来でもない。時代という概念は超えた、架空の世界という設定を考えている。そのため、ToyBoxやプラスチックな質感などを連想させる鮮やかなでクリアな空気感のある色彩を創りたいと考えた。幸い、真夏の撮影であったため、晴れの日が多く、空や海の青、山や芝生、田畑の緑が色鮮やかではあった。さらにその彩度を強調し、衣装の白が映えるよう、髪や目、影の黒も深みのある強い黒として再現するように色調補正をかけた。



図2 白い布と衣装を身につけた市民キャスト

5. まとめ

著者の研究テーマである、映画による地域のブランディングデザインは、地域のオリジナリティから活性化を具現化するストーリーを創出するものである。その中で、色彩が演出する心理的効果や世界観は、ノンバーバルなブランド力を持ち、ストーリーを長期に印象づけることが出来ることを本研究にて再確認した。初上映後、1年以上経過した現在でも、クライマックスシーンの白い衣装の集団の画のイメージが強く残り、この映画によって初めて綿の種子の漂着の話を知ったという声を多く聞く。また、色鮮やかなわが町の風景を観て、改めて町の魅力を再認識した人も多い。創りあげられた非日常の世界を観た後に日常の世界に戻った時、市民にはこれまでとは異なる第三の目とも言うべき視点が生まれ、今後の市民活動がより活性する契機となることを願いたい。

参考文献

1) 西尾市Webサイト

<http://www.city.nishio.aichi.jp/index.cfm/10,2420,102,478.html> 2016.03.30

日本色彩学会 第47回全国大会[名古屋]’16

『自然の光, 人工の光』デザイン制作

The Design work for “Natural light, Artificial light” on the 47th CSAJ Annual Meeting in Nagoya

牧野 暁世 Akiyo Makino 鹿児島大学産学官連携推進センター Kagoshima University Innovation Center

Keywords: ビジュアルアイデンティティ, デザイン制作, ロゴマーク, ポスター

1. はじめに

日本色彩学会第47回全国大会を開催するに当たり、多くの人の参加や協力が欠かせない。そこで、関係者等に対し、視覚的にもわかりやすく発信し、参加や協力への動機づけを高めるため、ビジュアルアイデンティティとしてのデザイン制作を行った。

2. デザインコンセプト

テーマ『自然の光, 人工の光』のイメージを、色彩、形状などで表現することとした。色彩は、近代色彩学の礎を築いた Newton によるスペクトルを示す7色を基本としつつ、本大会にまつわる事柄と関連づけて各色彩を設定し、本大会らしさを表した。

3. 制作物

日本色彩学会第47回全国大会[名古屋]’16におけるロゴマーク及びポスターを制作した。

4. デザインプロセス

1) ロゴマーク

本大会第1回～3回実行委員会(2015年7月5日, 9月19日, 10月31日)に参加し、実行委員からテーマや内容等に関わる聞き取りを行った。聞き取り結果や議事録から、主なキーワード(表1)を抽出し、それらを統合し、表現するようなロゴマーク4案(図1)を作成した。第4回実行委員会(2015年12月5日)にて4案を提示したところ、ロゴマーク案①及び案②について賛同が得られたため、それらについて色彩や形状等の修整を行った。その後、4月8日のメール会議にて審議を諮り、案①に基づいたロゴマークを決定した(図2)。ロゴマークに用いた7色は、表1を踏まえ、本大会にまつわる事柄と関連付けた色彩とし、CMYK値とともに色名を設定した(表2)。色彩の配置は、PCCSによる色相環に対応する。形状は、7つの三角形のパーツで構成される単純で明快な七角形とし、「光」の漢字にも読み取れるような主観的輪郭線を用いることとした。

表1. 本大会を表す主なキーワード

色彩, 光, 人工, 自然, 青色LED, 赤崎勇教授, 蛍, 6月, 名古屋, 名城大学, 八事山興正寺など

表2. ロゴマークの色彩の詳細

		色の名称 (読み)	Color Name	色の意味等	CMYK
1		赤崎レッド (あかさき れっど)	Akasaki Red	赤崎勇教授 ノーベル賞 受賞へ敬意を表して	C 0% M 90% Y 80% K 0%
2		橙燭 (だいだい)	Candlelight	八事山興正寺 (交流会場)のタペ	C 0% M 50% Y 100% K 0%
3		金鯨 (きんしゃち)	Nagoya Yellow	名古屋市, 名古屋城の 金のしゃちほこ	C 0% M 10% Y 100% K 0%
4		蛍光緑 (けいこうみどり)	Firefly	蛍, 「自然の光」	C 80% M 0% Y 90% K 0%
5		水無月 (みなづき)	June	6月, 梅雨	C 90% M 10% Y 25% K 0%
6		青色LED (あおいろ えるいーでいー)	Blue LED	青色LED, 「人工の光」	C 100% M 80% Y 0% K 0%
7		紫陽花 (あじさい)	Ajisai	名城大学ロゴカラーの近 似色, 6月の花	C 36% M 100% Y 73% K 0%

20151205_ロゴ案

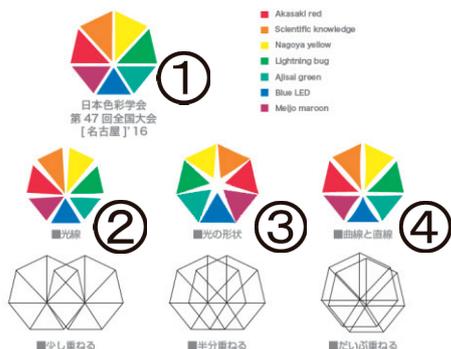


図1. ロゴマーク4案



図2. ロゴマーク

2) ポスター

ロゴマークに基づき、ポスター制作を行った。本大会第5回実行委員会(2016年2月28日)にて4案を提示したところ、様々な意見を得た(表3)。



図3. ポスター4案

表3. ポスター4案に対する意見

<p>【構成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・チンマリするよりのびのびと広がり訴求力があるのが良い。
<p>【視認性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水鏡に写ったような『自然の光、人工の光』の反射した逆さ文字の部分も、あまり視認性が良くない。ただ反射した逆さ文字の部分は、デザイン性の主張を反映した部分と思われるので(蛍の生息する水辺をイメージした?)ので、許容範囲内かとも思う。
<p>【ポスター案①】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・視認性の観点から、ロゴを大きく配置したポスター案①が大会の主旨や蛍の光などをイメージしやすく、また小さな文字でも黒背景に白文字で読みやすく、これが一番良い様に思う。
<p>【ポスター案②】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・右上を推薦。 ・小さなロゴがない方が個人的にはいい。
<p>【ポスター案③】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・個人的には左下がいいと思う。ホテルをイメージしやすい。
<p>【ポスター案④】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・他の三つの中から選ぶとしたら、皆さんと同じ右下。 ・右下のポスター案が、ロゴの黄色の部分の上に白い文字が乗ってしまい、視認性の観点から問題がある。また文字が小さいことも視認性を悪くしている(黒背景に白文字ですとコントラストも高く、比較的小さな文字でも読める)。 ・ポスターの右下案のデザインは、末広がり表現にしたために、黒線の太さが不ぞろいでとても不安定。(ステンドグラス的にわざとそんなデザインもありかと思うが、科学的な光の世界の表現なら、規則にのっとる方がいい)計算のないまま目分量でレイアウトした印象になるのは避けたい。 ・視認性は重要。やはり大胆な右下の案が素敵だと思うので、視認性の改善方法として添付の案はどうか。

これらを参考にし、全体の構成、視認性に配慮しながら、もっとも賛成意見が多く、かつ具体的改善点が示されたポスター案④の修整を行った。その後4月8日のメール会議にて審議を諮り、ポスターを決定した(図4)。



図4. ポスター

5. 展開（その他の制作物）

本大会のテーマをより一層効果的に発信するため、その他の制作物についてもイメージを統一させ、制作する計画である。

1) サイン計画

ロゴマークを構成している7つの三角形のパーツの組み合わせを用い、会場への経路図や会場内の案内板などを制作する。

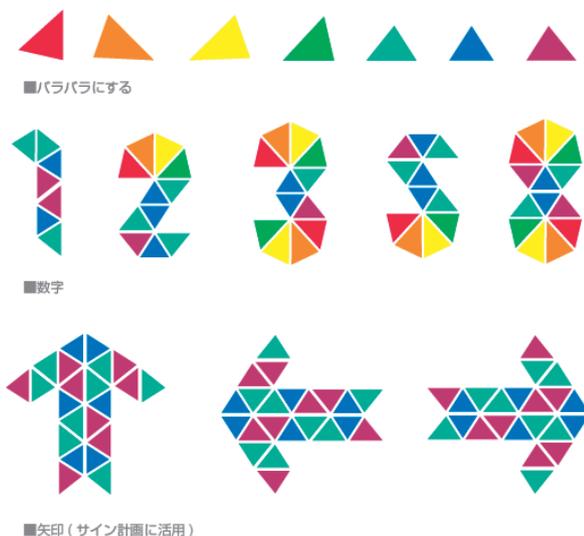


図5. サイン計画案(部分)

その他の展開として、参加者全員に配布するためのノベルティ（うちわ）制作を検討中である。

本研究では、視覚的にもわかりやすく発信し、参加や協力への動機づけを高めるため、ビジュアルアイデンティティとしてのデザイン制作を行った。ロゴマーク、ポスター及びその他様々な制作物から本大会について関心を持っていただければ幸いである。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた日本色彩学会第47回全国大会[名古屋] '16 実行委員の先生方及び名城大学大学院 森山なな様に感謝致します。

パソコンを利用した並置混色によるカラーデザイン その2

Color Design by Juxtaposition Color Mixture Using PCs Part 2

光武 智子 Tomoko デザインコンサルタント Design Consultant / Nippon Designers School
 MITSUTAKE / 日本デザイナー学院
 合原 勝之 Katsuyuki デザイナー Designer / Tokyo Zokei University
 AIHARA / 東京造形大学
 吉澤 陽介 Yosuke 木更津工業高等専門学校 National Institute of Technology, Kisarazu College
 YOSHIZAWA 校

Keywords: 並置混色, カラーデザイン, デジタル造形, カラーシミュレーション, 学習効果.

1. はじめに

前報²⁾では、パソコンによる並置混色のデザイン手法について提案した。

本稿では、学習効果を評価するために 2015 年度の実習後に、より具体的な項目によるアンケートを実施した。目標理解、完成イメージ、工程設定、成果物の評価、最終理解、既習内容の反映等に関する設問により、本実習の学習効果について検証を行う。

本実習のポイントは、大量の微細な色面による色彩配列を容易に正確に再現できることである(図1)。

また本実習の目的は、

- ① 見た目の美しさと作画意図の明瞭化,
- ② 合理的な作画手順(アルゴリズム)の理解と発想,
- ③ 数理による構造美の表現,
- ④ 作画要素の部品化と構造化による修正と再利用の効率化, の4点である。

並置混色によるカラーデザインでパソコンを利用するメリットは、

- ① 物理的なシミュレーションが簡単にできる,
- ② 正確な描画が簡単にできる,
- ③ 短時間に多くのバリエーションを制作できる, の3点である(図2)。

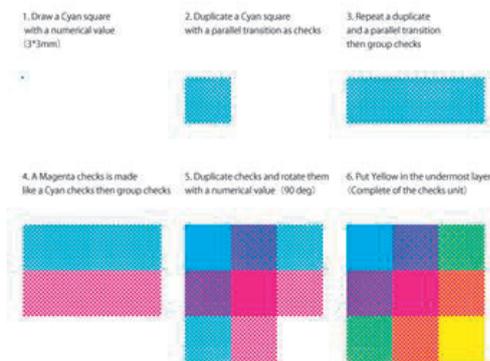


図1:基本ユニットの作画手順

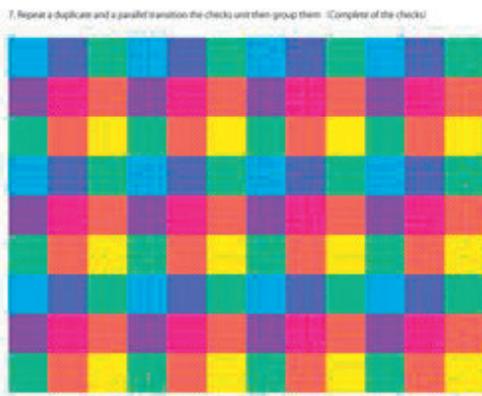


図2:基本ユニットの展開例

2. アンケート結果

実習の対象者は、日本デザイナー学院(Nippon Designers School)夜間グラフィックデザイン科の学生(男子6名、女子14名、平均年齢22歳)、授業科目名は「ヴィジュアルデザイン」である。

それぞれのアンケート項目については5段階評価で回答し、5は“YES”で4から数字が下がるごとに評価が落ち、1は“NO”となる。

尚、当日の有効回答数は14名であった。

2-1: 目標理解

本項目は、対象者が演習の目的を理解できたか否かを評価する項目で、5と4の評価の合計は93%となった。

表1: 目標理解

YES	← 評価 →	NO
5	4 3 2 1	
64%	29% 7% 0% 0%	

2-2: 完成イメージ

本項目は、対象者が演習における混色結果をイメージできたか否かを評価する項目で、3と2の評価の合計が36%となった。

表 2: 完成イメージ

YES ← 評価 → NO				
5	4	3	2	1
50%	14%	29%	7%	0%

2-3 : 工程設定

本項目は、対象者が演習における作品制作の手順を設計できるか否かを評価する項目で、5と4の評価の合計が93%となった。「レイヤーごとに分けていて色を変えやすかった」とのコメントがあった。

表 3: 工程設定

YES ← 評価 → NO				
5	4	3	2	1
50%	43%	7%	0%	0%

2-4 : 作品の評価

本項目は、対象者が演習においてイメージ通りに作品が完成したか否かを評価する項目で、5と4の評価の合計が93%となった。「何度も色を変え試すことで効果を確かめました」とのコメントもあった。

表 4: 作品の評価

YES ← 評価 → NO				
5	4	3	2	1
57%	36%	7%	0%	0%

2-5 : 最終理解

本項目は、対象者が演習において並置混色を(どの程度)理解したか否かを評価する項目で、5と4の評価の合計は79%となった。

表 5: 最終理解

YES ← 評価 → NO				
5	4	3	2	1
43%	36%	14%	0%	7%

2-6 : 既習内容の反映

本項目は、対象者が演習においてこれまでの色鉛筆学習(減法混色)が活かされたか否かを評価する項目で、5と4の評価の合計は71%となった。

表 6: 既習内容の反映

YES ← 評価 → NO				
5	4	3	2	1
57%	14%	14%	7%	7%

項目 7 : 自由回答 (抜粋)

以下に、学生それぞれの作品と回答を示す。

学生作品 1 : 自分で作った平織模式図がブックカバーになって、とても嬉しくなりました。とても楽しかったです。(女性) (図 3)



図 3: 学生作品 1

学生作品 2: こういうデザインもあるんだと、とても勉強になりました。もっとデザインの幅を増やしていきたいです。(男性) (図 4)



図 4: 学生作品 2

学生作品 3: PC 上で様々な混色を楽しめた事が良い体験になりました。また、実際に印刷してみる事で、違った雰囲気になり、とても面白かったです。混色することで得られる色がとても美しかったし、デザインの幅も広がると感じました。(女性) (図 5)



図 5: 学生作品 3



図 8: 学生作品 6

学生作品 4: 赤系の色と青系の色を使うという、普段の自分なら絶対にやらない配色に挑戦してみて、最初は不安しかなかったですが、印刷してみると、思っていたものより良い色になっていてよかったです。(女性) (図 6)



図 6: 学生作品 4

学生作品 5: 実物を印刷して本に巻きつけた時に、中々良いものができたのではと思えた。目的や手順をある程度は理解した結果だったんじゃないのかなと思いました。(男性) (図 7)



図 7: 学生作品 5

学生作品 6: 混色がああの布の質感と組み合わせさせた時の感覚が良かった。(男性) (図 8)

学生作品 7: もう少し色を足せば良かった。けれど、自分で作ったものをブックカバーとして使用できるのはうれしいこと。(女性) (図 9)



図 9: 学生作品 7

学生作品 8: 並置混色には、印象派の一技法として、少しは身近に感じていましたが、デジタルでやると、どこまでも細かく設定できるので、おもしろいと思いました。印刷技法のドットも同じ並置混色のようなもので、人間の目の錯覚という感じ方はザックリとしているのだなあと思います。それによって、高度な印刷、手軽で素早い印刷が今日存在していると思うと楽しいです。(女性) (図 10)



図 10: 学生作品 8

学生作品 9: チェック模様を作ったのは初めてだったので楽しかった。1年生の時にやっても良か

ったかもしれない（色鉛筆による混色実習の後に）。（女性）（図 11）



図 11: 学生作品 9

学生作品 10: イメージした通りに完成できたので良かった。単純なデザインでも混色効果を有効に使えるといいデザインになるのだと学んだ。（女性）（図 12）



図 12: 学生作品 10

学生作品 11: 3色の並置混色をつくる時（ブックカバー）自由な配置の他に、必ず3色を使用するという事も指示するべき。（男性）（図 13）



図 13: 学生作品 11

3. 考察—アンケート結果から

項目 1: 演習の目的を理解できたか。[目標理解]については概ね達成されたことが示唆される。

項目 2: 演習における混色結果をイメージできたか。[完成イメージ]については、混色結果の[完成イメージ]がしにくかった学生が3割以上いた。

項目 3: 演習における作品制作の手順を設計できるか。[工程設定]については概ね理解されたことが示唆される。

項目 4: イメージ通りに作品が完成したか。[作品の評価]については概ね理解されたことが示唆される。

項目 5: 並置混色を（どの程度）理解したか。[最終理解]については概ね理解された事が示唆される。評価 1 を選択した学生は、後述の(2)の学生であるが、本人の課題への理解とは別に、出来上がった作品に対して新鮮な驚きがあったことが示唆される。

項目 6: これまでの色鉛筆学習（減法混色）が活かされたか。[既習内容の反映]については多くの学生にとって、1年時の学習内容とリンクできたことが示唆される。尚、1の評価を選択した学生は転入生につき、1年時の授業を受けていないため、このような評価を選んだ。

項目 7: 自由回答からは、パソコンを利用するメリット等の本実習の目的達成が読み取れる。さらに、デザイン表現についてのコメントが見られ、新たな気付きをもたらす可能性が示唆された。

4. まとめと展望

今回は2回目の実習であったが、初回であった昨年度の学生に比べ、指導が2回目であったためか、より創意工夫を凝らした作品も多かった。今後は、アンケートにおける評価項目の相関関係の分析等、さらに回答を精査し、学習効果の向上を図りたい。

参考文献

- 1) Mitsutake, Aihara, Yoshizawa 2015, "Color Mixture Learning using Personal Computer for Basic Design" Proceedings AIC (International Colour Association) 2015 TOKYO, paper 284
- 2) 光武, 合原, 吉澤「パソコンを利用した並置混色によるカラーデザイン」日本色彩学会誌 39(5 SUPPLEMENT), 219-220, 2015-09-26
- 3) 光武, 合原, 吉澤「パソコンを活用した混色実習の提案」基礎造形 024 日本基礎造形学会論文集, 2016, 55-60

チョウ目の完全変態による色とパターンの変化を応用した ミュージアムグッズの研究

Study of color and pattern in the metamorphosis of Lepidoptera to be applied on the development of museum goods.

山下明美 Akemi Yamashita 岡山県立大学 Okayama Prefectural University
武田直子 Naoko Takeda モンテレイ工科大学 Tecnológico de Monterrey

Keywords: カラーデザイン, バイオミクラー, チョウ目, ミュージアムグッズ

1. はじめに

チョウ目は昆虫の分類群ではチョウやガなどの鱗翅目を指し、特徴として成虫は鱗粉をもつ翅をもち、美しい配色や模様のもの、枯葉や樹皮に擬態したような色や模様のものなど様々な色やパターンがある。成長プロセスにおいて完全変態によって体色や模様が大きく変化する。(図1)

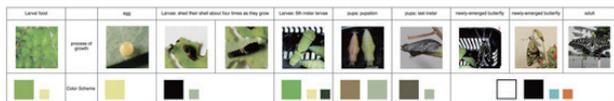


図1 ナミアゲハの成長プロセスと体色の変化

幼虫(イモムシ)の体表のスポット文様の発生メカニズムなどチョウ目の体色形成メカニズムは、近年の研究で急速に解明されつつあるが、その配色の意味などにはまだ解明されていないことも多い。食草や捕食者との関係、擬態、翅の構造など、チョウ目に限らず、生物にみられる「生きのびるためのデザイン」から学ぶことは多く、その新たな応用も検討されている。

成虫の美しいフォルムや翅の色やパターンはテキスタイルパターンなどで、すでに古くから広く利用されてきた。ビジュアルデザインへの展開でも、家紋やブランドマークなど成虫となった蝶の色や形をモチーフとしたものは多い。

そこで本研究では、成虫だけでなく、通常はあまり注目されることのない、チョウ目の成長プロセスにおける完全変態によって生じる「色とパターン(模様)の変化」に着目した。

2. 研究の目的

チョウ目の成長プロセスにおける完全変態に

よって生じる「色とパターン(模様)の変化」を観察し、それらを視覚的に体験することができるプロダクトを提案する。具体的にはこれらをミュージアムグッズとして展開することで、チョウ目の色とパターンの変化を楽しむことで、理科離れが進んでいるといわれている時代に、自然科学に興味を持つきっかけの一助となることを目指す。

3. 方法

3.1 カラー・デザインの企画概要

日常生活でも使用する「折りたたみ日傘」を蝶の成長プロセスにおける幼虫から成虫に見立ててデザインする。(図2)(図3)

3.2 モデルとするチョウ目の種類

3.1の企画概要をふまえ、数多くのチョウ目のうちから製品化するタイプを決定するために、①日本に生息するチョウ目で、卵→幼虫→蛹→成虫の成長プロセスで変化する体色やパターンに大きな変化があることが認められていること、②その配色やパターンの変化に意外性や造形的な魅力があること、③将来的に傘以外のグッズへの展開も可能であること、を条件として設定し、数種類のタイプに絞り込んだ。

3.4 想定する売場と対象ユーザー

主に博物館、昆虫館などのミュージアムショップでの販売を想定している。売場を限定することで、商品コンセプトが明確に伝わる。対象ユーザーは昆虫やチョウマニアだけではなく、それらに関心がない、あるいは普段はその見た目嫌悪感を持つ人にも抵抗感なく手にとって、愛着を持って使ってもらえるプロダクトを目指す。

3.3 配色

それぞれのタイプによる大別は可能であるが、実際には雄雌の別や生息する地域や季節によって個体差があり、また幼虫の脱皮による変態の回

数なども違うため、成長プロセスごとの配色を厳密に提示することは難しい。そのため、代表的な配色を観察や複数の画像を参考に検討した。

3.5 パターンデザイン

チョウといえはすぐに美しい配色やパターンが思い浮かぶが、虫嫌いな人にとってはそれが恐怖や嫌悪の対象ともなる。そのため、傘へのデザイン展開では、購入者だけでなく、周囲の不特定多数の人々からも眺められることも考慮して配色やパターンをデザインする必要がある。成虫のイメージは配色よりパターンのイメージが優位に働いていることから、ラフ案では同配色でリアルな表現から単純化した表現まで3段階のパターンの単純化を試みてデザインを検討した。

4. 考察と課題

本物のチョウの翅の配色やフォルム、パターンの美しさに勝るものはないが、その美しい配色やパターンを日用品のデザインに活かすことはバイオミクリーの3段階(Benyus, 1997)でいえば、第1段階の自然の形態の模倣にあたる。本研究のチョウ目の成長プロセスにおける配色とパターンの変化の視覚化の試みも、まだ第一段階の入り口に辿り着いたところといえる。

今回の試みからカラーデザインやビジュアルデザインの面では、よりミュージアムグッズとしてのクオリティを上げるために、種別ごとの配色の特徴や傾向についてさらなる分析やパターンデザインのブラッシュアップが必要であることが示唆された。また、プロダクトデザインの面では蛹の中で畳み込んでいた翅を羽化後に徐々に美しく広げるしくみが解明できれば、新たな構造をもった折りたたみ傘が生まれる可能性も期待される試みとなり、今後も研究を深めていきたい。

5. まとめ

今回のカラーデザイン作品は、昨年5月のAIC2015で武田直子と共に発表した Exploring combinations of color patterns in Nature の中で応用例としてデザインしたパラソルを元に新たにパターンデザインを起こして、ミュージアムグッズとして提案する試作モデルである。

今回は日本に生息するチョウ目に限定してモデルとしたが、諸外国のよりカラフルなチョウ目の生態と日本に生息するチョウ目との配色やパターンの比較も新たな課題となった。また、今回の傘のみならず、これらのカラー・デザイン手法を活かしたミュージアムグッズのアイテム展開を模索していきたい。

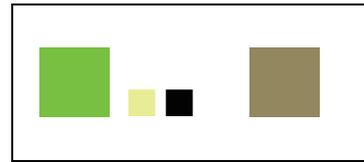


図2 傘袋の試作：ナミアゲハ（幼虫）（蛹）



図3 傘本体の試作：ナミアゲハ（成虫）

参考文献

- 1) Akemi Yamashita and Naoko Takeda: Exploring combinations of color patterns in Nature, AIC Book of Abstracts(2015) 89-90
- 2) Futahashi, R and Fujiwara, H: Juvenile Hormone, Regulates Butterfly Larval Pattern Switches, Science 22, Vol. 319 no. 5866 (2008) 1061

謝辞

執筆撮影以外の画像は、下記サイトより許可を得て使用しました。感謝申し上げます。

Ueyama, S.: "Osaka-shi to sono shuhen no Cho" (2014)

<http://butterflyandsky.fan.coccan.jp/index.html>

自然画像と単色刺激における色覚異常者の色弁別能

Color Discrimination Ability of Color Vision Deficiencies in Natural Images and Monochromatic Stimuli

三原 優輝 Yuki Mihara 千葉大学 Chiba University
 溝上 陽子 Yoko Mizokami 千葉大学 Chiba University
 矢口 博久 Hirohisa Yaguchi 千葉大学 Chiba University

Keywords: 色覚異常, 色弁別

1. 背景

色のユニバーサルデザイン実現のために, 色覚異常者の視覚特性について多くの研究がなされてきた. しかし, それらの多くは単色を用いたものが多く, 様々な色を含むシーンの見えに関する研究はあまり多くないのが現状である.

そこで寿松木ら¹⁾は, 色覚異常者の色弁別能を調べるために色弁別実験を行い, 二型三色覚者が画像の色弁別において物体の形状を手がかりに色情報を補正している可能性があることを示した. また, 単色刺激より自然画像で色覚異常者が高い色弁別能をもつことを示した. しかし, 寿松木らの行った研究では, 自然画像と単色刺激で実験手法が異なっていたことから, 正確な比較ができていない可能性があった. そこで本研究では, 継時的比較による二者強制選択法 (2AFC) という手法に統一して色弁別実験を行う.

2. 目的

自然画像と単色刺激における色覚異常者の色弁別能の特性を明らかにすることを目的とする.

3. 実験

3.1 実験環境

暗室ブース内に刺激呈示用の CRT モニタを設置した. 被験者は頭部を顎台で固定し, 70 cm の距離から観察した.

3.2 被験者

被験者は色覚正常者 2 名 (N1, N2), 強度二型三色覚者 3 名 (D1, D2, D3) の計 5 名とした. 色覚検査には石原表, SPP, PANEL D-15, アノマロスコープを用いた.

3.3 実験刺激

3.3.1 色変調

本実験で刺激を作成する際には, ATD 色空間において, T (赤/緑), または D (黄/青)成分に変調係

数 k をかけて変調を行った.

3.3.2 呈示刺激

自然画像の参照刺激として, 2 種類の自然画像を用意した. そしてこれらの自然画像を変調した際に色変化の大きい上位 2% ピクセルの平均色を単色の参照刺激とした. そして自然画像と単色刺激それぞれの参照刺激を変調して変調刺激を作成した. 図 1 に自然画像と単色刺激の参照刺激を示す. 自然画像, 単色刺激の刺激サイズはそれぞれ $9.6 \times 12.8^\circ$, $2 \times 2^\circ$ とした. 背景色には, 各自然画像の全画素平均色を用いた.

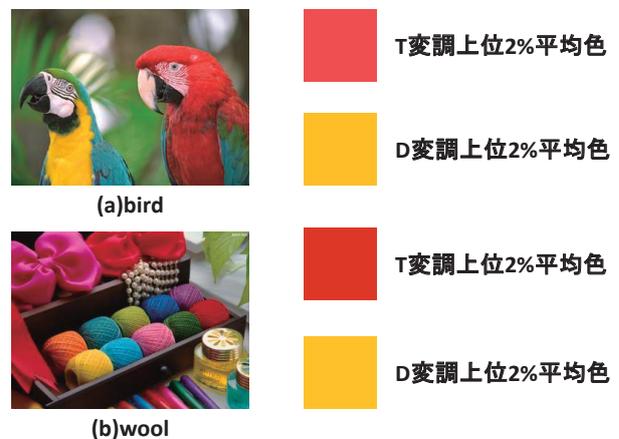


図 1 参照刺激

3.4 実験手順

色弁別実験は以下のプロセスからなる. この手順の概略を図 2 に示す.

- ①暗順応, 背景色順応 (各 60 sec)
- ②1 枚目の刺激呈示 (1 sec)
- ③背景色のブランク (0.6 sec)
- ④2 枚目の刺激呈示 (1 sec)
- ⑤背景色のブランク (0.6 sec)
- ⑥3 枚目の刺激呈示 (1 sec)
- ⑦背景色のブランク (応答まで)
- ⑧応答

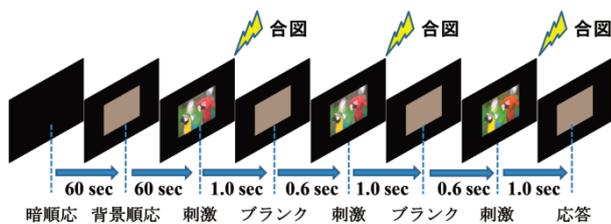


図2 実験手順

④で参照刺激が呈示され、変調刺激は②と⑥のどちらかに呈示された。被験者は参照刺激と比べて②と⑥のどちらが変調刺激であったかを応答した。その際、刺激全体を見て判断するようインストラクションした。PEST法により応答を繰り返し、閾値を決定した。閾値決定までを1セッションとし、計3セッション行った。

4. 実験結果

図3, 4に各被験者の自然画像と単色刺激の弁別閾値を示す。縦軸は弁別に必要な色差 ΔE^*_{ab} を表しており、グラフが上下に長いほど弁別能は低い。ここでの色差は98パーセンタイル色差を用いている。赤-緑方向の変化 (T変調) に対する色覚異常者の色弁別能は色覚正常者よりも低く、黄-青方向の変化 (D変調) に対する色弁別能は色覚正常者と同程度であることが示された。また、全体的に色覚正常者、色覚異常者ともに自然画像よりも単色刺激の色弁別能が高い傾向にあった。

5. 考察

5.1 平均色差による結果考察

前節では、結果を98パーセンタイル色差で表していたが、比較のために自然画像の結果を画像全体の平均の色差で表すことにする。

図5, 6に平均色差による弁別閾値を示す。図3, 4と比較すると、全体的に自然画像の弁別色差が小さくなっていることがわかる。これより、前節までの「自然画像よりも単色刺激の色弁別能が高い傾向にある」という結果は逆転することになる。色差をどのようにとるかは今後検討が必要であるが、本稿における以降の議論では、実験結果で述べた結果をもとに考察していく。

5.2 刺激間の比較考察

本実験の結果から、単色刺激に比べて自然画像の弁別能が低かったことに関して考察する。内観報告によると、自然画像の色弁別において被験者は画像のある一部分に注目して色弁別していたことが明らかになった。そして、その注目部分は

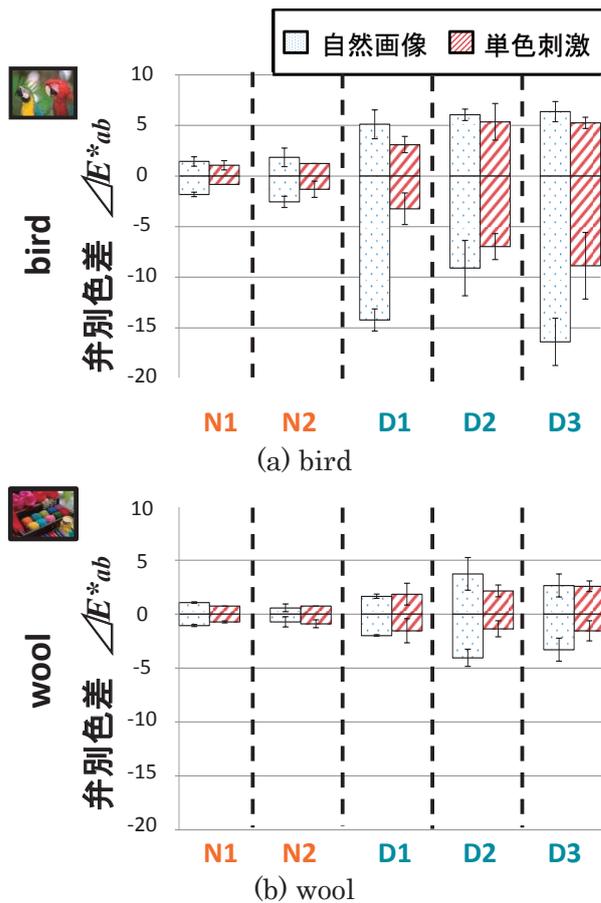


図3 T変調における弁別閾値 (98%色差)

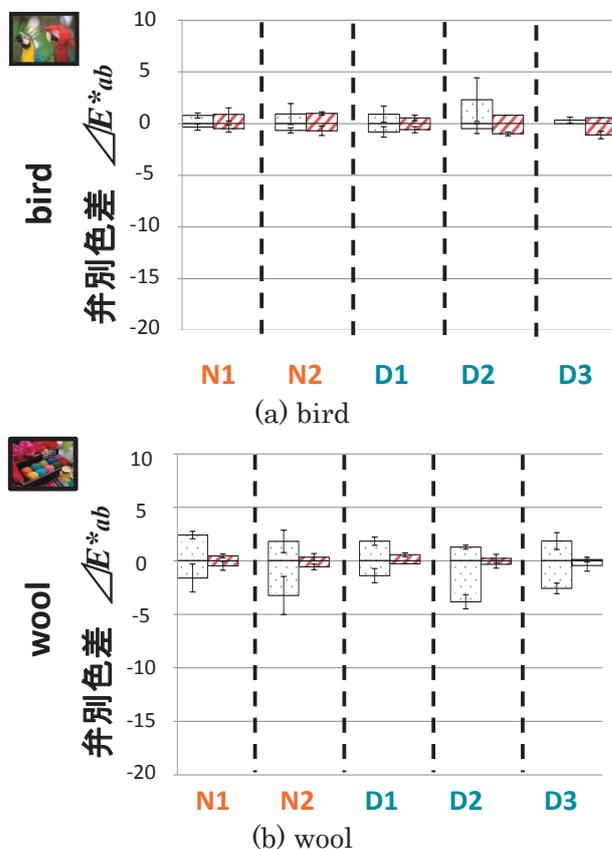


図4 D変調における弁別閾値 (98%色差)

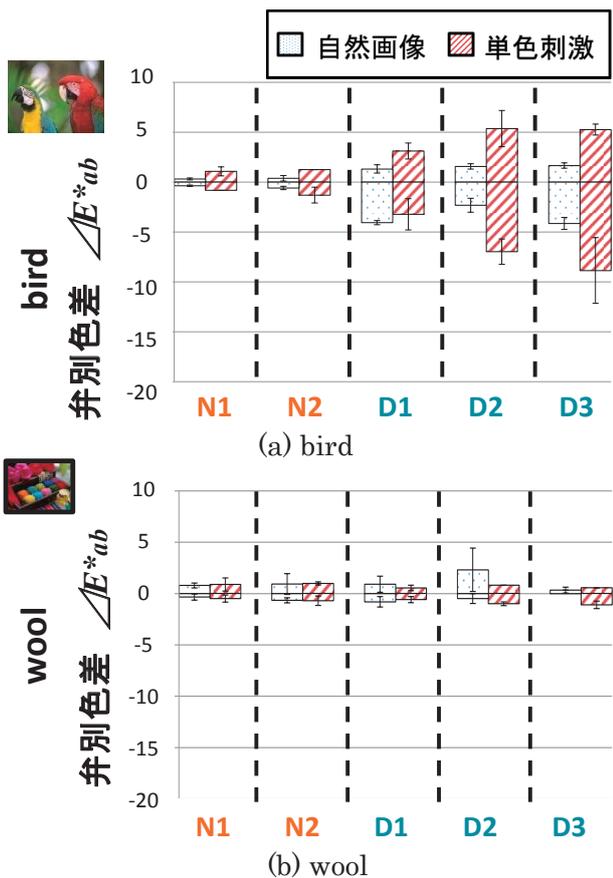


図 5 T 変調における弁別閾値 (平均色差)

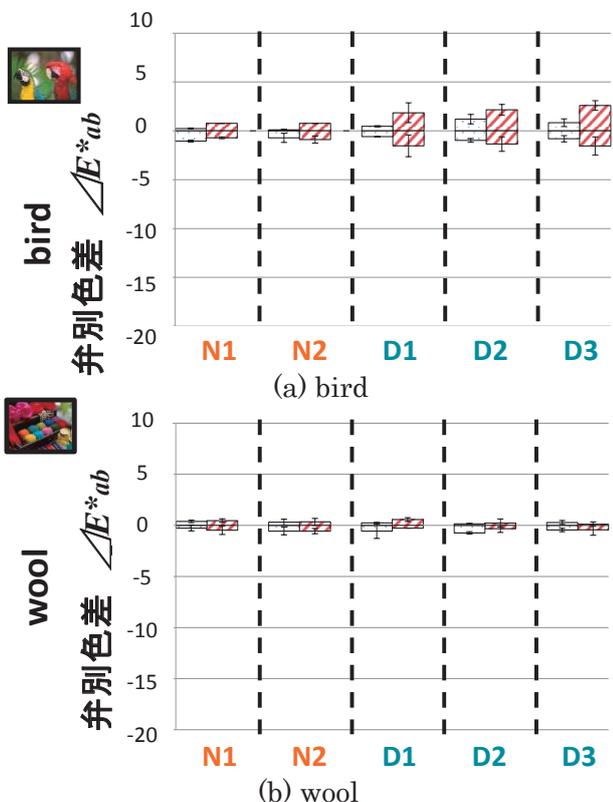


図 6 D 変調における弁別閾値 (平均色差)

単色刺激で用いた色とほぼ一致した. 自然画像と単色刺激で注目していた色はほぼ同じであったにもかかわらず, 自然画像よりも単色刺激の弁別能が高かったことになる. これは自然画像におけるさまざまな情報がノイズとなり弁別能が低くなった可能性が考えられる.

5.3 先行研究との比較考察

ここでは, 寿松木らの先行研究と本研究で共通の被験者の実験結果を用いて両研究を比較する. 図 7 に詳細を示す. 単色刺激の実験結果を比較したところ, 寿松木らの結果に比べて本研究における単色刺激の弁別色差が小さいことがわかった. これは実験手法の違いにより生じたものと思われる. 寿松木らの実験手法は 4 つの刺激を同時に比較する四者強制選択法であったのに対し, 本研究の手法は 2 つの刺激を継時的に比較する二者強制選択法を用いた. このことから, 四者強制選択法よりも二者強制選択法において弁別のタスクが容易で, 弁別能が向上した可能性が示唆された.

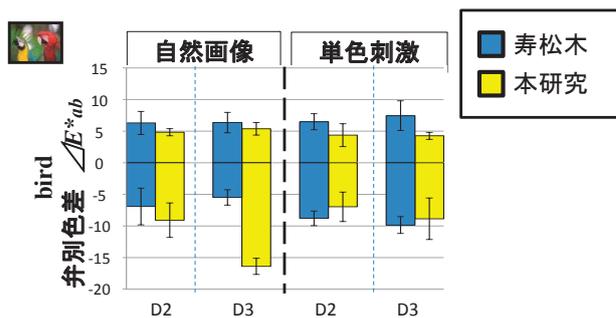


図 7 bird における先行研究との比較

6. 結論

本研究において, 二者強制選択法で行った実験では, 二型三色覚者の色弁別能は色覚正常者と同様に, 単色刺激で高い傾向にあった. また, 二者強制選択法における呈示手法で, より高い弁別能を得られる可能性も示唆された.

参考文献

[1] 寿松木充, 矢口博久, 溝上陽子 “異常三色覚者の色弁別における画像の手がかり情報について”, 日本視覚学会 2015 年冬期大会

混同色線理論に基づく白色光による色覚バリアフリー照明の検討

Color universal white illumination based on Confusion color line theory

後河内鉄 TetsuUshirogouchi 同志社大学理工学研究科 Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University
 石井通友 Michitomo Ishii // //
 坂東敏博 Toshihiro Bando 同志社大学理工学部 Department of Intelligent Information Engineering and Sciences, Doshisha University

Keywords: 色覚異常, 白色照明, シミュレーション, 色覚バリアフリー, 混同色線

1. はじめに

色覚異常者向けの色変換技術の1つとして, 照明光源の分光分布を操作して, 物体色の見えを変化させ, 混同色を識別可能にする技術がある. [1][2]

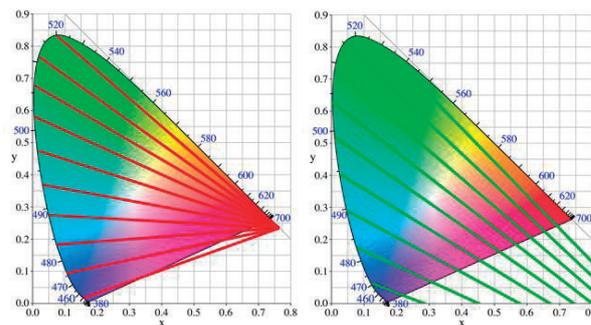
既存の色光によるバリアフリー照明は色覚を改善させることは可能であるが, 色光内の全ての色相を特定の色味へと変化させるため日常生活での使用には耐えない. 白色の色覚バリアフリー照明が実現可能となれば, 色光の場合と異なり違和感なく日常生活での使用が可能となる.

本研究では物体の色の見えを変化させる白色照明光と色覚異常者の色覚の関係性について Farnsworth Munsell 100hue を用いてシミュレーションを行い, 色覚異常の観点から混同色線理論に基づき視認性の変化を検証した.

2. 混同色と混同色線理論

2色型における混同色を色度図上に示した軌跡が混同色線または混同色軌跡である. 同一直線の混同色線上に位置する個々の色は, 色盲者にとって別の色であるとする色弁別が難しいことが知られている. また CIE1931 色度図上の各混同色線は, 少なくとも1点で交わり, この点を収束点という. 収束点の色度座標は理論上, 第1色盲では $x=0.747, y=0.253$, 第2色盲では $x=1.080, y=-0.080$ となる. xy 色度図における混同色線を図1(a)-(b)に示す. [3] [4]

混同色線を加えた色度図を見ながら混同色線の上に乗らない色を探すことで, 色盲の人にも見分けやすい色の組み合わせを選ぶことができる. [5]



(a) P型(第1色盲) (b) D型(第2色盲)

図1 xy 色度図における混同色線

3. シミュレーション

本研究は, 色覚異常者が色弁別困難な物体に対して, D65 光源下での混同色線の重複度と, 様々な分光特性を持つ白色光下での混同色線の重複度を比較し, 用いた白色光が色覚バリアフリー照明として効果を有しているか検証した. 使用した混同色線は色覚異常の中でも一番出現頻度の高いD型(2型2色覚)によるものを用いた. また, 今回被験者実験は行わずプログラムを使用してシミュレーションでの検証を行った.

様々な分光特性を持つ白色光は, ピーク波長を2つ, または3つ有し, RGBのそれぞれの値が1:1:1となる分光分布を総当たりで計算することで求められる. 本研究で用いた白色光は米国規格協会が定めた色度に関する規格(ANSI C78.377)を満たす光源を条件として設定した.

測定物は色覚異常者にとって色弁別が困難である Farnsworth Munsell 100hue のカラーキャップ群を使用し, D型の色覚者が並び替え困難であるA群(キャップ番号8番~27番)とB群(50番~64番)を用いた. カラーキャップの分光反射率はコニカミノルタ社製分光測色計CM-700dを用いて測定した.

