

日本色彩学会誌 第39巻 第5号 SUPPLEMENT (2015)
Journal of the Color Science Association of Japan, Vo.39, No.5 Supplement

日本色彩学会第46回全国大会 [米沢]'15 発表論文集
Proceedings of the 46th Annual Meeting

会期：2015年9月26日～27日
会場：山形大学工学部 (米沢キャンパス)

*

口頭発表：31件
ポスター発表：41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]	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—	1
	A Study of “Red” Fundamentally Individual on Positive and Negative of Representations — by A Statistical Analytic 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	
[1A-2]	陰陽五行説の由来と白色の意味—陰陽五行説と四大元素説の比較	5
	The Origin of the Yin-Yang Five Elements Theory and the Meaning of White: A Comparison of the Yin-Yang Five Elements Theory and the Four Classical Elements Theory	
	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	
[1A-3]	ピンク色の範囲と連想	9
	Color Ranges and Associations of Pink	
	宮田久美子 (常磐短期大学)	
	Kumiko Miyata, Tokiwa Junior College	
[1A-4]	現代の小中学生が好む色とその連想語に関する研究	11
	A study of the color preference and its word associations in elementary and junior high school students	
	名取和幸 (日本色彩研究所)	
	Kazuyuki Natori, Japan Color Research Institute	
[2A-1]	色彩環境の変化が身体運動能力に及ぼす影響— LED 昼光色と赤色を中心として—	15
	The Effects of the environmental color change on the ability of the Human Movement -Focus on LED daylight and red color-	
	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	
[2A-2]	色彩感情の測定法の開発と適用結果	18
	A New Method for Measurement of Affection to Colors and Tentative Results	
	菊谷敬子, 畑田明信 (神奈川大学大学院人間科学研究科), 三星宗雄 (神奈川大学人間科学部)	
	Takako Kikuya ¹ , Akinobu Hatada ¹ and Muneo Mitsuboshi ²	
	¹ Graduate School of Human Sciences Kanagawa University, ² Department of Human Sciences Kanagawa University	
[2A-3]	配色要素が建物の印象に及ぼす影響	22
	Effects of Color Elements on the Impression of Architecture	
	庄 怡 (筑波大学大学院), 山本早里 (筑波大学芸術系)	
	Yi Zhuang ¹ and Sari Yamamoto ²	
	¹ Doctoral Program in Art and Design, University of Tsukuba, ² Institute of Art and Design, University of Tsukuba	
[2A-4]	アゲハチョウの翅における色構成に関する調査	25
	Investigation of color structure 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	
[3A-1]	色刺激による輝度刺激由来の脳活動の抑制	27
	The suppression of luminance induced brain activity by chromatic stimuli	
	根岸一平, 篠森敬三 (高知工科大学)	
	Ippei Negishi and Keizo Shinomori	
	Kochi University of Technology	
[3A-2]	光感受性網膜神経節細胞が関与する明るさ知覚の定式化	30
	Formulation of perceived brightness as a function of ipRGC	
	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	
[3A-3]	光沢ハイライト色による色恒常性への寄与	32
	Contribution of specular highlight color to color constancy	
	永井岳大, 須藤涼汰, 川島祐貴, 山内泰樹 (山形大学)	
	Takehiro Nagai, Ryota Suto, Yuki Kawashima and Yasuki Yamauchi	
	Yamagata University	