4. 結果

シミュレーションに使用した白色光のうち、いくつかは混同色線の重複において有意な差を示した。特に大きな差を示した白色光の分光分布を図2, 3に示す。図2の白色光は410nm, 510nm, 620nmにピークを持つ光源であった。図3の白色光は440nm, 560nm, 660nmにピークを持つ光源であった。図4, 図6に示すようにD65光源下では2つの色キャップ群の混同色線がそれぞれカーブを描いており、混同色線同士で交点を多く持っている。それに対し図5に示すL1光源下ではD65光源下に比べて混同色線の交点が少なくなっている。

図7に示すL2光源では混同色線で見えたキャップ群の並びは改善されなかったが、それぞれの混同色線が外側に広がる結果となった。表1にはD65光源下及び白色光源L2下での混同色線で見えたキャップ群の並び n , m とそれぞれの混同色線の傾きの絶対値となる S_p , S_q を示している。 $\Delta S_q - \Delta S_p$ が色変化させた際の混同色線の広がりを表している。全体的に混同色線が広がっているのが数値上でも確認できる。 $\Sigma(\Delta S_q - \Delta S_p)$ の値は0.017であった。このような色変化が起こる光源を用いた場合、混同色線が密になっている光源に比べ、視認性が向上すると考えられる。

n	S_p	ΔS_p	m	S_q	ΔS_q	$\Delta S_q - \Delta S_p$
1	0.497	0.009	1	0.508	0.013	0.003
2	0.488	0.010	2	0.495	0.010	0.000
3	0.477	0.004	3	0.485	0.012	0.008
4	0.474	0.002	4	0.473	0.001	0.000
5	0.472	0.003	5	0.472	0.011	0.008
15	0.469	0.001	6	0.461	0.010	0.009
6	0.468	0.002	7	0.451	0.000	-0.002
7	0.465	0.002	18	0.450	0.005	0.003
8	0.463	0.002	20	0.445	0.000	-0.001
9	0.461	0.001	8	0.445	0.000	-0.001
14	0.461	0.003	19	0.445	0.001	-0.001
12	0.458	0.000	9	0.444	0.003	0.003
11	0.458	0.000	15	0.440	0.003	0.003
10	0.458	0.003	11	0.437	0.000	-0.003
13	0.455	0.005	10	0.437	0.003	-0.002
18	0.450	0.005	12	0.434	0.000	-0.004
20	0.445	0.000	17	0.434	0.006	0.005
19	0.445	0.011	16	0.428	0.000	-0.011
17	0.434	0.006	13	0.428	0.006	0.000
16	0.428	NULL	14	0.422	NULL	NULL

表1 D65光源と白色光源の混同色線の傾き比較

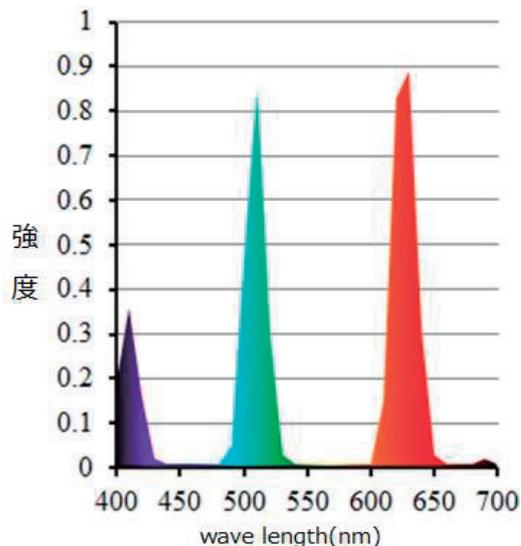


図2 L1白色光源の分光分布

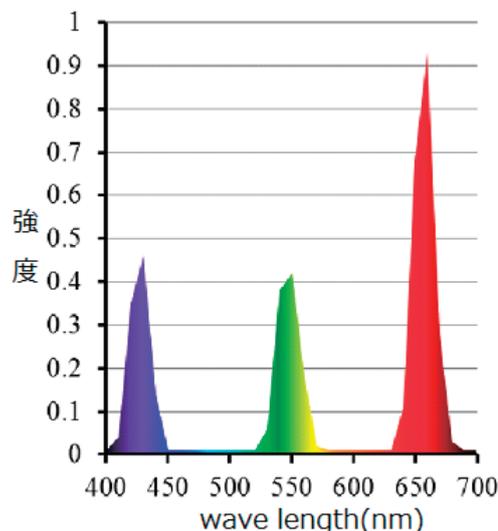


図3 L2白色光源の分光分布

5. まとめ

白色光源を用いた場合においても、D型(2型2色覚)にとって色弁別を可能にする色覚バリアフリー照明が存在することが示唆された。しかし光源は光源内全ての色を変化させるため、特定の混同色を改善させると、それに伴い今まで色弁別可能であった色が混同色になってしまう問題が発生する。光源内で照らされる物体の分光反射率を考慮し、色混同を改善したい色の組み合わせのみ大きく色相を変化させ、他領域における色変化を抑える白色光を選定する必要がある。そのためには分光反射率から物体色がどの色域であれば変化しやすいのかを解明する必要がある、今後の課題である。

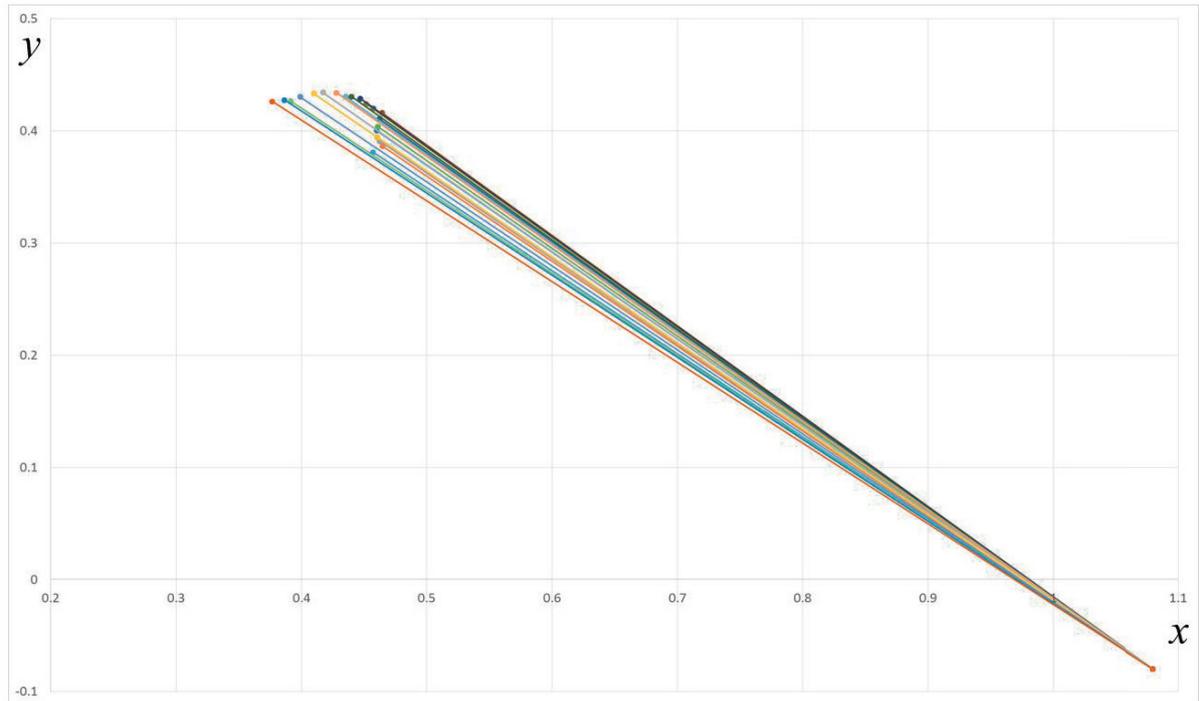


図4 D65光源下におけるA群（キャップ番号8番～27番）の混同色線

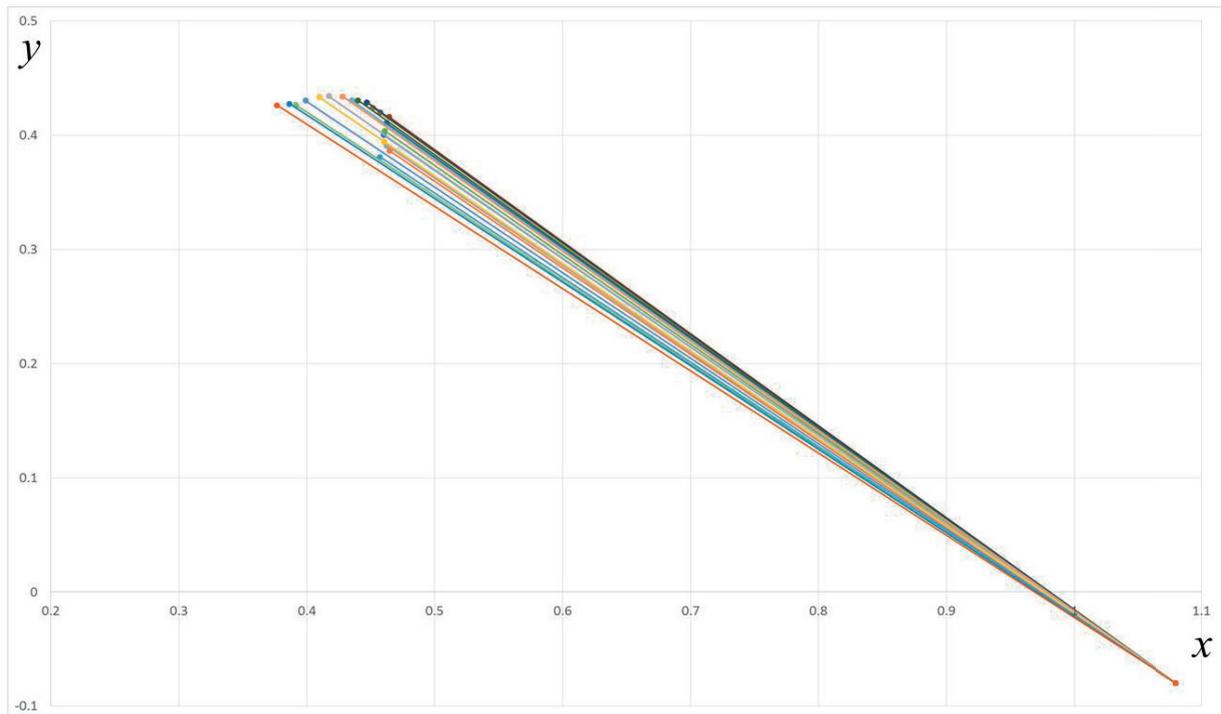


図5 L1光源下におけるA群（キャップ番号8番～27番）の混同色線

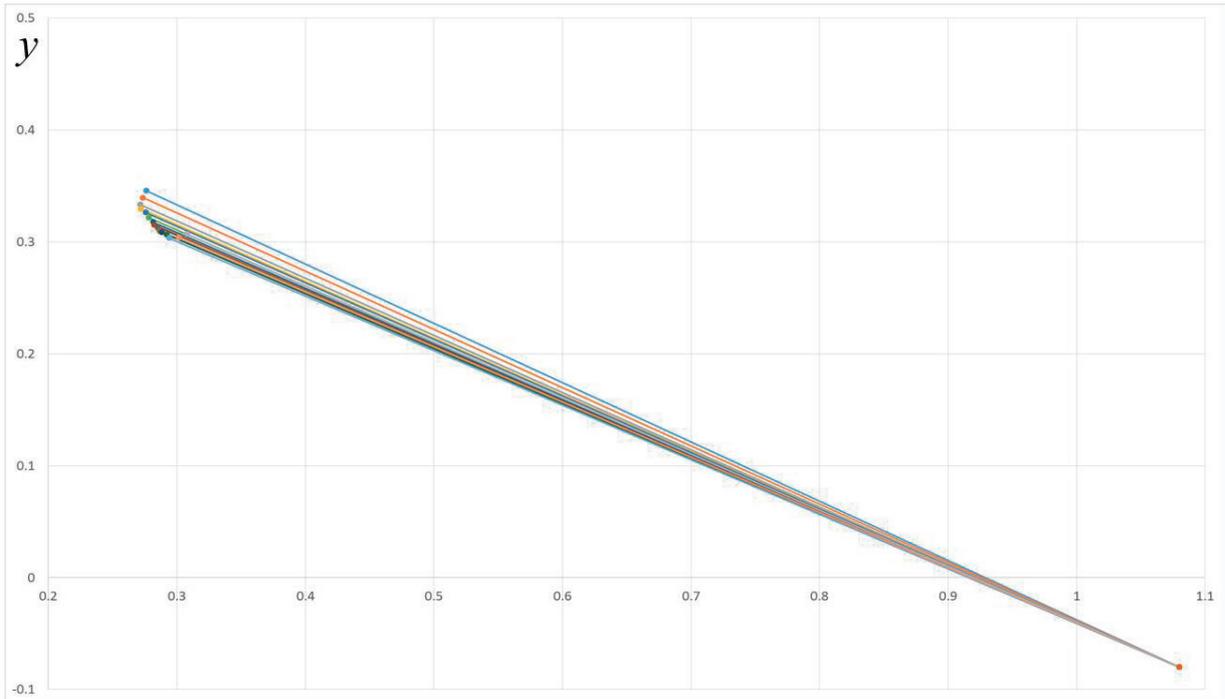


図6 D65光源下におけるB群(50番~64番)の混同色線

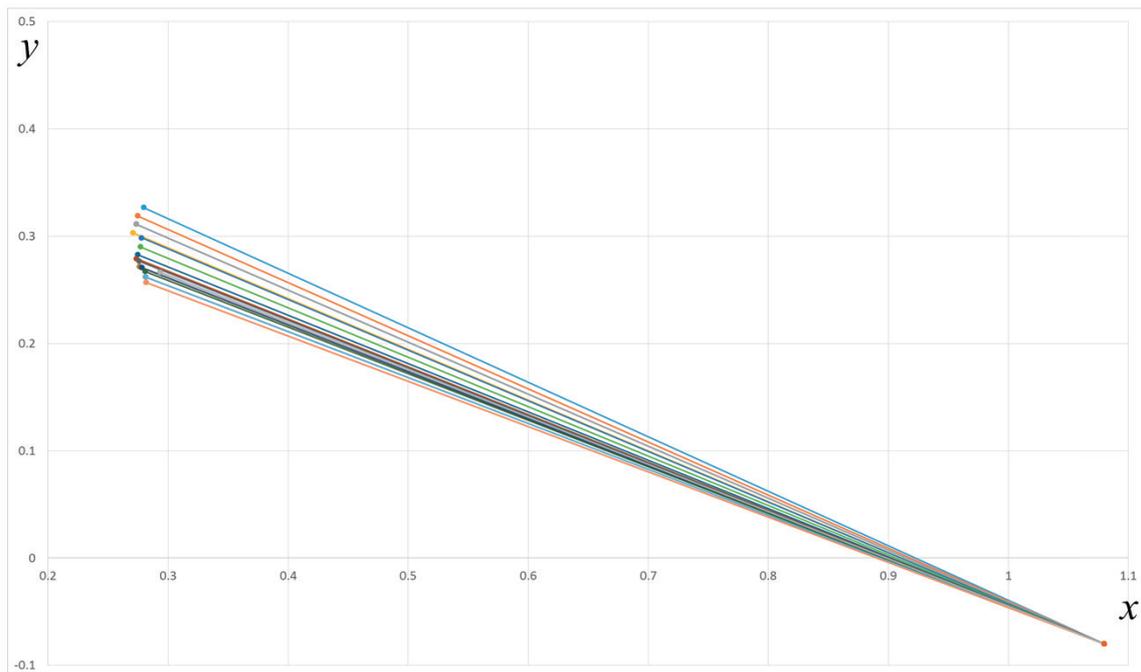


図7 L2光源下におけるB群(50番~64番)の混同色線

文献

- [1] Shinoda H, Kanamori A. Lighting system for colorblind person. JP2008047465, 2006.
 [2] Tamura, S., Okamoto, Y., Nakagawa, S., Sakamoto, T and Shigeri, Y: Practical color barrier-free illumination for deuteranopia using LEDs: Color Research & Application 40: 218-223 (2015).

- [3] 日本視覚学会(編): 視覚情報処理ハンドブック, 朝倉書店, 2000.
 [4] Colorblind Colors of Confusion: <http://www.color-blindness.com/2009/01/19/colorblind-colors-of-confusion/>, 20160403
 [5] 岡部正隆, 伊藤啓: 色覚の多様性と色覚バリアフリーなプレゼンテーション第2回, 細胞工学 vol.21, 2002.

急峻な多峰性分光特性を持つ色材が一般的な白色照明下で示す色変化

Color change of materials with a multimodal spectral reflectance under general white illumination

石井通友 Michitomo Ishii 同志社大学大学院 Graduate School of Science and Engineering,
理工学研究科 Doshisha University
坂東敏博 Toshihiro Bando 同志社大学理工学部 Department of Intelligent Information Engineering
and Sciences, Doshisha University

Keywords: 急峻な分光特性, 白色照明, 色変化.

1. 研究背景と目的

一般的にヒトが外界から得る情報の80%以上が視覚情報だと言われている。その視覚情報の中でも色の情報は重要な情報源であり、その情報はヒトが迅速かつ正確に身の回りの状況を把握するのに役立つ。日々の生活の中で、色がヒトにもたらす情報は重要であるため、色の情報を正確に伝えられる高演色な色材や照明が開発されている。裏を返せば、照明によって色の見えが大きく変化してしまうような色材は一般的に忌避されているということである。しかし、物の色の変化が変化するのは悪いばかりではない。例えば、色の変化が変化するように意図的に照明制御や色材設計を行うことが可能であれば、本来変化しないと思っていた物の色の変化が変化するという意外性が強烈な印象を与え、効果的な色彩変化の演出手法として活用できるだろう。

基本的に物体色の見えは、照明光源の分光分布、物体表面の分光反射率、ヒトの目の感度を表す等色関数の積で決まる。等色関数はヒトの目が持つ固有の値であるので、この値を操作することはできない。一方で照明や物体の分光特性は、現在ある程度設計が可能である。照明光の分光分布制御であれば、次世代照明の技術展等に展示されるGooch & Housego社製の「波長可変光源OL490」や、Nikon社製の「多波長可変光源ELS-VIS」が実際に既に利用されている。物体の分光反射率の設計であれば、コロイド結晶を利用して構造色を生成する試みがなされており、この結晶は特定の狭い波長帯のみの光を反射する。このように分光特性の設計技術が発展してきており、今後はより一層自由な分光特性設計が可能になると予想される。その技術が実現した際にどのような物体色の変化の演出が可能となるかをシミュレーションできれば、将来的に、特に広告、

演出などの分野に非常に大きな影響をもたらす可能性がある。

先行研究である照明光の分光分布制御で引き起こされる物体色の変化¹⁾においては、特徴的な分光反射率を持つ色材に対し、分光分布制御を施した白色光を照射すると、色の見えが大きく変化することが判明している。先行研究では照明光の分光分布制御に着目して研究を行ったが、今回は色材の分光反射率を制御したとき、どのような色変化を実現できるかに着目する。

本研究では計算機シミュレーションにより、仮想的な色材の分光反射率データを作成し、身の回りに存在する一般的な光源の分光分布データを用いて物体の色の見えの変化のシミュレーションを行う。計算結果を分析することにより色の見えの変化に大きく寄与する分光反射率の波長帯を明らかにし、効果的な色彩変化の演出が可能ない色材を提案するための土台を築くことが本研究の目的である。

2. シミュレーション

シミュレーションは次の手順に沿って行う。まず、多峰性分光反射率のデータを生成し、次に一般的な白色照明の分光分布を測定し、最後に開発した色材シミュレータを用い、仮想的な色材の色の見えがどのように変化するかを確認する。

(1) 分光反射率の設計

色材の分光反射率として、半値幅20nmの正規分布の峰を2つ持つデータを生成した。ヒトの可視光線の波長の中でも影響が大きい400nm～700nmの範囲に設定し、5nm毎、峰の強度は5～100%を5%刻み、中心波長は400nm～700nm

を 10nm 刻みで変化させ、データを総当たりで生成した。生成した全データと D65 光源下で Red (255,0,0), Green (0,255,0), Blue (0,0,255), Cyan (0,255,255), Magenta (255,0,255), Yellow (255,255,0), それぞれの原色との色差を CIE2000 色差式を用いて計算し、その結果に基づき全データを RGBCMY のそれぞれカテゴリに分類した。分類に際して、最小色差が $\Delta E_{00} \leq 2.0$ に収まり、かつ目視で色を判断できるデータを仮想的な色材の色として採用した。 $\Delta E_{00} \leq 2.0$ を満たさないデータに関しては ΔE_{00} が可能な限り小さい値のデータを採用した。選別した色材の原色との最小色差と色差許容範囲を表 1 に示す。Red の仮想色材について、今回の中心波長設定 400nm ~ 700nm では峰を 1 つ持つデータしか生成できなかったため、色材シミュレータ入力用データとして使用しなかった。

表 1. 生成した色材データの RGBCMY の最小色差と色差許容範囲

色	最小色差	色差許容範囲
Green	7.4	≤ 7.6
Blue	0.5	≤ 0.8
Cyan	1.3	≤ 2.0
Magenta	0.6	≤ 2.0

(2) 一般的な白色照明

本研究では一般的な白色照明としてそれぞれ市販されている白熱電球、白色 LED 電球色、白色 LED 昼白色、白色 LED 昼光色、蛍光灯、高演色蛍光灯の分光分布データを計測し、シミュレーションに用いた。表 2 に測定した白色照明の種類と型番を示す。

(3) 色材シミュレータ

本シミュレーションでは、作成した大量の分光反射率データに対して複数の白色照明下での色

の見えの計算を行うため、それぞれの照明下での色材の色の見えを一覧として確認できる色材シミュレータを作成した。色材シミュレータは MATLAB の GUI 機能を用いて実装した。実装した機能は、それぞれの白色照明下での色材の色再現、D65 光源下での色との色差計算、CUI 画面画像出力の 3 点である。色材シミュレータのイメージを図 1 に示す。

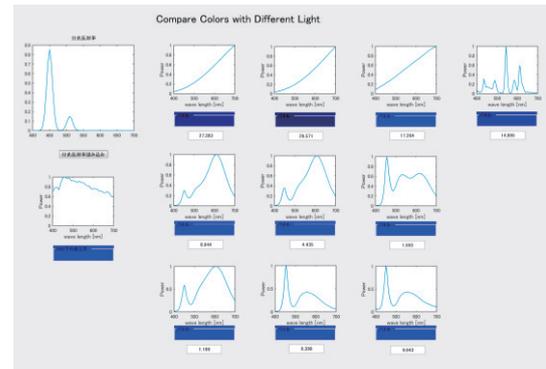


図 1. 色材シミュレータ画面

図 1 について、画面の構成を説明する。左上段のグラフは色材の分光反射率データを示しており、その下のグラフは D65 光源の分光分布を示している。その他のグラフは各光源の分光分布データを示しており、上段は白熱電球、中段は白色 LED 電球色、白色 LED 昼白色、下段は白色 LED 昼光色、蛍光灯、高演色蛍光灯の分光分布のデータをそれぞれ示している。各分光分布のグラフの下にあるパネルはその光源下での仮想色材の色の見えを示し、テキストボックスには D65 光源下で読み込みを行い、入力された分光反射率が左上段のグラフに出力されると同時にそれぞれの光源下での色の表示と色差の計算結果が表示される。なお分光反射率、分光分布、三刺激値等の計算は、色彩科学ハンドブック²⁾で述べられている各理論に基づいて行った。

表 2. 測定した白色照明の種類と型番

照明種類	メーカー・型番		
白熱電球	TOSHIBA RF100V95WMA	Panasonic RF100V54W/D	三菱 OSRAM JD100V45W/P/LW
白色 LED 電球色	Panasonic LDA10L-G/Z60/W	HITACHI LDA8L-G/60A	Yadent ES-1000WE26-AO
白色 LED 昼白色	TOSHIBA E-CIRE LDA9N-D-G		
白色 LED 昼光色	NICHIA NSSW063A	NICHIA NSSW064A	
蛍光灯	National FHF32EX-N-H		
高演色蛍光灯	三菱 OSRAM FL20SNEDLNU		

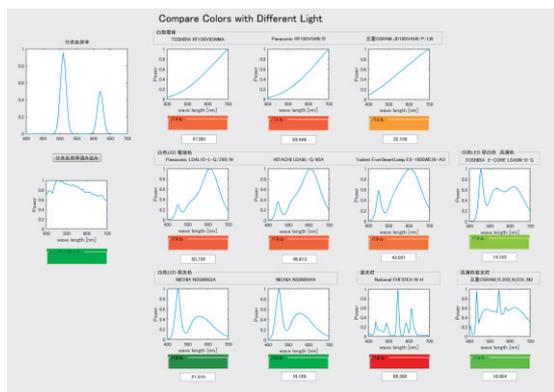


図 2. Green 色材例

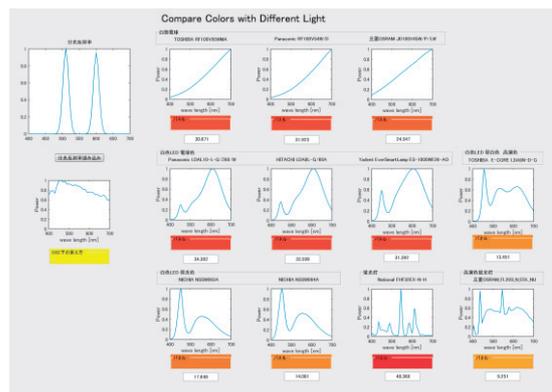


図 6. Yellow 色材例

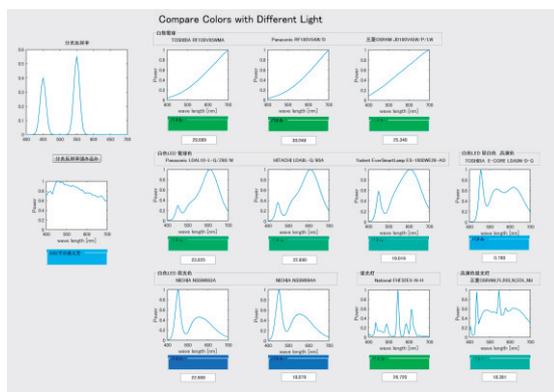


図 3. Cyan 色材例

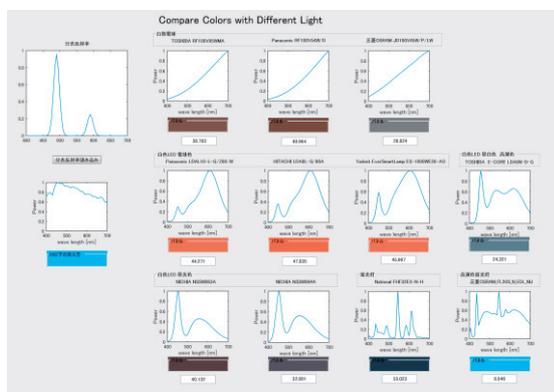


図 4. Cyan 色材例

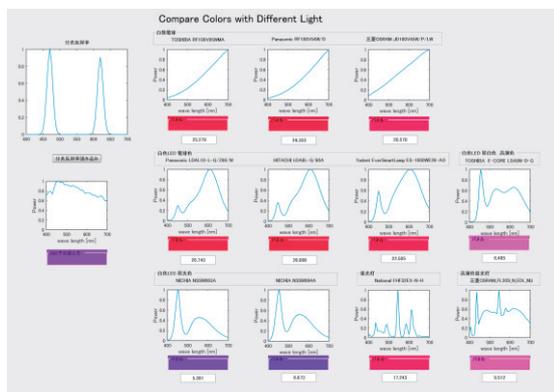


図 5. Magenta 色材例

3. シミュレーション結果

図 2 から図 6 は、仮想色材のシミュレーション結果の一例である。また、各仮想色材が照明によって主にどのような色変化が可能かを表 2 にまとめた。基本的に Green, Blue のように分光反射率のピークが波長軸上で距離の近い成分の色では照明によって色の変化が起りにくかった。

先行研究より、色相の変化が起こるのは分光分布の強い強度を持つ波長帯と分光反射率の強い波長帯が一致しない場合であることが分かっている。この点からも一次色である Blue, Green が本実験では変化しにくい色材だと推測できていた。また照明によっては無彩色になりやすい色であった。しかし中波長から長波長の光に反応する M 錐体と L 錐体は反応する波長帯が大きく重なっているため、Green の色材は暖色系の色に変化しやすいことが分かった。それに対して比較的広い波長帯の成分が必要な二次色である Cyan, Magenta, Yellow に関しては大きな色の変化が見られた。Blue と Green の光の成分から成る Cyan は Blue からオレンジまでの幅広い色の変化を見せた。Blue と Red の光の成分から成る Magenta は短波長帯と長波長帯それぞれに峰のある分光反射率を持つため、Blue, Red, Magenta の 3 種類に近い色になる結果となった。Green と Red の光の成分から成る Yellow は Yellow と Orange と Red の色に変化した。Green に変化しない理由としては、Red の光の成分となる 640nm~670nm 付近の強度が著しく低くなるような分光分布を持つ照明が本実験では無かったからである。

Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow のうち、2つのピークを持つ Red の色材のデータの生成ができなかった。その理由として、波長範囲を 400nm から 700nm に限定したことがあげられる。2つのピーク波長を持つ Red を合成する場

表 3. 市販白色照明下での仮想色材の色変化

照明型番	Green 色材	Blue 色材	Cyan 色材	Magenta 色材	Yellow 色材
RF100V95WMA	Green, Yellow, Orange	Blue, Black	Yellow Green, Brown	Red	Yellow, Red Orange
RF100V54W/D	Green, Yellow, Orange	Blue, Black	Yellow Green, Brown	Red	Yellow, Red Orange
JD100V45W/P/LW	Green, Yellow	Blue	Blue Green, Gray	Red	Yellow, Red Orange
LDA10L-G/Z60/W	Green, Yellow, Orange	Blue	Blue Green, Orange	Red	Yellow, Red Orange
LDA8L-G/60A	Green, Yellow, Orange	Blue	Blue Green, Orange	Red	Yellow, Red Orange
ES-1000WE26-AO	Green, Yellow, Orange	Blue	Blue Green, Orange	Red	Yellow, Red Orange
E-CIRE LDA9N-D-G	Green, Yellow Green	Blue	Cyan, Gray	Magenta	Yellow, Orange
NSSW063A	Green	Blue	Blue, Deep Brown	Purple, Blue	Yellow, Orange
NSSW064A	Green	Blue	Blue, Gray	Purple, Blue	Yellow, Orange
FHF32EX-N-H	Green, Brown, Red	Blue	Yellow Green, Navy Blue	Red, Magenta	Yellow, Orange
FL20SNEDLNU	Green, Yellow Green	Blue	Blue Green, Cyan	Magenta	Yellow, Orange

合, 700nm 以降の赤を用いることができれば, 生成可能な Red の種類を増やせるはずである.

4. まとめ

本研究では仮想的な色材として分光反射率に急峻な 2 つの峰を持つ色材データを作成した. また照明は市販の 11 種類の照明の分光分布データを用いて, 色材にどのような色の変化が現れるかを計算機シミュレーションによって確認した. 一次色である Green, Blue は色の変化が起こりにくく, 二次色である Cyan, Magenta, Yellow は多彩な変化を見せた. この結果から分かるように手に入れやすい市販の白色照明でも色材の分光反射率を特別に設定すれば物体色を変化させることが可能である.

本研究の課題としては, シミュレーションの際, ディスプレイ上に色を表示させるため実際の色の見えとは異なる可能性がある. ディスプレイの色域はヒトが認知できる色の色域をカバーできていない. つまり厳密な色の見えは表現できず, 誤差が生じてしまう. あくまでどの波長帯に峰があればどの照明でどのような色変化が起こるか, または照明が変わっても色変化が小さいかを大まかに知ることしかできない. この点を解決するためには, シミュレーション結果に基づき急峻な分光特性を持つ色材を実際に生成し, 被験者を用意し, 心理物理学実験を行う必要がある.

また, 今回は本稿では多峰性と唱えておきながら, 双峰性分光特性までのシミュレーションしか行っていないため, 今後は 3 つ以上の峰を持つ分光反射率を特性にもつ仮想色材のシミュレーションが必要である.

5. 多峰性分光特性を持つ色材の実現可能性

本研究では特定の 2 つの狭い波長帯に正規分布型の分光反射率を持つ色材を想定してシミュレーションを行ったが, 実際はこのような分光反射率を持つ色材は普段我々が目にする物の中にはほとんど存在しない. しかし, 現在そのような色材を実現するために構造色を利用した色材の研究が行われている. 構造色とは光の波長程度の微細構造による発色現象であり, コンパクトディスクやシャボン玉が身近な例である. この構造を持つ物体は, Bragg 反射と呼ばれる光同士の干渉現象により色づいて見える. 近年, この構造色を人工的に設計し色材に特定の狭い波長帯の光を選択的に反射する特性を持たせる研究が行われている. 特にコロイド結晶という大きさ 10^{-9} ~ 10^{-6} m の大きさの粒子が周期的に配列した構造を持つ結晶の粒子密度を変化させると回折する光の波長が変化するため, 可変的に色材の反射率を操作することも可能である. このように本シミュレーションで仮定した色材は実現可能の目処が立っている.

参考文献

- 1) M. Ishii, and T. Bando, "Unique Illumination to Bring Out the Attractiveness of Plant Color with White Light Sources of Various Spectral Distributions", Proceedings of the 1st Asia Color Association Conference (2013) 293-296
- 2) The Color Science Association of Japan, "Handbook of Color Science, third-edition", Tokyo University Press (2011)

2 配色における印象語と連想語の想起について

Study of frequency in use of impression-words and association-words for two-color combinations

富田沙希 Saki Tomita 中央大学大学院 Graduate School of Chuo University
 坂本 隆 Takashi Sakamoto 産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
 加藤俊一 Toshikazu Kato 中央大学 Chuo University

キーワード：色彩感情, 連想, 印象

1. はじめに

デザインにおいて、イメージと配色は切っても切れない重要な関係にある。しかし、デザイン経験や専門知識が乏しい場合、色彩の膨大な組み合わせの中から自分のイメージにあう配色を求める事は容易ではない。

また、配色に意味を含ませる作品も少なくない。例えば、橙と黄の2色配色のイメージは「元気な」「暖かい」などである。一方で「落ち葉」「ひまわり」などを想起する場合も考えられる。よって、デザイナーが「元気な」イメージを伝えるデザインを制作したにも関わらず、色彩の影響より「落ち葉」を想起してしまうなど、デザイナーと受け手の考えるイメージが異なってしまう可能性が存在する。

前者のような形容詞やオノマトペは主に「印象語」と呼ばれ、後者のようなイベント、物体など、具体的な物や事柄などは「連想語」と呼ばれる。感性の研究では、感性＝(イコール)印象というステレオタイプが影響しているためか、被験者実験の回答には、主に印象語を用いる事が多く、連想語への配慮は数少ない。

2. 関連研究

大山らは、SD法を用いて、マンセル表色系と色彩感情の関数的関係を分類し、単色感情式と2色配色の感情式を提案した[1]。また、牧野らは、3色配色制作を行い、オノマトペによる印象の違いを配色イメージから検討した[2]。

配色に対する被験者からの回答には、印象語だけでなく、連想語も含まれると考えられるが、大山らのようにSD法を用いる実験では、連想語への配慮ができない。

連想語の研究については、榎田らが連想プロセスに着目し、心理的昨日を持つ雰囲気照明のデザ

インプロセスを検討し、人間の印象評価を起因するデザインの構築を試みた[3]。榎田らの研究方法を参考に本実験を行った。

3. 本研究のアプローチ

本研究では、配色に着目し、印象語と連想語の想起について被験者実験を実施し、データ分析をする。印象語と連想語の性質は以下表1に示す。

表1. 連想語と印象語の性質

語	印象語	連想語
品詞	形容詞, オノマトペ	名詞
表現対象	配色の印象	配色の印象以外 (ただし色そのものは除く)
例	可愛い	桃 リボン

本研究は配色の中でも2色配色に着目し、印象語と連想語のどちらが先に想起されるかについて明確にする事を目的とする。具体的には2色配色を提示し、印象語と連想語のどちらを先に想起したかを自由記述するアンケートを実施する。

4. 実験方法

(1) 被験者

健全な視力および色覚を有する大学生 11名
(男子7名 女子:4名)

(2) 2 配色素材と配色パターン

配色素材は、PCCS表色系のビビッドトーンに基づく6色(赤v2, 黄v5, 橙v8, 緑v12, 青v17, 紫v20)と黒と白、の合計8色を使用した。これらを用いた2色配色の組み合わせは、 $8C2(8色(上) \times 7色(下) \times 1/2) \times 2(上下反転) = 56$ パターンとした。さらに、同色の組み合わせ(8パターン)と合計した64パターンを用意した。それぞれの色設定の

sRGB値を以下表2に示す。

表2. 配色素材とsRGB値

	赤	橙	黄	緑	青	紫	白	黒
R	211	233	247	0	0	92	255	0
G	30	112	193	157	92	70	255	0
B	48	20	0	94	152	144	255	0

(3) 実験刺激の提示, 回答方法

背景は無彩色 (マンセル明度 N5.0) とし, その上にパターンを示した. 2色配色のパターンは枠なしの正方形を上下に配置し, 配色間に空白は設けなかった.

本実験の回答方法は自由回答とし, それぞれ2色配色を提示する8秒間のうちに, 思いついた言葉を口頭にて回答をしてもらった. また, 8秒提示後のレスト時間は8秒に設定した. (予備実験では5秒で行ったが, 回答の空欄が目立った. しかし, 10秒の場合は全体時間が長くなるので被験者の疲労を考慮し, 本実験では8秒に設定した.) 提示順序は, 順序効果に配慮し, ランダム提示とした.



8秒提示→8秒レスト→8秒提示→・・・

図1. 回答方法

(3) 分類方法

自由回答にて得られた言葉を, 品詞や表現対象に応じて印象語と連想語に分類した. 分類は, 形容詞とオノマトペを印象語とし, 名詞を連想語としたが, 名詞であっても色そのものを回答したケースについては集計から除外した. これらの判別と集計は, 実験者本人が実施した.

5. 結果と考察

分散分析を用いた解析の結果, 配色ごとに回答された連想語の合計数は, 印象語の合計数よりも有意に多い事が明らかになった ($p < .05$).

また, 連想語を先に回答したケースと印象語を先に回答したケースの比較においても, 連想語を先に回答するケースの方が有意に多い事が明らかになった ($p < .05$).

一方, 配色の違いによる回答数には, 有意差が得られなかった.

今後, 被験者サンプルや色彩の数を増やすこと

によって, 実験結果の信頼性を向上させることが必要であろう. また, 回答の個人差 (パーソナリティによる差) が大きかったことは集計に反映されていないので, 印象語を回答しやすい, あるいは連想語を回答しやすいなどの個人差の影響についても, 今後考慮すべきかもしれない.

6. 今後の展望

本研究では, 2色配色において印象語と連想語どちらが多く, あるいは先に想起されるのか分析にした.

従来の配色支援システムは1つ色彩を選択すると, 選択した色の補色と隣接色を計算して, 色を推薦するようにプログラムされており, 色彩調和に配慮したシステムとなっていたが, 本研究を配色支援システムに反映させることで, 連想も配慮した配色支援システムの提案が可能であると考えられる.

今後の展望として, 以下のようなアプローチが考えられる.

(1) ファッションについての配色は主に3色以上とされていることから, 2色配色のみでなく3色配色などさまざまな組み合わせを考えより実践的な配色環境に近づける.

(2) 今回の実験では2色配色の提示方法が上下であったが, 左右や斜めなど他の配置が印象語や連想語の想起に及ぼす影響を調べる.

参考文献

- 1) 大山, 宮田: 単色の感情効果の予測式の提案, 第44回全国大会発表論文集, 日本色彩学会誌 37(3), 298-299, 2013-05-01
- 2) 牧野, 高橋: オノマトペによる色彩印象3色配色における連想色の検討, 日本色彩学会誌, 50-51, 2012-0501
- 3) 樺田, 永井, 田浦: 連想プロセスとしてデザイン創造の試行

ドーム型照明とデジタルカメラを用いた食品色情報の解析

Analyzing Food Color Using Digital Camera and Photo-dome Imaging System

高山 正宏	Masahiro Takayama	大阪市立大学大学院	Osaka City University
伊與田 浩志	Hiroyuki Iyota	大阪市立大学大学院	Osaka City University
酒井 英樹	Hideki Sakai	大阪市立大学大学院	Osaka City University
仲森 裕司	Yuji Nakamori	大阪市立大学大学院	Osaka City University

Keywords: フォトドーム, 色彩計, 分光測色計, 蒸し調理, 色分布

1. 緒言

食品や農産物の色は、形状とともに食品そのものの評価を大きく左右する。そのため、例えば、食品加工現場では食品ごとに色管理用の色票を準備し、視感測色により品質管理を行っている。一般的に色測定装置として、色彩計や分光測色計などが広く用いられ、例えば、食パンやスポンジケーキの表面の色測定の報告例が多く見られる¹⁾。しかし、これらは対象物に接触させる必要があり、凹凸を有する食品の測定には馴染みにくく、表面に水分や油脂分があると、接触部分が汚れるといった問題が生じる。また、対象物がやわらかいと、接触時に変形が生じて変色してしまう恐れもある。これらのことから、非接触で食品表面の色を測定することが求められている。また、視感測色は個人差による影響が大きいことから、定量的な色情報の記録に対するニーズも高い。そこでこれまでに発表者らは、食品の色や形状を非接触で機器測色することを目的としたドーム型照明・受光装置(フォトドーム)の開発を行ってきた²⁾。

本報告では、開発中の装置において 24 色色票を撮影し、市販の測定装置で測色した結果と比較することで、装置の精度検証を行った。また、実際の食品加工工場で商品を製造している連続式蒸し器を使って、3 種類の加熱条件で加熱されたよもぎ饅頭の表面の色分布の解析を行い、加熱条件による饅頭表面の色変化について調べた。

2. 実験方法

1) 実験装置

今回の撮影に用いたフォトドームの構成を図 1 に示す。

白色塗料で内壁を塗布した②アクリル製ドームの中心に③試料台を設置し、食品等の対象物を置く。また、ドーム上部に開けられた穴($\phi = 60$ mm)から①デジタルカメラ(約 1800 万画素, CMOS)により撮影を行う。

本装置は、④照明光源を試料台の下に設置する

ことで、ドーム内壁の白色面で複数回乱反射された方向性のない一定照度の拡散光のみを試料台に照射することができる(積分球と同じ原理)。これにより、上部からデジタルカメラで撮影する際に、試料台の照度分布を低減することができ、また、凹凸のある食品などの撮影対象においても、並行光では避けられない陰影を極力抑えた二次元の画像を得ることができる。その結果、デジタルカメラにより食品本来の色を二次元情報として非接触でより正確に把握することができる。

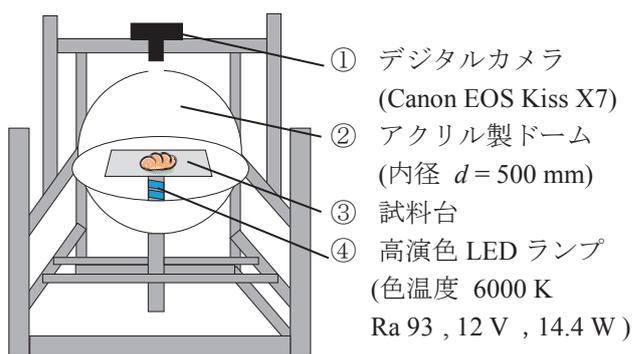


図 1. フォトドームの構成

2) フォトドーム撮影手順

まず、LED ランプに電源を接続し、照度が安定するまで待機する。照度が安定した後(約 10 分)、カメラの撮影範囲とピントを調節する。試料台上にホワイトバランスシート(つやなし白色塗装紙, 日本色彩研究所製特注品)を置き、デジタルカメラとノートパソコン(PC)を接続し、F 値、感度、およびシャッター速度をマニュアル操作により調節する。なお、F 値は最大まで絞り、シャッター速度を画像の最大輝度が記録できる最大輝度の約 80%程度になるように調節した。今回の撮影では、F 値が F25、感度が ISO400、シャッター速度は 1/6 s であった。これらの調整ののち、まず、ホワイトバランスシートのみを PC からの操作により撮影し、その画像を記録する。

次に、ホワイトバランスシートを取り出し、撮

影範囲の左上に色補正用の 24 色色票(X-Rite 社, 縦 63×横 107 mm)を, 対象物を右下に置いて撮影し, 対象物と色票の画像を同時に記録する。

3)画像処理

記録された対象物の画像データに対して, まず, ホワイトバランスシートを撮影した画像を使ってシェーディング補正を行う。シェーディング補正を行うことで, 照明の空間分布, 色温度, およびレンズ周辺光量の減衰を補正する。続いてシェーディング補正後の画像に対して, 画像の左上に置いた 24 色色票(色票に値付けされた sRGB 値, D65, 2°視野で定義⁴⁾) を使って画像全体の色補正を行う²⁾。これらのシェーディング並びに色補正用のソフトウェアは, Python により独自でプログラミングしたものを用いた。なお処理時間短縮のためにそれぞれの画は 800×600 pixels に縮小したものを用いた。

4)撮影対象物

色測定精度の確認のための撮影対象物として, 色補正用に用いた 24 色色票とメーカーの規格値が同じ 24 色色票(Color Checker Classic, X-Rite 社, 縦 230×290 mm)を使用した。なお, サイズがステージに対して大きいため, 4 等分して撮影を行った。使用した 24 色色票を図 2 に示す。

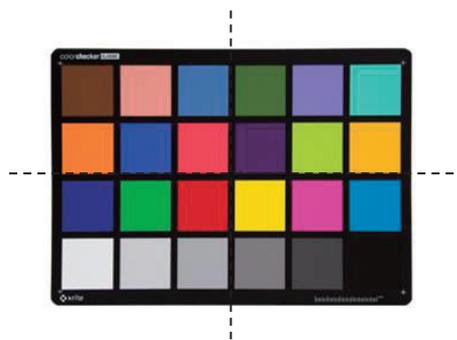


図 2 24 色色票³⁾

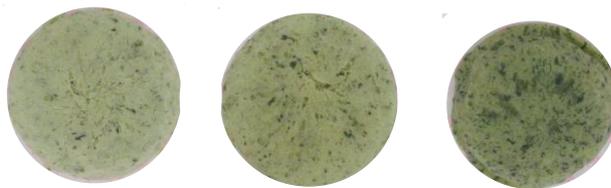
次に実際の食品試料(撮影対象物)の例として, 3 種類の異なる加熱条件で加熱したよもぎ饅頭を用いた。加熱には, 実際に食品加工工場で使用されているベルトコンベア式の連続式蒸し器を用いた。蒸し器内には水蒸気が供給されるとともに, 湿度の調整のために入り口付近で空気の供給も行うことができる構造になっている。3 種類の試料の加熱条件は入り口付近での空気の供給量が異なっており, 空気を供給しない場合, 少し供給した場合, 多量に供給した場合とした。空気の供

給によって, 入り口付近の温度, 湿度が低下するとともに, 細かな水滴が発生する(気体が白く見える状態)。以降, それぞれの加熱条件で得られた試料を CH(high humidity), CN(normal humidity), CL(low humidity)とする。なお, CN が実際に商品として販売されるよもぎ饅頭の加熱条件である。

加熱前(直径約 60 mm, 厚さ約 40 mm)と, 3 種類の条件で加熱実験を行った試料(直径約 70 mm, 厚さ約 40 mm)の撮影画像の例を図 3 に示す。



(a) 加熱前



(b) 高湿度(CH) (c) 通常(CN) (d) 低湿度(CL)

図 3 よもぎ饅頭の撮影画像の例

5)色彩計と分光測色計

フォトドームによる測定値と, 現在広く使用されている測定法によるものとを比較するため, 市販の色彩計(CR-13, Konica Minolta, 測定径 8 mm)と分光測色計(CM-2600d, Konica Minolta, 測定径 8 mm)を使用し, CIE-L*a*b*値により測定値を比較した。前者の色彩計は, 三刺激値直読型で, 対象物に接触させて接触部に光を照射することで対象物の色を測定するもので, 視野角は 10°である。後者の分光測色計は, 同様に対象物に接触させて接触部に光を照射し, 対象物からの反射光のスペクトル分布を三刺激値に変換して測定する。視野角は 24 色色票と同じく 2°に設定し L*, a*, b*値を測定した。

3.実験結果および考察

1) 24 色色票

24 色色票の測定結果を表 1~3 に示す。表中の値は, Δ (色差) = 測定値 - 色票の規格値であ

る. 24色の平均色差は, フォトドームが1.7, 色彩計が5.4, 分光測色計が2.3となった. 一般に, 色差5以内であれば目視では並べて比較しないと識別できない程度の差である⁵⁾.

表1 フォトドームの測定値

No.	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
1	1.4	2.8	0.2	3.1
2	0.8	0.8	0.6	1.3
3	1.6	1.1	1.6	2.5
4	0.3	0.6	2.7	2.8
5	0.2	1.4	0.2	1.4
6	0.1	0.9	0.3	0.9
7	0.8	1.4	0.6	1.7
8	0.3	0.9	0.3	1.0
9	0.1	0.8	1.6	1.8
10	0.3	0.2	2.7	2.7
11	1.2	1.5	0.8	2.0
12	0.8	2.1	1.5	2.7
13	1.9	3.3	2.6	4.6
14	1.6	2.3	1.2	3.0
15	0.4	0.7	0.1	0.8
16	0.1	0.4	0.5	0.6
17	0.2	2.0	1.8	2.7
18	0.3	0.1	0.1	0.3
19	0.4	0.2	0.3	0.5
20	0.0	0.2	0.1	0.2
21	0.1	0.1	0.5	0.6
22	0.4	0.2	0.4	0.6
23	1.4	0.1	1.3	1.9
24	0.5	0.3	0.6	0.8
Average				1.7

表2 色彩計の測定値

No.	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
1	1.4	0.6	2.2	2.7
2	4.3	4.6	1.1	6.4
3	2.3	4.2	1.4	5.0
4	2.5	4.5	0.2	5.2
5	2.6	3.5	1.4	4.6
6	1.9	0.6	1.8	2.7
7	3.4	8.0	5.4	10.2
8	0.1	6.5	0.2	6.5
9	4.2	6.3	3.9	8.5
10	1.4	5.0	2.2	5.6
11	2.1	5.6	1.4	6.1
12	3.3	6.0	1.3	7.0
13	0.9	14.9	8.1	17.0
14	1.0	4.0	0.8	4.2
15	3.2	2.8	4.5	6.2
16	2.4	7.6	2.6	8.3
17	3.4	3.0	3.0	5.4
18	0.1	4.6	0.6	4.7
19	1.3	0.5	2.7	3.1
20	1.8	1.0	0.3	2.1
21	1.7	1.2	0.2	2.1
22	2.2	0.4	0.7	2.3
23	1.2	1.2	1.0	2.0
24	0.9	1.0	1.0	1.6
Average				5.4

表3 分光測色計の測定値

No.	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
1	1.4	0.6	2.2	2.7
2	4.3	4.6	1.1	6.4
3	2.3	4.2	1.4	5.0
4	2.5	4.5	0.2	5.2
5	2.6	3.5	1.4	4.6
6	1.9	0.6	1.8	2.7
7	3.4	8.0	5.4	10.2
8	0.1	6.5	0.2	6.5
9	4.2	6.3	3.9	8.5
10	1.4	5.0	2.2	5.6
11	2.1	5.6	1.4	6.1
12	3.3	6.0	1.3	7.0
13	0.9	14.9	8.1	17.0
14	1.0	4.0	0.8	4.2
15	3.2	2.8	4.5	6.2
16	2.4	7.6	2.6	8.3
17	3.4	3.0	3.0	5.4
18	0.1	4.6	0.6	4.7
19	1.3	0.5	2.7	3.1
20	1.8	1.0	0.3	2.1
21	1.7	1.2	0.2	2.1
22	2.2	0.4	0.7	2.3
23	1.2	1.2	1.0	2.0
24	0.9	1.0	1.0	1.6
Average				5.4

表1, 表3に示すように, 市販の測色計の中でも精度が高い分光測色計の測定値とフォトドームによる測定値を比較しても遜色のない精度で測定できていることが確認できた. 一方, 表2に示すように, 色彩計の測定値は, フォトドーム並びに分光測色計の測定値に比べて色票の規格値との色差が大きかった. その原因として, 色彩計は, 観察条件が 10° 視野であることに対して, 分光測色計およびフォトドームでは, 2° 視野であることが考えられる.

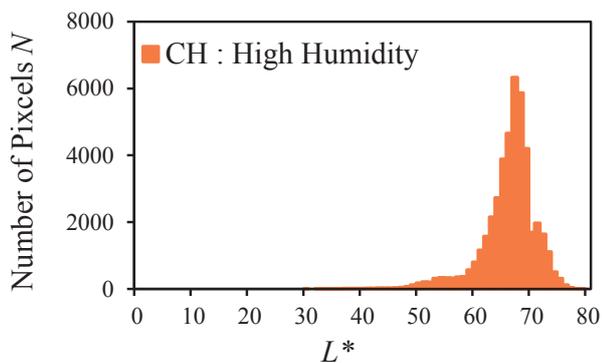
これらのことから, 平板状の対象物の場合は, フォトドームにより実用上十分な精度で色が測定できることが分かった.

2) よもぎ饅頭

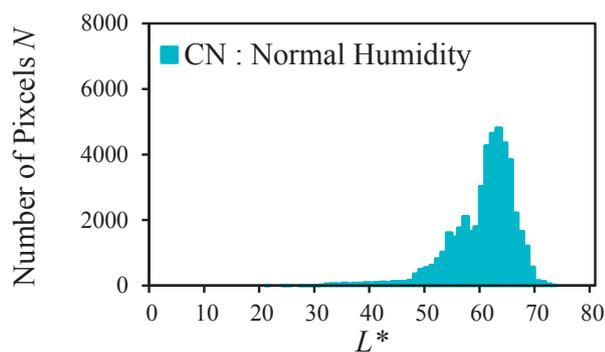
3種類のよもぎ饅頭について, 得られた画像解析の例として, 表面の L^* のピクセル数をヒストグラムとして表したものを図4(a)~(c)にそれぞれ示す.

図より, 3種類のよもぎ饅頭で表面の明度分布が異なっていることがわかる. このことから, 加熱中の湿度が, よもぎ饅頭表面の色変化に影響を与えることが明らかとなった. 今回の試料と加熱装置においては, 湿度が高いほど加熱後の試料表面色の L^* 値が大きいことがわかる. 図3(a)の写真に見られるように, 本試料は緑色の細かなヨモギ

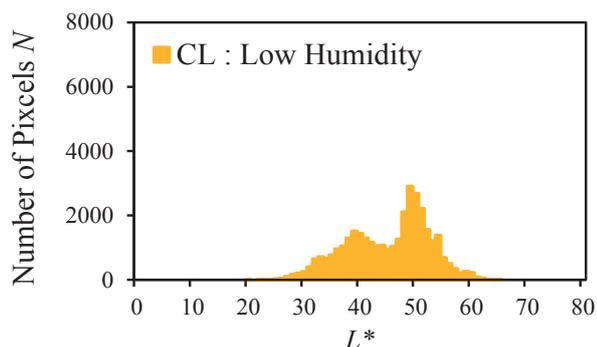
葉が含まれた食品であるが、湿度が高い条件で加熱した後は、見た目がより白くなることを示している。なお、湿度によって食品の表面色は変化することは報告例がある⁶⁾⁷⁾。また、CN、CLについては、よもぎ饅頭表面の色分布のピーク(山)が2つ確認できた。これは、生地の色と、練り込まれたよもぎ葉の色によるものと考えられる。



(a) CH (高湿度)



(b) CN (通常湿度)



(c) CL (低湿度)

図4 3種類の加熱(蒸し)条件によるよもぎ饅頭表面の明度分布の違い

4.まとめ

試作したフォトドームを用いて24色色票の測定とよもぎ饅頭表面の色分布の解析を行った。24色色票について、試作したフォトドームでは、24

色平均色差1.7と市販の測色機器と比較しても遜色のない結果が確認でき、品質管理の上では十分な測定精度であることが確認できた。また、3種類の条件で加熱したよもぎ饅頭表面の色分布の解析を行い、加熱条件によって表面の色変化が異なることを示した。

参考文献

- 1) 佐藤他: 対流加熱した食品の着色過程, 日本食品科学工学会誌, Vol. 46, No. 7, 454-461(1999)
 - 2) 伊與田他: アクリルドームとデジタルカメラを用いた色情報記録装置の開発, 日本色彩学会誌, Vol. 39, No. 5, 113-116(2015)
 - 3) x-rite 社ホームページ, <http://xritephoto.com/colorchecker-targets>, 参照日 2016年2月25日
 - 4) JIS X9204: 2004 高精細カラーデジタル標準画像(XYZ/SCID)
 - 5) 財団法人日本色彩研究所編, 「色彩管理の基礎」, 日本規格協会出版 (1993)
 - 6) 山田氏他: スチームコンベクションオーブンの加熱特性, 日本家政学会誌, Vol. 53, No. 4, 331-337(2002)
- P-137) Iyota, H. *et al.*: Color measurement methods for optimization of oven operation(baking of sliced bread with superheated steam and hot air), Food Science and Technology Research, 19(6), 939-947(2013)

スイレンのイメージ評価の構造分析

Image structure analysis on flower products

森山なな Nana Moriyama 名城大学 Meijo University
 秋田昌也 Masaya Akita 名城大学 Meijo University
 川澄未来子 Mikiko Kawasumi 名城大学 Meijo University

Keywords: 花, イメージ構造, 形容詞, 色彩

1. はじめに

近年、アジア市場が急成長し、アジアのユーザの感性に合った製品開発の重要性が増している。我々はこれまでに、工業製品を対象にアジアの国の人々の感性に合う見栄えを持つ表面素材を開発してきた¹⁾。本研究では、新たに花き製品を取り上げ、感性工学の手法を用いて魅力的な花の開発に貢献することを試みる。ここでは花き製品としてタイで品種改良が盛んなスイレンを取り上げ、開発目標とすべきイメージを向上させる色彩条件を見出すことを狙う。

前報²⁾では、日本人とタイ人がスイレンに対して求めるイメージを調査した結果、beautiful, natural, pureなどのイメージにおいて得票率が高く、重要だということが明らかとなった。

本報では、まずは日本人における目標イメージの評価構造について、定量評価実験により詳しく検討する。

2. 評価方法

被験者には「このスイレンから受ける印象を回答してください。」という設問で、9種類の写真画像それぞれについて20の形容詞対を使用しSD (Semantic Differential) 法 (7段階) で評価してもらった (図1)。

提示刺激として、スイレンの花の写真画像を引用した³⁾ (図2)。スイレンは熱帯・温帯の品種より色や形が異なるものをそれぞれ4種ずつ選定し、評価の練習用に1種加え、合計9種とした。練習用の評価用紙を1番目に、ほかの8枚をランダムな順にセットした。

20の形容詞対には、beautiful, natural, pureなどの日本人とタイ人で得票率が高かった形容詞、また、bright, vividなどの色彩に関する形容詞、warm, hardなどの低次の感覚からelegant, holyなどの高次の感覚を表す形容詞まで含まれている。形容詞対は今後タイでも同一の評価を行うことを踏まえ、英語を併記してある。

被験者は10代から50代の女性23名で、所要時間は10分から20分程度であった。

3. 評価結果

形容詞間の関係を見るため、被験者全員のSD法の結果を、グラフィカルモデリングを用いて分

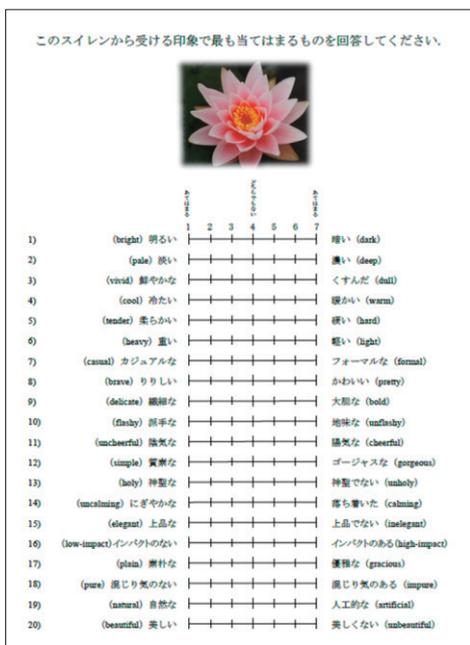


図2 SD法評価用紙



図1 提示刺激

析した (図3). この時, 独立連鎖グラフで高次のイメージとして beautiful を第1群とし, 第2群は pure や cheerful などの13語, 第3群は物理量に近いイメージである bright や heavy などの6語とした. この図をさらに簡略化したものが図4である. 図4中の数字は相関係数であり, ここでは高次のイメージである beautiful と相関が見られた形容詞をピックアップした. その結果, beautiful と vivid, elegant, natural の間に正の相関が見られた. さらに vivid と bright の間には強い正相関があることも確認できた. elegant や natural については, 両者とも pure と正の相関が見られた.

また, 結果を主成分分析し, 因子負荷散布図より形容詞の位置づけを見た (図5). その結果, beautiful は第4象限に位置しており, 正の相関が見られた形容詞は第1象限と第4象限に集中している傾向が見られた. 主成分1 (横軸) としては pale, pure, heavy があげられ, 主成分2 (縦軸) としては flashy, simple, low-impact があげられた.

4. まとめ

日本人における目標イメージの評価構造をSD法の結果をグラフィカルモデリングにより分析した結果, beautiful と vivid, elegant, natural の間に正の相関があることが確認できた. また, vivid を高めるイメージとして bright が, elegant と natural を高めるイメージとして pure などのイメージがあげられることも明らかとなり, 開発目標とすべきイメージの絞り込みができた. また主成分分析により, 日本人における目標イメージの二次元的な分布も確認することができ, 第1象限と第4象限に多く含まれていた.

いずれの結果も, 被験者数が23と多くはないため, さらに被験者の数を増やして分析することで結果が変わる可能性がある. また, 日本人とタイ人で得票率が高かった natural や pure を第1群に持ってきた際のイメージ構造についても分析し, それらのイメージを高める条件も見出す必要がある.

今後は, 日本人の被験者の数を増やしつつ, タイでの同様の評価結果を分析しタイ人におけるイメージ構造を見出す予定である. さらに, 日本とタイでのイメージ構造を比較し, ターゲット国に合わせた開発目標イメージを高めるための色彩条件について検討する予定である.

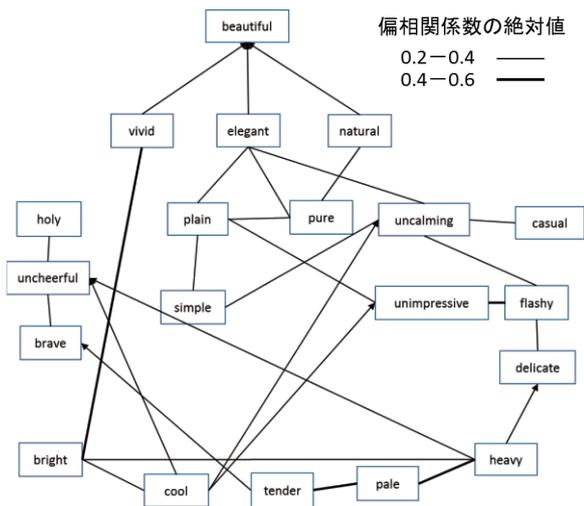


図3 グラフィカルモデリング

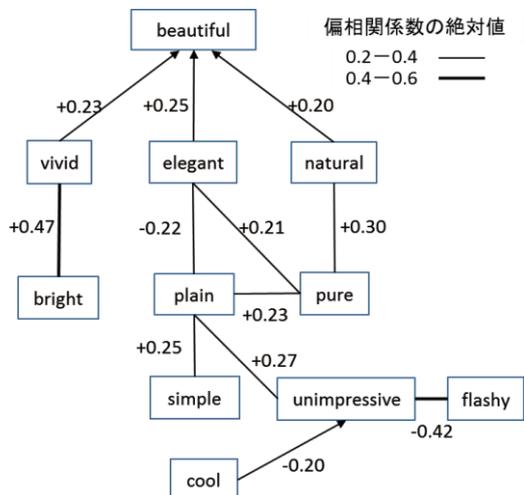


図4 beautiful を中心としたイメージ構造

参考文献

- 1) Mikiko Kawasumi, et al : A study on silver metallic color preference, Association Internationale de la Couleur 2015 TOKYO, pp.735-739 (2015).
- 2) 森山なな, 他 : 製品に望まれる感性品質の日タイ比較, 日本色彩学会誌 39(5) supplement, pp.142-143 (2015).
- 3) 赤沼敏春, 宮川浩一 : 新版スイレンとハスの世界~水辺のフラワーガーデニング~, エムピージェー (2010)

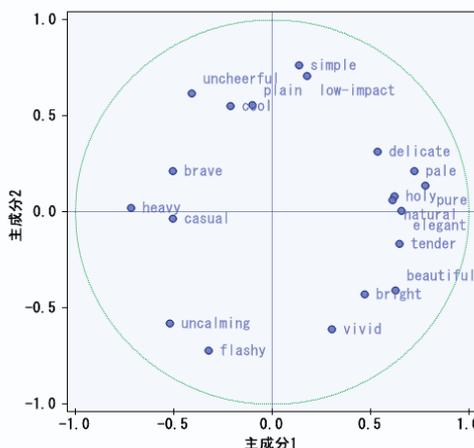


図5 因子負荷量散布図

リアルな車室内空間の見えを再現する D-up viewer の開発と

色の見えの変化の測定—内装部品の明度による影響—

Development of D-up viewer for correct color perception

—Effect of lightness on car interior parts—

尾山 真一	Shinichi Oyama	名城大学	Meijo University
上原 佑太	Yuta Uehara	名城大学	Meijo University
川澄 未来子	Mikiko Kawasumi	名城大学	Meijo University
Chanprapha Phuangsuwan		Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	

Keywords: 色恒常性, D-up viewer, 室内空間, 自動車内装, カラーマッチング

1. はじめに

誌面やディスプレイ上の室内写真で色彩を見た時と実空間の中で見た時では異なる色彩に感じることがある。照明が満ちている室内を空間として認識しているかどうかに応じて、対象物の色の見えに違いが生じるからである。

先行研究²⁾³⁾では、のぞき穴を通じ片眼で室内画像を見ると、あたかも実際にその照明が満ちている空間の中に居ながら眺めているように知覚できる D-up viewer を製作し、D-up viewer の有無による見えの違いを比較した。実験刺激は車室内空間の写真画像とし、観察ポイントは素材や色の異なる7点とした(図1)。その結果、高明度の部品(E~G)に対してはD-up viewer を通して見る方が明るく感じ、低明度の部品(A, D)に関しては見えの差が少ないことが確認された。

今回は画像上の内装部品の明度を段階的に変化させ、D-up viewer の使用有無により色の見えに差が生じる条件を詳しく調べた。

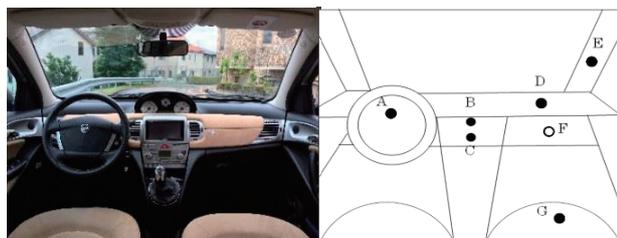


図1 実験刺激と観察ポイント

2. 実験方法

車室内画像上の観察ポイント(図1)の中で、先行実験で見えの差が大きかった点Fを含むダッシュボード全体に対し、Adobe Photoshopを用いて明度を5段階に変化させた(図2)。色の見えの測定にはカラーマッチング法を用い、JIS標準色票(マンセル表色系)を使用してHue, Value, Chromaを測定した。被験者の位置の照度は50~70[lx]、色票上の照度は1000[lx]とした(図3)。実験刺激はダッシュボードの明度を変化させた5枚の車室内画像とし、刺激はランダムに提示した。観察ポイントは図1のF点のみとし、D-up viewer を通した時と通さない時とのそれぞれの色の見えを測定した。被験者は色覚異常のない3名で、試行回数は3回とした。



図2 明度を変化させたダッシュボード

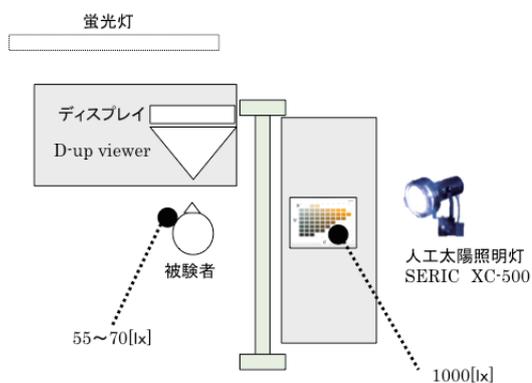


図3 実験環境

3. 実験結果

図4~6に測定結果を示す。横軸はPhotoshopで変化させたダッシュボードの明度、縦軸はカラーマッチング法で測定したHue, Value, Chromaで、いずれも被験者3名の平均を示している。またD-up viewer無しの結果を○, 有りの結果を●で示す。

まず, Hueは7.5YR~2.5Yの間の値をとり(図4), また, Valueはほぼ線形に変化し(図5), Chromaも低明度では線形に変化する様子(図6)がわかる。

次にD-up viewer有無による違いについては, Hueについては傾向が明らかにならなかったもの(図4), ValueやChromaではD-up viewerを通すことにより高まる傾向が見られた(図5-6)。なお, 図6の高明度部分について, Chromaに特異な減少傾向がみられるのは, カラーマッチングに使用した色票の問題によるものと考えられる。参照すべき高Value, 高Chromaの色票が存在していないため, 被験者は適切に補完しながら回答できなかった可能性がある。

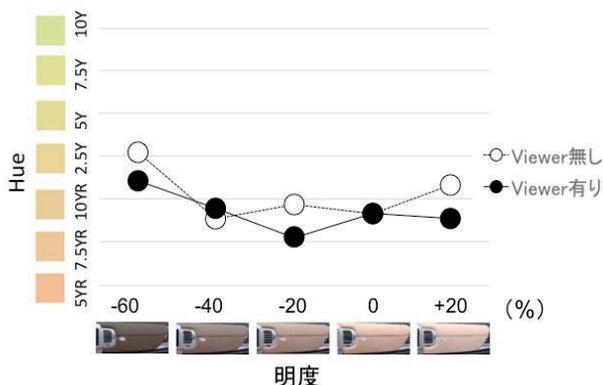


図4 Hueの測定結果

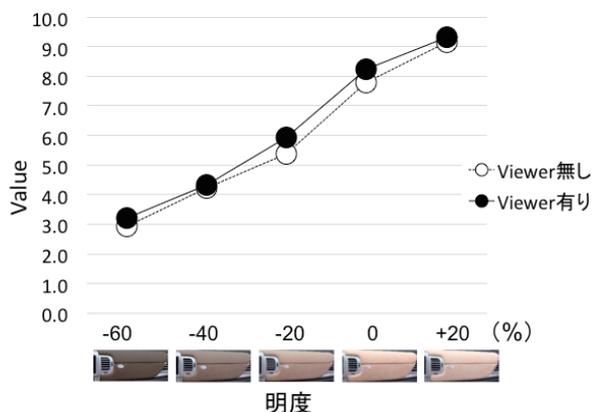


図5 Valueの測定結果

4. まとめと今後

ダッシュボードの明度を5段階に変化させた実験刺激に対して, D-up viewer有無による色の見えを測定して比較したところ, Hueについての傾向は明らかにならなかったものの, Value, ChromaについてはD-up viewer有りのほうが高まる傾向が見られた。

照明が満ちた実空間の中に居ながら内装を観察している実感がある時と, ディスプレイに表示された室内写真画像を見ている認識の時とで内装部品の色が異なって見えるとすれば, 例えばCGを使ってディスプレイ上で製品を設計する際に, D-up viewerを利用してリアルな見えを再現する意義は大きい。

今後はさらに精度よく色の見えを測定する方法について検討しつつ, ダッシュボードの色相や彩度を変化させた場合の影響や, 彩度が高い部品(ハザードボタンなど)の色相を変化させた場合の影響についても調べ, D-up viewer活用の留意点について検討を続ける予定である。

参考文献

- 1)池田光男:照明認識視空間の概念に基づく色の見えの説明, 予測, 実験, 日本色彩学会誌, 第29巻, 第2号, pp.134-142(2005)
- 2)Chanprapha Phuangsuwan, et al: Color Constancy Demonstrated in a Photographic Picture by Means of a D-up Viewer, OPTICAL REVIEW, Vol.20, No.1, pp.74-81 (2013).
- 3)尾山真一, 他: 室内空間における色の見えを再現するD-up viewerの作成と評価, 日本色彩学会誌, 第39巻, 第5号, pp.99-100 (2015)

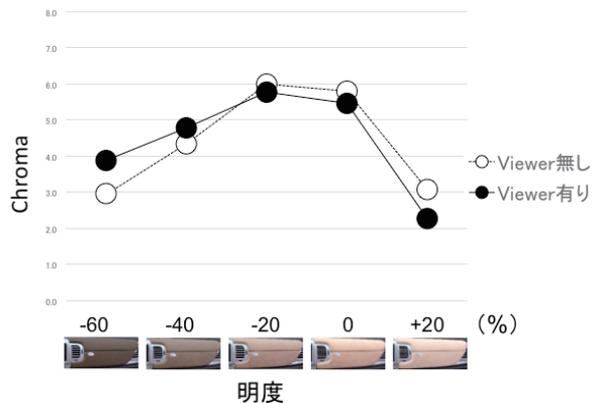


図6 Chromaの測定結果

INDOOR ILLUMINANCE LEVEL PROPER FOR ELDERLY PEOPLE TO SEE SIGNS FROM OUTDOOR

Chakkapan Pamano

Faculty of Mass Communication Tech., Rajamagala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand

Mitsuo Ikeda

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

Chanprapha Phuangsuwan

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

Keywords: Elderly people, Cataract eyes, Cataract experiencing goggles, Quality of life QOL, Building lighting, Recognition of signs.

1 Introduction

People get cataract in their eyes when aged. The most serious impediment from the cataract is the light entering the eyes from environment scatters into the eyes and covers all over the retina causing scene foggy. It also desaturates colors¹⁾, and blurs the retinal image²⁾. When elderlies look at a dimly illuminated indoor from a very bright outdoor the indoor appears only a dark space and they cannot recognize objects in the space, while young people have no such inconvenience because of no scattering light in their eyes. One way to solve this problem is to increase the illuminance in the indoor space. The present paper investigates how much illuminance should be increased for elderlies compared to young people by simulating the cataract with cataract experiencing goggles³⁾.

2. Method

Two-rooms technique was employed composing of a subject and test room as shown in Fig. 1. The subject room was 4 m long, 3 m wide, and 2 m high, and the test room 1.8 m long. At the separating wall 17 fluorescent lamps FL of 40 W each and the daylight type were attached facing a subject to simulate the environment light. The vertical plane illuminance at the subject eyes were variable from 0 to a little over 1,000 lx when the subject sat at the distance 3.3 m from the separating wall. Five illuminance levels were investigated, 0, 259, 528, 789, and 1054 lx. The inside of a building was simulated by the test room, which was illuminated by 12 fluorescent

lamps of 20 W and the daylight type. Two of them, Ft were adjustable for their intensity by a knob operated by the subject. A test stimulus T was placed against the back wall of the subject room and the subject observed it through an opening D of which width was 50 cm. The vertical plane illuminance was measured at the test stimulus every time when the subject set. Figure 2 is a photograph to show the environment lighting at 1054 lx and a test stimulus in the test room through the window.

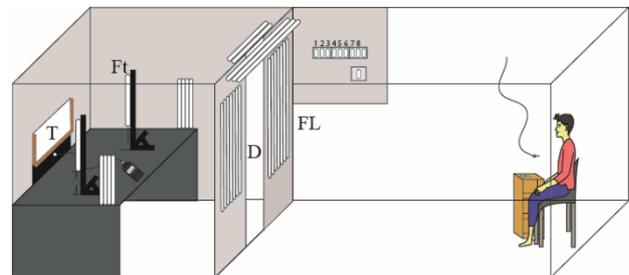


Fig. 1 Experimental room.



Fig. 2 The environment light in the front wall of the subject room.

The subject task was to adjust the illuminance of the test room by a knob at the level when he/she could understand the contents of the stimulus easily for the decision whether he/she visits the building when he/she happened to pass by the building. This was not a threshold for readability of the stimulus and rather a vague criterion. We wanted to simulate real situation of elderly people on streets in town. The adjustment was done with naked eyes and with cataract experiencing goggles for five times at different experimental sessions.

Ten test stimuli were prepared composing of two types of pattern; 4 posters and 6 dishes. Examples of a poster and a dish are shown in Fig. 3. The poster was to invite people to a seminar held in the building and the dish was a Thai food "somtum" that was available in a restaurant in the building. The goggles had haze value of 18% that shows the degree of scattering light and the photopic luminous transmittance 63%. The goggles simulate the cataract eyes that just start to cause inconvenience in daily life.

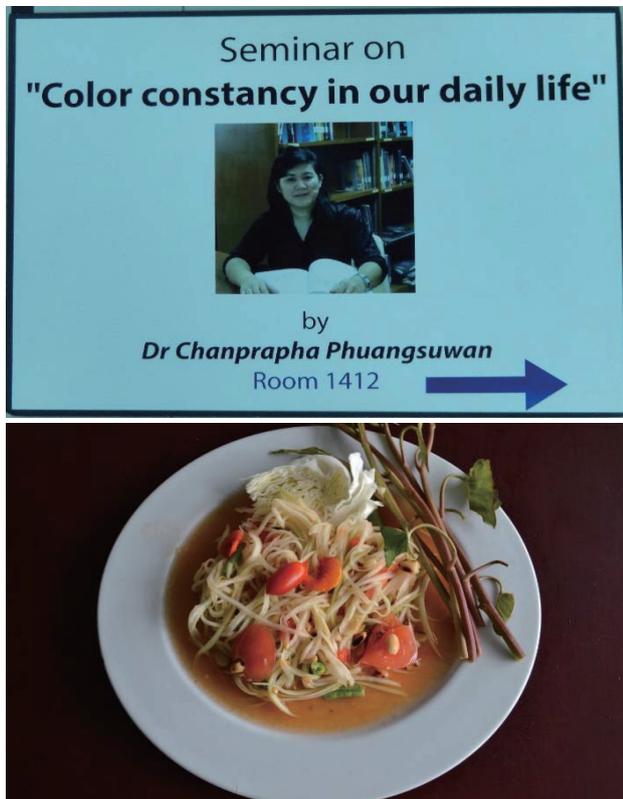


Fig. 3 Stimuli, a poster (top) and a dish "somtum" (bellow).

Five subjects participated in the experiment, four young Thai and one elderly Japanese whose eyes were installed with intraocular lenses after operation for the cataract.

3. Results and Discussion

Results of the subject CP and MI are shown in Fig. 4 for the test stimuli of six dishes. The illuminance of the subject room is taken along the abscissa in lx and that of the test room along the

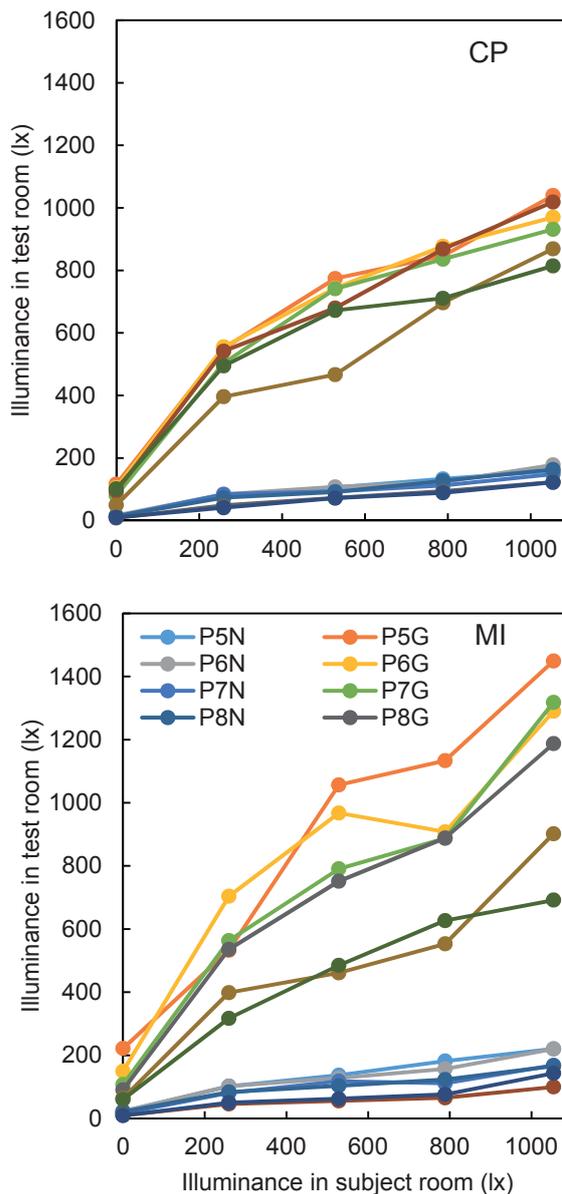


Fig. 4 Results of subject CP and MI.

ordinate. Six curves at low position were obtained with naked eyes and those at high with goggles.

The curves of both groups increased for higher illuminance of the subject room showing more illuminance was needed to recognize test

stimuli in the test room. It is clear that more illuminance was needed with goggles. We notice in the MI's results that there are two curves that locate low in both naked and goggles. The two dishes were "somtum" and "spaghetti", which the Japanese subject knew quite well and was easy for him to identify. Other 4 dishes were not familiar to him and higher illuminance was needed to identify the dishes. The Thai subject CP did not show such peculiarity about the dishes. Three other Thai subjects showed similar results with the subject CP though showing different illuminance in the test room. Average was taken for four Thai subjects and is shown in Fig. 5. Dotted curves

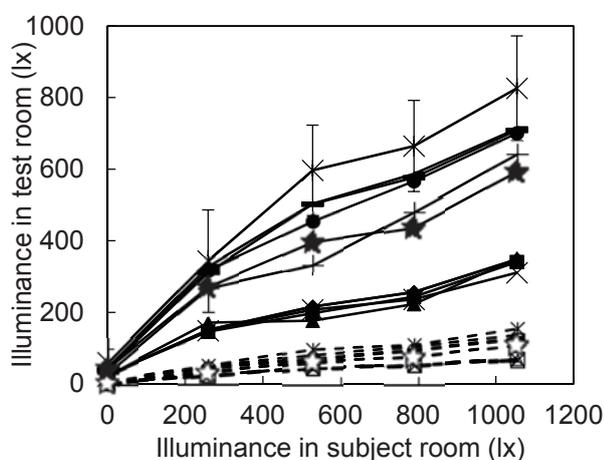


Fig. 5 Average of four Thai subjects.

locating in the middle were for posters with goggles and it was easier to recognize them than dishes. Four dotted curves without goggles also showed low illuminance in the test room. For the uppermost curve the standard deviations among four subjects are shown by short vertical bars. Large SDs indicate large variance of individuals in adjusting the illuminance of the test room. The vague criterion given to subjects for the adjustment might have caused the variance.

In order to know how much illuminance should be increased with goggles compared with naked eyes the ratio of the illuminance with

goggles to the illuminance with naked eyes was calculated for each test stimulus and the average of the ratio was calculated for all the five subjects. The result is shown in Fig. 6. Short vertical bars at each data point indicate the standard deviation among five subjects. Although the individual variance is not small the ratios remained relatively constant for the illuminance level of the subject room by having the average 6.5.

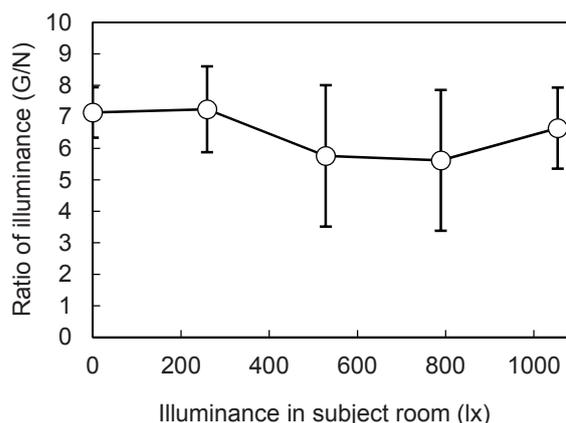


Fig. 6 The ratio of illuminance (G/N) from 5 subjects.

We can conclude that the illuminance in the building should be elevated about 6.5 times from the level designed for young people in order that elderly people also can recognize posters or pictures similarly to young people to assure their QOL.

References

- 1) M. Ikeda and T. Obama: Desaturation of color by environment light in cataract eyes, *Col. Res. Appl.* 33 (2008)142-147.
- 2) B. Waleetorncheepsawat, P. Pungrassame, T. Obama, and M. Ikeda, Jr. *Col. Sci. Assoc. Jpn* 38 (2014) 182-183.
- 3) T. Obama, H. Uozato, H. Terauchi, and M. Matsuoka: A qualitative determination of senile cataract experience filters, *Jr. Col. Sci. Assoc. Jpn* 28 (2004) 245-252. [in Japanese].

WHITENESS (W) AND LIGHTNESS (L*) RELATIONSHIP

Chanprapha Phuangsuan

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

Syomporn Saingsamphun

Faculty of Mass Communication Tech., Rajamagala Univ.
of Tech. Thanyaburi, Thailand

Mitsuo Ikeda

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

Keywords: Elementary Color Naming, Whiteness, Lightness constancy, Photograph, Prints

1. Introduction

It is useful if we can print photographs that show the same color appearance as for the real scene under the normal observing situation. The modification for a photograph was carried out for the lightness constancy and the result was satisfactory to some extent^{1,2)}. Figure 1 shows the flow chart for the modification. The right-hand flow shows the determination of the amount of whiteness and blackness for a real space by the

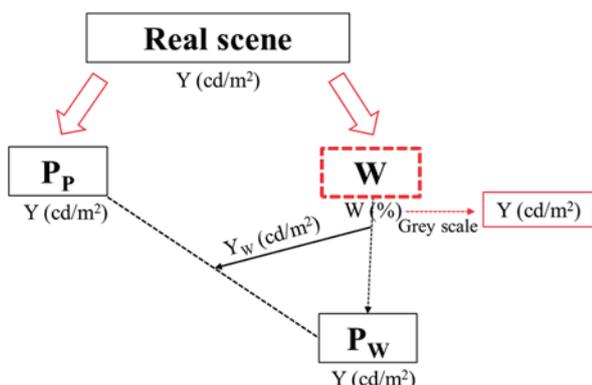


Fig. 1 Flow chart for lightness modification in photograph.

elementary color naming method. The left-hand side flow shows a photograph modification process. Pp is a photograph of a real scene and this will be modified to reproduce the whiteness W in a photograph Pw. Pp is specified by the lightness L* and it is necessary to relate W to L* to get a photograph that gives the same impression of lightness appearance for the real scene. It is important to derive the W and L* relation. We have

a quantified relation in the natural color system NCS developed in Sweden but the data were based on European subjects. Phuangsuan et al reported an equation to relate W to L* based on Thai subjects but only 5 subjects³⁾. In this report the relation was again obtained by 15 Thai subjects and under a controlled lighting.

2. Method

Sixteen achromatic patches covering the metric lightness L* from 21 to 93 with steps of about 5 were prepared. A subject was presented with one of them at a time through a square mask of 3 x 3 cm² at distance of about 65 cm giving 2.6° x 2.6° arc of visual angle under fluorescent lamps of the daylight type of which chromaticity point on the CIE xy diagram is shown by an open triangle in Fig. 2. The open square is for D65 which was used by Swedish group in developing NCS. An open circle shows the CIE A light source. The solid curve shows the

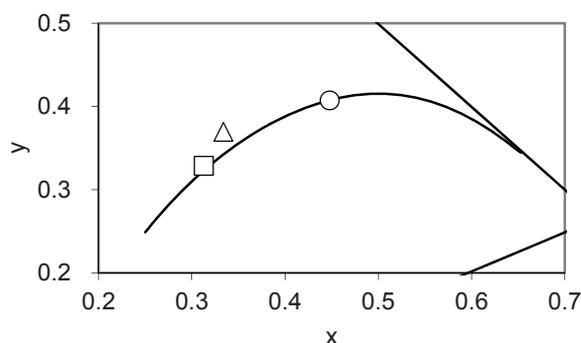


Fig. 2 Color illumination in the subject room.

black body locus. The mask for the test patch was made of a gray paper of L*=55 and the measurement was carried out in a room illuminated at 900 lx at the patches. Fifteen Thai

and two Japanese participated as subject and they were asked to judge the amounts of whiteness and blackness for each patch in percentage, which were presented in a random order. Five such sessions were repeated in different sessions. Three subjects were well trained for this kind of experiment but others were naïve and participated to this kind of experiment for the first time. Except the three subjects they were all undergraduate students of the university. Figure 3 shows the atmosphere of experimenting. Left person is a subject and the right person an experimenter just changing the test patch.



Fig. 3 The atmosphere of experimenting.

3. Results and Discussion

Results of two subjects SS and CP are shown in Fig. 4, where the lightness L^* of test patches is taken along the abscissa and the amount of whiteness along the ordinate in percentage. Short vertical bars indicate standard deviation of five repetitions. The subject SS was a naïve subject while the subject CP well trained for psychophysical experiment. The former subject showed smaller standard deviation and the experience did not reflect to the variance of judgment. Figure 5 is the mean of 15 Thai subjects with standard deviation among subjects. The individual variance is not large.

In Fig. 6 other two previous results are plotted together with the present result; the present result by open circles, the previous results by Phuangsuwan et al.³⁾ by open squares, and NCS by open triangles⁴⁾. It is seen that the present result locates upper than other two results indicating more white judgment for each patch.

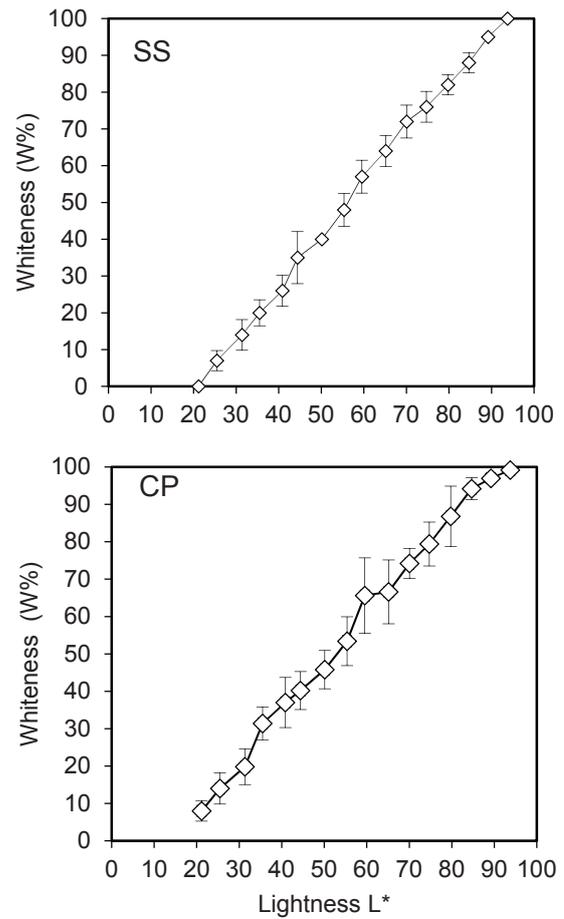


Fig. 4 Result of subject SS and CP.

The previous results were obtained in a room illuminated by fluorescent lamps of the daylight type but the illuminance was not well controlled. The NSC data were obtained under the CIE D65. The present data were obtained at a constant illuminance.

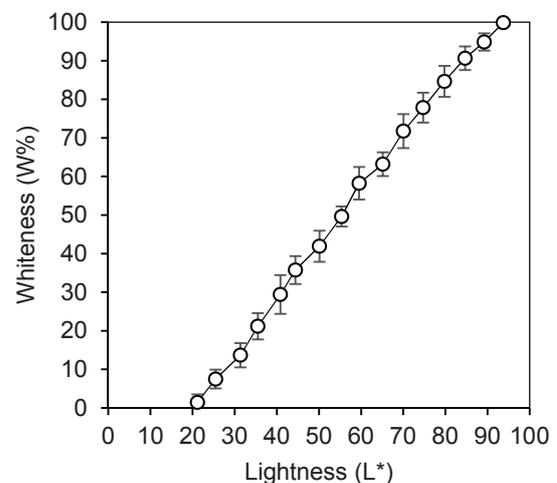


Fig. 5 Mean of fifteen subjects.

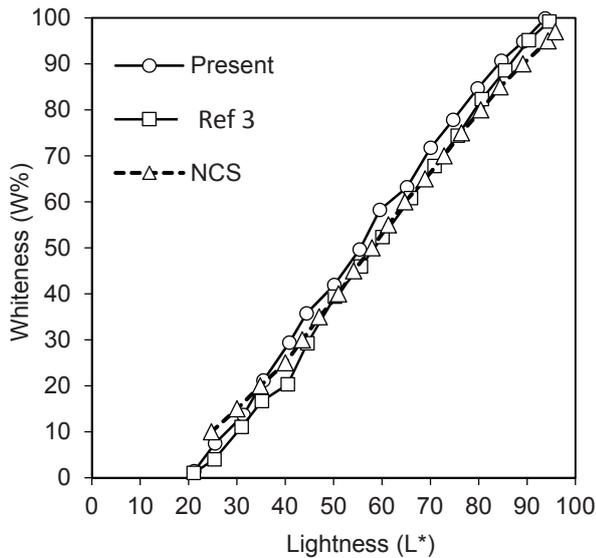


Fig. 6 Present result, Ref 3, and NCS result plotted together.

These difference of experimental condition might have caused the difference in the results. In spite of the difference in detail among three results they can be all approximated by lines to show a simple

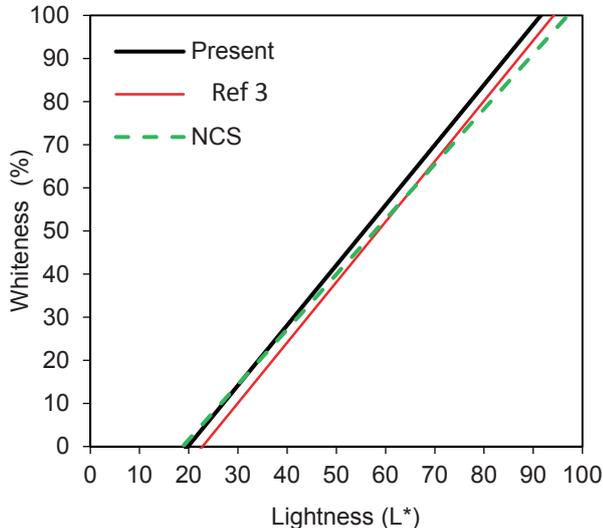


Fig. 7 The regression line of three results.

relationship between L^* and W . The regression lines are

Present results $W = 1.394L^* - 27.6,$

Ref 3 $W = 1.401L^* - 31.9,$

NCS $W = 1.278L^* - 26.5,$

and they are shown in Fig. 7 by a black solid line for the present result, a red thin line for the previous work³⁾, and a green dotted line for NCS. The NCS showed a shallower slope than other two.

References

- 1) S. Mooklai, C. Phuangsuwan, and M. Ikeda: Lightness constancy demonstrated in a real space having various shadows, Jr. Col. Assoc. Jpn 38 (2014) 178-179.
- 2) C. Phuangsuwan, M. Ikeda, and S. Mooklai: Lightness modification for a photograph to give natural impression as for the real scene, Jr. Col. Assoc. Jpn 38-3 (2014) 180-181
- 3) C. Phuangsuwan, M. Ikeda, and: S. Mooklai: Photograph to demonstrate the lightness constancy of a real scene, Proc. ACA2014 Taipei (2014) 264-267.
- 4) We acknowledge Prof. H. Shinoda at Ritsumeikan University to provide us with the NCS table to be used for Fig. 6.

アゲハチョウの翅における色彩の調和効果の検討

Consideration of color harmony in the swallowtail butterfly wings

梯 絵利奈 Erina Kakehashi 首都大学東京大学院
 笠松 慶子 Keiko Kasamatsu 首都大学東京大学院

Tokyo Metropolitan University
 Tokyo Metropolitan University

Keywords: アゲハチョウ, 自然色彩, 色彩調和.