[4A-1]	評価理由を媒介変数とした3色配色の好み予測式……………	36
	Color combination preference expression bringing into the reasons as intermediary variables	
	榎 究 (実践女子大学)	
	Kiwamu Maki, Jissen Women's University	
[4A-2]	「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 一向性について……………	40
	Relationship between personality and color of the clothes which one want to wear · the color of the clothes You wear usually well - with a special reference to extroversion -	
	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	
[4A-3]	パーソナルカラーにおける色と顔の見え方に関する研究～測色によるアプローチ～……………	42
	The study of how to be looked a change of face in 'Personal Color'~Approach by colorimetric data analysis~	
	真田めぐみ, 富山真知子, 沼上恵里 (NPO日本パーソナルカラー協会), 小松原 仁 (一般財団法人 日本色彩研究所)	
	Megumi Sanada ¹ , Machiko Tomiyama ¹ , Eri Numakami ¹ and Hitoshi Komatsubara	
	¹ NPO Japan Personal Color Association, ² Japan Color Research Institute	
[4A-4]	空間知覚における色の効果: 膨張収縮・明視性・空間定位……………	46
	The Effect of Color on Spatial Perception: Expansion-Contraction, Visibility, Spatial Localization	
	周 曉強, 畑田明信 (神奈川大学大学院人間科学研究科), 三星宗雄 (神奈川大学人間科学部)	
	Zhou Xiaoqiang ¹ , Akinobu Hatada ¹ and Muneo Mitsuboshi	
	¹ Graduate School of Human Sciences, Kanagawa University, ² Department of Human Sciences, Kanagawa University	
[1B-1]	2型3色覚者のカテゴリカル色知覚モデルの構築……………	50
	Modeling the categorical color perception of deutan observers	
	大西悠貴, 矢田紀子, 眞鍋佳嗣 (千葉大学)	
	Yuki Onishi, Noriko Yata and Yoshitsugu Manabe	
	Chiba University	
[1B-2]	かすみによる彩度知覚の変化 - かすみのシミュレーション画像による彩度マッチング -……………	52
	Change in Saturation Perception by Haze - Saturation Matching by Images with Simulated Haze -	
	高橋有希, 溝上陽子, 矢口博久 (千葉大学大学院)	
	Yuki Takahashi, Yoko Mizokami and Hirohisa Yaguchi	
	Chiba University Graduate School	
[1B-3]	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ーション P,D,U の模擬特性……………	55
	Simulated Color Discrimination Ability of Dichromats by Spectral Functional Filter -Variantor P, D and U types-	
	篠森敬三 (高知工科大学), 宮澤佳苗 (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 and Shigeki Nakauchi ³	
	¹ Kochi University of Technology, ² Itoh Optical Industrial Co., Ltd., ³ Toyohashi University of Technology	
[1B-4]	青色照明下における色彩の見え方 ー低照度の場合ー……………	59
	Visual Perception of Colors on Blue lighting the Low Illuminance	
	大野治代 (大手前大学)	
	Haruyo Ohno, Otemae University	
[2B-1]	隅田川の橋梁群色彩調査……………	61
	Color research of the bridges over the Sumida River	
	環境色彩研究会 *発表 杉山朗子(日本カラーデザイン研究所), 網村眞弓(主査/カラー・デザイン・ファーム), 加藤進久(副主査/㈱日本広告社), 永田泰弘(顧問), 松崎雅則(松崎生活デザイン), 萩原京子(サンスター技研(株)), 高山美幸(エスケー化研(株)), 山田誠司(三和工務店), 西島幸子, 荘真木子, 山川やえ子	
	Akiko Sugiyama ¹ , Mayumi Amimura ² , Nobuhisa Kato ³ , Yasuhiro Nagata ⁴ , Masanori Matsuzaki ⁵ , Kyoko Hagiwara ⁶ , Miyuki Takayama ⁷ , Seiji Yamada ⁸ , Sachiko Nishijima, Makiko Syo and Yaeko Yamakawa	
	Environmental Color Study Group, ¹ Nippon Color & Design Research Institute inc., ² Color Design Firm., ³ NIHON KOHKOKU-SHA INK., ⁴ Adviser, ⁵ Matsuzaki Life Design, ⁶ Sunstar Engineering Inc., ⁷ SK KAKEN Co., Ltd., ⁸ Sanwa Building Co., Ltd	
[2B-2]	居室の壁紙が及ぼす快適化機能の導入と評価 X軸, Y軸の体系提案……………	65
	Introduction and evaluation of comfort function of accent wall decor for living space	
	網村眞弓 (カラー・デザイン・ファーム), 田村雅紀 (工学院大学建築学部建築学科准教授)	
	Mayumi Amimura ¹ , Masanori Tamura ²	
	¹ Color Design Firm, ² Kogakuin University Faculty of Architecture Department of Architecture, Assoc. Prof.	
[2B-3]	景観まちづくりにおける地域の個性化についてー福島県 S市・城下町の景観まちづくりの事例からー……………	68
	A scene town about a local individualization in making it -From an example made with the scene town of Fukushima S city, the castle town-	
	水野谷倅子 (日本大学)	
	Teiko Mizunoya, Nihon University	