1. はじめに

色彩を中心とした自然のメカニズムの応用に関する研究としては、主に発色構造や色素構成の解明に関するものが多く^[1,2], 自然の配色自体にはあまり注目されていない。研究事例は少ないが、自然の配色に着目した研究としては、足立らの植物に現れる色の調和感覚に関する官能評価の報告から、調和の傾向が示唆されている^[3]。これらのことから、自然における色彩の調和及びその意匠性に着目した。特に今日、製品における消費者ニーズの多様化に対応すべく、デザインの表面を構成する要素である CMF (Color, Material, Finish) に注目が集まっている。自然にみられる色彩を CMF の Color に応用することで、より感性価値の高い製品の提案が可能であると考え、まず自然の色彩からどのような傾向がみられるかを調査することとした。

これまでの取り組みでは^[4], 自然の生き物の中でも特に色彩が豊富で、デザインのモチーフとしても多用されているアゲハチョウの色彩に着目し、51種のアゲハチョウの色彩傾向を調査した。その結果、「二極化」及び「分散」の2つの配色パターンに分類された。二極化の配色傾向においては既存の色彩調和論との適合が確認されたが、分散の配色傾向においては既存の色彩調和論との適合は確認されなかった。分散の配色傾向における色彩調和は未解明の為、本研究では分散の配色パターンにおける色彩調和の傾向の調査を目的とした。

2. 調査方法

(1) 提示刺激

アゲハチョウの色彩傾向をもとにグルーピングを行った結果、分散からは3グループが抽出されており、その特徴として、低明度無彩色のベ-

スカラーと対照明度の色との組み合わせに、中明度のアクセントカラーが加わった配色で構成されていることがわかっている^[4] (図1)。

本研究では、分散における配色の特徴から、2色のコントラストとそれを緩和する中明度色の役割に着目し、“分散の配色”と“コントラストの起こらない2色と中明度色との組み合わせの配色”の調和の度合いを比較することとした。

実験に際し、分散の各グループの代表種としてキアゲハ・ブルキシタアゲハ・ベニモンアゲハを採用し、各種において、標準刺激・トーン対応刺激・非コントラスト刺激の計9個を提示刺激として作成した。(図2)

標準刺激は、アゲハチョウの配色傾向の調査^[4]において抽出した PCCS 値を用いて作成したカラーバーである。また、トーン対応刺激は、標準刺激の PCCS 値に近似したトーンの代表値を用いて作成し、非コントラスト刺激は、標準刺激のベースカラーの明度を、明度対照となっている色の明度とほぼ同一に揃えて作成したカラーバーである。なお、各刺激とも縦横比は3:1で作成した。

各刺激における PCCS 値の対応表を表1に掲載する。

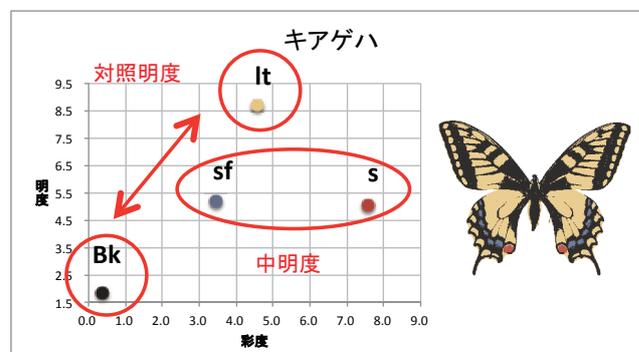


図1 分散の特徴 (一例)



図2 作成した刺激

表1 各刺激のPCGS値対応表

刺激	PCGS表記	H		L	S		
キアゲハ	標準	Bk	3.00	yR	1.82	0.38	
		lt8	7.80	Y	8.68	4.57	
		sf19	18.90	pB	5.18	3.46	
	トーン対応	Bk (1.5)	21.20	bP	0.72	0.98	
		lt8	8.60	gY	9.33	5.40	
		sf18	17.90	B	4.93	6.84	
	非コントラスト	s3	3.40	yR	5.01	7.58	
		Gy-8.7	14.20	bg	8.71	0.07	
		lt8	7.80	Y	8.68	4.57	
	ブルキシタアゲハ	標準	sf19	18.90	pB	5.18	3.46
			s3	3.00	yR	5.01	7.58
			Bk	9.60	YG	1.55	0.91
トーン対応		s8	8.00	Y	7.53	7.08	
		dk8	7.70	Y	5.27	4.39	
		ltg8	8.00	Y	6.96	3.15	
非コントラスト		Bk (1.5)	21.20	bP	0.72	0.98	
		s8	8.00	Y	7.53	7.08	
		dk8	7.70	Y	5.27	4.39	
ベニモンアゲハ		標準	ltg8	8.00	Y	6.96	3.15
			Gy-7.5	14.00	bg	7.65	0.07
			s8	8.00	Y	7.53	7.08
	トーン対応	dk8	7.70	Y	5.27	4.39	
		ltg8	8.00	Y	6.96	3.15	
		dk3	3.20	yR	3.49	4.60	
	非コントラスト	Bk	10.40	YG	1.59	0.80	
		dkg6	5.60	yO	2.70	1.52	
		sf7	6.80	rY	7.04	4.31	
	キアゲハ	トーン対応	dk3	3.20	yR	3.49	4.60
			Bk (1.5)	21.20	bP	0.72	0.98
			dkg6	6.00	yO	1.84	5.48
非コントラスト		sf6	6.20	yo	7.34	6.37	
		dk4	3.00	yR	2.77	5.24	
		Gy-7.0	14.30	bg	6.86	0.08	

(2) 実験

首都大学東京システムデザイン研究科に在籍する学生10名(男性6名, 女性4名, 平均年齢24.8±13.2歳)を対象に, 以下の手続きにより実験を実施した。

まず, 1刺激ずつモニター上に提示し, 「調和し

ている」の項目について, そう思わない: 1点~そう思う: 5点の5件法による主観評価を行った。

次いで, 各種の標準刺激・トーン対応刺激・非コントラスト刺激を同時にモニター上に提示し, 「提示したカラーバーについて, “色同士が馴染んでいる順に” 順位をつけて下さい。」という教示を与え, 1位~3位までの順位づけを行った。

先行研究からは, 色彩調和と好き-嫌いの評価との相関が示唆されている[5,6]。また, 色彩調和の評価にあたり, 個人の色に対する好みの影響を避けたい場合は予め教示を与えたり, 表現を変える等がされている[3,7]。本研究では個人の色に対する好みの影響を考慮し, 調和の度合いの評価に加え, 各色の関係性を表現する“色同士の馴染みの度合い”に対する配色の順位づけを試みた。

3. 結果

(1) 平均値から見た刺激の比較

「調和している」項目における各刺激の平均値は図3の通りである。この結果, 標準刺激とトーン対応刺激間の評価得点においては, キアゲハ・ブルキシタアゲハ・ベニモンアゲハともに有意差はみられなかった。また, トーン対応刺激と非コントラスト刺激間の評価得点においては, キアゲハ・ブルキシタアゲハ・ベニモンアゲハともに有意差がみられた。標準刺激と非コントラスト刺激間の評価得点においてはキアゲハ・ブルキシタアゲハ・ベニモンアゲハともに標準刺激の得点の方が高い結果となっており, このうちキアゲハ・ブルキシタアゲハからは有意差が確認された。

ここから, 非コントラスト刺激と比較して標準刺激・トーン対応刺激の調和の評価得点は有意に高いことが判明した。

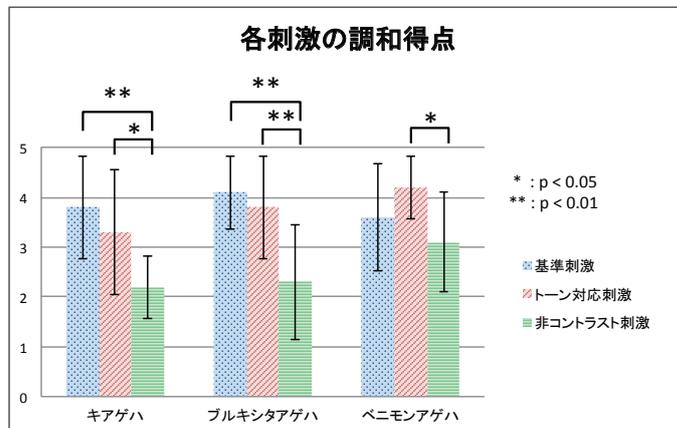


図3 各刺激の平均値

(2) 順位づけによる刺激の比較

色同士の馴染みの度合いの順位付けにおける各刺激の出現頻度は図4の通りである。1位での出現頻度においては標準刺激が最も高く、非コントラスト刺激が最も低い結果となった。また、3位での出現頻度においては非コントラスト刺激が最も高く、標準刺激が最も低い結果となった。なお、トーン対応刺激においては1位、2位における出現頻度が比較的高い傾向にあった。

これらをまとめると、色同士の馴染みの度合いの順位について、標準刺激・トーン対応刺激と比較して非コントラスト刺激は低い傾向にあり、この結果は、前述の調和している項目を用いた主観評価実験の結果と一致する。

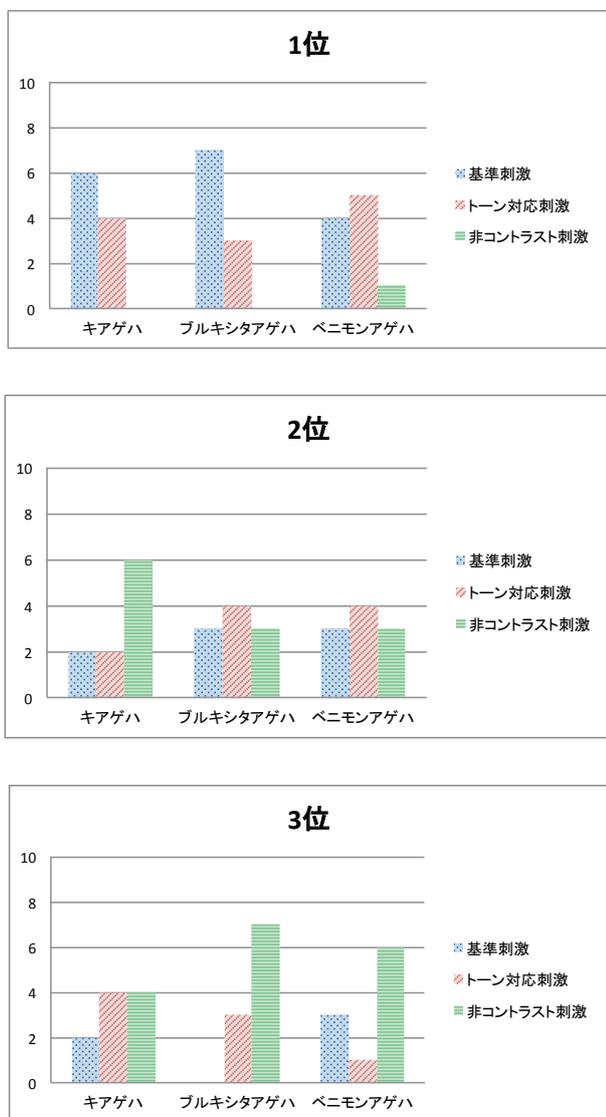


図4 1~3位の各刺激の出現頻度

4. おわりに

本研究では、自然の色彩の意匠への応用性を検

討するにあたり、アゲハチョウの色彩において調和が未解明であった分散の配色パターン調和傾向を調査した。その結果、標準刺激及びトーン対応刺激は、非コントラスト刺激と比較して調和の得点が高い傾向にあった。なお、各刺激の色同士の馴染みの度合いにおいても、同様の結果が得られた。非コントラスト刺激は分散の特徴であるコントラスト+中明度の配色から、コントラストの要素を無くした配色で構成されており、本研究で採用したアゲハチョウの色彩を再現・模倣した標準刺激・トーン対応刺激の調和の度合いが非コントラスト刺激より高いという結果は、分散の配色パターンの調和傾向を示唆していると考えられる。また、標準刺激及びトーン対応刺激の評価については類似性がみられたが、標準刺激の方に若干の優位がみられた。この2刺激は相互に近似したPCCS値の配色で構成されている為、印象に著しい差異が表れなかったものと考えられる。自然の色彩は必ずしも一様ではなく、個体毎にその色には微小な差異がある。これまでの取り組みを通し、本研究で得られた結果は、こうした自然の色彩の誤差も含め、アゲハチョウの色彩における調和の傾向が示唆されたと考えられる。

本研究では刺激を限定し、少人数の被調査者を対象に調査を行った為、今後は刺激数及び被調査者を増やした場合にも同様の傾向が確認出来るかを引き続き調査する必要があると考える。

参考文献

- 1) 田畑洋 (1998) 生物にみる構造的発色 - 光が織りなす夢の繊維 - : 高分子, 47 (10), 738-741.
- 2) 横浜康継 (2008) 海藻という植物 (3) カラフルな色彩美の謎: 海洋と生物, 30 (1), 65-75.
- 3) 足立吉隆・大山妹子・草木雅広・高野佳子 (2008) 植物に現れる色の二色配色調和(第1報) - JIS Z 8721に記載された色との比較 -, 日本色彩学会誌: 32 (2), 85-93.
- 4) 梯絵利奈・笠松慶子 (2015) アゲハチョウの翅における色構成に関する調査: 日本色彩学会誌, 39 (5_SUPPLEMENT), 25-26.
- 5) 細野尚志・霜村美子 (1958) カラーハーモニーの研究 - 3色配色の調査について -, 色彩研究, 5 (4), 72-76.
- 6) 大山正・宮田 (伊藤) 久美子 (2012) 2色配色の感情効果に及ぼす色相差・明度差・彩度差の効果: 日本色彩学会誌, 36 (4), 277-282.
- 7) 徳丸正孝・村中徳明・今西茂 (2007) ファジィ推論による色彩調和の定量的評価: 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), 19 (1), 57-68.

PCCS 表色系の iPad ディスプレイ上における RGB 値の視感測色 2

A study of visual measurement of PCCS's RGB value on iPad display 2

若田忠之 Tadayuki Wakata 早稲田大学人間科学 Faculty of Human Sciences, Waseda
 学術院 University
 齋藤美穂 Miho Saito 早稲田大学人間科学 Faculty of Human Sciences, Waseda
 学術院 University

Keywords: PCCS、RGB 値、測色

1. はじめに

「PCCS 表色系の iPad ディスプレイ上における RGB 値の視感測色」(若田・齋藤;2015)において Practical Color Co-ordinate System (PCCS) のカラーカードを視感測色し、iPad 上にて RGB 値を用いて再現する検討を試みた。その結果、既存の値とは異なる傾向が示唆された。上記の検討では 1 度の測色のみであったため、本研究では同一の被験者が複数回の測色を行うことで測色の再現性について検討することを目的とした。

2. 方法

色刺激、照明環境、提示方法、評価方法については若田・齋藤(2015)と同様のものを用いた。

観察者: 7名の大学生(平均 21.7±0.95 歳、男女比 2:5)が参加した。

実験手続き: 5分間の暗順応を行った後、色彩能力テスターを行った。全ての観察者で共通して目測補完テストは最後に行い、HVC 識別テスト、3点識別テストは観察者ごとに順序が異なった。各テスト内の色順等は全てランダムとした。その後、アプリケーションによって測色を行った。色刺激の提示順はカウンターバランスに考慮した。必要な場合には適宜休憩を設け、休憩間に実験条件以外の照明条件に晒された場合は再度暗順応を行った。測色の部分のみを 3 回繰り返し行った。実験期間は 2015 年 6 月から 2016 年 2 月までの間で、それぞれの実験間では数カ月の感覚を開けて実施した。

3. 結果

実験によって得られた値は sRGB 値であるため、RGB 値から XYZ 値に変換した後に L*a*b*値に変換を行った。sRGB 値から L*a*b*値への変換については、観察者のデータごとに変換を行った。L*a*b*値については、L*値、a*値、b*値ごとの平均値を各実験の結果で求めた。

次に、色差を検討するため L*a*b*値を用いて

[ΔE^*_{94} (色差)]、[ΔL^* (明度差)]、[ΔC^*_{ab} (彩度差)]、[ΔH^*_{ab} (色相差)]を求めた。これらの色差については、1 回目と 2 回目の差、2 回目と 3 回目の差の 2 つを求めた(表 1)。上記の sRGB 値から RGB 値、XYZ 値、L*a*b*値への変換式および各色差式については若田・齋藤(2015)を参照のこと。

その後、前述した式の逆変換を用いてそれぞれの各実験結果の L*a*b*値の平均値および今回得られたすべてのデータの平均について sRGB 値を求めた(表 2)。確信度評価についても、平均値および標準偏差を算出し表 2 に示した。

4. 考察およびまとめ

色差 ΔE に関しては、トーンに着目すると v, b, s, dp などの高彩度色で相対的に値が大きい事が分かる。また、dk, dkg、無彩色でも部分的に大きい値を示した。色相については明確な傾向は示されなかった。色相差、明度差、彩度差に着目すると、1 回目-2 回目間で高彩度色および dkg で色相差が相対的に大きい傾向が見られた。明度差については一貫した傾向は見られなかった。彩度差については色相差と同様に高彩度色および dkg で大きい傾向が見られた。また、色相の傾向についても青紫 20V、紫 22P の当たりで大きくなる傾向が見られた。また、彩度差については色相差、明度差と比べて大きさ値を取る色が多い傾向が見られた。全体的な傾向として、中彩度色、p、ltg は相対的に色差が少なく、安定して捉えることが出来る色だと考えられる。

確信度については、全体的に平均値が 7 から 9 の間となり、主観的な評価は相対的に高いことが示された。しかし v トーンの青緑 v14:v16 は他の色と比べて相対的に評価が低いことが示された。

検討の結果、iPad 上での PCCS カラーカードの sRGB が得られたが、観察者内でも一定の色差があり、特に高彩度色、dkg など大きいことが示唆された。今後は iPad 上の色とカラーカードの色が一致しているかの評価を行う必要がある。

表 1. 色差 : [ΔE^*_{94} (色差)]、[ΔL^* (明度差)]、[ΔC^*_{ab} (彩度差)]、[ΔH^*_{ab} (色相差)]

	ΔE_{ab}		ΔL^*		ΔC^*_{ab}		ΔH^*_{ab}			ΔE_{ab}		ΔL^*		ΔC^*_{ab}		ΔH^*_{ab}	
	1st:2nd	2nd:3rd	1st:2nd	2nd:3rd	1st:2nd	2nd:3rd	1st:2nd	2nd:3rd		1st:2nd	2nd:3rd	1st:2nd	2nd:3rd	1st:2nd	2nd:3rd	1st:2nd	2nd:3rd
v									d								
v2	6.23	3.08	1.13	0.30	3.76	2.32	4.84	2.01	d2	1.71	3.34	0.66	0.93	0.01	2.54	1.57	1.96
v4	7.09	3.31	0.05	1.33	3.84	2.91	5.96	0.82	d4	5.21	2.90	0.91	2.78	5.04	0.68	0.99	0.49
v6	3.67	3.43	2.97	0.58	2.03	3.36	0.75	0.30	d6	2.65	1.27	1.64	0.40	1.22	0.32	1.69	1.16
v8	5.63	3.58	2.13	2.08	0.36	1.62	5.20	2.42	d8	6.06	0.98	0.99	0.01	5.81	0.51	1.41	0.84
v10	1.63	1.19	0.13	1.12	0.49	0.18	1.55	0.37	d10	3.46	3.98	2.88	2.60	1.15	2.78	1.53	1.16
v12	2.09	6.28	0.12	1.39	2.08	5.61	0.13	2.44	d12	3.92	3.57	0.87	1.13	3.82	3.33	0.13	0.62
v14	0.73	9.09	0.17	6.44	0.51	6.08	0.49	2.03	d14	2.86	0.96	0.09	0.96	1.95	0.02	2.09	0.06
v16	3.13	1.69	0.53	0.84	1.16	0.59	2.85	1.34	d16	3.09	1.60	0.68	1.08	1.57	0.42	2.57	1.10
v18	7.56	4.50	0.73	0.70	5.34	3.43	5.30	2.82	d18	3.26	4.09	2.38	2.87	2.05	1.85	0.86	2.24
v20	1.55	5.00	1.06	2.16	0.82	4.44	0.78	0.81	d20	5.92	6.38	5.91	6.26	0.02	1.16	0.34	0.39
v22	0.78	3.78	0.17	2.25	0.23	2.80	0.72	1.19	d22	2.67	4.14	2.07	3.06	1.68	2.53	0.10	1.18
v24	6.83	10.61	0.14	2.64	5.22	9.90	4.40	2.74	d24	4.48	4.51	2.78	2.87	3.37	3.38	0.98	0.82
b									dk								
b2	4.21	5.14	2.20	0.54	3.15	5.00	1.71	1.04	dk2	1.53	3.33	0.29	0.47	1.39	1.75	0.57	2.79
b4	4.86	7.17	0.93	1.09	4.64	4.86	1.11	5.16	dk4	0.63	2.96	0.58	0.45	0.26	2.91	0.03	0.35
b6	3.41	3.52	1.29	1.58	1.59	3.14	2.73	0.12	dk6	3.60	3.21	1.78	0.80	2.40	2.65	2.01	1.63
b8	2.46	2.75	0.72	0.17	2.16	2.58	0.92	0.94	dk8	1.93	3.42	1.70	3.23	0.54	0.53	0.75	1.01
b10	4.96	2.94	3.31	2.54	2.35	1.46	2.85	0.26	dk10	8.06	6.06	6.25	3.21	5.09	5.02	0.23	1.14
b12	4.69	4.80	0.73	2.86	4.39	3.86	1.48	0.10	dk12	5.20	5.26	5.12	3.51	0.18	3.89	0.89	0.48
b14	2.89	5.51	2.86	3.88	0.39	3.63	0.12	1.45	dk14	4.23	4.86	3.78	3.07	1.65	3.10	0.95	2.14
b16	2.33	4.68	1.90	1.75	0.34	0.12	1.32	4.34	dk16	1.81	1.22	1.40	0.36	0.02	1.16	1.15	0.02
b18	6.69	3.82	2.90	1.86	3.73	3.24	4.74	0.83	dk18	1.09	4.87	0.80	2.76	0.62	0.25	0.42	4.01
b20	2.43	4.89	0.14	2.62	1.93	3.69	1.48	1.86	dk20	1.36	3.06	0.66	0.87	0.40	1.18	1.12	2.69
b22	7.87	7.82	4.70	5.85	6.09	4.89	1.66	1.73	dk22	2.45	3.36	0.66	3.15	1.01	1.16	2.14	0.13
b24	4.57	2.75	2.01	1.69	2.31	1.34	3.39	1.70	dk24	1.53	1.56	1.42	0.97	0.07	0.70	0.55	1.01
s									p								
s2	7.96	2.73	0.33	0.48	7.52	2.25	2.59	1.48	p2	1.85	2.39	1.09	1.39	1.39	1.94	0.55	0.17
s4	5.18	3.39	1.11	1.09	2.29	2.75	4.52	1.65	p4	2.96	1.68	2.71	1.51	0.27	0.13	1.15	0.71
s6	6.11	5.35	3.47	0.82	1.72	5.23	4.73	0.76	p6	3.23	1.36	2.22	0.87	2.27	1.04	0.57	0.08
s8	4.20	2.68	1.40	0.28	3.95	2.61	0.26	0.55	p8	1.49	2.53	1.41	2.02	0.23	1.51	0.44	0.14
s10	4.29	0.43	2.25	0.23	3.42	0.05	1.28	0.36	p10	2.92	5.09	1.58	0.63	2.09	5.02	1.29	0.57
s12	4.17	1.18	3.07	0.50	0.27	1.06	2.80	0.03	p12	3.48	2.38	1.76	1.02	2.99	1.90	0.26	1.00
s14	1.41	2.09	1.20	1.53	0.58	1.25	0.49	0.66	p14	2.77	0.74	0.09	0.01	2.57	0.27	1.03	0.69
s16	5.77	3.28	0.89	2.73	1.09	0.53	5.60	1.74	p16	3.97	1.03	3.51	0.04	1.64	0.22	0.84	1.00
s18	7.65	4.01	0.72	1.14	5.83	3.46	4.90	1.68	p18	4.81	1.38	4.79	1.18	0.33	0.46	0.40	0.56
s20	9.88	7.08	2.60	0.53	9.33	7.02	1.93	0.70	p20	2.44	4.36	2.33	4.10	0.56	1.46	0.44	0.06
s22	3.62	2.27	1.94	0.19	2.96	2.16	0.79	0.69	p22	1.44	1.89	1.21	0.90	0.44	0.45	0.65	1.61
s24	0.70	1.63	0.28	1.47	0.46	0.69	0.45	0.05	p24	2.60	2.84	0.58	2.36	0.37	0.39	2.51	1.53
dp									ltg								
dp2	6.87	2.62	1.80	0.97	5.47	0.03	3.75	2.44	ltg2	3.65	1.18	2.98	0.69	2.08	0.93	0.35	0.25
dp4	2.23	4.80	0.30	1.78	2.20	3.01	0.21	3.29	ltg4	3.58	3.28	2.19	2.93	2.83	1.37	0.26	0.56
dp6	5.05	3.85	2.54	0.74	4.35	3.52	0.36	1.36	ltg6	1.56	3.42	0.22	2.76	1.53	2.00	0.24	0.22
dp8	3.37	2.42	3.31	0.03	0.46	1.07	0.47	2.18	ltg8	5.91	0.96	4.97	0.73	3.21	0.25	0.01	0.58
dp10	1.34	3.92	0.52	3.45	1.20	1.54	0.32	1.04	ltg10	2.15	1.87	0.19	0.42	1.17	1.76	1.80	0.46
dp12	5.16	3.45	0.16	1.51	3.60	2.27	3.69	2.13	ltg12	1.60	2.13	1.59	1.82	0.18	1.11	0.07	0.06
dp14	2.03	1.39	0.78	0.91	0.32	0.73	1.85	0.75	ltg14	1.60	2.18	1.30	1.86	0.91	1.10	0.22	0.29
dp16	2.51	3.08	0.67	0.91	0.13	0.68	2.41	2.87	ltg16	4.59	3.05	4.47	1.30	0.25	2.10	1.03	1.79
dp18	8.94	1.79	1.16	0.47	6.76	0.38	5.73	1.69	ltg18	3.80	2.18	3.50	2.03	1.01	0.69	1.09	0.41
dp20	1.20	11.50	0.94	0.96	0.75	10.88	0.03	3.62	ltg20	3.67	1.74	1.78	0.72	3.13	0.81	0.68	1.36
dp22	4.62	2.22	0.29	2.06	4.49	0.44	1.06	0.72	ltg22	2.16	1.54	2.12	0.14	0.25	1.47	0.33	0.45
dp24	4.79	4.48	1.92	4.05	3.47	1.01	2.69	1.63	ltg24	4.67	3.23	3.58	1.48	2.61	0.26	1.48	2.86
lt									g								
lt2	3.53	2.30	0.38	0.29	1.78	2.14	3.02	0.77	g2	2.22	1.51	0.55	0.69	1.80	1.25	1.18	0.51
lt4	2.33	2.10	0.98	1.70	2.00	1.22	0.70	0.13	g4	3.11	4.42	1.70	4.38	2.52	0.04	0.67	0.53
lt6	3.54	1.91	0.88	1.66	2.66	0.94	2.16	0.13	g6	2.92	3.28	0.51	2.80	2.87	1.66	0.19	0.46
lt8	2.03	4.82	0.66	2.36	1.78	4.20	0.73	0.01	g8	4.20	3.90	2.55	2.03	2.89	3.07	1.68	1.31
lt10	3.29	2.22	1.96	1.45	1.84	1.36	1.90	0.99	g10	4.44	3.11	3.22	2.58	3.04	1.74	0.19	0.04
lt12	3.06	1.31	1.62	0.44	1.95	1.15	1.71	0.46	g12	3.25	1.33	1.44	0.36	2.82	0.09	0.76	1.28
lt14	3.59	3.49	3.19	1.90	0.27	2.92	1.62	0.27	g14	5.23	2.12	5.14	1.63	0.84	0.43	0.51	1.29
lt16	5.60	5.43	2.53	1.23	4.96	3.52	0.54	3.94	g16	4.97	4.81	3.14	3.31	3.20	3.22	2.14	1.34
lt18	1.69	3.14	1.29	0.29	0.74	1.75	0.81	2.60	g18	2.68	2.23	1.91	2.22	1.83	0.22	0.45	0.02
lt20	2.81	5.44	2.51	5.31	0.97	1.13	0.81	0.22	g20	1.75	1.27	1.11	1.17	1.20	0.50	0.62	0.07
lt22	3.65	2.53	0.30	0.35	3.57	0.83	0.68	2.36	g22	2.05	1.24	1.19	0.49	1.54	1.13	0.65	0.07
lt24	2.51	2.57	0.59	1.47	1.58	2.07	1.85	0.38	g24	2.49	1.95	2.39	0.13	0.69	0.08	0.13	1.95
sf									dkg								
sf2	5.72	4.11	3.42	0.72	3.94	3.86	2.34	1.20	dkg2	3.50	8.15	2.36	0.40	1.32	5.05	2.22	6.38
sf4	4.20	3.18	1.51	0.74	3.92	3.09	0.19	0.06	dkg4	2.98	1.85	2.76	0.05	0.75	0.63	0.85	1.74
sf6	2.48	3.62	0.47	0.17	1.45	3.62	1.95	0.07	dkg6	5.97	2.29	2.47	0.64	5.10	1.61	1.88	1.51
sf8	4.29	5.03	3.07	1.15	0.25	4.78	2.99	1.09	dkg8	5.83	2.16	2.42	0.86	5.25	1.29	0.77	1.50
sf10	4.86	3.07	4.32	1.44	1.72	2.17	1.42	1.62	dkg10	2.61	2.40	2.35	0.57	0.84	2.33	0.76	0.02
sf12	5.82	1.53	2.71	1.31	4.83	0.56	1.80	0.54									

表 2-1. 測色結果、sRGB 値

	1st				2nd				3rd				全体平均			
	sR	sG	sB	確信度 平均 (SD)	sR	sG	sB	確信度 平均 (SD)	sR	sG	sB	確信度 平均 (SD)	sR	sG	sB	
無彩色	Gy9.5	253	250	243	8.50 (1.05)	249	248	232	7.67 (1.63)	251	248	235	8.50 (0.55)	251	249	238
	Gy8.5	231	231	226	7.83 (1.60)	231	231	224	7.67 (0.82)	226	224	218	8.50 (1.38)	229	229	222
	Gy7.5	200	199	194	8.00 (1.26)	192	192	190	8.00 (0.63)	192	192	192	7.83 (0.75)	191	191	190
	Gy6.5	173	171	171	7.33 (1.03)	157	158	153	8.33 (0.82)	166	168	164	8.00 (0.63)	162	162	160
	Gy5.5	139	137	136	8.17 (1.47)	138	139	138	7.67 (0.52)	135	134	132	8.17 (0.75)	137	137	135
	Gy4.5	106	107	106	7.83 (0.75)	107	108	106	7.83 (0.75)	113	114	113	7.83 (0.41)	110	111	110
	Gy3.5	85	85	84	9.00 (1.10)	84	86	83	9.00 (0.63)	85	85	84	7.50 (0.55)	83	84	83
	Gy2.5	57	56	55	8.17 (1.83)	54	53	46	8.17 (0.98)	57	55	56	7.83 (0.75)	55	51	50
	Gy1.5	18	18	19	8.83 (1.17)	26	30	28	7.67 (1.03)	26	28	26	7.83 (0.98)	26	28	28
	v2	222	38	63	8.00 (1.26)	209	45	69	8.00 (1.41)	211	40	63	8.33 (1.21)	210	40	63
v	v4	244	85	14	8.83 (0.75)	244	89	48	8.33 (1.03)	251	90	46	8.17 (1.33)	246	90	42
	v6	248	151	39	8.67 (0.82)	249	150	48	7.83 (0.98)	253	150	41	8.50 (1.05)	248	147	41
	v8	248	192	21	8.83 (0.75)	243	197	39	8.17 (0.98)	254	201	42	8.33 (1.21)	247	195	38
	v10	173	195	28	8.00 (1.10)	172	192	45	8.17 (0.75)	176	195	48	8.50 (0.84)	175	193	45
	v12	18	161	95	7.83 (0.98)	35	158	99	8.17 (0.75)	26	163	94	8.17 (0.75)	36	160	98
	v14	1	129	109	6.67 (1.51)	22	132	117	6.33 (1.21)	8	151	129	7.33 (0.82)	15	139	121
	v16	2	128	154	5.83 (1.94)	29	125	139	7.17 (1.33)	29	127	144	6.50 (1.05)	26	125	142
	v18	14	95	163	7.00 (1.10)	23	93	153	7.67 (1.03)	21	90	157	7.33 (1.63)	25	91	156
	v20	80	62	162	7.67 (0.82)	80	70	150	8.00 (1.55)	86	74	161	8.00 (0.63)	80	71	153
	v22	120	37	129	8.50 (1.22)	118	46	121	8.50 (0.55)	124	51	131	8.17 (0.75)	119	48	124
v24	175	33	103	8.00 (1.90)	171	53	96	8.67 (0.52)	190	43	107	8.17 (1.17)	179	48	103	
b	b2	254	103	109	8.00 (1.41)	245	105	110	8.17 (1.47)	250	97	107	8.50 (1.05)	246	99	107
	b4	251	118	75	7.83 (0.75)	250	110	66	8.67 (1.03)	251	114	83	7.83 (1.17)	249	114	74
	b6	255	159	49	8.33 (1.03)	249	156	49	8.33 (0.82)	252	161	61	8.33 (0.82)	249	156	55
	b8	247	204	33	8.17 (1.17)	246	200	57	7.17 (1.33)	244	201	65	8.00 (0.63)	244	200	57
	b10	186	200	57	7.83 (0.98)	183	203	58	7.33 (0.82)	190	210	62	8.33 (0.82)	184	201	58
	b12	67	185	116	8.50 (1.05)	76	187	126	8.17 (0.75)	74	196	130	8.17 (0.75)	72	190	124
	b14	35	170	146	7.83 (0.41)	43	169	147	8.17 (0.75)	25	181	160	8.17 (1.47)	42	176	154
	b16	20	161	184	7.83 (1.17)	43	165	184	7.83 (1.33)	40	159	185	8.17 (0.75)	40	162	182
	b18	45	120	176	7.83 (2.04)	64	127	189	8.00 (0.89)	55	133	199	8.00 (0.89)	56	127	187
	b20	118	105	185	6.83 (2.32)	113	109	183	8.33 (1.03)	124	113	195	8.33 (1.21)	118	109	188
b22	161	92	160	8.17 (0.75)	151	89	144	8.00 (0.89)	169	101	167	8.00 (0.63)	163	96	158	
b24	227	98	139	7.67 (1.03)	224	105	136	8.33 (0.52)	221	99	135	7.83 (1.17)	226	104	139	
s	s2	213	53	67	7.50 (1.38)	202	65	76	7.33 (1.51)	204	59	75	8.33 (0.82)	206	60	73
	s4	217	82	32	7.83 (0.75)	216	79	44	8.33 (1.21)	218	84	53	8.33 (1.03)	213	82	45
	s6	243	142	39	8.17 (1.33)	244	149	47	8.17 (0.75)	239	148	57	8.17 (1.17)	240	145	51
	s8	231	187	44	9.00 (0.63)	237	192	53	8.17 (1.33)	238	192	61	8.67 (1.51)	236	191	51
	s10	159	174	49	8.17 (0.98)	167	180	59	8.33 (0.82)	166	180	59	7.83 (0.41)	165	178	54
	s12	29	140	72	7.50 (1.05)	42	146	91	7.83 (0.75)	44	144	91	7.83 (1.17)	44	142	87
	s14	12	134	117	6.83 (1.72)	27	133	116	7.50 (0.55)	27	138	119	7.33 (0.52)	26	134	117
	s16	22	119	144	6.67 (2.25)	28	121	137	7.83 (1.47)	36	128	147	7.00 (1.10)	31	124	144
	s18	18	91	149	7.67 (1.51)	38	98	150	7.83 (0.75)	27	95	152	7.83 (0.75)	35	96	153
	s20	85	64	140	8.17 (1.17)	87	73	135	8.17 (1.33)	89	72	146	7.67 (0.52)	87	69	140
s22	124	58	126	7.83 (1.60)	123	56	120	7.50 (1.05)	120	58	119	7.50 (1.05)	119	56	118	
s24	169	49	99	7.17 (1.72)	165	59	99	7.50 (1.52)	170	62	103	7.83 (0.98)	167	60	101	
dp	dp2	174	29	53	8.17 (1.17)	163	35	60	7.67 (1.03)	160	34	54	7.67 (1.03)	162	30	54
	dp4	176	56	30	8.33 (1.21)	169	58	33	8.17 (0.41)	174	63	45	7.67 (0.82)	171	58	36
	dp6	186	111	22	8.17 (0.98)	185	114	52	8.00 (1.79)	184	112	42	7.83 (0.75)	184	111	44
	dp8	183	146	33	8.33 (0.52)	187	151	44	8.50 (0.55)	190	149	47	8.00 (1.41)	185	148	43
	dp10	125	135	47	8.17 (0.41)	122	129	43	8.17 (0.75)	129	138	56	7.50 (0.84)	124	132	46
	dp12	19	115	60	7.33 (1.03)	32	113	72	7.17 (1.47)	37	117	71	7.50 (1.22)	34	114	69
	dp14	23	106	91	6.83 (2.48)	21	107	95	8.50 (0.84)	22	110	96	6.83 (1.17)	25	109	95
	dp16	1	96	113	8.00 (0.63)	17	101	109	7.50 (1.22)	14	103	116	8.00 (1.26)	14	101	112
	dp18	19	72	122	7.83 (1.33)	27	75	114	7.17 (1.17)	31	74	114	7.00 (1.79)	28	73	116
	dp20	64	44	110	8.17 (1.33)	63	50	104	8.50 (0.84)	69	41	111	7.67 (0.82)	66	48	107
dp22	105	33	100	8.83 (0.75)	99	27	98	7.83 (0.98)	106	31	102	7.67 (0.52)	101	30	98	
dp24	133	33	80	8.33 (1.03)	131	27	79	8.17 (0.98)	145	37	86	7.83 (0.98)	137	34	81	
lt	lt2	254	169	157	8.50 (1.05)	252	161	153	7.67 (1.21)	250	163	156	8.33 (0.82)	250	162	153
	lt4	254	179	155	8.17 (0.98)	252	170	147	8.00 (1.26)	255	176	152	8.17 (1.17)	251	172	149
	lt6	253	201	146	7.00 (1.67)	250	195	137	8.17 (0.98)	255	199	143	8.33 (1.21)	251	198	141
	lt8	250	219	131	7.67 (0.82)	247	220	135	7.50 (0.84)	255	227	132	8.00 (1.41)	249	222	132
	lt10	222	228	144	7.50 (1.05)	215	226	137	8.17 (1.47)	221	230	137	7.83 (0.75)	216	225	136
	lt12	153	224	171	8.67 (0.82)	157	228	181	7.83 (1.47)	153	228	180	8.33 (1.37)	155	227	178
	lt14	139	214	194	8.00 (0.89)	133	214	192	8.33 (1.21)	120	210	186	8.17 (2.04)	124	210	188
	lt16	123	194	201	8.67 (0.82)	108	196	203	8.17 (1.17)	117	190	203	8.67 (0.82)	115	191	200
	lt18	126	158	191	7.67 (1.03)	130	166	195	8.00 (1.26)	132	166	200	8.33 (0.82)	130	164	195
	lt20	162	159	201	8.67 (1.03)	155	152	196	8.33 (1.03)	169	166	209	8.17 (0.75)	161	159	202
lt22	187	148	179	8.50 (0.55)	192	150	188	7.83 (1.60)	194	148	182	7.83 (0.75)	191	149	184	
lt24	228	157	168	8.00 (1.26)	231	159	174	8.33 (1.51)	230	153	170	8.33 (0.52)	231	158	172	
sf	sf2	220	129	123	8.33 (1.03)	216	122	120	7.67 (1.51)	212	127	126	7.67 (1.51)	216	128	125
	sf4	231	144	123	8.00 (0.63)	224	142	122	7.67 (1.51)	226	138	117	7.50 (1.38)	225	138	118
	sf6	228	162	108	8.50 (0.84)	227	162	104	8.00 (1.26)	231	161	98	8.33 (0.82)	228	161	103
	sf8	215	180	102	8.33 (1.03)	218	190	110	7.50 (1.05)	225						

表 2-2. 測色結果、sRGB 値

	1st				2nd				3rd				全体平均			
	sR	sG	sB	確信度 平均 (SD)	sR	sG	sB	確信度 平均 (SD)	sR	sG	sB	確信度 平均 (SD)	sR	sG	sB	
d	d2	166	88	85	7.83 (0.75)	169	92	86	8.17 (1.47)	168	96	93	7.67 (1.03)	168	93	89
	d4	178	100	83	8.50 (0.55)	180	98	78	7.67 (1.03)	188	105	86	7.83 (2.04)	180	100	82
	d6	175	116	63	8.33 (0.82)	189	129	77	8.17 (0.75)	190	127	77	8.33 (1.21)	189	127	76
	d8	175	149	71	8.33 (1.03)	168	144	66	7.50 (1.64)	169	144	67	8.00 (1.55)	167	143	70
	d10	130	137	65	7.67 (1.03)	131	139	71	8.17 (0.75)	139	146	71	7.33 (1.63)	132	139	69
	d12	80	136	98	8.00 (0.89)	89	138	105	7.83 (0.75)	87	142	104	8.00 (1.10)	87	140	104
	d14	50	121	109	8.33 (1.03)	55	125	112	7.67 (1.51)	58	127	115	8.33 (1.37)	57	125	114
	d16	50	107	120	8.33 (1.21)	49	110	117	8.17 (1.17)	51	113	118	8.00 (1.10)	51	111	117
	d18	43	85	113	7.83 (0.75)	53	84	113	8.00 (1.10)	60	92	117	8.00 (1.55)	58	89	115
	d20	86	79	114	7.67 (0.52)	77	70	107	8.00 (1.10)	93	84	124	7.50 (1.38)	88	79	117
	d22	105	64	96	8.33 (1.21)	105	66	100	7.33 (2.25)	112	74	104	7.33 (1.03)	109	70	103
	d24	136	70	92	7.83 (0.75)	134	78	93	8.17 (1.72)	146	82	101	8.00 (1.10)	137	76	94
dk	dk2	103	36	40	7.00 (1.79)	106	45	51	8.17 (0.75)	110	44	56	8.00 (0.63)	108	44	52
	dk4	117	46	24	8.83 (0.75)	121	57	42	8.17 (0.75)	126	56	41	8.17 (0.75)	123	57	42
	dk6	116	73	33	8.33 (0.82)	119	80	44	7.83 (0.75)	125	80	43	8.00 (1.10)	120	78	42
	dk8	126	103	34	7.83 (1.17)	116	96	36	8.17 (0.75)	123	105	44	7.83 (1.17)	121	101	40
	dk10	76	88	28	8.17 (1.83)	97	104	57	8.33 (0.82)	90	96	40	8.67 (1.51)	89	96	43
	dk12	38	82	53	8.67 (1.03)	53	94	69	8.17 (0.75)	36	87	59	7.83 (1.17)	44	88	61
	dk14	23	77	70	8.33 (1.21)	30	83	71	8.17 (1.17)	15	76	60	8.17 (2.23)	24	77	65
	dk16	16	74	81	8.33 (1.51)	22	74	81	8.33 (1.21)	26	72	80	7.50 (1.52)	22	72	80
	dk18	39	47	80	8.83 (1.17)	31	53	78	8.17 (1.47)	26	61	85	8.00 (1.41)	29	56	81
	dk20	42	48	80	8.33 (0.82)	48	43	76	8.00 (1.67)	56	43	77	7.83 (2.04)	50	42	76
	dk22	69	29	66	8.67 (1.51)	70	32	61	7.67 (1.51)	76	39	68	8.67 (1.03)	71	34	64
	dk24	91	29	61	8.67 (1.21)	96	42	66	7.83 (1.60)	100	44	67	7.67 (1.51)	96	42	65
p	p2	252	222	216	8.00 (1.26)	245	221	216	9.00 (0.89)	245	216	210	8.67 (0.52)	245	218	212
	p4	254	227	213	8.67 (0.82)	245	215	203	8.33 (0.82)	248	220	207	8.17 (1.47)	248	219	206
	p6	251	220	193	8.33 (0.82)	249	222	195	7.33 (1.03)	252	224	196	7.83 (0.98)	249	220	192
	p8	244	228	191	8.83 (0.41)	247	228	189	7.50 (1.05)	251	234	198	8.33 (0.82)	247	228	191
	p10	240	238	197	7.83 (0.75)	238	240	194	7.67 (0.82)	237	237	201	8.17 (0.98)	237	237	196
	p12	212	239	215	8.50 (1.52)	203	236	206	8.17 (0.75)	206	239	212	7.83 (0.98)	204	235	207
	p14	199	230	217	8.33 (0.82)	188	231	213	7.83 (1.72)	189	231	212	7.83 (2.40)	191	230	213
	p16	206	232	230	7.67 (0.52)	201	229	223	7.83 (1.17)	200	230	225	8.67 (0.82)	198	226	221
	p18	202	214	219	7.83 (1.47)	206	219	223	8.00 (1.26)	210	222	225	8.50 (1.87)	202	216	219
	p20	214	210	216	7.67 (0.82)	206	204	209	8.17 (0.75)	218	216	223	8.00 (0.63)	212	210	216
	p22	219	204	206	7.83 (0.75)	223	209	211	7.83 (1.17)	225	212	216	8.33 (0.82)	222	209	212
	p24	240	220	217	7.00 (1.55)	240	219	213	8.17 (0.75)	248	225	222	8.83 (0.41)	243	221	218
itg	itg2	215	186	176	7.83 (0.98)	202	175	167	8.33 (0.52)	201	173	164	7.67 (1.37)	205	177	168
	itg4	209	175	161	8.17 (1.17)	209	179	168	7.83 (1.17)	204	171	159	8.17 (0.75)	207	174	162
	itg6	213	184	154	7.67 (0.82)	208	178	150	7.50 (0.55)	213	186	161	7.50 (1.05)	210	181	153
	itg8	208	192	154	8.67 (0.82)	200	184	145	8.50 (0.55)	201	186	147	7.50 (0.55)	205	189	152
	itg10	196	198	159	8.50 (0.84)	190	194	153	8.17 (0.41)	190	192	154	8.17 (1.17)	191	192	153
	itg12	170	196	174	8.33 (1.51)	160	188	165	8.00 (0.63)	156	183	161	7.67 (1.03)	160	188	165
	itg14	148	185	172	8.83 (0.75)	151	188	175	8.67 (0.52)	149	182	169	8.17 (0.41)	150	185	172
	itg16	152	184	178	7.83 (1.33)	156	188	178	8.00 (0.89)	155	184	178	8.17 (0.75)	151	183	175
	itg18	151	162	169	8.33 (0.82)	148	158	166	8.33 (1.37)	143	152	159	7.67 (1.03)	149	159	166
	itg20	164	164	173	8.17 (1.47)	158	154	164	8.50 (0.84)	157	157	166	8.00 (0.89)	158	157	165
	itg22	167	150	157	7.83 (1.33)	170	155	164	8.00 (0.63)	171	154	165	7.50 (0.84)	169	152	162
	itg24	198	172	173	7.00 (1.26)	193	165	164	8.17 (1.60)	188	161	165	7.83 (0.41)	193	167	169
g	g2	119	94	88	7.50 (0.84)	122	93	87	8.00 (1.26)	118	92	86	7.67 (0.52)	120	94	88
	g4	119	89	82	8.83 (0.98)	111	84	77	8.00 (0.63)	122	95	87	8.00 (0.63)	117	89	80
	g6	129	109	91	8.50 (1.52)	124	102	83	7.50 (2.07)	130	109	93	7.50 (0.55)	126	105	88
	g8	112	103	79	8.00 (0.63)	119	110	81	8.00 (0.89)	125	114	91	7.67 (0.82)	119	109	84
	g10	108	111	85	8.33 (1.03)	113	116	86	8.00 (1.10)	107	109	83	7.67 (0.52)	109	111	84
	g12	80	101	79	8.00 (0.89)	89	105	88	7.67 (1.03)	86	105	89	7.83 (0.75)	86	104	87
	g14	72	98	88	8.00 (1.10)	84	108	99	8.33 (0.82)	83	104	93	8.33 (1.03)	79	103	92
	g16	77	101	104	7.33 (1.63)	69	97	96	8.00 (0.89)	84	104	105	7.83 (0.75)	79	101	102
	g18	76	86	91	8.33 (1.51)	77	84	89	7.67 (1.03)	82	89	95	7.83 (1.17)	79	87	94
	g20	86	83	95	8.00 (0.89)	90	86	98	8.00 (0.89)	93	89	100	7.50 (0.84)	89	86	97
	g22	94	77	86	8.67 (1.03)	96	81	91	8.17 (1.17)	99	81	93	7.50 (0.84)	96	80	90
	g24	113	89	87	6.83 (1.94)	117	94	92	8.00 (1.79)	118	94	95	7.33 (0.52)	116	92	91
dkg	dkg2	59	33	32	8.17 (0.75)	65	41	40	8.33 (0.52)	67	40	28	7.83 (0.75)	64	39	33
	dkg4	63	41	31	8.83 (0.75)	67	43	32	8.67 (0.82)	66	43	29	7.67 (0.52)	64	41	28
	dkg6	67	51	33	8.33 (0.52)	72	55	30	8.17 (0.75)	71	53	31	8.17 (1.17)	70	52	31
	dkg8	62	56	35	7.83 (1.60)	67	58	34	8.00 (1.55)	66	55	34	8.00 (0.00)	64	55	35
	dkg10	52	51	33	8.17 (1.17)	57	58	42	6.83 (0.98)	56	57	37	8.00 (0.63)	55	56	38
	dkg12	40	52	35	7.33 (1.75)	40	47	27	7.00 (0.63)	41	47	37	7.83 (0.41)	38	47	32
	dkg14	27	46	34	8.00 (1.55)	33	49	35	7.17 (0.98)	39	53	44	8.17 (0.41)	35	50	38
	dkg16	35	46	43	7.50 (1.87)	28	43	32	7.67 (1.03)	37	48	45	8.17 (0.41)	35	46	41
	dkg18	33	41	48	7.67 (1.03)	30	39	40	7.83 (1.17)	33	39	42	7.50 (0.55)	33	40	44
	dkg20	54	38	44	8.33 (1.03)	28	22	35	7.83 (1.17)	34	34	39	7.83 (0.41)	35	31	40
	dkg22	51	27	29	8.33 (0.82)	45	27	37	7.67 (1.03)	45	28	36	7.50 (0.84)	47	29	37
	dkg24	48	38	38	8.00 (0.63)	60	39	39	8.50 (0.84)	69	49	44	8.00 (0.00)	66	46	45

参考文献

- 1) 若田 忠之, 齋藤 美穂(2015), 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 39(5_SUPPLEMENT), pp.101-104

「服の色」と「好きな色」とパーソナリティ特性との関係 —情動性（情緒安定性）について—

Relationship of "the color of clothes" and "favorite color" and personality characteristics

- About the emotionality (emotional stability) -

松田 博子	Hiroko Matsuda	カラーコンサルタントスタジオ	Color Consultant Studio
名取 和幸	Kazuyuki Natori	日本色彩研究所	Japan Color Research Institute
破田野 智美	Tomomi Hatano	立命館大学	Ritsumeikan University

キーワード：色彩嗜好，性格，服の色，色のイメージ，大学生，情動性

Keywords: color preference, personality, color of the clothes, image of colors, university student, emotionality

1. はじめに

好きな色と性格との関係を明らかにするため，11年間にわたり延べ2026名の大学生に，色彩好悪調査とYG性格検査とを実施した．調査は，京都または大阪の大学の講義室（机上面照度650ルクス以上）において，6月に実施することにより条件を統制した．これまで「好きな色」と性格特性の「向性（外向，内向）」，「情動性（情緒不安定性）」との関係，「服の色（着たい色・よく着る色）」と「向性」との関係を報告してきた（松田・名取・破田野，2013・2014・2015）．一連の報告では，好きな色，着たい色，よく着る色のもつイメージと，性格との関係も検討した．今年度は「服の色」と「情動性」との関係を報告する．具体的には色相とトーンにより体系的に選んだ75色のカラーチャートの中から，「着たい色」と「よく着る色」を3色ずつ選択させ，各色の選択者のYG検査情動性因子の平均得点と，当該色のイメージ得点（日本色彩研究所，2008）との相関を求めた．さらに抽象的嗜好色である「好きな色」とイメージ得点の相関との異同を検討した．

2. 方法

2.1. 調査対象者

京都，大阪近郊の大学生2,026名（男性931名，女性1,095名；18歳から23歳，平均19.5歳）．

2.2. 実施時期

季節の影響を考慮し，調査は2001から2011年の6月7日～20日に限定して実施した．

2.3. 調査場所

調査は対象者の在学する大学の講義室で行った．机上面照度は650ルクス以上であった．

2.4. カラーチャートと嗜好色調査

10色相×7トーンの有彩色70色と，無彩色5色の計75色（1.4×2.3cm）をA4判の用紙にCGプリントした．各色はPCCS色彩体系から選出し，用紙の左から右に赤・橙・黄・黄緑・緑・青緑・青・青紫・紫・赤紫の10色相を，上から下にペール，ライトグレイッシュ，ダル，ライト，ビビッド，ディープ，ダークの7トーンを配し，最下段には無彩色のホワイト，ライトグレイ，グレイ，ダークグレイ，ブラックの5色を配した．背景色は明度N7.8のグレイとした．

複数問からなる色彩好悪調査の一環として，カラーチャートから着たい服の色と普段よく着る服の色をそれぞれ3色選ぶよう求めた．

2.5. 性格テスト

YG性格検査（矢田部ギルフォード性格テスト）の一般用を強制速度法，集団試行法で実施した．

2.6. イメージ得点

各色のもつイメージとして，日本色彩研究所（2008）の16の形容語評定尺度によるカラーイメージ得点を使用した．

3. 結果

3.1. 情動性と「着たい色」のイメージとの関係

YG性格検査の情動性因子について，各色を「着たい色」として選択した男女の粗点の平均値を求め，選択色のイメージ得点との相関を求めた．以下では5%水準で相関が有意であったものについて述べる（表1）．

i) 男性のT尺度（思考的外向）と，「明るい」「陽気」「派手」「動的」イメージとの間に正の弱い相関（順に $r=0.31, 0.31, 0.28, 0.27$ ），「大人っぽい」「男性的」イメージとの間に弱い負の相関が認められた（ $r=-0.35, -0.28$ ）．つまり思考的外向の男性は，明るい，陽気，派手，動的，子どもっぽい，女性的な色を着たい傾向がみられた．

ii) 男性のI尺度（劣等感）と，「澄んだ」「浅い」「軽い」との間に正の弱い相関（ $r=0.30, 0.27, 0.25$ ），「くどい」「暖かい」との間に弱い負の相関

表1. 色のイメージ得点(日本色彩研究所 2008)と「着たい」服の色のYG性格検査の得点の相関係数r

YG尺度	色のイメージ																
	明るい	陽気	浅い	軽い	澄んだ	派手	きれいな	かたい	情熱的	くどい	強い	動的	暖かい	好き	大人っぽい	男性的	
男性	D	0.03	0.02	0.07	0.06	0.09	0.11	0.11	-0.09	-0.01	-0.02	-0.06	-0.02	-0.05	-0.14	0.07	-0.20
	C	-0.02	-0.08	0.12	0.10	-0.17	-0.15	-0.17	-0.23	-0.04	-0.06	-0.26	-0.09	0.06	-0.25	0.04	-0.17
	I	0.17	0.16	0.27	0.25	0.30	0.15	0.24	-0.13	-0.12	-0.28	-0.20	-0.12	-0.26	-0.02	-0.12	-0.14
	N	0.05	0.05	0.04	0.03	0.15	0.03	0.13	-0.01	-0.09	-0.05	-0.02	-0.06	-0.10	0.03	0.00	-0.07
	O	0.04	0.02	0.18	0.17	0.10	-0.07	0.12	-0.17	-0.18	-0.20	-0.24	-0.19	-0.11	-0.05	-0.03	-0.13
	Co	-0.04	-0.02	-0.18	-0.16	0.14	0.17	0.16	0.24	0.01	0.13	0.25	0.02	-0.17	0.12	0.09	0.09
	T	0.31	0.31	0.23	0.24	0.22	0.28	0.20	-0.17	0.25	-0.14	-0.06	0.27	0.22	0.03	-0.35	-0.28
女性	D	-0.20	-0.25	-0.01	-0.04	-0.33	-0.33	-0.32	-0.11	-0.02	0.06	-0.19	-0.14	0.07	-0.29	0.17	-0.13
	C	0.19	0.18	0.12	0.11	0.02	0.16	0.05	-0.20	0.35	0.03	-0.04	0.25	0.35	-0.15	-0.13	-0.36
	I	0.01	-0.03	0.12	0.11	-0.07	-0.15	-0.09	-0.14	-0.05	-0.10	-0.19	-0.11	0.00	-0.14	-0.01	-0.06
	N	-0.01	-0.04	0.08	0.07	-0.08	-0.08	-0.02	-0.21	0.08	-0.02	-0.19	-0.03	0.09	-0.13	0.06	-0.28
	O	-0.05	-0.08	0.00	0.00	-0.10	-0.07	-0.03	-0.09	0.10	0.04	-0.06	0.01	0.12	-0.06	0.09	-0.18
	Co	-0.27	-0.34	-0.14	-0.16	-0.24	-0.27	-0.32	0.14	-0.15	0.12	-0.01	-0.25	-0.18	-0.24	0.35	0.14
	T	0.22	0.24	0.16	0.16	0.12	0.08	0.06	-0.06	0.01	-0.17	-0.02	0.11	0.06	0.02	-0.26	0.17

表2. 色のイメージ得点(日本色彩研究所 2008)と「よく着る」服の色のYG性格検査の得点の相関係数r

YG尺度	色のイメージ																
	明るい	陽気	浅い	軽い	澄んだ	派手	きれいな	かたい	情熱的	くどい	強い	動的	暖かい	好き	大人っぽい	男性的	
男性	D	-0.21	-0.17	-0.19	-0.19	-0.19	-0.09	-0.13	0.13	0.02	0.16	0.08	-0.08	-0.05	-0.06	0.19	0.06
	C	0.06	0.11	-0.07	-0.05	0.07	0.19	0.10	0.06	0.10	0.08	0.12	0.11	0.03	0.02	-0.05	-0.01
	I	-0.04	-0.03	0.05	0.04	-0.14	-0.08	-0.13	-0.09	0.03	-0.05	-0.13	-0.03	0.00	-0.18	-0.08	-0.04
	N	-0.22	-0.19	-0.11	-0.14	-0.23	-0.16	-0.20	0.05	-0.04	0.12	-0.02	-0.09	-0.06	-0.15	0.10	0.00
	O	0.06	0.08	0.14	0.13	0.04	-0.01	0.05	-0.14	0.01	-0.11	-0.15	-0.04	0.00	-0.11	-0.16	-0.11
	Co	-0.16	-0.15	-0.12	-0.13	-0.09	-0.07	-0.15	0.17	-0.11	0.08	0.08	-0.12	-0.20	-0.04	0.16	0.13
	T	0.22	0.22	0.29	0.29	0.22	0.14	0.18	-0.22	-0.02	-0.23	-0.19	0.03	-0.02	-0.15	-0.24	-0.13
女性	D	-0.22	-0.23	-0.16	-0.15	-0.13	-0.13	-0.06	0.13	-0.05	0.07	0.05	-0.14	-0.06	0.11	0.26	-0.04
	C	0.08	0.07	0.07	0.09	0.25	0.12	0.28	0.01	-0.10	-0.16	-0.01	-0.10	-0.16	0.17	-0.01	-0.04
	I	-0.27	-0.28	-0.22	-0.21	-0.09	-0.21	-0.08	0.25	-0.24	0.08	0.10	-0.27	-0.23	0.14	0.28	0.19
	N	-0.28	-0.28	-0.27	-0.26	-0.16	-0.12	-0.10	0.23	-0.06	0.18	0.16	-0.13	-0.13	0.04	0.32	0.06
	O	-0.04	-0.06	-0.09	-0.08	0.05	0.12	0.14	0.10	0.05	0.08	0.11	-0.01	-0.04	0.07	0.16	-0.13
	Co	-0.23	-0.24	-0.29	-0.27	-0.14	-0.16	-0.14	0.23	-0.09	0.18	0.17	-0.14	-0.06	0.08	0.26	0.14
	T	0.30	0.31	0.30	0.29	0.22	0.16	0.17	-0.22	0.03	-0.26	-0.15	0.14	0.10	-0.01	-0.32	-0.06

表3. パーソナリティ特性と好まれる色のイメージとの相関係数r. N=2026 男性931女性1095

性別	YG得点	男性								女性							
		D	C	I	N	O	Co	T	D	C	I	N	O	Co	T		
色のイメージ得点	明るい-暗い	-0.14	-0.16	-0.01	-0.09	-0.23	-0.30	0.21	-0.29	0.16	0.08	-0.05	-0.23	-0.15	0.26		
	陽気な-陰気な	-0.15	-0.16	-0.01	-0.09	-0.22	-0.28	0.21	-0.30	0.19	0.09	-0.05	-0.23	-0.15	0.31		
	浅い-深い	-0.15	-0.19	0.00	-0.12	-0.24	-0.40	0.10	-0.13	-0.02	0.08	-0.06	-0.12	-0.14	0.11		
	軽い-重い	-0.14	-0.21	-0.02	-0.15	-0.24	-0.42	0.12	-0.15	0.02	0.10	-0.04	-0.13	-0.15	0.16		
	澄んだ-にごった	-0.05	-0.17	0.08	0.02	-0.01	-0.13	0.20	-0.24	0.19	0.02	-0.09	-0.23	-0.19	0.27		
	派手な-地味な	-0.08	-0.06	0.03	0.04	-0.03	0.00	0.24	-0.36	0.24	-0.01	-0.10	-0.29	-0.12	0.28		
	きれいな-きたない	-0.06	-0.18	0.10	0.02	0.00	-0.18	0.24	-0.25	0.27	0.05	-0.07	-0.22	-0.22	0.29		
	かたい-やわらかい	0.22	0.22	0.14	0.26	0.40	0.58	-0.16	0.09	-0.03	-0.16	-0.04	0.13	0.09	-0.08		
	情熱的な-理知的な	-0.16	0.01	-0.05	-0.02	-0.16	-0.09	0.18	-0.11	0.26	0.11	0.04	-0.03	0.03	0.09		
	くどい-あっさりした	0.07	0.24	-0.01	0.14	0.16	0.35	-0.04	0.07	0.03	-0.05	0.07	0.07	0.19	-0.12		
	強い-弱い	0.13	0.21	0.06	0.19	0.27	0.49	-0.02	-0.03	0.14	-0.06	0.01	0.01	0.09	0.05		
	動的な-静的な	-0.14	0.02	-0.06	-0.02	-0.16	-0.09	0.18	-0.23	0.21	0.07	-0.01	-0.14	-0.01	0.18		
	暖かい-冷たい	-0.24	-0.06	-0.20	-0.20	-0.35	-0.31	0.20	-0.04	0.20	0.18	0.11	-0.01	0.06	0.10		
	好きな-嫌いな	0.07	-0.09	0.10	0.05	0.16	0.07	0.12	-0.04	0.23	0.09	0.00	-0.03	-0.10	0.24		
	大人っぽい-子供っぽい	0.19	0.18	0.05	0.12	0.27	0.39	-0.19	0.25	-0.11	-0.12	0.06	0.19	0.17	-0.30		
	男性的な-女性的な	0.30	0.19	0.06	0.14	0.36	0.50	-0.32	0.08	-0.21	-0.13	-0.04	0.08	0.08	0.04		

D:抑うつ性 C:気分の変化 I:劣等感 N:神経質 O:客観性欠如 Co:協調性欠如 T:思考的外向

($r = -0.28, -0.26$) が認められた. 劣等感の強い男性は, 澄んだ, 浅い, 軽い, あっさりした, 冷たい色を着たい傾向がみられた.

iii) 女性の D 尺度 (抑うつ性) と「澄んだ」「派手」「きれいな」「陽気」との間に弱い負の相関がみられた ($r = -0.33, -0.33, -0.32$). 抑うつ傾向の高い女性は濁った, 地味な, きたない, 陰気な色を着たい傾向がみられる.

iv) 女性の C 尺度 (気分の変化) と, 「情熱的」「暖かい」との間に弱い正の相関 ($r = 0.35, 0.35$), 「男性的」との間に弱い負の相関が認められた ($r = -0.36$). 気分の変化の激しい女性は, 情熱的で暖かく, 女性的な色を着たい傾向がある.

v) 女性の Co 尺度 (協調性欠如) と, 「陽気」「きれいな」との間に弱い負の相関 ($r = -0.34, -0.32$), 「大人っぽい」との間に弱い正の相関 ($r = 0.35$) が認められた. 協調性の低い女性は陰気で, きたない, 子どもっぽい色を着たい傾向がみられた.

3.2.情動性と「よく着る色」のイメージとの関係
各色の「よく着る色」として選択した男女の情動性因子の粗点の平均値と, イメージ得点との相関が 5%水準で有意であったものについて述べる (表 2).

i) 男性の T 尺度 (思考的外向) と「浅い」「軽い」との間に正の弱い相関が認められた (共に $r = 0.29$). 思考的外向的な男性は, 浅い, 軽いイメ

ージの色を着る傾向がある。

ii) 女性の N 尺度 (神経質) と「大人っぽい」との間に弱い正の相関 ($r=0.32$), 「明るい」「陽気」「浅い」「軽い」との間に負の弱い相関が認められた。神経質な女性は大人っぽい, 暗い, 陰気な, 深い色を着る傾向がみられる。

iii) 女性の T 尺度 (思考的外向) と, 「明るい」「陽気」「浅い」「軽い」との間に弱い正の相関 ($r=0.30, 0.31, 0.30, 0.29$), 「大人っぽい」との間に弱い負の相関 ($r=-0.32$) が認められた。思考的外向的な女性は, 明るい, 陽気な, 浅い, 軽い, 子どもっぽい色を着る傾向がある。

iv) 女性の I 尺度 (劣等感) と, 「陽気」「明るい」「動的」との間に弱い負の相関 ($r=-0.28, -0.27, -0.27$), 「大人っぽい」「かたい」との間に弱い正の相関 ($r=0.28, 0.25$) が認められ, 劣等感の強い女性は陰気な, 暗い, 静的, 大人っぽい, かたい色を着る傾向がある。

v) 女性の C 尺度 (気分の変化) や Co 尺度 (協調性欠如) にも弱い相関がみられた。気分の変化の多い女性は, 「綺麗・澄んだ」イメージの色, 協調性の少ない女性は「深い・重い・陰気な・暗い・大人っぽい」イメージの色を着ている傾向がみられた。

3.3. 情動性と「好きな色」のイメージとの関係

各色の「好きな色」として選択した男女の情動性因子の粗点の平均値と, イメージ得点との相関を求めた松田ら (2014) が得た結果のうち, 本報告に関わる箇所を抜粋する (表 3)。

i) 男性・Co 尺度 (協調性欠如): かたい, 男性的な, 強い, 大人っぽい, くどい色を好む男性は協調的でなく, 軽い, 浅い, 暖かい, 明るい, 陽気な色を好む男性は協調的であると考えられる。

ii) 男性・O 得点 (客観性欠如): 主観的な男性は硬い, 男性的な, 大人っぽい, くどい, 冷たい色を好む傾向がある。

iii) 男性・D 得点 (抑うつ性): 抑うつ傾向のある男性は, 男性的な色を好む傾向がある。

iv) 男性・T 得点 (思考的外向): 思考的外向の男性は, 女性的な色を好む傾向がある。

v) 女性・O 得点 (客観性欠如): 主観的な女性は派手な色を好む傾向がみられた。

vi) 女性・D 得点 (抑うつ性): 派手で, 陽気な, 明るい色を好む女性は抑うつ傾向が低い。

vii) 女性・T 得点 (思考的外向): 陽気, きれい, 派手な色を好む女性は思考的外向, 大人っぽい色を好む女性は思考的内向の傾向が示唆された。

4. 考察

男性の場合, 「好きな色」のイメージが情動性因子と大きく関わっていたが, 「服の色」すなわち「着たい色」や「よく着る色」のイメージと情動性因子の関わりは相対的に小さく, 「よく着る色」には情動性が反映されにくいと考えられる。また松田ら (2015) が検討した向性 (内向・外向) と, 情動性とを比較すれば, 「よく着る服の色」には向性が相対的に強く反映されることが示唆された。

一方女性は「好きな色」と色イメージとの関係では, 「抑うつ性・気分の変化・思考的内向」などの相関がみられたが, 男性ほどの強い相関は見られず, 「着たい色」では「抑うつ性・気分の変化・協調性」といった情動性因子との関係が男性と同程度みられ, 「よく着る色」でも「劣等感・思考的外向」などといった情動性との弱い相関を示した。女性の場合, 「攻撃性や衝動性」といった向性因子よりも, 実際に「着ている服の色」には情動性因子が反映しているといえよう。

これら一連の我々の調査は流行や季節, 年齢などによって嗜好色や好みの服の色に影響を与える要因をできるだけ一定にし, 性格特性との関係のみに特化させるために 11 年にわたり統制を加えて調査を行ってきた。その結果, 嗜好色と性格特性との関係がその色を好む色のイメージとの相関から明らかにされたこと, さらに男性は「攻撃性, 活動性, 支配性, 外向性」の性格特性 (向性) において, 「よく着る色」に自分の性格によく似たイメージの色を選択する傾向がみられたこと, 女性は「思考的外向性・劣等感・神経質」といった性格特性 (情動性) において「よく着る色」に自分の性格を反映するようなイメージの色を選択する傾向がみられたなど, 貴重な結果を得たと思われる。

引用文献

- 松田博子・名取和幸・破田野智美(2013). 嗜好色とパーソナリティ特性との関係—色のイメージと向性—日本色彩学会第 44 回全国大会要旨集, 160-161.
- 松田博子・名取和幸・破田野智美(2014). 嗜好色とパーソナリティ特性との関係 (2) —色のイメージと情動性—日本色彩学会第 45 回全国大会要旨集, 258-259.
- 松田博子・名取和幸・破田野智美(2015). 「着たい服の色・よく着る服の色」とパーソナリティ特性との関係—向性について—日本色彩学会第 46 回全国大会要旨集, 40-41.
- 日本色彩研究所 (2008). 新編カラーレンジマニュアル 100.

水景画の色彩情報・形態情報と描画者のパーソナリティ特性の関係 (2) 中学生データ

Relationship between Color and Form Features of Waterscape Drawings and Drawer's Personality (2) Data from Junior High School Students

三宅理子	Riko Miyake	東海学園大学	Tokaigakuen University
高橋晋也	Shin'ya Takahashi	東海学園大学	Tokaigakuen University
森 俊夫	Toshio Mori	岐阜女子大学	Gifu Women's University

Keywords: 水景画, パーソナリティ特性, 色彩情報, 形態情報, 中学生

1. はじめに

水の表現は心理状態の投影として豊かな情報を含むと考えられており、しばしば、水を題材とする制作物（描画や箱庭）が心理アセスメントの手がかりとされる。しかし、過去の研究では制作者自身が語る水イメージの表現内容等が定性的に議論されるに止まることが多く、制作物の色彩情報や形態情報が定量的に分析されることはなかった。

前報（第46回全国大会）では、大学生を対象に、「水のある風景を自由に描く」という課題画（以下、水景画）の色彩情報・形態情報と描画者のパーソナリティ特性との関係を検討した。その結果、水描画部の塗り方と一部特性尺度との間に関連を見出した。具体的に、YG（矢田部ギルフォード）性格検査のAg尺度（愛想の悪いこと；攻撃的）、R尺度（のんきさ）の高得点者は水を青で濃く塗り込む傾向が見られ、そのような特性保持者の積極性や決断力の高さが背景要因にあるのではないかと推察した。

本研究では、同様の検討を中学生を対象として行う。思春期は子どもから大人へと移行する時期であるが、急激な身体の変化に心が追いつかず、この時期特有の葛藤や不安定さを抱えやすい（加藤, 2004）¹⁾。また、Lowenfeld (1947) は美術教育の立場から、思春期の子どもたちは“創作の危機”に陥りやすいと指摘している²⁾。自己に対する批判的な意識が生じ、無自覚的な表現から自覚的な表現へと移行する時期にあって、新しい表現方法を持ち合わせていないために創作をやめてしまう子どもが多いという。このような指摘から、思春期の子どもたちの描画表現の特殊性が予想され、前報で検討した大学生とは異なる傾向が見られることも推測された。

2. 方法

(1) 調査対象者

中学3年生48名（男性26名、女性22名）が参加した。

(2) 手続き

集団にて、まずYG性格検査を実施した。その後、「水のある風景を自由に描いてください」と教示し、フェルトペンで枠づけしたA4サイズのケント紙に描画を求めた。鉛筆、消しゴム、フェルトペンの使用は自由とし、彩色には24色のクレヨンを用いた。描画後に、多田 (2007)³⁾ が作成した水イメージを問う質問紙（SD尺度、30項目、7件法）と、並川ら (2012)⁴⁾ が作成したBig Five尺度短縮版（29項目、7件法）への回答を求めた。実施時期は2015年10月であった。

(3) 色彩情報・形態情報の計測

得られた描画をスキャナ（Epson GT-X830）で取り込んだ。その際、枠一杯の描画全体（原画像）と、描画中の水が描かれた部分（水画像）の2種類をデータ化した。水画像については、水以外の描画内容（例；海中の魚）を避けた上で最大の面積を取り得る矩形領域を範囲指定してスキャンした。取り込み設定は24bit color, 72dpiとし、スキャナソフトの色補正は無効化した。

つぎに自作の画像解析ソフト⁵⁾により、原画像と水画像をL*画像、C*画像、h画像に変換し、それぞれの画像濃度領域における濃度ヒストグラムを求め、色彩情報量として平均明度（Ave-L*）、明度標準偏差（SD-L*）、平均クロマ（Ave-C*）、クロマ標準偏差（SD-C*）、平均色相角（Ave-h）、色相角標準偏差（SD-h）を算出した^{注1)}。さらに、形態情報量として角二次モーメント（ASM）、コントラスト（CON）、相関（COR）、エントロピ

注1) 本ソフトでは、色相角hはa*軸から反時計回りを正值（0~180）、時計回りを負値（0~-180）に取る。

一 (ENT) を求めた^{注2)}。これらは画像解析でテクスチャを視覚的に特徴づける指標としてよく用いられ、ASM は均一性、CON は局所的変化、COR は線状性、ENT はランダム性と深く関わる。

(4) 分析

YG 性格検査の結果は質問紙マニュアルに従って得点化し、抑うつ性 (D)、回帰性傾向 (気分の変化; C)、劣等感 (I)、神経質 (N)、客観的でないこと (主観的; O)、協動的でないこと (非協動的; Co)、愛想の悪いこと (攻撃的; Ag)、一般的活動性 (G)、のんきさ (R)、思考的外向 (T)、支配性 (A)、社会的外向 (S) の 12 の尺度得点を求めた。

Big Five 尺度短縮版の結果は、並川ら (2012) に従い、外向性、誠実性、情緒不安定性、開放性、調和性の 5 つの下位尺度得点を求めた^{注3)}。

水イメージ尺度については、後述の方法で因子分析にかけ、下位尺度を構成した。

3. 結果

(1) 水イメージ尺度の因子分析

水イメージ尺度 30 項目を因子分析 (最尤法、プロマックス回転) にかけた。因子負荷量の低い項目を除外しつつ分析を重ね、最終的に表 1 に示す 3 因子を得た。各因子への負荷の高い項目から、第 I 因子を「母性」、第 II 因子を「豊かさ」、第 III 因子を「危険」と名付けた。参加者ごとに、表 1 に分けて示す 7 項目、6 項目、4 項目の評定値の平均を求め、3 因子それぞれの得点とした。

各下位尺度の信頼性係数 α は表 1 に示す通りで、いずれも十分な内的整合性をもつと判断した。

(2) 原画像との関連

48 名分のデータについて、原画像の色彩情報量、形態情報量と、描画者の YG 性格検査の 12 尺度得点、Big Five の 5 尺度得点、水イメージの 3 因子得点との相関を求めところ、水イメージの「豊かさ」と Ave-h との間の負相関 ($r = -.438, p < .01$)^{注4)} はじめ多くの関係が示された。これは、前報で報告した大学生の結果 (原画像の分析では相関が見られなかった) と異なり興味深い。今回は、前報との比較の観点から、大学生においても関係が示された水画像の検討的を絞る。原画像データの詳細については別の機会に譲る。

(3) 水画像との関連

ついで、水画像について同様の分析を試みた。

表 1 水イメージ尺度の因子分析結果

	因 子		
	I	II	III
美しい	1.020	.154	.056
純粹な	.829	.091	.085
生命的な	.671	-.055	-.148
綺麗な	.665	-.021	.282
丸みのある	.653	-.075	.135
生きている	.563	-.219	-.206
包容力のある	.518	-.102	-.149
豊かな	-.163	.798	.073
開放的な	.147	.710	.022
調和した	-.163	.565	-.095
くつろいだ	-.021	.536	.079
明るい	.073	.507	-.366
やわらかい	-.289	.493	.086
危険な	-.097	-.194	1.008
強い	.030	.274	.591
速い	.081	.275	.450
不安定な	.024	-.130	.427
α	.874	.787	.703

ここでは、雨をモチーフとする 2 枚を除く 46 枚を分析対象とした^{注5)}。

その結果、YG 性格検査については、Co (非協動的) と Ave-C* ($r = -.315, p < .05$)、G (一般的活動性) と SD-h ($r = -.343, p < .05$)、T (思考的外向) と Ave-h ($r = -.343, p < .05$) の間に、それぞれ有意な負の相関が見られた^{注6)}。Ave-h と SD-h の間

注 2) 形態情報量はそれぞれの画素対の相対位置関係 (d, θ) の関数として表されるが、ここでは、 $d=1$ に対して、 $\theta=0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ および 135° 方向の各値を求め、これら 4 方向の平均値を $d=1$ に対する形態情報量とした。

注 3) ただし、誠実性と調和性については、並川ら (2012) の Table 2 (p.96) に示される項目を逆転した上、得点化した。

注 4) すなわち、水に「豊か」なイメージをもつ者ほど絵全体を青で塗る (水を広く描く場合が多い) ことを示す。

注 5) 雨の絵を除いたのは、前報同様、水描画部の範囲指定ルールが原則と異なる (背景空間を含めている) ためである。

注 6) YG 性格検査を用いた分析は、回答に不備のある 1 名を除く 45 名分のデータで行った。

には正相関があり ($r=.332, p<.05$)、それぞれ Ave-C* と負相関をもつ ($r=-.412, p<.01$; $r=-.698, p<.001$)。これらの関係をまとめれば、水を青色で濃く塗る (Ave-h が負値を取り、SD-h が低くなり、Ave-C* は高くなる) 者ほど、Co が低く (協調性が高く)、G と T が高い (活動性、思考的外向性が高い) 傾向にあることが伺われる。

なお、大学生を対象とした前報でもっとも明確な関連を示した Ag (愛想の悪いこと; 攻撃的) については、有意な相関は得られなかった。

つぎに、Big Five については、唯一、外向性と SD-h の間に有意な負相関が見られた ($r=-.357, p<.05$)。Big Five の外向性と YG 性格検査の G (一般的活動性) の間には正相関が見られるため ($r=.594, p<.001$)、この結果も先に述べた“水を青で濃く塗る者”の傾向として解釈されよう。

最後に、水イメージについては、「豊かさ」が、形態情報の COR と有意な正相関を示した ($r=.315, p<.05$)。

4. 考察

本研究では、中学生を対象として水景画の色彩情報・形態情報と描画者のパーソナリティ特性との関係を分析し、前報で検討した大学生の結果との比較を試みた。さらに、新たな切り口として、描画者の水イメージを SD 法で測定し、描画特性との関連性を探った。

その結果、水を青で濃く塗る者は、YG 性格検査の 12 尺度のうち Co (非協調性) が低く、G (一般的活動性) と T (思考的外向) が高い傾向が見出された。これは、同様の描画特徴をもつ大学生で Ag (愛想の悪いこと; 攻撃的) と R (のんきさ) が高いことを示した前報と一致しない。しかし、八木 (1989)⁶⁾ によれば、G 高得点者の長所として活動的や敏速性、T 高得点者の長所として果敢が挙げられており、これらの性質は Ag 高得点者の積極的や意欲的、R 高得点者の行動的や決断力とも共通性が見られる。したがって、前報で推定した、「課題に意欲的に取り組み、水の彩色として自分で決めた色 (たいがい青) で塗り残しなく塗りきるよう強く動機づけられた」という背景心理と大きく矛盾しないと考えられる。

さらに、Co 低得点者の長所として挙げられる現状肯定的という性質を考慮すると、「水は青で塗る」という幼少期からの描画習慣を受容したままの、“創作の危機”以前の心理状態も伺われる。中学生における Co の低さ (協調性の高さ) の一



図1 模写画1

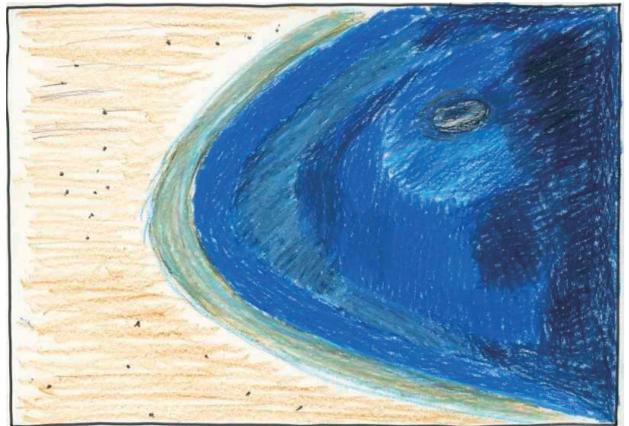


図2 模写画2

表2 サンプル画描画者の YG 尺度得点と画像指標

	図1	図2
Co 尺度得点	17	5
G 尺度得点	11	7
T 尺度得点	1	13
Ave-L*	97.2	38.4
SD-L*	2.3	16.8
Ave-C*	2.5	43.5
SD-C*	0.3	15.1
Ave-h	106.4	-81.4
SD-h	13.6	13.9
ASM	0.097589	0.001246
CON	2.794532	126.6878
COR	0.738933	0.776060
ENT	3.078737	7.528138

面として、そのような葛藤体験前の素直な性質があるのかもしれない。

Co 尺度の高得点者と低得点者の描いた絵のサンプルを図1、図2に掲載する (ただし、描画者のプライバシーに配慮し模写画で示す)。それぞ

れの描画者の Co 得点・G 得点・T 得点^{注7)}、ならびに画像指標の値は表 2 の通りである(ただし、画像指標は原画像でなく水画像の測定値)。水の塗り方の違いが顕著に表れている。

5. まとめと今後の課題

中学生を対象として水景画の画像情報と描画者のパーソナリティ特性との関連を検討した結果、水描画部の塗り方と一部特性尺度との間に関連が見出された。具体的に、YG 性格検査の Co 尺度(協調的でないこと;非協調的)の得点が低く、G 尺度(一般的活動性)、T 尺度(思考的外向)の得点が高い者は、水を青で濃く塗り込む傾向が見られ、幼少期からの描画習慣を受け入れた、葛藤体験前の自己肯定的な性質が推測された。前報で、同様の描画傾向をもつ大学生では Ag 尺度(愛想の悪いこと;攻撃的)と R 尺度(のんきさ)の得点が高いことが示されたが、これらの尺度の振る舞いには大きく矛盾しない解釈可能性が示唆された。

また、新たな試みとして、本研究では描画者をもつ水イメージを測定し、水景画の画像特徴との関連性を検討した。その結果、水イメージの「豊かさ」と形態情報の線状性を反映する相関(COR)との間に有意な正相関が認められ、色彩情報のみならず形態情報にも描画者の内面が投影される可能性が示唆された。ただし、COR は分析対象外とした雨画像(水画像の大部分が無地になる)でも高い値を取るなど、一義的な解釈が難しい面もあるため、今後、サンプル数を増やして検討を続ける必要がある。

さらに、本研究では、パーソナリティ測定検査として前報と同じ YG 性格検査に加え、近年頻繁に用いられる Big Five 尺度短縮版を使用した。その結果、外向性と SD-h との間に有意な負相関が得られたが、全般的に描画情報との対応関係は不明瞭であった。YG 性格検査と比べると質問項目の記述が単刀直入であるため、中学生には回答しにくかった一面も考えられる。この点も、大学生など異なる年齢層を対象に、引き続き検討していきたい。

参考文献

- 1) 加藤道代(2004)第1章 1 急激なからだの変化, 追いつかないところ. 菊池武剋(監修)・沼山博(編著)トピックス 思春期・青年期と向き合う人のための心理学. 中央法規出版, p.2-4.
- 2) Lowenfeld, V. (1947) *Creative and Mental Growth*. London: Macmillan.
竹内清・堀ノ内敏・武井勝雄(訳)(1995)美術による人間形成. 黎明書房.
- 3) 多田和外(2007)水のイメージに関する一研究 一九分割統合絵画法とSD法を用いて一. 箱庭療法学研究, 20, 3-18.
- 4) 並川努・谷伊織・脇田貴文・熊谷龍一・中根愛・野口裕之(2012) Big Five 尺度短縮版の開発と信頼性と妥当性の検討. 心理学研究, 83, 91-99.
- 5) 森俊夫・内田裕子・小見山二郎(2010)色彩テクスチャの視覚的印象と画像情報量との関係. 日本繊維製品消費科学会誌, 51, 433-440.
- 6) 八木俊夫(1989)YGテストの診断マニュアル. 日本心理技術研究所.

注7) 尺度得点の範囲はいずれも 0~20 である。

FUMIE テストを用いた潜在的色嗜好の測定

Measurement of Implicit Color Preference Using FUMIE Test

中村 信次 Shinji Nakamura 日本福祉大学
野寺 綾 Aya Nodera 福山大学

Nihon Fukushi University
Fukuyama University

Keywords: 色嗜好, 潜在的色嗜好, FUMIE テスト

1. はじめに

これまでの色彩学研究において、色嗜好、すなわち個人々の特定の色に対する好悪の度合いは、基本的には、「私はこの色がこの程度好き・嫌いである」という、実験・調査参加者の意図的な表出に基づいて計測されてきた。しかしながら、筆者らは、外的に表出された顕在的な態度と、その背後に存在する内的（もしくは潜在的）な態度とが大きく解離するという、近年の態度に関する心理学的研究において頻繁に指摘されるようになった事実に基づき、色嗜好（すなわち色に対する態度）を潜在的に計測する試みを継続してきた。これらの取り組みにおいて、顕在的な手法（視覚的連続スケール visual analogue scale; VAS）と潜在的な手法（潜在的連合テスト implicit association test; IAT）とで独立に測定した色嗜好を比較し、反対有彩色対（赤—緑, 青—黄）の相対的色嗜好に関しては、顕在的な色嗜好と潜在的色嗜好の間に有意な正の相関が認められるものの、反対無彩色対（白—黒）では顕在—潜在指標間の相関が得られないこと、色名や色票、特定の色を想起させる事物名およびその画像といった色情報の提示モードによらず潜在的色嗜好が安定的に計測可能であること等を明らかにした。また、紙筆版 IAT (Paper-and-pencil style IAT) を用い、集団実験において多数の参加者から安定して潜在的色嗜好データが取得可能であることも確認されている。

先述の通り、これまでの潜在的色嗜好計測研究において、有彩色対に対しては有意な顕在—潜在指標間相関が得られるものの、無彩色対に対してはそのような関連性が確認できないという結果が繰り返し得られてきた。無彩色における顕在的な色嗜好と潜在的色嗜好との差異は、何に起因するのであろうか？これまで用いてきた潜在的態度

計測手法 (IAT) は、基本的には 2 対の対極概念間の相対的な潜在的連合強度を測る手法であり、色嗜好計測においては 2 色の間の相対的な好悪の度合いしか計測することはできない。このことが、無彩色に対する潜在的色嗜好の独自性の詳細な検討を困難にしていた。そこで本研究においては、単一概念に対する潜在的態度を比較的簡便に集団実験において計測可能な FUMIE テスト (Filtering Unconscious Matching of Implicit Emotions) を用いて無彩色に対する潜在的嗜好を分析することとした。

2. 方法

大学生を対象に、白、黒、灰の 3 種の無彩色を測定対象とした、VAS による顕在的な色嗜好計測と FUMIE テストによる潜在的色嗜好計測を 4 週間の間隔をおいて反復した (Test1 および Test2)。

FUMIE テストにおいては、ターゲット語として、ターゲット色のいずれかの色名 (「白」「黒」「灰」)、快語 (「真」「優」「幸」「福」「善」など)、もしくは不快語 (「悪」「愚」「毒」「魔」「醜」など) が記載された 50 行 6 列のシートが配布され、実験参加者は、奇数列 (1, 3, 5 列) においてはターゲット色および快語に○を、偶数列 (2, 4, 6 列) においてはターゲット色および不快語に×を記入することで、一列 20 秒の制限時間内で可能な限りを多くチェックすることが求められた。ターゲット語は、いずれも漢字一字で提示された。奇数列のチェック数から偶数列のそれを減ずることにより、ターゲット色に対する潜在的嗜好を示す潜在連想スコア (Implicit Association Score; IAS) を得た。IAT と同じく、FUMIE テストにおいても、ターゲットに対し潜在的嗜好を有している参加者は、ターゲットと快語とを同一様式で反応した場合に反応が促進され、ターゲットと不快語が同一カテゴリになった場合に反応が抑制されると想定している。したがって、ターゲット色と

快語とが対になった試行における反応語数と、不快語が対になった場合の反応語数の差分を用いることにより、当該参加者の単一ターゲット色に対する絶対的な潜在的嗜好を計測することが可能となる。

Test1, Test2の双方において、FUMIEテストの実施に先立ち、VASによる顕在的嗜好の計測が行われた。それぞれのターゲット色に対する嗜好の度合いを、10cmの線分上にスラッシュを記入することで回答を求め、スラッシュ記入位置を計測することにより0(完全に嫌い)から100(完全に好き)までのVAS値を得た。

FUMIEテストの実施に際しては、3種のターゲット色に対する計測の順序が実験参加者間でランダムになるように設定された。Test1およびTest2の双方に参加し、かつすべてのVASおよびFUMIEテスト試行に欠損を持たない66名の結果を分析の対象とした。

3. 結果と考察

表1にVAS値及びIASのTest1-Test2間の相関係数を示す。VASに関しては0.78から0.82の非常に高い正の相関が得られており、4週の間隔をあけた反復計測に対しきわめて頑健であることが示された。IASに関しては、0.39から0.43と、VAS値と比較すると低いものの、有意な正の相関を示しており、FUMIEテストが潜在的嗜好計測において一定程度の安定性を有していると考えられることができる。

表1 VAS値およびIASのTest間相関

	白	黒	灰
VAS	0.78	0.82	0.81
IAS	0.39	0.43	0.43

図1に、Test1およびTest2における各ターゲット色に対するVASによる顕在的嗜好計測の結果を示す。白、黒に対するVAS値が高く、灰に対する評価が低くなっている。繰り返しのある一要因分散分析の結果、Test1, Test2の双方において、色ターゲットの有意な効果が認められた(Test1: $F(2, 130)=44.26, p<.001$; Test2: $F(2, 130)=42.55, p<.001$)。Bonferoni補正を用いた多重比較の結果、灰に対するVAS評価が、白、黒に対するそれよりも有意に低くなっていることが

示された(有意水準5%)。この結果は、白および黒が好まれる色としてあげられる頻度が高いのに対し、灰色が嫌忌色となりやすいとしている過去の嗜好に関する研究結果と一致するものである。

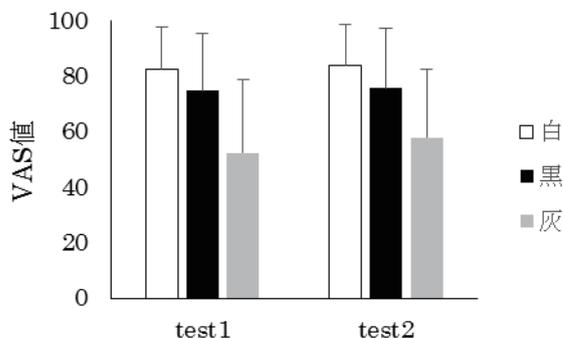


図1 Test1 および Test2 における VAS 値

図2に、同様にTest1およびTest2における各ターゲット色に対するFUMIEテストによる潜在的嗜好計測の結果を示す。Test1およびTest2の双方において、色ターゲット間に有意なIASの差異が認められた(Test1: $F(2, 130)=6.09, p<.005$; Test2: $F(2, 130)=28.41, p<.001$)。多重比較により、黒に対する潜在的嗜好が、白および灰に対するそれより有意に低いことが示され、またBonferoni補正を用いた1サンプルt検定により、黒に対するIASのみが有意に0と異なることが示された。

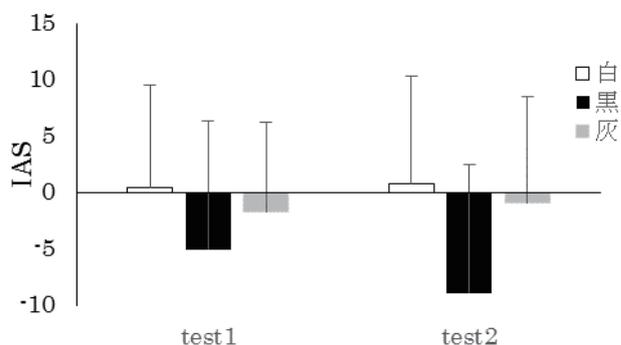


図2 Test1 および Test2 における IAS

表2に、Test1およびTest2におけるVAS値とIASとの間の相関係数を示す。いずれのターゲット色に対しても有意な顕在-潜在指標間相関が得られることはなかった。

表2 VAS-IAS 相関

	白	黒	灰
Test1	-0.04	-0.01	0.16
Test2	0.11	0.12	0.02

これまでのIATを用いた潜在的色嗜好計測においては、反対有彩色対の間の相対的嗜好度に関しては安定して有意な顕在-潜在指標間相関がえられるものの、無彩色対に関しては相関が有意となることはなかった。FUMIEテストを用いた単一の無彩色に対する嗜好計測を試みた本研究においても、VASによって得られる顕在的嗜好と、FUMIEテストによって得られる潜在的嗜好との間に、有意な関連性を認めることはできなかった。

無彩色嗜好における顕在指標と潜在指標との間のかい離に関しては、黒に対する顕在-潜在指標間の差異により一定程度理解が可能である。これまでの色嗜好研究と同様、本研究においても黒は顕在的には比較的高く評価される一方、FUMIテストにより黒に対する潜在的忌避が明確に示されている。すなわち、今回の研究結果は、顕在的に「私は黒が好きである」と表出している参加者においても、黒と（不快語により喚起される）不快概念とを潜在的に連合させる傾向の高い者が存在することを示している。顕在的嗜好評価が比較的低い灰色に対して、潜在的な評価が決して低いわけではない（IASが有意に0を下回らない；潜在的嗜好は白と同程度で中立的）ことと合わせ、無彩色に対する嗜好を検討する際には、参加者の意図的表出である顕在的色嗜好と、その背後に存在する潜在的嗜好とを区別して考えることが重要となろう。

リアルタイム緑視率調査システム

Real-time green visibility ratio measurement system

土居元紀 Motonori Doi 大阪電気通信大学 Osaka Electro-communication University
細見勇太 Yuta Hosomi 大阪電気通信大学 Osaka Electro-communication University

Keywords: 緑視率, リアルタイム処理, エッジ抽出.

1. はじめに

都市風景画像中の植生の占める率である緑視率[1]の調査が自治体などにより行われている。画像から緑色の領域を抽出し、緑視率を調査するシステムはすでに提案されている[2]が、筆者らは緑色かつ植生の特徴である濃淡の細かな変化（以降エッジという）を有する部分を緑視率検出対象とする方法とそれを応用した計測装置を提案した[3]。しかし、あらかじめ設定された緑領域（RGBの和に対するR,G,B各値の比率の範囲）を用いており、撮影環境の変化があった場合に十分な対応ができなかった。もしカメラの特性などについて厳密な設定が必要となると利便性が損なわれる。よって、ユーザが植生を含む画像を1枚撮影し、その画像において植生以外の部分を塗りつぶして、システムに入力することにより、自動的にRGB空間における植生の緑の領域を決定する方法について検討したので報告する。

2. 植生の緑色の領域決定の検討

あらかじめ決定した緑領域では天候や季節が変わると植生領域の抽出がやや不安定になるため、撮影条件が変わっても安定した緑色領域抽出が行われる範囲を検討した。そのため、撮影画像について手動で植生領域以外を塗りつぶす方法で植生領域の色の範囲を調査した。しかし、その調査においては妥当な範囲を見いだせなかったため、緑視率調査のたびに植生領域以外を塗りつぶした画像を用意し、植生の緑領域を決定する方法を考案した。

提案手法では、まず植生を含む画像を1枚撮影する。画像はRGB値各256階調である。そして、植生以外の領域を白((R,G,B)=(255,255,255))で

塗りつぶし、プログラムに入力する。プログラムは白の画素を除いた各画素のRGB値を16階調に階調数を減らした上で、RGB値の組合せについてヒストグラムを作成する。階調数の削減は、領域判定に十分な頻度分布を得るため行う。頻度についてあらかじめ閾値を設け、閾値以上の場合について、植生の緑領域とする。またこのとき、白や黒に近い領域も植生領域に含まれるが、RGB値の合計値に上限と下限を設け、その範囲内の画素のみ植生領域に含まれるとする。

3. 緑視率検出処理

緑視率調査システムはUSBカメラとノートPCで構成される。処理の流れを図1に示す。

時々刻々とUSBカメラから入力される画像に対し、各画素のRGB値があらかじめ範囲設定した植生の緑色の領域に含まれるかどうかを判定し、緑色以外を黒にする。そして、黒画素の周囲1画素を黒画素とする収縮処理によりノイズを除去する。次に、画像処理においてエッジ抽出によく用いられるSobelフィルタによりエッジの検出を行う。緑色領域かつエッジの存在する画素については白、それ以外は黒とする二値化を行い、白領域に含まれる穴を塞ぐように膨張収縮処理を行う。膨張処理は二値化画像の白画素の周囲1画素分も白画素とする処理である。膨張処理と収縮処理はそれぞれ複数回繰り返し、周囲数画素分について処理する。この結果得られた白領域の画素数を調べ、画像全体の画素数に対する割合として緑視率を出力する。

4. 実験

提案手法の有効性を調べるため実験を行った。実験システムのUSBカメラはLogicool C920t、ノートPCはSONY VPCZ239FJを用いた。また、プログラム作成にはC言語を用い、画像処理

ライブラリ OpenCV を利用した。なお、以前の手法では膨張処理を 6 回、収縮処理を 3 回としていたが、複数の条件で抽出結果を検討し、リアルタイム処理可能な処理量との兼ね合いから、それぞれ 7 回、4 回とした。

まず、あらかじめ撮影した画像(図 2(a))の植生部分以外を白く塗りつぶした(図 2(b))。この画像から得られた緑色領域を用いて、カメラから入力される映像についてリアルタイムに緑視率検出処理を行った。ある 1 フレームと植生領域抽出結果を図 3 に示す。なお入力フレームの左上に求めた緑視率を表示している。プログラムが処理する画像自体にはこの緑視率を表す文字や、画面キャプチャソフトウェアのロゴは含まれない。このフレームでは約 22.0%の緑視率を得た。妥当性を確認するため、入力画像の塗りつぶしをした人物により、図 3(a)のフレームについて植生部分以外を塗りつぶして手動による緑視率を求めた。手動による植生領域抽出結果を図 4 に示す。細かな部分は一致しないが、緑視率は 21.6%となり、自動抽出と手動抽出の結果が近いことがわかった。

ただし、塗りつぶしに時間がかかり、また、個人差が生じる問題があり、これらを解決するためのガイド機能が必要だと考えられる。また、今回植生抽出画像に多様な植物が写っていたことが良い結果につながったことも考えられ、対象画像の検討も必要と思われる。

5. まとめ

緑視率調査のためのシステムについて、天候や季節の変動に対応するため、植生領域抽出画像を入力することによる緑色領域指定方法を提案し、システムの改良を行った。実験によって、手法の妥当性を確認した。

参考文献

- 1) 石黒哲郎, 小坂 宏: 住宅地の緑化計画に関する基礎的研究 その1 計画指標としての〔緑視率〕について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 計画系 53 (1978) 1587-1588
- 2) 瀧澤惣一, 森 隆智, 佐川 賢: 緑視率計測装置の開発, 日本色彩学会第44回全国大会発表論文集 (2013) 314 -315
- 3) M. Doi, A. Kimachi, S. Nishi: Real-time

green visibility ratio measurement, Proc. of AIC2015 (2015) 609-614

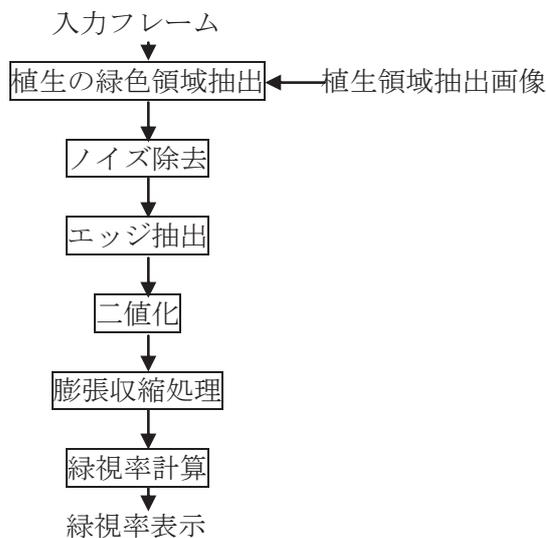
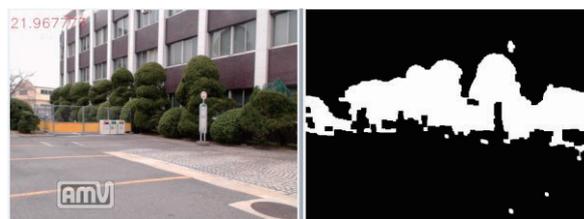


図 1 処理の流れ



(a)元画像 (b)植生領域抽出画像

図 2 植生領域以外の塗りつぶし



(a) 入力フレーム (b)抽出領域

図 3 入力フレームと植生領域抽出結果



図 4 手動による植生領域抽出結果

綿, 羊毛および絹織物の色柄の色彩および テクスチャ特徴量による素材判別

Material discrimination of colored patterns for cotton, wool and silk woven fabrics by color and textural features

浅海真弓 Mayumi Asanomi 大阪成蹊短期大学
横田裕子 Yuko Yokota 愛知学泉短期大学
森 俊夫 Toshio Mori 岐阜女子大学

Osaka Seikei University Junior College
Aichi Gakusen University Junior College
Gifu Women's University

Keywords: 色柄, 色彩情報量, テクスチャ特徴, 判別分析, 画像解析.

される. ここでは, $d=1$ に対して, $\theta = 0, 45, 90$ および 135° 方向の各値を求め, これら 4 方向の平均値を $d=1$ に対する形態特徴量とした.

1. はじめに

多彩色から構成されている色柄模様からどのような繊維素材が用いられているかについて明確に素材判別することは大変困難であると考えられる. そこで, 綿布, 羊毛布および絹布のいろいろな色柄模様について, 目視による素材の判別を行った. また, 綿布, 羊毛布および絹布の各色柄について画像解析によって色彩情報量や形態情報量を算出し, これら 3 種類の織物の色彩的および形態的な類似性や相違性を見出すとともに, 色彩情報量や形態情報量を用いて素材の判別分析を試みた. 本研究では, 簡便で安価で安全で迅速な方法で文化的に貴重な染織布の素材の判別や同定の非破壊的分析方法を確立するための有用な基礎的知見を得ることを目的とする.

2. 方法

試料布として, 34 種類の綿色柄布, 56 種類の羊毛色柄布および 40 種類の絹色柄布を任意に選んで用いた. カラーキャナを利用して, 解像度 72dpi, 大きさ 512×512 pixels の条件で色彩テクスチャ画像を取り込んだ. sRGB カラー画像は色彩画像解析により, L^* (明度) 画像, C^* (彩度) 画像および h (色相角) 画像に変換し, それぞれのヒストグラムから明度平均 (AVE- L^*), 彩度平均 (AVE- C^*) および色相角平均 (AVE- h) を求めた. 視覚的な特徴を評価するために, パラメーターとして角二次モーメント (ASM), コントラスト (CON), 相関 (COR), エントロピー (ENT) の 4 つの形態情報量と色情報量である色相エントロピー (h -ENT) を求めた. 同時生起特徴量は, それぞれ画素対の相対位置関係 (d, θ) の関数として表

3. 結果と考察

色柄の色彩情報および形態情報の比較の一例を図 1 および図 2 に示した. 綿の特徴として, 高~低明度で低彩度に多く分布し, 寒色・中性色・暖色と幅広い色相分布であり, 背景と図形の区別が明確であることが分かった. 羊毛の特徴としては, 低明度,

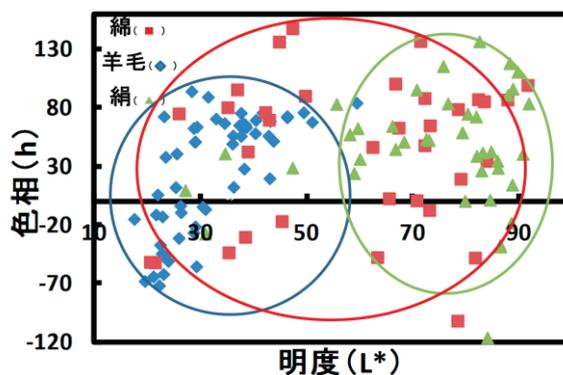


図 1 明度と色相の関係

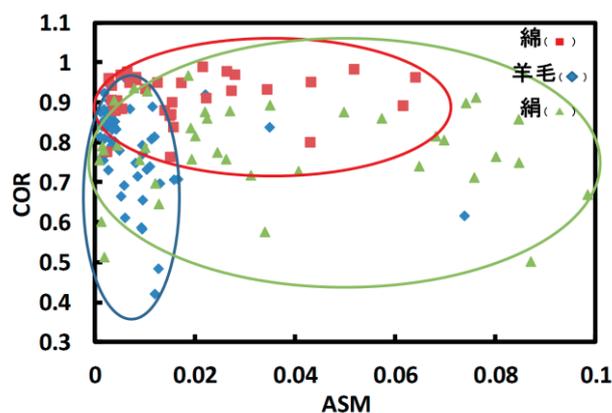


図 2 角二次モーメントと相関の関係

低彩度に多く分布し、明度の増加とともに寒色から暖色へ推移し、模様形態の均一性の増加とともに線状性が低下することが分かった。絹の特徴としては、他の素材に比べて色彩および形態情報量において幅広い分布を示すが、高明度、低彩度、暖色系に多く分布し、明度の増加とともに色情報が低下する傾向がみられた。

綿布、羊毛布、絹布に対する色彩情報量 (L*, C*, h, h-ENT) を利用した判別を行った。表1には判別された試料群および判別の中率を各素材ごとに計算して比較して示した。表の「真の群」とは、実際の試料の判別番号のことである。「判別された群」とは、色彩情報量から実際に綿、羊毛および絹と判別した試料の数を表す。表より羊毛布では、羊毛と判断された試料が37個、綿と判断された試料が2個、絹と判断された試料が0個で94.9%という判別の中率であったことから、ほぼすべての羊毛布が羊毛布であると判別された。綿布では、羊毛と判断された試料が8個、綿と判断された試料が10個、絹と判断された試料が16個で29.4%という判別の中率であったことから、色彩情報量のみでは判別しにくい。絹布では、羊毛と判断された試料が2個、綿と判断された試料が4個、絹と判断された試料が34個で85.0%の判別の中率であったことから、ほぼすべての試料が絹布であると判別された。また全体平均が71.7%であることから、色彩情報量のみでもほぼ判別が可能であることが示唆された。

綿布、羊毛布、絹布に対する形態情報量 (ASM, CON, COR, ENT) を利用した判別分析の結果を表2に示した。羊毛布では羊毛と判断された試料が31個、綿と判断された試料が6個、絹と判断された試料が2個で79.5%という判別の中率であったことから、ほぼすべての羊毛布が羊毛布であると判別された。綿布では、羊毛と判断された試料が2個、綿と判断された試料が30個、絹と判断された試料が2個で88.2%という判別の中率であったことから、ほぼすべての綿布において判別が可能である。絹布では、羊毛と判断された試料が7個、綿と判断された試料が13個、絹と判断された試料が20個で50.0%という判別の中率であったことから、綿布よりも高い確率で判別が可能である。また、全体平均90.3%という結果から、非常に高い確率で判別が可能であるということが分かった。

表1 色彩情報量 (L*, C*, h, h-ENT) による判別結果

真の群	試料番号	判別された群			判別の中率
		1	2	3	
真の群	1	37	2	0	94.9%
	2	8	10	16	29.4%
	3	2	4	34	85.0%
				全体平均	71.7%

1: 羊毛, 2: 綿, 3: 絹

表2 形態情報量 (ASM, CON, COR, ENT) による判別結果

真の群	試料番号	判別された群			判別の中率
		1	2	3	
真の群	1	31	6	2	79.5%
	2	2	30	2	88.2%
	3	7	13	20	50.0%
				全体平均	71.7%

1: 羊毛, 2: 綿, 3: 絹

料が2個で79.5%という判別の中率であったことから、ほぼすべての羊毛布が羊毛布であると判別されている。綿布では、羊毛と判断された試料が2個、綿と判断された試料が30個、絹と判断された試料が2個で88.2%という判別の中率であったことから、高い確率で判別が可能であることが示唆された。絹布では、羊毛と判断された試料が7個、綿と判断された試料が13個、絹と判断された試料が20個で50.0%という判別の中率であった。また全体平均で71.7%の判別の中率であったことから、色彩情報量と同様に形態情報量のみでもほぼ判別することが可能である。

綿布、羊毛布、絹布に対する色彩情報量 (L*, C*, h, h-ENT) および形態情報量 (ASM, CON, COR, ENT) を利用した判別分析を行った結果を表3にまとめた。羊毛布では、羊毛と判断された試料は39個、綿および絹と判断された試料は0個で100.0%という判別の中率であったことから、すべての羊毛布が羊毛布であると判別された。綿布では、羊毛と判断された試料は3個、綿と判断された試料は28個、絹と判断された試料は3個で82.4%という判別の中率であったことから、ほぼすべての綿布において判別が可能である。絹布では、羊毛と判断された試料は0個、綿と判断された試料は5個、絹と判断された試料は35個で87.5%という判別の中率であったことから、綿布よりも高い確率で判別が可能である。また、全体平均90.3%という結果から、非常に高い確率で判別が可能であるということが分かった。

表3 色彩情報量および形態情報量による判別結果

真の群	試料番号	判別された群			判別の中率
		1	2	3	
真の群	1	39	0	0	100.0%
	2	3	28	3	82.4%
	3	0	5	35	87.5%
				全体平均	90.3%

1: 羊毛, 2: 綿, 3: 絹

4. 結論

綿布、羊毛布、絹布の色柄模様の色彩的、形態的な類似性や相違性を明確にした。色柄模様の視覚的特徴量を用いて行った綿、羊毛、絹の素材判別の分析結果から、色彩情報量のみでは平均71.7%、形態情報量のみでは色彩情報と同様に平均71.7%で判別が可能であったが、色彩情報量と形態情報量を組み合わせることで平均90.3%の非常に高い確率で判別が可能であることが見出された。

多階調濃淡画像を用いた OKQT による最適階調推定法の提案

A method for optimizing gray levels based on 18bits-image by Using Oteru-Koshimizu's Quantization Theory

武藤功樹	Koki Muto	中京大学	Chukyo University
菊池大悟	Daigo Kikuti	中京大学	Chukyo University
舟橋琢磨	Takuma Funahashi	中京大学	Chukyo University
川澄未来子	Mikiko Kawasumi	名城大学	Meijo University
興水大和	Koshimizu Hiroyasu	中京大学	Chukyo University

Keywords:OK 量子化理論,量子化,擬似輪郭.

1. はじめに

近年では,大容量データを削減する技術として OKQT (Oteru-Koshimizu's Quantization Theory)が提案されており,その性質や有効性について研究が地道におこなわれている.本研究では濃度離散化理論である OKQT に必要な濃度生起確率分布 pdf を推定する手掛かりとして多階調画像を導入し,従来では対象とされることが少ない 8bit 以上の階調を対象とすることを可能とした.これにより階調数が 8bit で十分でない場合も含めたより十全な最適濃度階調数の検討を可能にすることに成功した.また,多階調画像における視覚評価と数値評価を行った.視覚評価では 8bit ディスプレイ上でも表現できる簡易的な視覚評価システム(“動的階調覗き窓方式”)を新たに導入することにより,従来であれば,通常のディスプレイで表示できない多階調領域の画像でも視覚評価をおこなうことが可能となった.数値評価では OKQT により推定された濃度階調カーブと数値指標 PSNR を用いることで濃度確率分布 pdf の復元が可能といった意味で階調削減された複数の画像から多階調領域における最適階調の存在を確認することができた.

2. OKQT 概要

OKQT では,与えられた画像 $f(x)$ の濃度値 (f) を連続確率変数とみなすと,その生起頻度を確率的に支配する確率密度関数 $p(f)$ が存在すると仮定できる.画像 $f(x)$ の濃度ヒストグラムを $h(f)$ とし,その確率密度関数を $p(f)$ とする.そして, $p(f)$ のフーリエ変換を $P(v)$ とする.確率密度関数 $p(f)$ は式(1)により $P(v)$ が v_c で帯域制限されていると,式(2)から量子化間隔 Δf とした場合に限って,式(3)によって離散化データから連続データに完全に復元される.この Δf がこの画像 $f(x)$ の確率密度関数 $p(f)$ を完全に復元できる量子化間隔である.

$$p(v) = 0, \quad (v \geq v_c) \quad (1)$$

$$\Delta f \leq (1/2v_c) \quad (2)$$

$$p(f) = \sum_k p(\Delta f * k) \text{sinc}\{2\pi(f - k * \Delta f)\} \quad (3)$$

2.1 OKQT の運用について

濃度値の生起確率密度関数 $p(f)$ は,次のような方法で推定,ないし仮定する必要がある.画像 $f(x)$ から観測されたデジタル画像 $f=f_i$ の濃度ヒストグラム $h(f)$ は,確率密度関数 $p(f)$ を推定する手がかりを与える.濃度ヒストグラム $h(f)$ は,有限離散(整数)空間上に分布しているものとし,その最小量子化間隔 Δf_{min} を 1,最大濃度値を f_{max} とし,基底となる解析関数として rect 関数を用いて,式(4)によって求められる.

$$p(f) = \frac{\sum_{n=1}^{f_{max}} h(\Delta f_{min} \times n) \times \text{rect}(f - n)}{\sum_{n=1}^{f_{max}} h(\Delta f_{min} \times n) \times \Delta f_{min}} \quad (4)$$

ここで矩形関数 $\text{rect}(x)$ は式(5)のような関数である.

$$\text{rect}(x) = \begin{cases} 1, & \dots, |x| \leq \frac{1}{2} \\ 0, & \dots, \text{other} \end{cases} \quad (5)$$

これによって, $h(f)[f:0, f_{max}]$ は,実空間上の関数 $p(f)[f:-\infty, +\infty]$ として表された.図 1 に $h(f)$ と推定された確率密度分布関数 $p(f)$ との関係を模擬的に示す.また,確率密度関数 $p(f)$ をフーリエ変換するが,矩形関数 $\text{rect}(f)$ のフーリエ変換は $\text{sinc}(v) = \sin(\pi v) / (\pi v)$ であるから(図 2 参照),式(6)によって $p(f)$ のフーリエ変換 $P(v)$ は,解析的に求めることができる.

$$P(v) = F[p(f)] = \frac{1}{S} \sum_{n=1}^{f_{\max}} h(\Delta f_{\min} \times n) \exp(-i2\pi n v) \frac{\sin(\pi v)}{\pi v}$$

$$S = \sum_{n=1}^{f_{\max}} h(\Delta f_{\min} \times n) \times \Delta f_{\min} \tag{6}$$

$$P_{\max} = P(v), \varepsilon = \alpha P_{\max}$$

$$|P(v)| \leq \varepsilon \text{ なる } v \text{ を } v_c \text{ とする.} \tag{7}$$

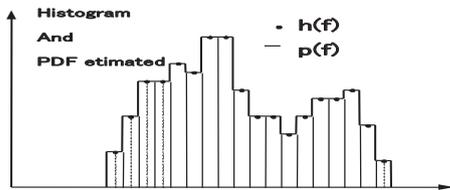


図1 ヒストグラム $h(f)$ と推定した確率密度関数 $p(f)$

2.2 カットオフ周波数の推定方法

$P(v)$ が真に 0 となるカットオフ周波数は一般には存在しない. そこで, 何らかの方法で実用解を求める必要がある. 今回の手法では式(7)の推定法を使用した. 式(7)の ε, α は可変の外部指定パラメータである. 実際に厳密なカットオフ周波数は存在しないことが多いので, これらのパラメータを変化させることにより, 振幅スペクトルの任意の閾値をカットオフ周波数として採用した.

3. 多階調カメラ

通常のカメラの場合 1 画素につき 256 階調で表現されることが多い, そこで視認することの難しい微細な濃度値までを十分に再現できるカメラを用いて最適な画像離散化を可能にする方法の検討を実験的に行うことにした. 実験では ViewPLUS 社製の Xviii カメラを用いることで 8bit 以上の階調数を持つ画像を入力画像として用いることとした.

4. 実験結果と考察

本節では, 図2の 8bit 入力画像と同じ実験環境で Xviii カメラを用いて実験を行うことにした.

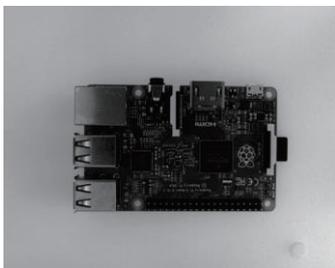


図2 8bit 入力画像

4.1 定量評価

実験では α パラメータの値を 0.1% から 0.025% ごとに加算していき 0.4% まで計 13 枚の画像を用いて評価を行った. 評価には数値指標 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) を用いることにした, PSNR

は 40db 程度ならば一般的に劣化が少ない画像であると言われている. OK 量子化理論では $P(v)$ のパワースペクトルから量子化間隔を推定するため, PSNR の値が急激に減少される点までが高域であり $P(v)$ の値が 0 に近い数値であると予想される. 結果を図3に示す. $\alpha=0.300\%$ の時, PSNR の値が 38.77 であり $\alpha=0.325\%$ の時 0.18 となる. $\alpha=0.300\%$ から $\alpha=0.325\%$ までの間に最適階調が存在する.

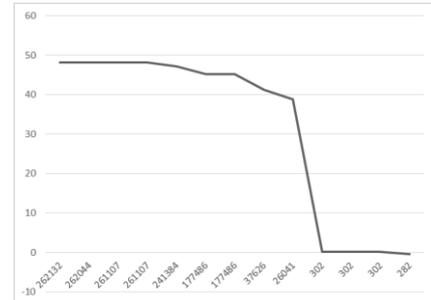


図3 階調数と PSNR の相関図

4.2 目視評価

18bit 階調のグレースケール画像はディスプレイ表示ができない. そこで本実験では 262,144 階調を目視評価する為に階調覗き窓を作成した. 階調覗き窓とは 262,144 階調のうち 256 階調のみを表示したものであり, 18bit を 8bit ずつ分割した画像郡と事である. 18bit 画像に OKQT を適用し階調数を圧縮した画像それぞれ 1,024 枚の画像を用意して連続画像として目視をした. (“動的階調覗き窓方式”). 図7(a)は $\alpha=0.300\%$ の時の 21,760 階調から 22,015 階調の画像で, 図7(b)は 21,760 階調から 22,015 階調の画像である. 連続画像として目視評価を行った結果 $\alpha=0.325\%$ までは大きな劣化が見られず, $\alpha=0.300\%$ の時に劣化が見られることが分かった.



図7(a) 21,760 階調から 22,015 階調 図7(b) 21,760 階調から 22,015 階調

5. まとめ

本稿では, OKQT に基づき, 多階調画像に適用し多階調領域における最適階調の存在を確認することができた.

参考文献 1) 興水大和, 本田和広, 中村奈津子 量子化定理の提案-画像グレースケール離散化の数理的考察-, ビジョン技術の実用ワークショップ View2002 講演論文集 pp.1-6, (2002 小田原賞論文)

自然・加工画像へのCG化・模式表現化物体配置による 画像注視状態変化に対する画像無彩色化の影響

Influence of achromatizing to gaze-state change by CG objects and schematic objects placed in natural and processed images

中西 冴	Sae Nakanishi	高知工科大学 大学院 基盤工学専攻	Graduate School of Engineering, Kochi University of Technology
根岸 一平	Ippe Negishi	高知工科大学/金沢工業 大学メディア情報学科	Kochi University of Technology / Dept. Media Informatics, Kanazawa Institute of Technology
篠森 敬三	Keizo Shinomori	高知工科大学 情報学群 /総合研究所	School of Information / Research Institute, Kochi University of Technology

Keywords: 眼球運動, 注視, 顕著性マップ, 白黒画像

1. はじめに

風景や物体を観察する際にどの部分に着目しているかという眼球運動中の注視状態は、インターフェースやサイン等のデザインの観点からも重要である。現状、様々に存在する顕著性マップ(Saliency map)の作成手法の一つとして注視予想モデルが提案されている。これは、画像中の輝度や色の境界・面で象徴されるような初期視覚情報処理過程で処理されると考えられている低次の(基本的な)画像特徴に対する注視を、単純に予想するものである。このような方式の注視予想モデルは、一面の青空など、単純な背景の場合には、よく注視を予想出来る[1]。しかし、背景や対象物体の認知的意味が変化した場合にも適合できるかは不明である。

そこで、本研究では、自然画像中に配置した自然物体を、低次画像特徴は類似しているものの、印象は大きく異なるCGや模式表現化した物体に置き換えることで、高次の(認知的)情報によりどのように眼球運動と注視箇所が変化するかを調べた。さらに、画像を全てグレースケール表示とする無彩色化を行うと、物体の判別がより困難になり、また色の境界に関する情報が失われることから、顕著性マップは変化することになる。このような場合には、自然物体(オリジナル物体)とCGや模式表現化した物体の画像間での注視状態変化が縮小すると予想して、実験を行い、先に述

べた有彩色画像での実験結果と併せて、初期視覚情報と認知的な情報とが注視にどのような影響を与えるかについて眼球運動計測の結果から述べる。

2. 実験手法

眼球運動は ViewPoint EyeTracker®(Model BHU903 Binocular90Hz, Arrington Research社製)により計測した。眼球運動のデータは、あらかじめ各被験者で計測した被験者の利き目のデータのみを用いた。本実験では外部からの刺激要因による影響を避けるために、暗室内に眼球運動測定装置を設置し、実験を行った。画像呈示用ディスプレイと被験者間の距離は65cmである。

今回の実験では、男性4名、女性2名の計6名を被験者とした。視野制限下において使われている眼を調べる方法で求めた「利き目」は、男性3名、女性1名が右眼、男性1名、女性1名が左眼であった。

実験刺激として、今回は観葉植物を刺激物体とし、実際の場所に物理的に配置した、または自然背景画像上に刺激物体像を画像処理により配置した画像を原(自然)画像とした。実験画像のために、刺激物体の画像を基に、ShadeにてCGを作成、またPowerPointの図形で模式を作成し、作成したCG物体や模式物体(特殊表現物体)を背景だけの画像へ配置する画像を作成した。また刺激物体自体を配置しない背景のみ画像も使用した。さらに、この画像全体に、あるいは背景のみに特殊表現効果(モザイク(バブル))を加えた画像

も作成した。以上のように、画像は「刺激物体4種類(刺激物体無し, 自然, CG, 模式)」×「モザイクバブルの状況3種類(そのまま(モザイク無し), 画像全体がモザイク, 背景のみがモザイク(モザイク背景上に通常の刺激を配置))」の11枚が1セットになっている(刺激物体無しの条件では, 画像全体がモザイクと, 背景のみがモザイクは同じ画像になるため1枚減る)。これらを有彩色画像(基本画像)とし, あわせてこれらの画像をグレースケール化した画像も作成して無彩色化画像とした。画像呈示は, 同じ背景の11枚の画像を1セットとして, 背景3種類(壁コーナー, キャンパス・グリーン, 建物出入口)の画像分の3セットと無彩色化した背景3種類の画像分の3セットとで行った。

被験者に対し, 「呈示する画像は1枚につき10秒間だけ呈示し, 画像を評価する」旨を言った上で「画像内をよく観察する」よう, 実験を始める前に説明してから実験を開始した。画像呈示時間の10秒間の被験者の視線位置を, 眼球運動測定装置により計測した。被験者の視線の動きの正確性を計るため, 1セットの開始時と終了時に9個の白色点を3×3に配置した画像を用いて, 実験者の指示する場所を注視する計測精度検証を行った。また, 1セット終了ごとに, 呈示した11枚の画像に対する評価(画像の良さ)を感覚量評価(magnitude estimation)法により, 6点満点で回答させた。

3. 結果

(1) 停留時間解析手順

各被験者の眼球運動データから, 画像内の停留時間を計測し, 視線位置を表示した。停留時間の計測方法は, 画像範囲を縦36マス, 横48マスに区切り, Microsoft Excel(Excel for Mac 2011)を使用し, その範囲に視線が停留した時間を呈示10秒間および全被験者で合計した。最大値を100%, 最小値を0%から90%を濃い青でグラデュエーションし, 90%から100%(最大値)を水色でグラデュエーションした。

比較表示する際の停留時間の解析は, 比較する停留時間相対値の差をとり, 差の最小値を-1から中間値0をピンクでグラデュエーションし, 0から1(最大値)を水色でグラデュエーションした。ピンクで表示された箇所は, 視線が向かなくなったことを示し, 水色で表示された箇所は, 視線が向くようになったことを表す。

(2) 有彩色画像での注視箇所(停留時間)

刺激とする物体を自然物体, CG表現, 模式表現としたものをまとめ, 顕著性マップ[1]と比較した。停留時間相対値表現と顕著性マップの予測結果を図1に示す。

物体を何も配置しない場合, 呈示した画像内の特徴的な箇所では, 顕著性マップでも予測された箇所への注視状態が続き, 全体的に画像を見ていることがわかった。また刺激が自然物体の時は, 刺激の方に注意が向くが, 顕著性マップに表れているところに突出して, 注意が向いているわけではなく, 刺激周辺中心とするが, 全体的に画像を見ていることがわかった。刺激物体がCG表現・模式表現である画像では, 刺激配置箇所を注視する一方で, 顕著性マップで最も注視すると推定された箇所だけを注視してはならず, 刺激全体を見ていることがわかった。さらに, 刺激がCG・模式表現の場合でも, 刺激周辺であるものの, 顕著性マップに全く表れていない箇所も併せて見ていることがわかった。

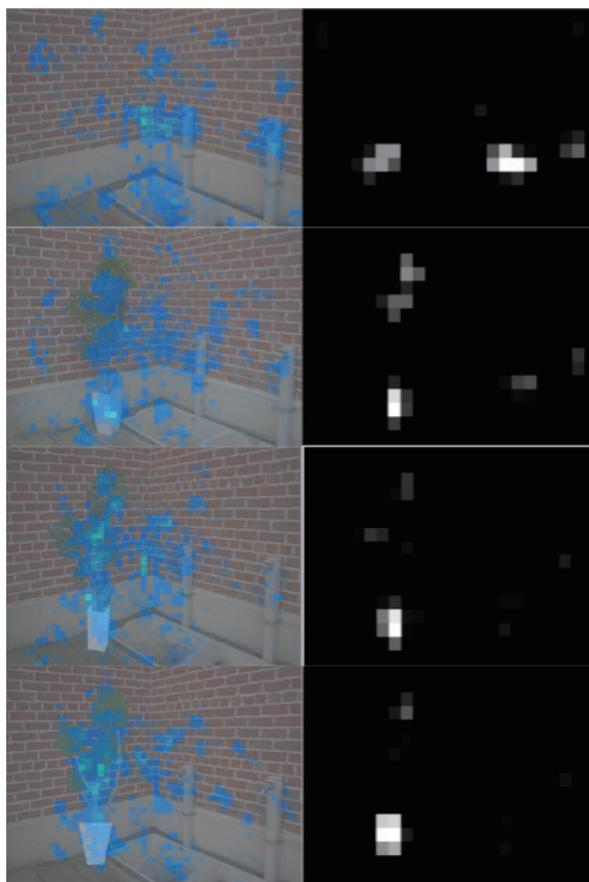


図1 有彩色画像(コーナー)での停留時間相対値表示(左)と顕著性マップ予測(右)の比較

(3) 刺激物体変化による注視箇所への影響

背景3種類それぞれで刺激物体を自然からCG表現, 自然から模式表現, 物体なしから自然, CG, 模式表現を比較した. 自然物体から模式表現を比較した場合の視線状態の変化(停留時間の変化)を一例として図2に示す. 図では, 視線が向かなくなったものをピンク(マイナス)で表し, より視線が向くようになったものをエメラルドグリーン(プラス)で表している.

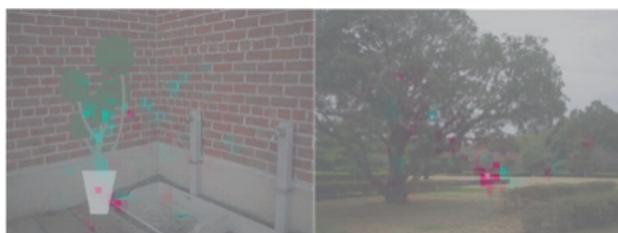


図2 自然から模式への変化での比較. 背景がコーナーの場合(左)とグリーンの場合(右)

このような刺激物体の変化による注視箇所(停留時間)への影響を定量化するために, 停留時間解析手順で示した画像全体での最大値を100%, 最小値を0%とする各マスの停留時間相対値(0・100%)を用いた. まず各マスで, 刺激物体の種類を変えたことによる停留時間相対値の変化量を, 線形引き算により求めた. 次にその変化量を, 正負を保ったまま画像全体で足し合わせ, 1マス単位の平均を取ることで, 画像全体の刺激物体変化による視線状態の変化として求めた. 図3に結果を示す.

壁コーナー画像の場合は, 自然物体から, あるいは刺激物体がないところから, CGや模式に変化させた場合に, 注視が増加する傾向にある一方, キャンパス・グリーンや建物出入口画像の場合には, その変化はほとんど無いか, むしろ多少下がる傾向にある. この違いについて考えられる要因の一つとして, 画像中における刺激物体のサイズの影響が考えられる. コーナー画像での刺激物体のサイズが大きいため, 刺激物体をCGや模式にしたときの細部の変化に気がつきやすい一方で, 出入口やグリーン画像では変化に必ずしも気がつかないという可能性がある.

この結果をふまえ, 刺激物体の変化の影響をより直接的に, 反映するデータとして, 上記の停留時間相対値の変化量を, 画像全体で足し合わせるのではなく, 刺激物体全体, 物体のうち幹の部分,

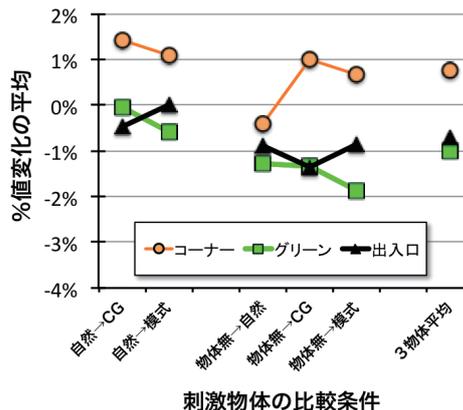


図3 刺激物体変化による視線状態の変化 (1マスあたりの停留時間相対値の変化量)

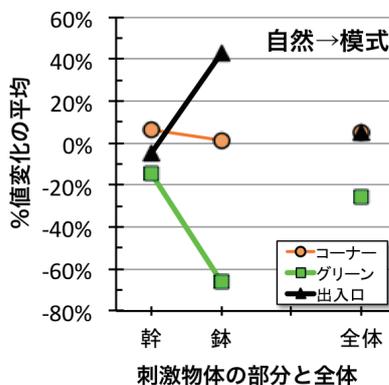


図4 刺激物体配置範囲のみの刺激物体変化による視線状態の変化

物体のうち鉢の部分にわけて解析した. 刺激の鉢部分のみ, 幹部分のみ, 刺激物体のみでの視線状態の変化(1マスあたりの停留時間相対値の変化)を図4に示す.

物体刺激に特化した停留時間相対値変化は, 幹の部分については, 図3で示した画像全体の傾向と同様の傾向を示した. それに対して, 鉢部分は, グリーンと出入口画像ではマスの数が小さい(グリーン画像の場合に2マス)ため, 極端な値に陥りやすいことが分かる. 鉢の部分に極端な値をとっている場合には, 刺激物体全体の値も影響を受けるため不正確になる. これをふまえて幹での変化量を検討すると, 図3の「自然→模式」の結果のようにサイズの順であるコーナー画像, 出入口画像, グリーン画像の順となる.

(4) 無彩色化画像での結果

無彩色画像での停留時間相対値表示と顕著性マップ予測結果を, 図5に示す. 有彩色画像と無

彩色化画像を比較すると、どの背景の場合も有彩色画像の停留時間と大きな差がないことがわかった。さらに顕著性マップの検出結果も有彩色画像と大きな変化は得られなかった。有彩色画像と無彩色化画像の停留時間相対値の差から、パーセント値変化の1マス平均を計算した結果からも、無彩色化しても有彩色画像と視線状態に大きな変化がないことがわかった。

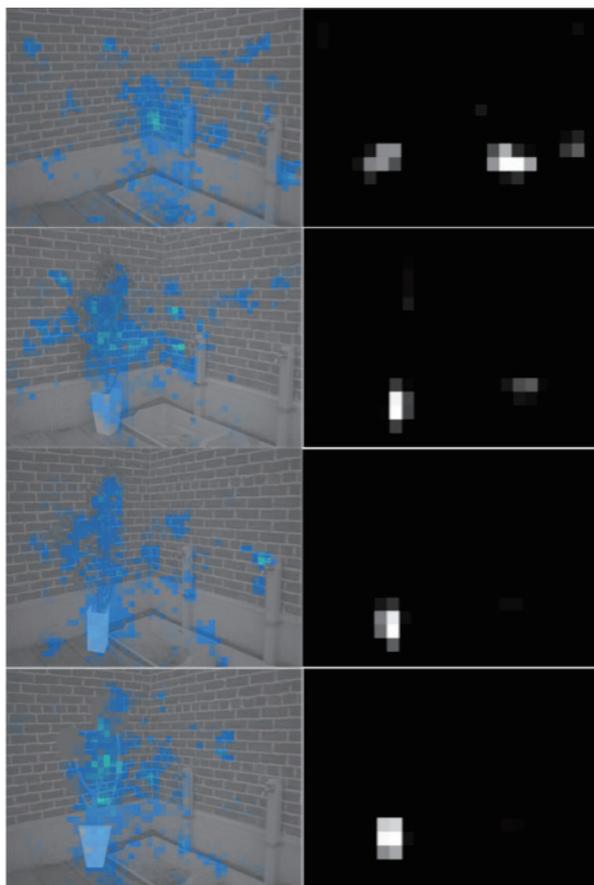


図5 無彩色化画像（コーナー）での停留時間相対値表示(左)と顕著性マップ予測(右)の比較

4. 考察

顕著性マップでは、刺激物体が自然物体、CG物体、模式物体の順で、より刺激物体を注視する傾向はあるもののその差は微小であり、刺激が変化しても注視結果はほとんど変化しない予測を示した。刺激物体に違和感の差があるにも関わらず、顕著性マップの検出結果に変化がない理由として、刺激物体が自然、CG、模式物体であっても初期視覚情報処理における視覚特徴としてはほぼ同じであるためと考えられる。

しかし、実際には、被験者は、顕著性マップの予測結果のように鉢部分を見るのではなく、実際は幹（葉を含む）の部分を見ていることがわかつ

た。また、刺激物体を変化させた時に、刺激物体が必要十分に画像でのサイズ大きい場合には、自然からCGや模式表現へ、あるいは刺激物体が無く画像中の別の場所を注視しているところからCG表現や模式表現へ変化させた時には、それら表現の特徴を示す箇所への注視が増加する結果が得られた。サイズが小さい場合には、CG表現や模式表現へ変化させた時には、逆に注視が減少する結果を得た。

画像全体を無彩色化し、有彩色画像と比較した結果として、停留時間相対値と顕著性マップの予測結果共に、無彩色化による大きな変化は得られなかった。この結果から、画像を無彩色化しても視線方向や注視への影響はほとんどないと考えられる。ただし、この結果は自然画像系の画像呈示の結果であり、輝度差がほとんど無く色差だけで物体が区別されるような極端な（実験室的な条件の）画像の場合、また認知的意味変化を伴う場合には、異なる結果となる可能性もある。

5. 結論

本研究では、自然画像中に配置した自然物体を、低次画像特徴は類似しているが印象は異なるCGや模式表現化した物体に置き換えることで、高次の情報によりどのように注視箇所が変化するかについて、実際の眼球運動計測により調べた。さらに、画像の無彩色化を行うと、物体の判別がより困難になることから、注視状態変化が縮小すると予想して実験を行った。

実験結果は、顕著性マップの予測結果では刺激ほとんど変化がない一方、刺激物体に対する違和感の差によって、注視状態に変化が生じた。刺激物体のサイズが大きくなる画像配置の時に、刺激物体は、より注視を集めたが、サイズが小さいときには、逆に注視が減る結果となった。この画像中の刺激サイズの影響については、顕著性マップと同様の傾向であり、人は観察する際には小さいものは注視しない傾向があるためと考えられる。

無彩色化を行うことによって、物体の判別がより困難になることから、注視状態が変化すると予想したが、色をなくしても注視には大きな影響はないことが明らかとなった。

参考文献

- 1) D. Walther and C. Koch : Modeling attention to salient proto-objects, Neural Networks 19 (2006) 1395-1407 [D.Walther, Saliency Toolbox, [http://www.saliencytoolbox.net/.](http://www.saliencytoolbox.net/)]

UI 設計のための人と人型エージェントの顔色に対する嗜好の比較

Comparison of Face Color Preference of Human and Agent for User Interface Design

村松 慶一	Keiichi Muramatsu	埼玉大学 大学院理工学研究科	Saitama University
田和辻 可昌	Yoshimasa Tawatsuji	早稲田大学 大学院人間科学研究科	Waseda University
田中 英一郎	Eiichirou Tanaka	埼玉大学 大学院理工学研究科	Saitama University
綿貫 啓一	Keiichi Watanuki	埼玉大学 大学院理工学研究科	Saitama University
松居 辰則	Tatsunori Matsui	早稲田大学 人間科学学術院	Waseda University

Keywords: UI 設計, 顔色, 嗜好, 人型エージェント.

1. はじめに

近年の急速な技術発展に伴い、人型エージェントとりわけ人型ロボットであるアンドロイドの研究開発が目覚ましい展開をみせている。今後は、人とアンドロイドとの間での社会的関係性の構築が重要な課題になると考えられる。このような社会的関係性構築を考える上で、アンドロイドの「顔」は一つの重要な要素である。特に、顔色は自身の感情状態を他者に伝えるなどの機能を果たす上で不可欠であると考えられる。

しかし、顔色の役割をアンドロイドに実装可能かという点についてはこれまで十分な議論がされていない。例えば、人間が顔を赤らめることとアンドロイドが顔を赤らめることに対して、観察者が同等の認知をするかという点が明確ではない。特に、不気味の谷[1]に指摘されるように、人間はヒトに酷似した対象について嫌悪感を抱くとされており、同様の顔色であっても、ヒトに酷似したアンドロイドに対しては、人間に対する情報処理と同等の処理を行うとは限らないことが示唆される。既往研究では、顔の形態的特徴に着目し、不気味の谷を考察してきたもの[2, 3]があるが、顔色に着目したものは見られない。

そこで、本研究ではアンドロイドにおける顔色に関する基礎的な知見を得ることを目的として、人間とアンドロイドの肌に同色を付与した際に、どの色が好ましいと感じられるか、また、エージェントの違いによって評価に差が見られるかを実験的に検討した。

2. 先行研究

中島ら[2]は、人間は顔色の色相を変化させた顔画像を観察している際の被験者の脳波を計測し、

顔色の色相角と N170 ピーク振幅との関係、および色相角と画像の不自然度との関係性を調べた。その結果、左後側頭における N170 ピーク振幅が、オリジナルの色相角から離れるにつれて大きくなることが明らかになった。このことは、顔の色相に関する情報に対して、左後側頭における N170 成分が応答していることを示唆しており[4]、色相がオリジナルから離れるにつれ、評価は不自然なものとなることが考えられる。

3. 実験

女性型アンドロイドの平均顔と女性の平均顔にそれぞれ 8 色相 (青, シアン, 緑, マゼンタ, オレンジ, 赤, バイオレット, 黄) を Photoshop で付与したものを、計 16 種類 (色: 8 種 × エージェント: 2 種) を刺激として用いた。図 1 に実験で用いた刺激のうち、アンドロイド (青色, オリジナル色) と人間 (青色, オリジナル色) を示す。

実験は以下の手続きで進めた。まず、被験者には事前に被験者属性として年齢および性別について回答してもらった。その後、実験の概要を説明し、被験者の了承を得た上で、刺激 16 種の組み合わせ計 120 組をランダムで呈示し、各組の刺激のうち、視覚的にどちらが「好ましい」かについて一対比較法による回答を求めた。回答はできる限り早く直観的に回答するように教示を与えた。すべての組の回答が終了後、実験や刺激に関して気づいた点について自由記述の形式で回答を求めた。



図 1. 実験刺激 (左: アンドロイド, 右: 人間)

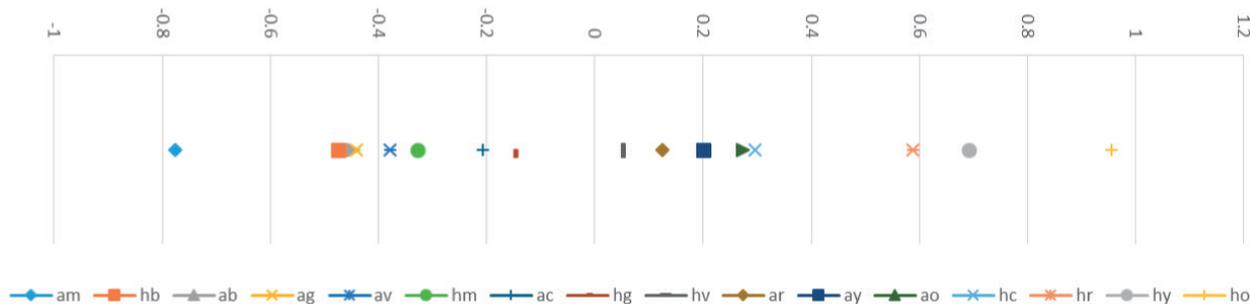


図 2. 各被験者の好ましさに関する z 得点. 図中における xy は x: a(アンドロイド), h(人間), y: m(マゼンタ), b(青), g(緑), v(バイオレット), c(シアン), r(赤), y(黄), o(オレンジ)を表す.

4. 結果と考察

被験者は 7 名 (Age Mean=42.0, SD=18.8) で, 男性 4 名, 女性 3 名であった. このうち, 眼鏡等による矯正があったものは 4 名であった.

図 2 は, 一対比較で得られた選択結果から, 選択確率行列を求め, 標準正規分布の累積確率分布の逆関数を用いることで得た, 各刺激に対する z 得点を示す (ただし, ひとつも選択されなかったものは, 逆関数適用時に計算不能となるため, 選択確率が 1 のときは 3, 選択確率が 0 のときは -3 で計算した). 最も得点が低いものは, アンドロイドの顔にマゼンタをのせたもの (am) であり, 最も得点が高いものは, 人間の顔にオレンジをのせたもの (ho) であった. これらの順序をエージェント毎に並べたものが表 1 である. この結果から, 顔に対する評価は, 人間とアンドロイドともに同じような順序 (緑→バイオレット→シアン→赤→黄→オレンジ) で好ましきの評価が高くなることが明らかになった. また, 青色とマゼンタ色を付与した場合は人間とアンドロイドの評価に大きな違いが見られた. 特にアンドロイドにマゼンタ色を付与した場合は著しく好ましきの評価が低くなっている. このことから, アンドロイドの顔にマゼンタ色を付与することは人間のそれと比較して意味合いが異なることが示唆される.

表 1. 各エージェントの評価系列と色相の関係

	アンドロイド	人間
得点最大	オレンジ	オレンジ
	黄	黄
	赤	赤
	シアン	シアン
	バイオレット	バイオレット
	緑	緑
	青	マゼンタ
得点最小	マゼンタ	青

5. おわりに

本実験では, 3 体のアンドロイドについて 2 枚ずつ計 6 枚の画像から平均顔を作成したため, 十分に平均化されていたかを吟味が必要である. 西谷らの研究[3]によると, 平均顔作成においては, 「少なくとも合成枚数が 10 枚以上においては, (平均顔画像に関する) 特異性と魅力の評定そして記憶の成績に差が出ない」ことが知られている. また, 平均顔作成時のアンドロイドの顔画像については, 化粧をしているともとられる可能性がある. このため, アンドロイドに関する画像の選定については精査が必要であると考えられる.

参考文献

- 1) 森 政弘: 不気味の谷, エナジー誌, Vol.7, No.4, pp.33-35 (1970). : <http://www.getrobo.com>. 参照日: 2013/2/16
- 2) 中島 加恵, 南 哲人, 中内 茂樹: 顔色の色相変化と顔選択的事象関連電位の関係, 電子情報通信学会技術研究 NC (ニューロコンピューティング), Vol.109, No.333, pp.13-18 (2009).
- 3) Seyama, J., Negayama, R.S.: The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces, Presence: Teleoperators and Visual Environments, Vol.16, No.4, pp.337-351 (2007).
- 4) MacDorman, K.F., Green, R.D., Ho, C.C., Koch, C.T.: Too real for comfort? Uncanny responses to computer generated faces, Computers in human behavior, Vol.25, No.3, pp.695-710 (2009).
- 5) 西谷 美和, 吉川 左紀子, 赤松 茂: 平均顔の特徴を探る: 特異性・魅力・記憶の観点から, 電子情報通信学会技術研究報告 HCS (ヒューマンコミュニケーション基礎), Vol.98, No.503, pp.23-30 (1999).

好ましい化粧肌の色に関する研究 ~20代日本人女性を対象として~

Preferred Cosmetic Skin Color of Japanese Women in their 20's

谷川由佳 Yuka Tanigawa 同志社女子大学
 駒井香里 Kaori Komai 同志社女子大学
 奥田紫乃 Shino Okuda 同志社女子大学
 岡嶋克典 Katsunori Okajima 横浜国立大学

Doshisha Women's College of Liberal Arts
 Doshisha Women's College of Liberal Arts
 Doshisha Women's College of Liberal Arts
 Yokohama National University

Keywords: 化粧肌, 色の好ましき, 分光分布

1. はじめに

日本人の肌の色は、主にメラニンとヘモグロビンの2種の色素の割合で決定され、赤みや黄み等の色みや明るさ、鮮やかさなどに個人差がある¹⁾。また、肌の色に対する嗜好は、年齢、季節、生活様式、流行等に伴って変化するため、肌の色が異なると顔の印象は大きく異なると予想される²⁾。

本研究では、肌の色みが異なる20代の日本人女性3名を対象として、異なる照明光を照射し、日本人女性の好ましい化粧肌の色度範囲、及び、化粧肌に対する好ましい波長特性を明らかにすることを目的として主観評価実験を行った。

2. 方法

同志社女子大学生生活科学部に所属する20代女性6名の左右の口角横の頬の部分分光測色計[KONICA MINOLTA/CM700 d]を使用して測定し、素肌のL*値が最大の女性(AT)、黄みよりの色相で分光反射率がなだらかな曲線を描く特徴をもつ女性(IS)、赤みよりの色相で分光反射率が540nm~580nm付近で大きく低下するヘモグロビンの特徴が顕著¹⁾な女性(KK)の3名を選定した。この3名に日常通りの化粧をさせ、図1に示す測定空間内で、分光分布の異なる照明光を顔面に照射し、顔面の測色値分布を二次元色彩計[TOPCON/UA-1000A]を用いて測定した。表1に各評価対象人物の肌条件、及び2011年の日本人女性肌の平均値を併せて示す。光源には波長プログラマブル光源[ONE LIGHT SPECTRA/One Light Corporation]を使用し、この光源で設定可能な435~637nmの分光条件範囲において平坦な分光分布を持つ条件、及びこの分光分布に8~9nmピッチで特定の波長を付加した分光分布をもつ照明条件の計26条件(相関色温度:5108~6079K、

平均5649K)を照明条件として設定した。図2に各照明条件における分光分布を示す。顔面鉛直面照度が300lx相当に輝度値を調整した上で、測定した色度値をモニター[EIZO/ColorEdge, CG245W]上で忠実に再現するRGB値に変換し、計78種の化粧された顔の視対象画像を作成した。これらの画像を図3に示す実験空間内で、顔の下半分のみを実物大でモニター上に提示し、左右の口角横の頬部を対象として、「自然さ」「品性」「活気」及びこれら3項目の総合評価としての「好ましき」について-10から10の数値尺度で評価させた。被験者は、石原色覚検査に合格した同志社女子大学生生活科学部住生活学研究室に所属する20~25歳の女性18名であった。

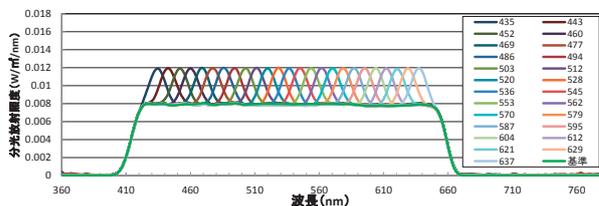
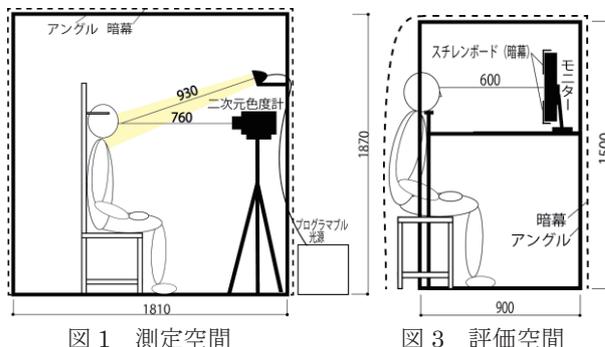


図2 各照明条件における分光分布

表1 測定時の各評価対象人物の肌条件

評価対象人物	肌状態	Hue	Value	Chroma	Melanin Index	
AT	化粧肌	7.1YR	6.92	2.56	0.77	
	素肌	6.6YR	6.88	2.26	0.59	
IS	化粧肌	7.2YR	6.48	3.10	1.10	
	素肌	7.4YR	6.46	2.89	0.86	
KK	化粧肌	6.8YR	6.73	2.99	0.96	
	素肌	5.8YR	6.64	2.92	0.84	
2011年日本人女性肌の平均 ⁴⁾		化粧肌	5.6YR	6.91	3.54	1.14

3. 結果

(1) 化粧肌に対する好ましい波長特性

図4に被験者18名の「好ましき」の評価結果を平均値で示す。なお、4条件画像(IS-460・IS-587・AT-494・AT-545)にブレが確認されたため、これらのデータは除外した。照明条件(26条件)と評価対象人物(3名)を要因として二元配置分散分析を行った結果、照明条件と評価対象人物の交互作用がみられ($P < 0.05$)、486nm・579nm・612nmの波長を付加すると、評価対象人物に依存する評価に異なる影響を与えることが示された($P < 0.05$)。いずれの評価対象人物においても、562nmの波長を付加すると評価が低く、ATにおける評価では443nm・469nm・587nm・604nmの波長を付加すると評価が高い($P < 0.05$)。ISにおける評価では469nm・477nm・579nm・637nmの波長を付加したとき評価が高くなった($P < 0.05$)。KKにおける評価では、435nm・443nm・452nm・469nm・477nm・486nm・595nm・604nm・612nm・621nm・629nm・637nmの波長を付加すると評価が高くなる($P < 0.05$)ことが示された。

(2) 好ましい化粧肌の色度範囲

各照明条件下における3名の評価対象人物の左右の口角横の頬部(直径2cmの円形)の平均色度値と、好ましき評価における評価結果との関係を図5に示す。「好ましき」では、 $(u', v') \doteq (0.236 \leq 0.245, 0.496 \leq 0.504)$ 及び $(u', v') \doteq (0.245 \leq 0.251, 0.504 \leq 0.509)$ 付近で評価が高く、 $(u', v') \doteq (0.229 \leq 0.237, 0.505 \leq 0.511)$ 付近で評価が低くなることが示された。

(3) 化粧肌の色の「好ましき」と「自然さ」「品性」「活気」との関係

化粧肌の色の好ましきを構成する要素を明らかにするために、「好ましき」を目的変数、「自然さ」「品性」「活気」を説明変数として重回帰分析を行った。「自然さ」の標準偏回帰係数(β)が0.507、「品性」の標準偏回帰係数(β)が0.349、「活気」の標準偏回帰係数(β)が0.264であり、「自然さ」が「好ましき」に大きく影響することが示された($P < 0.05$)。以上のことから、好ましい化粧肌は「自然さ」・「品性」・「活気」の3因子で説明可能であることが示された。

4. まとめ

20代日本人女性の好ましい化粧肌の色度範囲

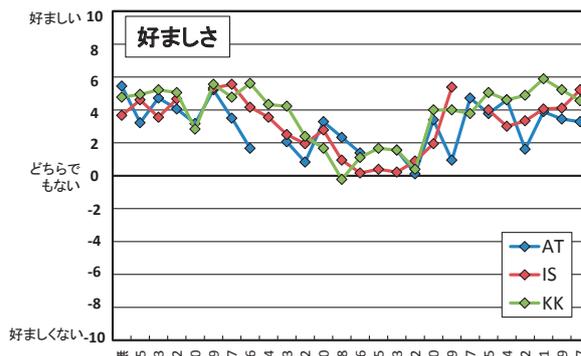


図4 好ましき評価結果

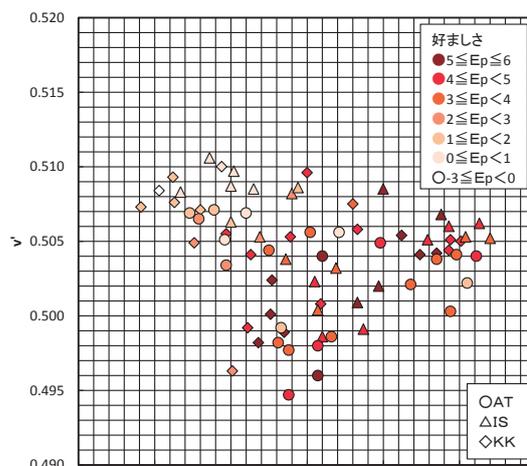


図5 化粧肌の色度値と好ましき評価の関係

と化粧肌に対する好ましい波長特性を明らかにするために主観評価実験を行い、黄みよりの肌に比べ、素肌と化粧された肌の色みや明度を近づけた状態のやや赤みのある自然な肌の色が好ましい化粧肌であることを示した。

[謝辞]

本研究は、JSPS 科研費 25282006 の助成を受けました。本実験で使用した画像の作成においては、横浜国立大学の増田真実氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 吉川拓伸:肌色を科学する-第1回-, 日本色彩学会, 29-1, pp.31-34, 2005
- 2) 奥田紫乃, 岡嶋克典:照明光の分光条件が化粧顔の見えに与える影響, 平成26年度照明学会全国大会講演論文集, 8-6, 2014
- 3) 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, pp.665-671, 1995
- 4) 吉川拓伸, 棟方明博, 高田定樹, 矢口博久:1990年代における日本人女性の肌色変化, 日本色彩学会誌, 34-2, pp.120-130, 2010

解像度の異なる画像間の明暗差分を用いた肌質感解析

Analysis on Skin Appearance Using Positive and Negative Residual Features between Skin Images with Different Level of Spatial Resolutions

五十嵐崇訓 Takanori Igarashi 花王株式会社 Skincare Products Research Laboratories,
スキンケア研究所 Kao Corporation

Keywords: 多重解像度, 肌画像, 差分, 質感.

1. はじめに

本研究では、肌の質感を輝度テクスチャの周波数および明暗バランスに着目して定量化する新たな画像解析法を提案する。

肌の質感は、様々な基礎・産業技術分野において重要な研究対象となっている[1]。中でも、肌をより良い状態に改善することや、好ましい状態に演出することを目的とする化粧品分野では、古くから肌の質感は最も重要なテーマの一つとして研究が進められてきた。

化粧品分野の質感研究は、従来から肌の光学特性に着目したアプローチが数多く報告され、化粧品の性能向上に多大な寄与をしてきた[2]。この技術的傾向に加えて、最近では画像を有効に利用する研究が増えている[3]。質感は視覚的な感覚量であるため、視覚情報を直接的に利用できる画像ベースによるアプローチは光学研究では見いだせなかった多くの知見をもたらしている[4]。

肌画像のもつ様々な特徴量の中でも、テクスチャに関わる特徴は、質感を決定する上で不可欠な要素である[3]。例えば、年齢印象[5][6]、はり感[7]、化粧の自然さ[8]、てかりなどを含めた光沢感[9][10][11][12][13]、透明感[14]などの肌質感を画像のテクスチャ特徴量から定量化した研究が報告されている。このように、様々な肌質感に対してテクスチャ解析が適用されていることを大局的な観点からみると、肌テクスチャの状態差が肌質感に多様性をもたらしていることが示唆される。

以上の背景から、本研究では肌テクスチャの状態差を定量化する新たな計算方法を提案する。ここで、肌の質感を考える上では、テクスチャの周波数特性が重要であることから、本手法では多段階に解像度を変化させた画像を解析対象とした。また、肌はつやのような明るいテクスチャと色む

らのような暗いテクスチャが存在する。本法ではこれらのテクスチャを分離して解析することを試みた。検証実験により、上記工夫によって、提案手法は肌のテクスチャの状態差を分離でき、質感評価にも利用できる可能性が示された。次章からは本手法について以下の流れでその詳細を論ずる。まず第2章では本解析アルゴリズムの概要を論ずる。第3章では、約100名分の肌画像に対して本法を適用した結果及び、透明感レベルを判定した結果を示す。第4章では、以上の結果をうけて、本法の特徴と今後の課題に関してまとめる。

2. 開発手法

肌質感の特徴は、肌のテクスチャの状態差に大きく依存する。この状態差は、テクスチャの周波数やコントラストの特性差、明暗を含む色情報などの複数の特性により記述できると考えられる[2]。本研究では特に肌の輝度テクスチャに着目して、周波数、明暗情報を考慮してテクスチャの状態差を定量化することを下記の計算手順に従って試みた(図1)。

- (1) 解析対象とする肌画像を RGB 画像として取得し、グレイ画像に変換する(この画像をオリジナル画像とする。本研究では顔の頬部の画像を切り出して解析対象にした)；
- (2) オリジナル画像に対してガウシアンフィルタを適用し、解像度を多段階に変化させた肌画像を複数生成する(多重解像度肌画像と呼ぶ)；
- (3) 生成した多重解像度肌画像のそれぞれを解像度をもっとも低下させた画像と差し引くことで、差分画像を算出する。この際、ピクセル間の差分を計算すると、得られた差分値は各ピクセルにおいて正、ゼロ、または負の値を有する。本手法では、差分値が正またはゼロとなったピクセル、および負

またはゼロとなったピクセルをそれぞれ空間位置情報を保持したまま分離し、差分画像として生成した。以下では、差分値が正またはゼロからなる差分画像を明差分画像、差分値が負またはゼロからなる差分画像を暗差分画像と呼ぶ；

- (4) 生成した正と負の差分画像群についてヒストグラムを取得したのち、その分散値を算出する（正負の分散値を以下それぞれ「明スコア」、「暗スコア」と呼ぶ）。

(3) の計算処理では「多重解像度化」及び「明・暗差分情報の分離」を行っている。このような計算処理を必要とした理由の詳細は以下のようである。まず「多重解像度化」について、テクスチャの周波数特性は質感の状態差に寄与することがすでに複数の先行研究において指摘されている[5][6][8][10][11][12][13][14]。本研究では、周波数特性を考慮するため、多重解像度化した画像を生成し、低解像度画像との差分からテクスチャの周波数的な特性を抽出し、これを解析対象画像とした。次に「明・暗差分情報の分離」について、肌テクスチャは“つや”のような「明るい」テクスチャと“しみ”、“毛穴”といった「暗い」テクスチャが混在しており、これらの明・暗テクスチャのバランスの違いは質感に異なる寄与をもたらす可能性が否定できない。そこで、差分画像を生成する際に、正負の差分情報を分離して、光沢などに由来する「明るい」テクスチャと、しみ・毛穴などに由来する「暗い」テクスチャの質感への寄与を分離評価できるようにした。

上記計算により得られる特徴量が質感の違いに応じて異なるという予想のもと、テスト肌画像に本手法を適用し、本手法の有用性を検証した。次章ではこの検証結果について示す。

3. 提案手法の検証：肌画像の特徴差分布

提案手法により輝度テクスチャの特徴差を分離評価できるか、さらに質感評価に応用できるかを以下の3つの評価を通して検証した：

- 実験1. 無作為に抽出した98名の顔画像から頬部を切り出し、解像度と明暗スコアの分布の関係を評価した。
- 実験2. まず、98名の肌画像から19名の肌画像を無作為抽出した。次に、この評価画像を明暗スコアプロット上に展開した際に、「明るい」テクスチャと「暗い」テクスチャが分離できているかを確認した。

実験3. 19名の肌画像について、化粧品業務に従事する研究員4名による目視評価にて、化粧品で重要な質感である「透明感」の度を順位づけし、提案法の順位と比較した。

<実験1>

図2に実験で得られた98名の明暗スコアのプロットを示す。ここで、8つのプロット図は、第2章の(3)で示した解析においてGaussianフィルタのカーネル適用範囲を20ピクセル相当にした「解像度をもっとも低下させた画像」と、図上部にある値のピクセル相当でGaussianフィルタのカーネルを適用した画像との差分画像から得られた明暗スコア値である。また、それぞれのプロット図中にある紫の点は、各プロット分布の重心位置（スコア重心とよぶ）である。

解像度とプロット分布の関係から、解像度を下げると肌テクスチャは不明瞭となるため、各肌画像が本来有していたテクスチャ差異の分布は縮小することがわかる。特に、フィルタのカーネル適用範囲が17.5ピクセル相当と20ピクセル相当の差分から得られたプロットではすべての画像がほぼ一致している。以上から、各肌画像の質感特徴に大きく寄与すると考えられるテクスチャはカーネル適用範囲を20ピクセル相当にすることでほぼなくなることが確認できた。したがって、20ピクセル相当より低い値でカーネルを適用した肌画像には、それぞれの肌が固有に有するテクスチャ特徴が保有されている可能性を示す。すなわち、カーネル適用範囲が20ピクセル相当の画像を基準にして各解像度画像との差分画像を得て、これらの明暗スコアをテクスチャ特徴の代表値とすればよいと予想される。

<実験2>

図3に実験結果の例として、「明るい」テクスチャと「暗い」テクスチャの分布状態が異なり、その結果、質感が違って感じられる4枚の肌画像について、図2の各解像度プロットのスコア重心との差分値をプロットした結果を示す。この図からわかるように、しみや毛穴が少なく過度のつやがない肌(A)は、明暗差分スコアはすべて負の値(第4象限)となる。一方、毛穴が多く、かつ過度のつや(てかり)を感じる肌(B)は明暗差分スコアが正の値(第2象限)となる。また、つやが目立つ肌(C)では明差分スコアが正で負差分スコアが負であり(第3象限)、逆にしみと毛穴が目立ちつやが低い肌(D)はその明差分スコアが負で暗差分スコアが正の値(第1象限)とな

ることが確認できる。このように、提案手法は肌状態の差異や、いくつかの質感においてその差異を生み出すと予想される視覚的なキューとしてのつやと色むら・毛穴を分離できることが示唆された。

<実験 3>

19名の肌画像について、Gaussian フィルタのカーネル適用範囲が 20 ピクセル相当の画像と Gaussian フィルタを適用していない画像の差分画像から得られた明・暗スコアの原点からの距離を算出した。次に、その算出値の順番と目視評価による透明感レベルの順位の間を評価した。その結果、スピアマンの順位相関係数は 0.90 となり、比較的よい一致を示した。この結果は、本法が透明感評価に利用できる可能性を示している。また、透明感の場合、明スコアと暗スコアの両スコア値からの影響を受けていることを示す。すなわち、透明感はつやのような明るいテクスチャと色むらのような暗いテクスチャの両要素の状態に依存した質感であることが予想される。

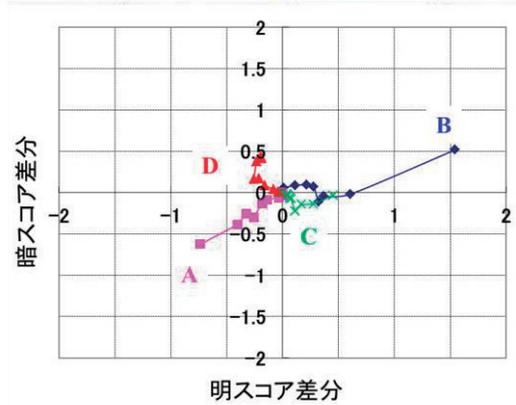
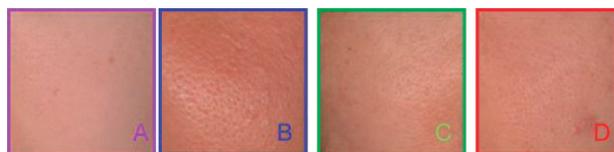
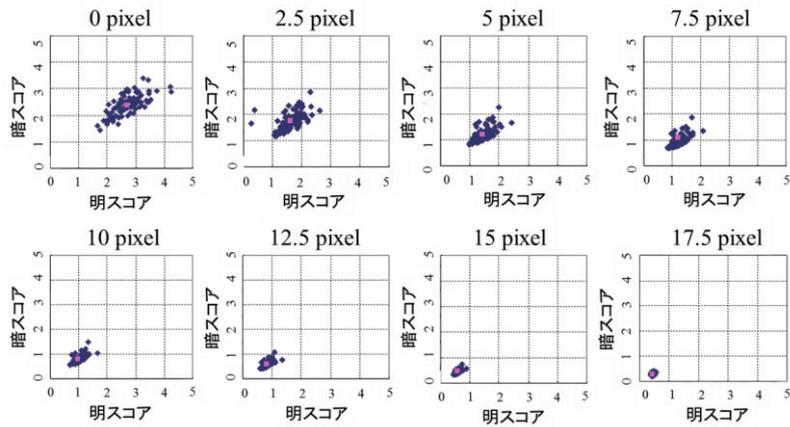
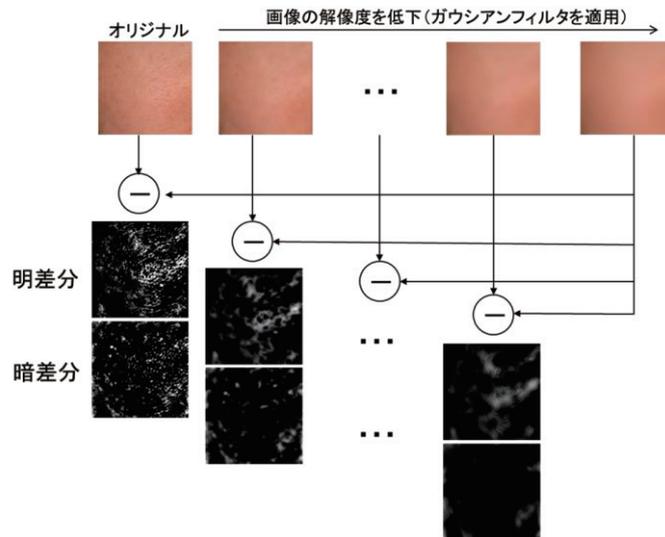
4. まとめ

肌の質感特徴に影響を与えると考えられる肌の輝度テクスチャの周波数特性および輝度の明暗バランスの両面を考慮した画像解析法を提案した。本法では、肌画像間のテクスチャ特徴の差異がほぼなくなる程度まで解像度を下げた画像との差分画像から、評価したい肌画像が固有に有するテクスチャ特徴を抽出することを試みた。また、テクスチャの持つ明暗情報を差分画像生成時に分離することを試みた。得られた結果から、これらの工夫により詳細に肌のテクスチャ特徴が分離・定量化でき、この観点からの肌状態や質感の評価が実現できる可能性が示された。今回は透明感を対象にした評価を行った。今後は、年齢感などその他の質感に対して本手法を適用することを通して、提案法の適用対象や、長所・課題を明確にしたい。

参考文献

- 1) T. Igarashi, K. Nishino, and S.K. Nayar: The Appearance of Human Skin, Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision, 3 (2007) 1-95
- 2) 五十嵐崇訓: ファンデーションの光学特性, 色材協会誌, 85 (2012) 156-163

- 3) 五十嵐崇訓: 肌の質感をコントロールする化粧品の研究開発, 光学, 43 (2014) 318-324
- 4) 五十嵐崇訓: 化粧品開発のための肌・顔画像を用いた質感評価, 映像情報メディア学会誌, 69 (2015) 830-835
- 5) C. Arce-Lopera, T. Igarashi, K. Nakao and K. Okajima: Image statistics on the age perception of human skin, Skin Res. Tech., 19 (2013) 273-278
- 6) C. Arce-Lopera, T. Igarashi, K. Nakao and K. Okajima: Effects of diffuse and specular reflections on the perceived age of facial skin, Optical Review, 19 (2012) 167-173
- 7) N. Kurotani, T. Igarashi, K. Nakao, F. Motoda, T. Okamoto and Y. W. Chen, Powder-gel technology: A unique approach to achieving youthful facial appearance based on morphological control of foundation layers, Proceedings of the 26th IFSCC Congress, (2010) 211-212
- 8) 五十嵐崇訓, 守口順二, 瀬尾昌孝, 中尾啓輔, 陳延偉: ベースメイクアップの化粧効果を定量化するEigen Dual-Subspace法の開発, 電子情報通信学会論文誌D, J97-D, (2014) 523-532
- 9) 五十嵐崇訓, 中尾啓輔, 榎本明生: 視覚情報処理を考慮したヒストグラムによる肌の質感評価～“てかり”評価を中心とした事例～, 第 61 回 SCCJ 研究討論会講演要旨集 (2007) 5-6
- 10) 藤井誠, 三崎裕子, 佐々木一郎: “多重解像度解析を用いた肌のつやの客観的評価方法の応用,” 日本化粧品技術会誌, 43, (2009) 72-78
- 11) 大槻理恵, 引間理恵, 坂巻剛, 富永昌治: ファンデーション塗布顔画像を用いたテカリ評価法, 日本色彩学会誌, 37, (2013) 113-123
- 12) 五十嵐崇訓, 直木隆明, 守口順二, 瀬尾昌孝, 陳延偉, “統計的画像解析を用いた顔の光沢感に関わるテクスチャの抽出,” 映像情報メディア学会誌, 68 (2014) J546-549
- 13) T. Igarashi, T. Naoki, M. Seo, Y-W. Chen: Statistical Image Analysis for Evaluating Face Shine: Proceedings of Cosmetic Research, Midterm Meeting of the International Colour Association (AIC) (2015) 1233-1238
- 14) 五十嵐崇訓, 守口順二, 直木隆明, 瀬尾昌孝, 陳延偉: 主成分分析をベースとした統計的顔画像解析による透明感の定量化手法, 日本化粧品技術者会誌, 49, (2015) 95-106



背景色が肌の色の見えに及ぼす影響

Effect of Background Color on the Appearance of Skin Color

乾 宏子
早川照美
市場丈規

Hiroko Inui
Terumi Hayakawa
Takenori Ichiba

アトリエエクリュ
Color Lab. for full Life

Keywords: パーソナルカラー, 対比, 同化, 記憶色.

1. はじめに

パーソナルカラー診断ではドレープの色が肌の色に影響を与え, それによって似合う色グループの判断をしている. その影響については, 2011年日本色彩学会全国大会において市場らの「カラー診断時にドレープが顔色に及ぼす影響(1)(2)」が報告されている. (1)でドレープの反射光の影響を測色値から示す¹⁾一方で, (2)では視覚効果について示唆している²⁾.

今回は, 反射光の影響を除くため, 異なる背景色に手を置いたときに肌の色がどのように見えるかについて検証した. カラー診断時に一般的によく使用される黄みのピンクと青みのピンクのドレープ(背景色)に色票を置くと色相対比が見られる. しかし, それぞれに手を同時に置いたとき, 前者は黄みよりに見え, 後者は青みよりに見える. この現象は一見すると対比ではなく「同化」が起きているように考えられる. このように色票と肌で異なって見える原因として次の3点が考えられる.

- ①肌は半透明である
- ②肌は立体である
- ③肌という認識(記憶色)がある

以上の点に着目してそれぞれの条件で観察した. 明度対比や彩度対比についても検証結果を報告する.

2. 実験および観察方法

光源と使用したドレープ(背景色)のNCS近似値を表1に示す. 色票と肌の違いについて前述の3つの要素をそれぞれ排除する方法として次のような実験条件で観察をした.(表2, 図1~3)

- a 手に不透明の肌に近い色(s4020-Y60R 近似

色)の手袋をはめて観察

b 肌の写真を置いて観察

c 半透明の肌に近い色のシリコンの塊(s3020-Y60R 近似色)で観察

表1. 観察時条件

光源	昼白色蛍光灯 1000lx 以上
ドレープ	黄みのピンク…s0550-Y90R 青みのピンク…s1060-R30B グレイ …s5505-R80B

表2. a, b, cにおける色票と異なる要素

	色票と異なる要素		
a 手袋	—	立体	(肌と認識)
b 手の写真	(半透明)	—	肌と認識
c シリコン	半透明	立体	—



図1.手に不透明の肌色の手袋をはめて観察



図2.肌の写真を置いて観察



図3.半透明の肌色のシリコン状の塊で観察

3. 結果

a, b, c のいずれの場合も異なる背景色に置いたときには手と同じように「同化」のように見られた。そこで異なる背景色の間にグレイのドレープをおいて単独で手を観察するとどちらのドレープに置いた手も黄みよりに見え色相対比が観察できた。(図4)

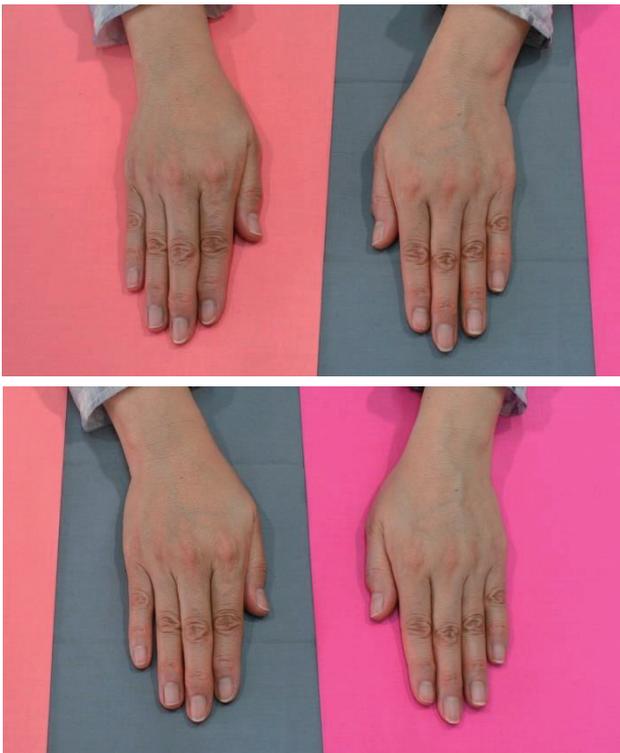


図4.各ピンクとグレイのドレープとの比較

4. 補足実験と結果

記憶色による色彩恒常が、「同化」傾向の見えを引き起こす可能性についても検証した。

平均的な肌の色⁴⁾を中心としてわずかに黄みよりの色票(NCS色票s3020-Y30R)と青みよりの色票(NCS色票s3020-Y50R)を背景色として手

の色を観察した(図5)。

また、手であることが認識できないように写真を円形にくり抜いて同様の観察を行った(図6)。前者は、一瞬色相対比が生じるように見えるが、しばらく観察していると同化傾向に見えてくる。しかし後者のように手であることを認識できなくすると同化傾向には見えず、色相対比が生じた。

5. 考察

1) 肌独特の見え方ではない

a, b, c, いずれの場合でも手自体の見えと大差がなかったことより、肌独特の見え方や肌(手)の持つ特性によるものではないといえる。

2) 同時に見ることによる対比と同化の混同

どちらのドレープに置いた場合も肌の色は黄みよりに見え、色相対比が観察できた。また黄みのピンクのドレープの上でその傾向が顕著に見えるのは、「色相対比は隣接・類似色相間では顕著で中差相間では不明瞭になる」³⁾ためと考えられる。つまり色相対比が生じているにもかかわらず、異なる背景色に同時に置いて見ることで黄みよりに見える程度の違いが際立ち、黄みのピンクに置いた手は黄みよりに青みのピンクに置いた手は青みよりに見え、あたかも「同化」が起きているかのように思い違いをするためと考えられる。

3) 記憶色による同化方向への見え

補足実験結果より、手という認識があると肌の記憶色による色彩恒常が働き、見えに影響を与えているのではないかと推測できる。一般的な記憶色は実際より明度も彩度も高いが、肌の記憶色は、明度は高く彩度は低くなる。そのため、記憶色から著しく離れた赤みの強い肌や濃い肌の色では同化方向の見えは見られないことも観察できた。

4) 明度対比と彩度対比

明度や彩度については、図7のように明らかな明度対比が観察できた。また彩度対比については図4からも明らかである。

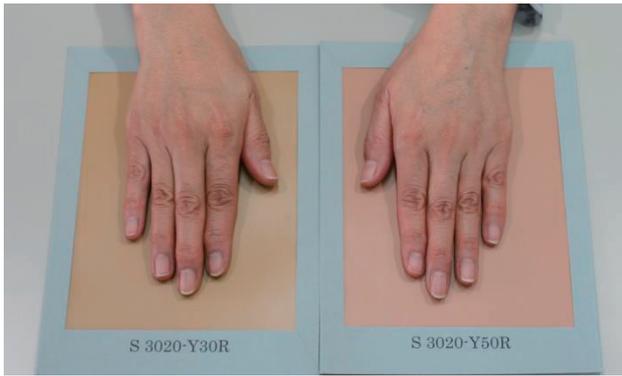


図5.黄みよりの肌色と青みよりの肌色背景色で手を観察

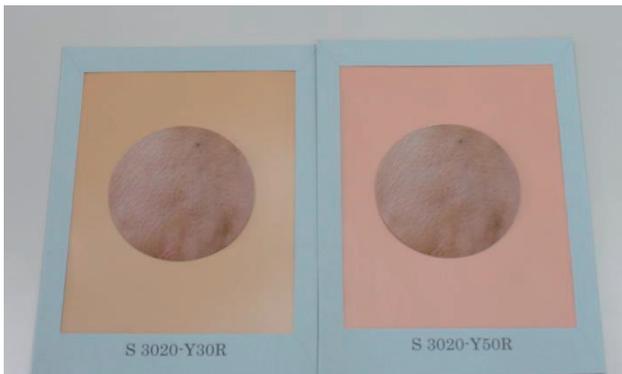


図6.図5の同じ背景色で肌と認識できない手の部分を観察



図7.肌における明度対比

6. まとめ

ピンクのドレープを背景色とした色の見えでは「同化」ではなく色相対比が生じる。しかし、肌の見えについては同化方向に見える現象も否定できない。

今回はピンクのドレープのみで観察をしたが、パーソナルカラー診断に使われる他の色のドレープでも肌の色の見えを観察する必要があると考える。

本研究に際して写真撮影に協力いただいた竹川カズヨシ氏に感謝いたします。尚、撮影時の照明条件は、東芝ライテック LED ミニライト 600 (5000K, Ra92 以上) 2機と補助光源として昼光色蛍光灯を使用。照度は650lxであった。カメラの

機種はキャノン EOS kiss デジタルN, シャッター速度は1/15, 絞り数値は5.6であった。

参考文献

- 1) 市場丈規他くらしの色彩研究会:カラー診断時にドレープが顔色に及ぼす影響(1),日本色彩学会誌35Supplement p.146-147
- 2) 市場丈規他くらしの色彩研究会:カラー診断時にドレープが顔色に及ぼす影響(2),日本色彩学会誌 35Supplement p.14-15
- 3) 市場丈規:色の視覚効果&知覚的效果,観せる魅せる色彩教材 I CD版,ちくさ出版
- 4) 市場丈規,乾宏子:肌色の視感測色に見られる傾向について,日本色彩学会誌 38(6)p.452-453

NCS色空間極低彩度領域のパーソナルカラーフォーシーズン分類と配色調和の評価

Classification of lowest chromatic colors in NCS color space into four-season colors and examination how those colors are compatible with other four-season colors

高松 操 Misao Takamatsu

石上桂子 Keiko Ishigami

昭和女子大学

乾 宏子 Hiroko Inui

アトリエエクリュ

丸山眞澄 Masumi Maruyama

ルミエールカラーインスティテュート

市場文規 Takenori Ichiba

Color Lab. for full Life

高橋晋也 Shin'ya Takahashi

東海学園大学

(くらしの色彩研究会)

Keywords : パーソナルカラー, フォーシーズン分類, 極低彩度色, 配色調和, NCS色空間.

1. はじめに

2015年日本色彩学会第46回全国大会において、「NCS色空間全体のパーソナルカラーフォーシーズン分類とその特徴」(高松操他くらしの色彩研究会)の研究発表を行った。その中で色をフォーシーズン分類する際の基準は、黄色が混ざっているように感じる⇔青が混ざっているように感じる(それぞれYellow-view, Blue-viewと命名)という軸と、清色に感じる⇔濁色に感じるという軸の2軸に依るとし、それぞれに分類される色相とNuanceの特徴を報告した¹⁾。また、極めて彩度が低い($c \leq 05$)領域では、 $c > 05$ 領域とは異なる傾向が見られると付記した。

今回は、 $c \leq 05$ 領域の色に焦点をあててフォーシーズン分類した結果を報告する。同時に、極めて彩度が低い色は、配色に於いては基調色となり、各シーズンカラーとの配色調和の視点が重要である。そこで、各シーズンの典型色との配色調和についてアンケートを実施した。その結果も併せて報告する。

2. 調査・分類方法

1) 単色のフォーシーズンへの分類

前報と同様、NCSのカラーカード「NCS INDEX 1950 Original」を用いて、実務経験15年以上の熟練カラーアナリスト2名が個別に単独で分類作業を行った。今回は、このカラーカードからニュートラルカラー19色、 $c=02:70$ 色、 $c=05:141$ 色、計230色を抜粋し、フォーシーズンに分

類した。

2) 配色調和アンケート

配色調和アンケートは、 $c \leq 05$ のカラーチップを被調査者がランダムに取り出し、その色とフォーシーズン典型色のグループとの配色調和を評価し、「調和」「不調和」「どちらともいえない・わからない」の3件法で回答した。回答に当たっては具体的な対象をイメージせず色同士の調和のみを評価するように指示した。被調査者は、パーソナルカラーコーディネーター17名、20代から60代までの一般女性62名であった。

2-1) アンケートに用いたフォーシーズン典型色

PCCS Harmonic Cards 201 (1色は塗料用標準色C版) から各シーズンの典型的な色を6色ずつ選択した(図1)。この際、各色を分光測色計で測色し、NCS近似値を求め、既報¹⁾のNCS色空間での各シーズンに分類されていることを確認した。

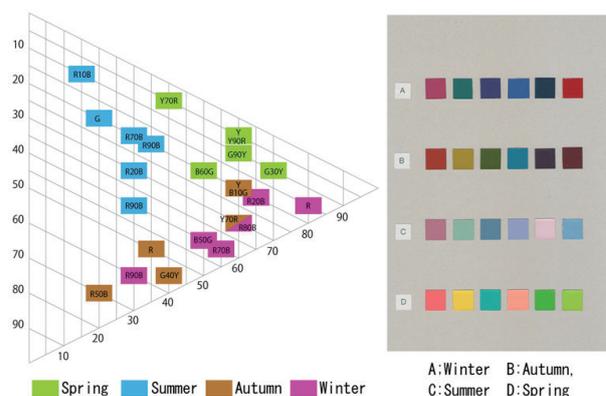


図1. フォーシーズン典型色とNCS色空間配置

これらのシーズン典型色を15mm×15mmの大きさでs1500-N近似色台紙に貼り付けた。この台紙にはシーズン名は明記せずA-Dグループとし、これを色グループシートとした。

2-2) 極低彩度色カラーチップの選定

アンケートに使用した極低彩度色はNCSのカラーカードを基準に以下のように選定した。まず、黄系・赤系・青系・緑系の色相としてY20R・Y80R・R80B・G20Yを選んだ。この4色相からs=05, s=40, s=80-85のそれぞれ3色, 計12色。c ≤ 05領域の分類結果がc > 05領域での分布傾向と異なった色域から6色。これにニュートラルカラーのs=03(ホワイト), s=15, s=40, s=90(ブラック)を加え22色とした(表1)。これらの候補色の近似色を塗料用標準色C版から選び、50mm×13mmの厚紙に貼り付けアンケート実施色とした。

3. 結果

1) 単色のフォーシーズンへの分類

境界線の位置のズレや部分的な判断の違いが見られるが、前回と同様に2人のカラーアナリストのフォーシーズン分布は類似している(図2)

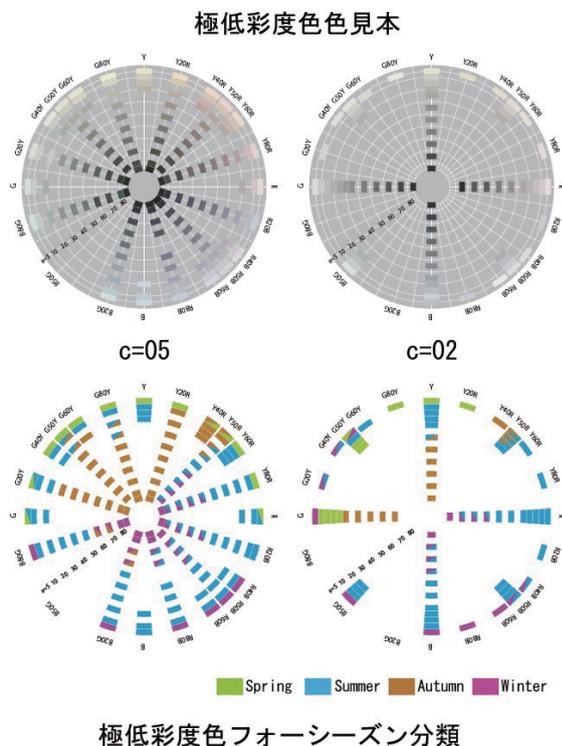


図2. NCS色空間c ≤ 5領域のフォーシーズン分類

c > 05領域の分布傾向と異なる分類になった点

について述べる。①R40BからG50Yの高Whiteness領域でWinterとなる箇所がある。②Blue-view領域が拡大する。c > 05領域では、Blue-view colorの境界はRとGであり、ここよりY側には、低Blackness領域・低彩度領域がSummerになる以外は、Blue-viewシーズンの分布は見られなかった。しかしc ≤ 5領域では、Y50RからRの高Blackness領域までBlue-viewシーズンが進出している。またGからG50Yの明清色の分類が、2人のカラーアナリストによってSpringとSummerあるいはWinterとで意見が分かれている。Blue-viewの混在や判断の個人差が見られる色相(c > 5領域ではB-G)がGから更にY側に進出している(図3)。③例外領域としてc=02において、GとG50Yのs=10-25の色がSpring, Y40RからY50Rの明清色がAutumnとなる。

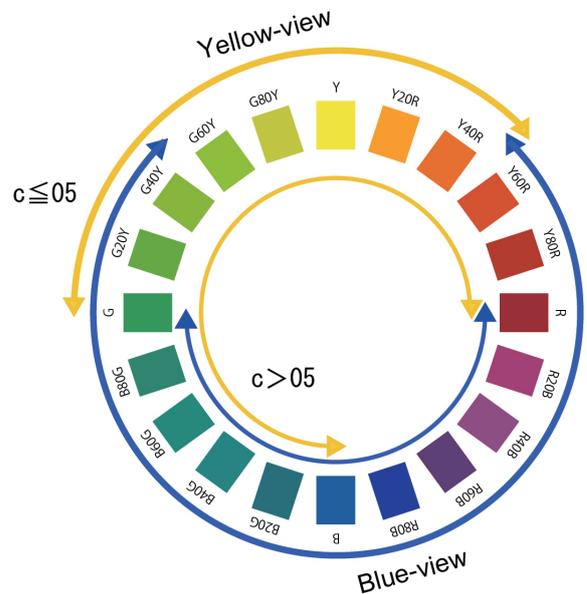


図3. c > 05とc ≤ 05領域でのY-VとB-Vの範囲の差

ニュートラルカラーは、s=03-05及びs=85-90はWinter, s=10-50はSummerになり、s=55-80はSummerとWinterに意見が分かれる。これはBlue-view領域の色相と類似した分布である。

2) 配色調和アンケート結果

一般女性のアンケート結果において、単色で分類されたシーズンと同シーズン典型色とに調和傾向が見られた色は22色中の16色であった。一方、どちらかという調和傾向が見られなかった色はs0502-Y50R, s0502-G50Y, s0505-R50B, s0505-R80B, s2002-G, そしてホワイトの計6色であった。

s=02, s=05では、単色でのフォーシーズン分

類に関係なくSpring, Summerと調和し, $s=80-85$ ではAutumn, Winterと調和する. $s=15, s=40$ ではSummer, Autumnと調和する傾向がみられた.

パーソナルカラーコーディネーターと一般女性との差が顕著である色が存在する. $s0505-R50B, s0505-R80B$, ブラックでのWinter典型色との調和に対する評価である. 一般女性では, 調和と不調和が拮抗しているのに対して, パーソナルカラーコーディネーターは80%以上, 黒に関しては17名中16名が調和と回答している(表1).

4. 考察

1) 単色分類に於けるBlue-viewの広がり

①白に少量の寒色系の色味を加えたように見える色をパーソナルカラー分野では, アイシーカラーと呼び, Winterに分類する傾向がある. $c > 05$ 領域では, 寒色系の色に白が混ざると濁色感を生じ, Summerに分類されるが, $c \leq 5$ の明清色ほどWhitenessが大きくなると濁色感が消え, 清色感+Blue-view=Winterとなる.

②Y50RからY80Rは, 色相は橙であるが, $c \leq 05$ 領域では黄みを感じにくい. またGからG50Yは黄緑であるが, 同様に $c \leq 05$ 領域では黄みを感じにくい. これより, Yellow-view/Blue-viewの判断は黄みを感じられるか否かが寄与していることが示唆される. また, ニュートラルカラーが全てBlue-viewシーズンとなるのも, 黄みを感じられないためと考えられる.

2) 単色のフォーシーズン分類とアンケートによる調和色の差異

一般女性のアンケート回答では, 単色での分類とシーズン典型色との配色調和に同じ傾向が見られた極低彩度色は16色, 異なるものが6色で整合率は73%であった. 極低彩度色において, その色と単色で判定されたシーズンの典型色とが必ず調和傾向にあるとは言えないことが判る. つまり, Yellow-view/Blue-viewと清濁感によってフォーシーズン分類された色同士が, 配色する際に必ずしも調和するわけではないと示唆された.

3) Blackness・Whitenessの類似性と配色調和

一般女性のアンケート回答では, 極低彩度色は, BlacknessまたはWhitenessのいずれかに類似性を持つ典型色グループと調和傾向が高いと

いう結果が見られた. 因みに, 単色分類されたシーズンと同一シーズン典型色とにどちらかという調和傾向が見られなかった6色については, Blackness・Whitenessの類似性がどちらも低い色(Winterのアイシーカラーなど)である. このことは, 極低彩度色においては, Yellow-view/Blue-viewや清濁感より, BlacknessあるいはWhitenessの類似性が配色調和に寄与することを示唆している.

今回の結果では, Winterは単色分類の結果と配色アンケートの傾向に違いが見られることが多かった. WinterカラーはBlacknessが高い色と, ホワイトやアイシーカラーといったWhitenessが高い色が混在している場合が多い. そのため, シーズンカラー同士で配色する際, 不調和と感じる配色が出来やすいシーズンと言える.

4) 一般女性とパーソナルカラーコーディネーターとの差について

一般女性とパーソナルカラーコーディネーターで, アイシーカラーやブラックとWinter典型色との調和に対する評価に差が見られたが, これはパーソナルカラーコーディネーターに「シーズンカラー同士は調和する」といった既成概念があるためではないかと推察される.

5. まとめ

- 1) $c \leq 05$ 領域も, ほぼ $c > 05$ 領域の分布傾向に即するが, 極めて低い彩度では, 黄みを感じにくくなるため, Blue-view領域がY側へ拡大する.
- 2) 配色調和には, 清濁感, Yellow-view/Blue-viewに加えて, Blackness・Whitenessの類似性が重要な要素であることが示唆された.
- 3) 単色で同一シーズンカラーと判定した色同士であっても必ずしも調和する訳ではない.

6. 今後について

今回 $c \leq 5$ の極低彩度色フォーシーズン分類とアンケートによる配色調和を評価した. 今回の発表では被調査者数が限られており, 今後, 被調査者数を増やすとともに $c > 05$ 領域の基調色ブラウン, ベージュについても同様のアンケート調査を実施し, 各シーズンに適した基調色の提案に役立てたい.

注1. 色相範囲を表す表示(例えば「Y50RからR」)は, 色相環を時計回りに表現している.

注2. NCS独特の表現Nuance, Blackness, Whitenessはそのまま英語表記した. また文中に用いた彩度とはChromaticnessを指す.

参考文献

- 高松 操 他: NCS色空間全体のパーソナルカラーフオーシーズン分類とその特徴(第46回全国大会発表論文集), 日本色彩学会誌39(5) p. 164-167

表1. 極低彩度色と各シーズン典型色との配色調和アンケート結果



- * 棒グラフは「調和する」の回答率から「調和しない」の回答率を引いた割合を示す。太い方は一般女性の回答を, 細い方はパーソナルカラーコーディネーターの回答を表す。
- * 表中のアルファベットは単色分類の結果を示す。c>05領域の分布傾向と異なる分類になったものは, c>05での分布傾向⇒c≤05での単色分類結果(例: Au⇒Wi)と表記。
Sp: Spring Su: Summer Au: Autumn Wi: Winter
- * は単色分類の結果と一般女性の配色アンケート結果の傾向に違いが見られたものを表す。

指で描くパステル画を使った色彩教育例

Examples of Color Education Using Finger-drawn Pastel Materials

矢田部 倫子	Rinko Yatabe	日本カラーコーディネーター協会	Japan Color Coordinator Association
乾 宏子	Hiroko Inui	日本カラーコーディネーター協会	Japan Color Coordinator Association
市場 丈規	Takenori Ichiba	日本カラーコーディネーター協会	Japan Color Coordinator Association

Keywords: 色彩教育, パステル, トーンの成り立ち, ドミナント配色, イメージ表現

1. はじめに

2014年日本色彩学会秋の大会に於いて、乾らは「楽しく配色を学べるパステル画」と題して発表を行った¹⁾。その中で、パステルを削って粉にし、指で描くパステル画は、初心者でも手軽に取り組むことができ、その手軽さから高齢者講座や市民講座・親子講座等に広く広がっていること。また、これを配色演習に取り入れることで、楽しみながら配色を学ぶツールとしての活用が期待できることを作品の紹介と共に示した。

2. 研究目的

今回の研究では、実際に色彩教育に応用した具体例を紹介しながら、指で描くパステル画の色彩教育に於ける利点を明らかにし、今後の色彩教育の場での活用の有効性を示すことを目的とする。

指で描くパステル画の特長としては、大きく3点が挙げられる。パステルを削って粉状にする事による「混色のしやすさ」、指で描くことによる「抽象的な作品の描きやすさ」、そして、抽象的な作品からの「感覚的印象の得られやすさ」である。

これらの特性を踏まえ、今回は、その特性を活かせる内容を勘案した上で実施した次の3つの事例とその考察を示す。

3. 事例と考察

1) トーンの成り立ち

色彩の世界を学ぶ上で、色の三属性を立体化し

て考えるために必要となる「トーンの成り立ち」は、基礎となる内容の一つである。純色に白・黒・グレーが混ざることによって、様々な色調の表現ができるが、色彩教育に於いては、口頭での説明やカラー図版を見ながらの確認が主流である。例えば、明清色であれば、純色に白を加えて作られる色（トーン）が加える白の量によって変化することを単にカラーの図版を目で見て用語と色を記憶することで終わる。

パステルを削って粉状にすることで得られる「混色のしやすさ」という特長を利用すると、前述の内容が「体験からの理解」として実施可能となる。具体的には、「等色相面を自分で作ることで色の変化を実感し、トーンの成り立ちについての内容を理解する」というものである。

この試みの事例として、白紙（色の無い状態）のトーン区分図を枠に使い、以下の手順で純色に無彩色を混ぜることによる色の変化の体験を行った作品を以下に示す。（図1）

<手順>

- ① 純色を決める
- ② 純色に白を混ぜる（明清色を作る）
- ③ 純色に黒を混ぜる（暗清色を作る）
- ④ 純色に灰色を混ぜる（中間色を作る）

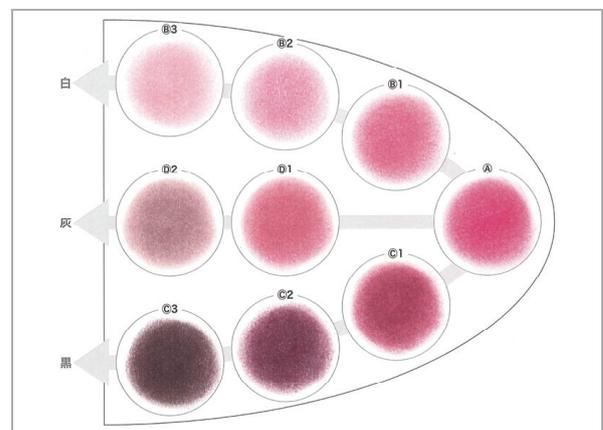


図1：純色に白・黒・灰色を混色して作成した等色相面図

混ぜ合わせる無彩色の量をポイントにしなが
ら、実際に自分で色を作り、できあがった色の並
び（等色相面）で、色の変化を実感できる。でき
あがった等色相面を基に、トーン概念に重要な
明度や彩度の捉え方と色彩学的な名称（用語）と
その意味を伝えることで、色と用語の結びつき
が強くなり、理解も深まる。これは、色彩教育に於
いて、丸暗記ではなく「体感から得る知識」とい
う点で有効であると推断され、基礎知識を確実に
理解するための手段として有効である。

尚、このパステルの「混色のしやすさ」という
特長は、減法混色・併置加法混色（三原色から色
相環を作る）の体験にも応用できるものであると
考える。

2) ドミナント配色

配色の学習は、配色条件の確認や配色イメージ
の確認として、カラーカードを選んで貼り、確認
するという体験を組み込んで学ぶ方法が主流で
ある。また、応用の体験として、特定の配色を使
用するという条件の下に色鉛筆を使った着彩を
行うケースも見られる。

後者のような体験のツールをパステルに変え、
配色でのパステルの活用として、今回は「ドミナ
ント配色」で実施した事例を以下に示す。尚、配
色のセオリーはもとより、色の三属性やトーンな
どの色彩の学習をしたことが無い人が対象とい
う前提のカリキュラムで実施した。

① ドミナントカラー配色による事例

ドミナントカラーの特徴である「色相が支配さ
れた配色」について、見た目の色傾向として「レ
ッド系・オレンジ系・グリーン系など、パッと見
て何系の色みであるかが分かることをポイント
にする」というような条件のみを伝え、自由に描
いてもらった。(図2)

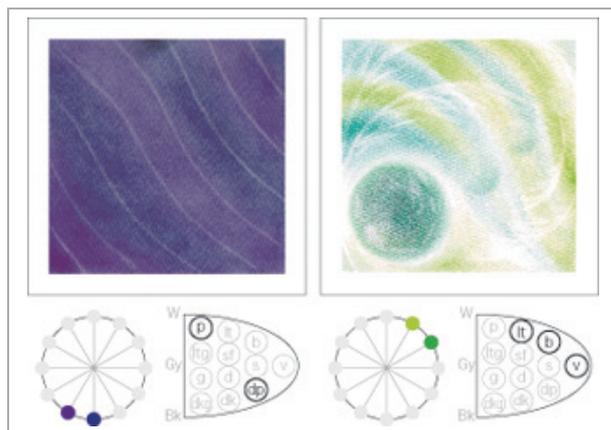
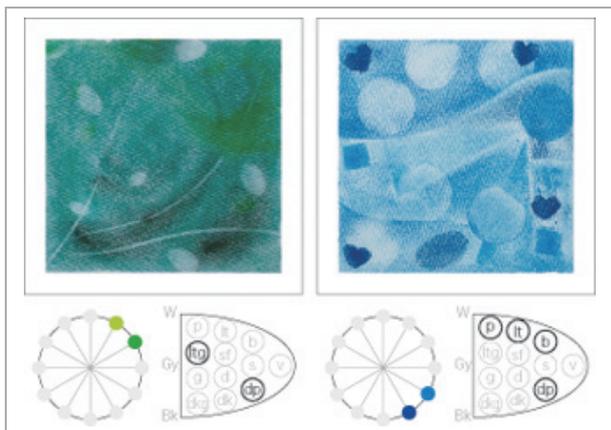


図2：ドミナントカラーで描いた作品

② ドミナントトーン配色による事例

ドミナントトーンの特徴である「トーンが支配
された配色」について、見た目の色傾向として「パ
ステル系・ダーク系・ビビッド系など、パッと見
て色の調子が揃っていることをポイントにする」
というような条件のみを伝え、自由に描いてもら
った。(図3)



図3：ドミナントトーンで描いた作品

いずれの事例も、色彩学的な専門用語は一切使
わず、使う色のポイントを伝えただけで描かれた
作品である。

ドミナント配色については、色彩学の初心者が直ぐに学ぶ内容ではないが、色の三属性やトーンの成り立ちなど、色彩学的なルールを知らなくても色使いのポイントやイメージできるキーワードを伝えただけで描くことができる。そして、他の人が描いた作品と合わせて各々の配色イメージの共通性を確認することで、初心者でも配色の特徴を大きく捉えることができる。また、色相によるイメージやトーンによるイメージの違い等も含めて、色彩の有効性や重要性を再認識ことができ、色彩への興味付けや学ぶきっかけに繋がる。

ドミナント配色に限らず、指で描くパステルの表現特長である「ぼかし(柔らかなエッジ)」は、グラデーションの体験にも有効であると考えられる。また、使用する色を考えて選びながら描いていくことは、色感(色を見分ける感覚)を養うことにも有効である。

3) イメージ表現

色彩教育に於いては、表色系の考え方や配色の種類を理解することも目的の一つではあるが、それらを学んだ先に求めるものは「使える知識」であり、色彩学の知識を使って「言葉やイメージを色で表現していく」即ち「色の翻訳」であると考えられる。

色彩学では、色相によるイメージやトーンのイメージなどを学ぶが、実際にそれらを作品づくりに活かし、第三者の評価や共感を得ることで「色で表現する」ことを学ぶ機会、実際の色彩教育の中では少ないのではないだろうか。

そこで、「色の翻訳」の体験を目的として、パステルを使って作品を作り、その作品に対しての見解を考えるという試みを実施した。尚、この試みに用いたのは、言葉(イメージワード)と色のバリエーション(カラーパレット)の関連が捉えやすい「パーソナルカラーの基本4シーズン」である。²⁾(図4)

<手順>

- ①言葉：4つのグループから1グループを決め、グループの言葉の中から2つを選択する。(表1)
- ②作品：選んだ言葉の色で自由に表現する。
- ③分類：描いた作品がパーソナルカラーの4つのシーズンのカラーパレットのどこに当てはまるかを考え、分類する。(図5)

グループ	言葉
①	明るい 楽しい 陽気 ポップ カラフル フレッシュ
②	優しい 涼やか エレガント しとやか 上品 清楚
③	温もり 温厚 味わい深い 格調ある クラシック エコロジー
④	シャープ かっこいい 個性的 ハード ダイナミック モダン

表1：キーワードリスト



図4：4シーズンのカラーパレット

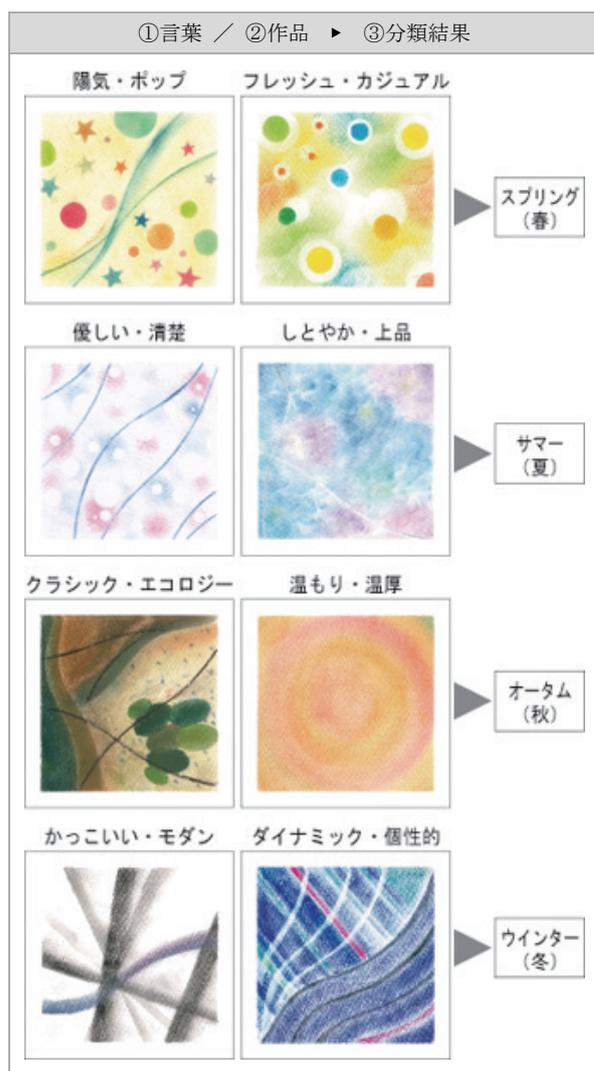


図5：言葉のイメージを描いた作品とパーソナルカラーでの分類結果

手順①で指定した言葉は、パーソナルカラーの各シーズンにおける代表的なイメージワードを各6種選定している。その中から選んだ2つの言葉の組み合わせは各々異なり、また、選んだ言葉から自由に描いているにも関わらず、作品に使われた色の傾向には、パーソナルカラーの各シーズンの色の特徴がみられた。

手順③の分類では、描いた作品を他者が判断し分類することで、自分の描いた作品(イメージ)がどのように他者に伝わっているのかを確認することができる。選んだ言葉をテーマとして描いた作品のイメージがそのまま他者に伝わるということは、「色の翻訳」が成功している証しとなる。このことにより、色から得るイメージとそれを表現する言葉との関わりを実感することができたと推断する。

また、色の世界の中でもより専門的な分野として確立している「パーソナルカラー」について、色と言葉の関連性が明確であるという特長を活かし、色だけではなくイメージ表現のパレットとしても有効であり、雑貨・ポスター・パッケージ・インテリアなど、「物」のデザインに対しても活用できるパレットであるということが出来る。また、パーソナルカラーの各シーズンに於ける形の傾向も踏まえると、より効果的な表現に繋がると考えられ、デザインが関わる分野に於ける色彩教育にも有効である。

4. まとめと今後の課題

今回、トーン・混色・配色といった色彩学の基本をパステルによる作品制作の体験を通じて学ぶという様々な試みを行った結果、色彩教育に於いてパステルを使う利点として、「色のイメージを体感できる」ということが共通して挙げられる。

特に、パステルによる混色を通して、色の変化を感覚的に捉えることができ、その後の理論についての理解を深めることができると考えられ、「体験を経ての理解」を実現することができる。さらに、色彩学初心者にとっては、「楽しみながら学ぶ」ことに繋がり、専門的な用語を壁としてみやまうこともなく、むしろ色に対してより深く興味を持つきっかけとして有効である。

また、指で描くパステル画は、抽象的な作品が描きやすく、形に捕われすぎずに「色とイメージの繋がり」を実感しやすいことも今回の試みから得られた結果の一つである。

今後の試みとしては、色彩学での他内容との組み合わせでの実施を目的として、色から言葉を連想するというイメージに於ける応用等、より広い範囲でのパステルの活用展開を模索し、色彩教育に於ける利便性や有効性、また新たな活用性を示す実例を増やしていく予定である。

以上

実施講座・参考講座

- A) ワークショップ:クルクルッと指描きパステルアート(東京・名古屋・大阪)(主催:一般社団法人日本カラーコーディネーター協会)
- B) ワークショップ:クルクルッと指描きパステルアート2(東京・大阪)(主催:一般社団法人日本カラーコーディネーター協会)
- C) 講座:静岡県某高校(協力:アート創造 和)
- D) 講習会:楽しく配色を学べるパステル画(主催:一般社団法人日本色彩学会東海支部・くらしの色彩研究会)
- E) 授業科目 ライフケアカラー検定:パステルアート 色の実践:埼玉福祉専門学校(講師:吉野富子)
- F) 講座:ライフケアカラー:浜松デザインカレッジメイクネイルビューティー科1年(講師:安部珠恵)
- G) ワークショップ:雄踏文化センター(講師:安部珠恵)

参考文献

- 1) 乾宏子 他:楽しく配色を学べるパステル画(日本色彩学会誌38(6)p476-477)
- 2) 一般社団法人日本カラーコーディネーター協会著・産経新聞出版発行:色彩活用パーソナルカラー検定公式テキスト3級(p38-44)

グラデーションカラースケール®を用いた好印象色の見つけ方

How to find suitable colors with Gradation-color-scale®

中川 保子 Yasuko Nakagawa

一般社団法人日本パーソナルファッションカラーリスト協会
Japan Personal Fashion Colorist Association

菊地 希 Nozomi Kikuchi //

畠山 里枝 Rie Hatakeyama //

伊藤 美代子 Miyoko Ito //

中川 絵里香 Erika Nakagawa //

Keywords: パーソナルカラー、好印象、ドレープ、ベースカラー、色調

1. はじめに

例えば、4シーズンに分類するパーソナルカラー診断の場合、多くの人が複数のタイプに好印象色が存在する。また、春タイプと診断されても、そのグループの色が全て好印象色とも言えない場合もある。このようなことから、パーソナルカラー診断によって導き出された色を、タイプに分類することなく全て提案できる手法を研究してきた。

その手法とは、三次元の色空間の構成に従い、属性それぞれにおいて好印象とされる範囲としてのパーソナルカラーの提案である。

具体的には、三次元の色空間の属性をグラデーション状に変化させたドレープを被験者の顔のすぐ下に当てることによって顔映りを見る。ベースカラー・明度・彩度・清濁から成るこれらのドレープを、グラデーションカラースケール®と名付けた。ベースカラー診断用のドレープでは、イエローベースからブルーベースへと変化する途中に、中庸と言える範囲の色が存在することも証明できた。この中庸の範囲を我々はニュートラルと呼んでいる。ニュートラルな色範囲では、イエロー、ブルーといったベースカラーの特性がほぼないため顔色に変化が起こりにくいことが解った。

このグラデーションカラースケール®を用いて、日本人が好印象と感じる顔の見えに影響を及ぼす色、所謂パーソナルカラーを見つける方法を、色空間の構成から提案できるよう研究した。

2. 事前調査

2-1 アンケートの実施

日本人が好印象と感じる顔周りの見え方を定義づける目的で、2016年3月17日から19日、インターネットでのアンケート調査「好印象を決定づける顔周りの見え方」を実施。全国の15才以上60代までの男女による回答者数376名(男:139名、女237名)の結果が得られた。

2-2 アンケートの分析と結果

(1) 日本人が女性に対して好印象を感じる要因

一番目の要因は「透明感のある肌」、二番目は「ツヤのある肌」。三番目から五番目までは、肌以外の要素である「髪」や「瞳」、「歯」に関するものであった。パーソナルカラー診断で重要視されがちな「色白肌」が2%であったのが、印象的であった。

(2) 日本人が男性に対して好印象を感じる要因

一番の要因は「髭剃り跡が目立たない」という男性特有の結果。二番目は、「目ヂカラのある瞳」、三番目には「ハリのある肌」と「澄んだ瞳」が同数。肌色の要素では、「小麦色」が8%、「色白肌」は1%と、女性との違いが明白になった結果となった。

図1-1 女性の好印象を決める顔周りの要因

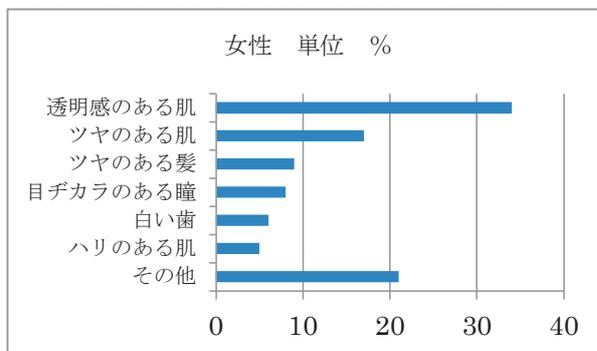
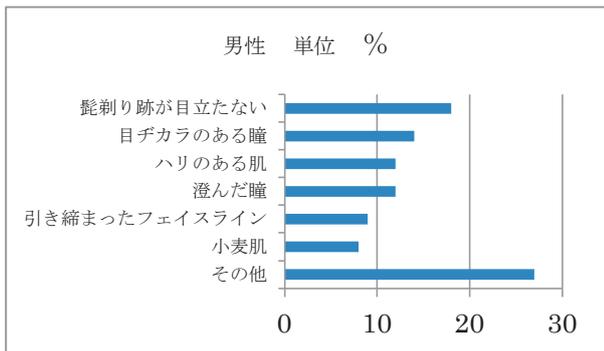


図1-2 男性の好印象を決める顔周りの要因



3. グラデーションカラースケール®で診断

3-1 診断環境

グラデーションカラースケール®(縦 350mm、横 1400mm)を使用したパーソナルカラー診断を進めるにあたり、好印象色を選ぶ基準としてアンケート結果に基づく顔周りの見え方を参考に実施した。照明は、日常生活での見え方を考慮し昼光色蛍光灯と昼白色蛍光灯を併用した。室内は、白色の天井、白色の壁、ダークグレーの床で無彩色である。

診断者は、ドレーピングするカラーリストの他に二名のカラーリストと合計三名で診断結果を導き出した。

被験者は、30代女性。素颜で洋服の上に白いドレープを着用。4シーズン分類では主に spring、次に summer と winter に同程度好印象色が見受けられた。また単色のドレープで診断を進めると autumn の明るい濁色や暗青色にも印象の良い色があった。

図2 診断風景



3-2 診断手順

(1) ベースカラードレープによる診断

パーソナルカラーを診断していく上でベースカラーは、他の属性に比べて注目されてきた。色は、虹のようにグラデーション状に変化しておりイエローとブルーのベースカラーの間には、その中庸(ニュートラル)

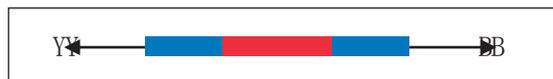
と言える範疇がある。この範疇のことを我々は、ニュートラルと呼んでいる。この属性による顔色の変化が解りやすい色として、ピンクとグリーン、それぞれグラデーションに変化する2枚のドレープを製作した。ニュートラルの範囲が好印象である人は、イエロー、ブルーのベースカラーのタイプ、どちらにも好印象色が存在するのではないかと考察される。

まず、ピンクのベースカラードレープで診断した。この色は、黄みの強いピンク(8R6.5/10)から青みの強いピンク(2.5RP6.5/10)へとグラデーション状に変化していく。被験者の顔の下をスライドさせながら、好印象とされる顔周りの見え方を基準に診断した。図3-2のように、ベストと診断される範囲は赤で、ベターと診断される範囲は青でマークする。YYは黄みが強いことをBBは青みが強いことを表す。

図3-1 ピンクのドレープによる診断風景



図3-2 ピンクのドレープによる好印象の範囲



次にグリーンベースカラードレープ(8.5GY5.5/12~10G4/10)を用い、同様に診断した。

図3-3 グリーンのドレープによる診断風景



図3-4 グリーンのドレープによる好印象の範囲

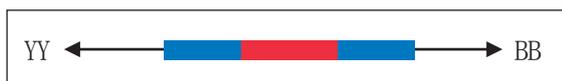
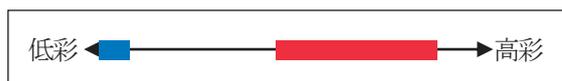


図3-8 彩度ドレープによる好印象の範囲



(5) 明度ドレープによる診断

明度を測るドレープは、白から黒までの無彩色で製作した。素材の特性上、現状では黒 Value1.7 程度である。

図3-5 明度ドレープによる診断風景

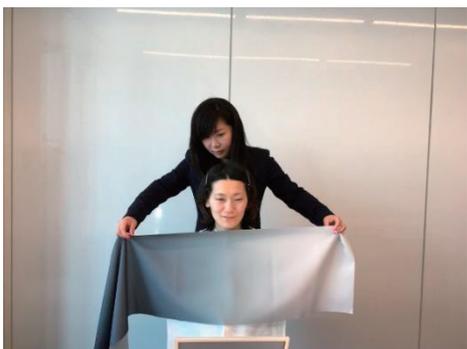
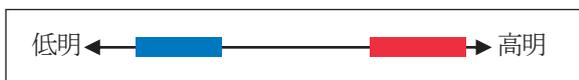


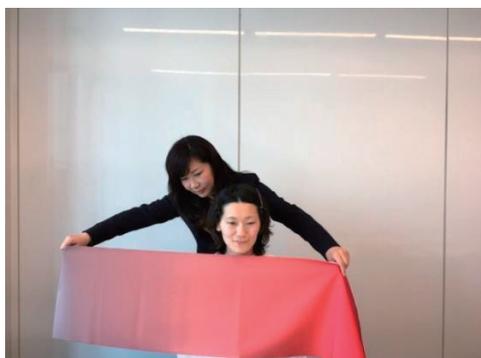
図3-6 明度ドレープによる好印象の範囲



(6) 彩度ドレープによる診断

彩度を測るドレープは、ベースカラーがイエロー、ブルーに偏らない色が相応しいことから、赤の色相を選択した。また、明度も変えず、三属性のうち彩度だけを C=14 から C=1 までグラデーション状に変化させた。

図3-7 彩度ドレープによる診断風景



(7) 清濁ドレープによる診断

ここまで、ベースカラー、明度、彩度について分析してきたが、パーソナルカラー診断において色の清濁感も重要なポイントである。

このドレープは、診断の精度を高めるために5つの色調から構成した。色調は、中彩度域から4色、低彩度域から1色選んだ。また、青の色相でベースカラーを変えて2枚製作した。1枚はイエローからニュートラルベースの青、もう1枚はブルーベースの青である。構成は、図3-9に記載する。

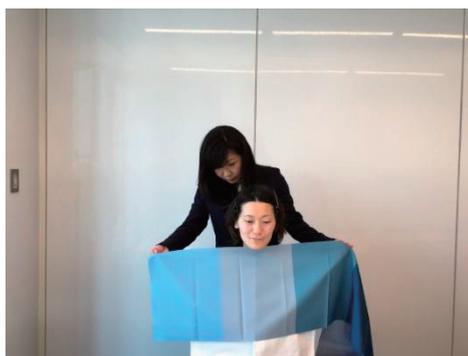
図3-9 清濁ドレープの色調構成

明清色	濁色	濁色	濁色	暗青色
高明度	高明度	中明度	低明度	低明度
中彩度	低彩度	中彩度	中彩度	中彩度

図3-10 清濁ドレープによる診断風景
イエローからニュートラルベース



図3-11 清濁ドレープによる診断風景
ブルーベース



3-12 清濁ドレープによる好印象の範囲

明清色 高明度 中彩度	濁色 高明度 低彩度	濁色 中明度 中彩度	濁色 低明度 中彩度	暗清色 低明度 中彩度
-------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

※ベストと診断された色調に赤○、ベターと診断された色調に青○

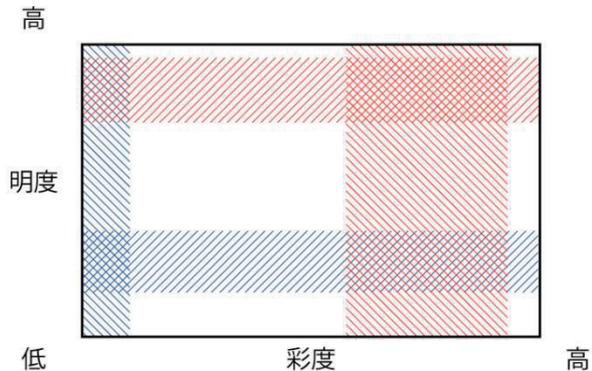
4. 結果

4-1 明度彩度表にプロット

グラデーションカラースケール®での診断で得られた結果を、好印象をもたらす色調を導き出すため、縦軸を明度、横軸を彩度にとった明度彩度表にプロットする。

明度・彩度ともにベストな範囲は、高明度域で中彩度以上、ベストとベターが重なった範囲は高明度域で低彩度と低明度域で中彩度以上。ベターが重なった範囲は、低明度低彩度である。

図 4-1 明度彩度表

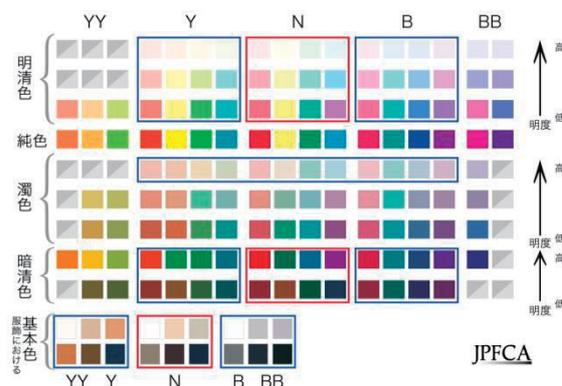


※ベストと診断された範囲は赤、ベターと診断された範囲は青

4-2 オリジナルカラーチャートへのプロット

以上を踏まえ、縦列が色調、横列がベースカラーの変化に沿って構成された、オリジナルのPFCカラーチャートにプロットする。

図 4-2 P F C カラーチャート



※ベストの範囲を赤、ベターの範囲を青で囲んだ

5. まとめ

色空間は三次元で構成されているという原点に帰り、このグラデーションカラースケール®とパーソナルカラー診断方法を考案した。これにより、例えば4シーズンに分類すると複数のタイプに似合う色が存在することや、似合うタイプと診断されても全ての色が似合う色ではないこと等、今までのタイプに当てはめるパーソナルカラーの疑問点を解決できた。

グラデーションカラースケール®で診断した後、絞り込まれた範囲に分類した単色のドレープで診断することで、全てのドレープから好印象色を提案できる。

最後に、このグラデーションカラースケール®とパーソナルカラー診断方法は、「パーソナルカラー診断用ドレープ及びこのパーソナルカラー診断用ドレープを用いたパーソナルカラーの診断方法」として特許第5319003号に登録されている。

謝辞

本研究に当たり、アンケート調査、パーソナルカラー診断にご協力いただいた皆様、執筆にご協力いただいた河本健吾氏、そして長年に渡りご指導ご鞭撻いただいております外川裕子氏に深謝申し上げます。

髪質とパーソナルカラー診断結果との関係の検証とそのヘア カラー提案への適用に対する妥当性検証

Verification of the relationship with the hair type and the personal color diagnosis result and the verification of the validity for the application to that hair color proposal

中根 かつみ Katsumi Nakane カラータクト・ブランディング株式会社
Color Tact Branding Corp
カラーキャリア研究所 Color Career Institute

水野 安浩 Yasuhiro Mizuno 株式会社デンソー DENSO Corporation

Keywords: パーソナルカラー、ヘアカラー
髪質、クセ毛、縮毛、直毛、ウェーブ毛、波状毛
パーソナルヘアカラー

1. はじめに

パーソナルカラーを似合う色の提案する手段として色彩理論や配色方法の基礎的な知識をふまえたトータルコーディネート提案として広く一般的にも興味を持たれている。その中で様々な手法や分析方法があるが本研究では身体的な特徴の要件の1つである髪質に着目したい。

その中には、毛量・硬柔・細さ・太さ・退色の仕方・白髪など様々な特徴を持っている。

パーソナルカラーの理論に美容師としての経験をふまえて、これまでの自身の研究発表でも髪質の特徴と似合う色であるパーソナルカラーの関係については述べてきたところであるが、今回は毛髪の特徴であるクセ毛に着目したい。

クセ毛の中には、波状毛(ウェーブ毛)と縮毛があり直毛の髪質も加わる。今回、ヘアケア知識が豊富で顧客への毛髪診断が的確にでき、それに対する処置アドバイスも的確に行えるヘアケアマイスター

(日本ヘアケアマイスター協会公認)が判定する毛髪要素と、パーソナルカラーリストが判定する4シーズン間にどのような関係が見られるのか、また髪の特徴からヘアカラー提案(パーソナルヘアカラー)における適用にも着目したい。

2. 実験方法

(1) 必要な人員

本研究を行うために、モデル40名(男性20名、女性20名。年齢19~21歳)ヘアケアマイスター2名(資格取得後3年以上)パーソナルカラーリスト2名(職務経験5~12年)を用いた。

(2) 実験の流れ

パーソナルカラーリストは、モデル40名にドレープを使用して診断を観察し4シーズン(スプリング、オータム、サマー、ウィンター)のいずれかを判定するように指示した。

またヘアケアマイスターはモデル40名の髪質を観察し、質疑応答・インタビューを含め髪質の各要素の評価を行った。髪質のクセに関しては「直毛/ウェーブ毛/縮毛」のいずれかを判定するように指示した。

モデルの観察は、昼白色蛍光灯(ナショナル製FHF32HE-N-H,照度約1100lx)の条件下で行われた。

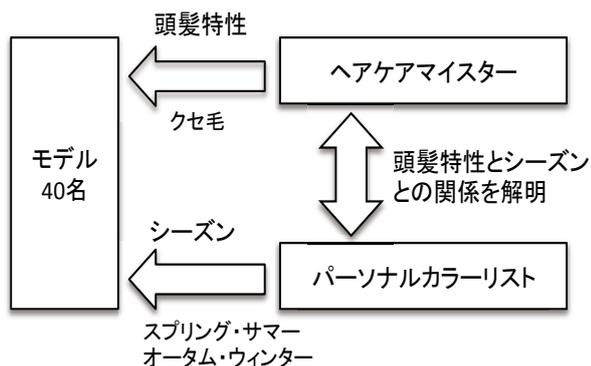


図1 本研究の全体像

(3) 予測の設定

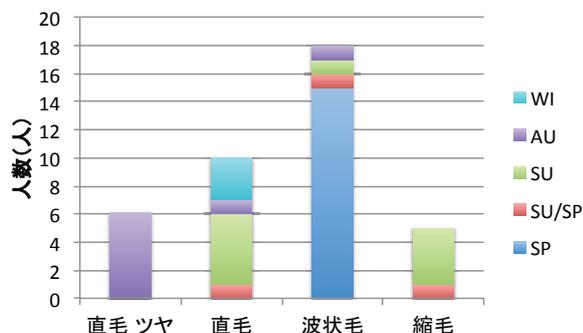
パーソナルカラーリストが判定したシーズンとヘアケアマイスターが判定した毛髪の特徴であるクセ毛との間にどのような関係があるのか予測設定した。

表1は美容現場を踏まえたシーズンの予測である。シーズン判定が、クセ毛によってどのような影響を与えるかが研究の焦点となる。

	直毛	波状毛	縮毛
クセ毛			
シーズン予測	オータム/ウィンター	スプリング	サマー

表1 美容現場を踏まえたシーズンの予測

3・結果



分析方法を基にして得られたデータを髪質の要素の特徴であるクセ毛毎に集計し、シーズンとの

関係を示した。

(1) クセ毛に関して

図2においてシーズンごとの関係を示した。その結果波状毛(ウェーブ毛)はスプリング、縮毛はサマーとの相関が高いとなり、順位の上では予測の通りであった。

(2) 直毛について

直毛の表面のツヤにおいてはオータムとの相関が高いことがわかった。

4. 考察・結論

本研究は、髪質におけるパーソナルカラーにおいてクセ毛が4シーズン決定にどのような影響

を与えるかを検証した。その結果クセ毛の種類における4シーズンの割合の順位に関して予測通りになった。

今回、クセ毛においての波状毛(ウェーブ毛)、縮毛の検証を行う中で直毛においての表面のツヤ感が4シーズンのオータムとの関係性が高いという直毛においてもツヤ・ツヤなしの判断がシーズンに関連する傾向結果になった。

パーソナルカラーにおける似合う色診断において髪質が診断要件の1つであり、似合うヘアカラー提案は髪質を知ってこそできると考える。

これまでパーソナルカラーに関する文献や資料は色彩学的なアプローチが占めており、パーソナルカラー診断においても肌の色を主体とする美容学的なものがメイクを主体としてあるが、数少ない。その中で髪質が似合う色を提案する要件の1つとする為に今回の傾向のサンプル数を増やし、パーソナルカラー判定をより明確にすることも必要である。そして、ヘアカラー提案とパーソナルカラーとの関係性を理解するため様々な髪質(クセ毛・退色・毛量・白髪)の特徴を考え引き続き研究を行う必要があると考える。

参考文献

- 1) ヘアケアマイスターブック (一般社団法人日本ヘアケアマイスター協会、2009)
- 2) ヘアカラー入門[改訂版]NPO法人 日本ヘアカラー協会 著
- 3) 中根かつみ ヘアカラーコーディネート法(日本色彩学会第38回全国大会・2007)
- 4) 中根 かつみ パーソナルカラー診断結果の因果関係の検証、およびヘアカラーの際の色の再現性における髪質の違いの重要性(日本色彩学会第43回全国大会・2012)

パーソナルカラー診断に基づくヘアカラー提案 (パーソナルヘアカラー) の印象評価による妥当性検証

Impression evaluation of the validity of choosing one's most suitable hair color based on the personal color analysis result

笹原 鉄平	Teppei Sasahara	中日美容専門学校	Chunichi Beauty College
中根 かつみ	Katsumi Nakane	カラータクト・ブランディング 株式会社/ カラーキャリア研究所	Color Tact Branding Corp Color Career Institute
水野 安浩	Yasuhiro Mizuno	株式会社デンソー	DENSO Corporation
林 遼一郎	Ryoichirou Hayashi	中日美容専門学校	Chunichi Beauty College
羽賀 汐里	Shiori Haga	中日美容専門学校	Chunichi Beauty College
河島 千尋	Chihiro Kawashima	中日美容専門学校	Chunichi Beauty College

Keywords: パーソナルカラー、ヘアカラー、4シーズン、パーソナルヘアカラー、アッシュ、マット、カッパー、ゴールド、パープル、髪質、退色

1. はじめに

パーソナルカラーリストが判定する似合う色の提案である4シーズンから服装・メイクアップの提案は研究としてあるが本研究は、パーソナルカラーリストが判定する4シーズンと似合う髪色で重要な要素であるパーソナルヘアカラーについて着目したい。ヘアカラー提案は、美容師の経験年数や感性・感覚に頼るところが多く提案する色は美容師個々にそれぞれである。

また、美容師として顧客に提案できる色が顧客の満足感(似合うヘアカラー)を得られるようにするためには、美容師としての経験値とヘアカラー技術が必要であると考えられてきた。

しかしながら、美容師としての経験値から見る(似合うヘアカラー)ヘアカラーの提案は体系化できるのではないかと。

パーソナルヘアカラーの研究事例を踏まえ美容経験値における似合うヘアカラー提案との関係性について判定をする。

2. 実験方法

(1) 必要な人員

本研究を行うために、モデル2名画像ではなく実観察(同年代)ヘアケアマイスター2名(資格取得後3年以上)パーソナルカラーリスト2名(職務経験1~12年)経験値の違う美容師(アシスタント35名、スタイリスト11名)



(2) 実験の流れ

似合う色の提案である4シーズンをパーソナルカラーリストが診断し、ヘアケアマイスターが髪質を観察し、質疑応答・インタビューを含め毛髪の各要素(退色、クセ毛)の評価を行った。似合うヘアカラー提案(パーソナルヘアカラー)の妥当性の検証をサンプルとなるヘアカラーモデル(ヘアカラー基本6色)の印象評価にて検証する。

モデルの観察は、昼白色蛍光灯（ナショナル製 FHF32HE-N-H,照度約 1100lx）の条件下で行われた。

【モデル A】



美容室勤務のアシスタント・スタイリストそれぞれに

【モデル B】



[モデル A][モデル B]を見て調和する（似合う）ヘアカラーと不調和（似合わない）であるヘアカラーを2種類選んでもらう。

(3) 予測の設定

美容師のヘアカラー提案におけるスタイリストとアシスタントでは実務経験によりスタイリストにはヘアカラー提案にばらつきがなく一定の傾向が見られるのではないかと考えられる。しかし、実務経験の浅いアシスタントにおいてはヘアカラーの提案において判定基準がなくヘアカラー提案が的確に行えないのではないかと予測した。また、スタイリストからの[モデル A][モデル B]へのヘアカラー提案においてはパーソナルヘアカラー提案との関係性が見られるのかも焦点となる。

	調和するヘアカラー	不調和であるヘアカラー
SP	ゴールド・マット系	レッド・アッシュ系
AU	銅パー系・マット系	レッド・アッシュ系
SU	パープル・アッシュ系	ゴールド・銅パー系・マット系
WI	レッド・アッシュ系	ゴールド・銅パー系・マット系

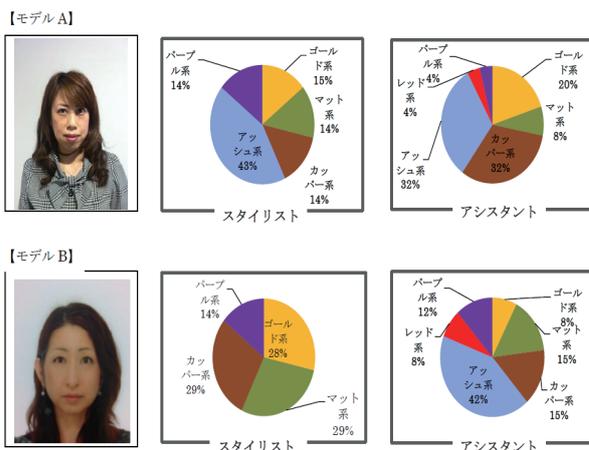
3. 結果

分析方法を基にして得られたデータは、サンプルとなるヘアカラーモデル（ヘアカラー基本6色）の印象評価毎に集計しヘアカラー色の割合を算出した。

※ パーソナルカラーシーズン・髪の特徴
 [モデル A] パーソナルカラー（サマー）髪質：縮毛/退色：赤

※ パーソナルカラーシーズン・髪の特徴
 [モデル B] パーソナルカラー（オータム）髪質：波状毛（ウェーブ毛）/退色：橙

表1 美容師のヘアカラー提案におけるスタイリストとアシスタントの比較実験



(1) ヘアカラー提案において

美容師のヘアカラー提案におけるスタイリストとアシスタントでの比較実験は実務経験が豊富で提案知識があるスタイリストにおいてはヘアカラー色のばらつきは少ないが、実務経験の浅いアシスタントにおいてはヘアカラー色全てが提案され一貫性が感じられない。

(2) パーソナルヘアカラーとの関係性

スタイリストにおいては[モデル A]の提案色においてアッシュを1位に提案し、[モデル B]の提案色はパーソナルヘアカラーの順位上では予想通りであった。

4. 考察・結論

ヘアカラーの提案は美容師として大変重要な部分であるがそれらを顧客に提案するには美容師の経験年数と感性・感覚に頼るところが多い。しかし、顧客に向けてのカウンセリングや分かりやすい説明をするためにもパーソナルヘアカラーをより実践的に立証することが現場にも求められる。

経験や感性に頼ることなく、理論として学びたい系的にするためにも引き続き研究を重ねる必要があると考える。

参考文献

- 1) ヘアケアマイスターブック（一般社団法人日本ヘアケアマイスター協会、2009）
- 2) 中根かつみ ヘアカラーコーディネート法（日本色彩学会第38回全国大会・2007）
- 3) 中根 かつみ パーソナルカラー診断結果の因果関係の検証、およびヘアカラーの際の色の再現性における髪質の違いの重要性（日本色彩学会第43回全国大会・2012）