[2B-4]	環境色彩の意識を高める「隠す」デザインワークショップ (2) 72 “Camouflage” Design Workshop to increase the awareness of environmental colors (2) 山下明美 (岡山県立大学) Akemi Yamashita, Okayama Prefectural University	
[3B-1]	マルチバンドデジタルカメラによる錦絵資料の撮影と分光分析 74 Spectral Imaging of Nishiki-e by Multiband Digital Still Camara and Spectral Analysis of Blue Colorants 鈴木卓治 (国立歴史民俗博物館), 眞鍋佳嗣, 矢田紀子 (千葉大学大学院) Takuzi Suzuki ¹ , Yoshitsugu Manabe ² and Noriko Yata ² ¹ National Museum of Japanese History, ² Chiba University	
[3B-2]	頬部の色素沈着部位の定量および「目立ち」の知覚への影響 77 Distribution effect of pigmented spots on perceived facial skin color 菊地久美子 (資生堂リサーチセンター/千葉大学大学院), 片桐千華 (資生堂リサーチセンター), 溝上陽子, 矢口博久 (千葉大学大学院) Kumiko Kikuchi ^{1,2} , Chika Katagiri ¹ , Yoko Mizokami ² and Hirohisa Yaguchi ² ¹ Shiseido Research Center, ² Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba University	
[3B-3]	化粧肌の分光画像計測と CG 再現 80 Multi-spectral Imaging of Cosmetic Skin and Its CG Reproduction 兼子亜弓, 田中法博, 望月宏祐 (長野大学) Ayumi Kaneko, Norihiro Tanaka and Kosuke Mochizuki Nagano University	
[3B-4]	スチームコンベクションオープン庫内の加熱環境と食品の色変化との関係 84 Relationship between Heating Conditions and Food Color Behaviors during Steam Oven Cooking 仲森裕司, 伊興田浩志, 酒井英樹, 吉岡秀矩, 高山正宏 (大阪市立大学) Yuji Nakamori, Hiroyuki Iyota, Hideki Sakai, Hidenori Yoshioka and Masahiro Takayama Osaka City University	
[4B-1]	Nayatani-Theoretical (NT) 表色系の開発 : 色彩強度に基づく NT 色相の決定 87 The Nayatani-Theoretical (NT) color order system: NT hue determination based on chromatic strength of hues 酒井英樹 (大阪市立大学) Hideki Sakai, Osaka City University	
[4B-2]	小諸城のデジタルアーカイブと 3DCG 再現の検討 89 Digital Archive of Komoro Castle and Its 3DCG Reproduction 櫻井千寛, 田中法博, 望月宏祐 (長野大学) Chihiro Sakurai, Norihiro Tanaka and Kosuke Mochizuki Nagano University	
[4B-3]	オフィス空間の印象に対する有機 EL 照明の影響 93 Influence of the Organic EL lighting on impression of the office space 坂野要輔, 川島祐貴, 永井岳大, 山内 泰樹 (山形大学大学院理工学研究科) Yosuke Sakano, Yuki Kawashima, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University	
[4B-4]	イラストキャラクターの髪色印象の回帰分析とその応用 97 Regression analysis of hair color of character with impression and its application 土居元紀, 井上 拓, 折立純平 (大阪電気通信大学), 酒井英樹 (大阪市立大学大学院), 小森政嗣 (大阪電気通信大学) Motonori Doi ¹ , Taku Inoue ¹ , Junpei Oritate ¹ , Hideki Sakai ² and Masashi Komori ¹ ¹ Osaka Electro-communication University, ² Osaka City University, Graduate School	
[P- 1]	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 99 Development of D-up viewer for correct color perception in an interior space 尾山真一, 上原佑太, 川澄未来子 (名城大学), チャンプラファ プワンズワン, カムロン ヨンスエ (ラジャマンガラ工科大学 タニヤブリ校) Shinichi Oyama ¹ , Uehara Yuta ¹ , Mikiko Kawasumi ¹ , Chanprapha Phuangsuwan ² and Kamron Yongsue ² ¹ Meijo University, ² Rajamangala Univ. of Tech. Thanyaburi, Thailand	
[P- 2]	PCCS 表色系の iPad ディスプレイ上における RGB 値の視感測色 101 A study of visual measurement of PCCS's RGB value on iPad display 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- 3]	カラー高分子有機 E L 照明パネルの発光特性 105 Luminescence properties of color polymer organic light emitting diodes lighting 赤津光俊, 土田良彦, 中野由子 (住友化学株) Mitsutoshi Akatsu, Yoshihiko Tsuchida, Yuko Nakano Sumitomo Chemical Co.,Ltd.	

[P- 4]	有機 EL 照明パネル色度の角度依存性に対する知覚特性 - 連続的色度変化知覚に影響するパラメータの調査 - … 107 Perception of angle dependent color change for OLED lighting panels - Parameters that affect the perception on a continuous change of chromaticity- 高橋和敏, 川島祐貴, 永井岳大, 山内泰樹 (山形大学大学院理工学研究科) Kazutoshi Takahashi, Yuki Kawashima, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University	107
[P- 5]	画像の類似性に関する研究 …………… 111 A Study on Image Similarity Based on Color Characteristics 畑田明信 (神奈川大学大学院人間科学研究科) Akinobu Hatada, Graduate School of Human Sciences Kanagawa University	111
[P- 6]	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 …………… 113 Development of Color Image Recording System by Digital Camera with Acrylic Spherical Dome 伊與田浩志, 酒井英樹, 高山正宏, 仲森裕司 (大阪市立大学) Hiroyuki Iyota, Hideki Sakai, Masahiro Takayama and Yuji Nakamori Osaka City University	113
[P- 7]	色彩画像の感性評価によるベンチマーク画像の調査 …………… 117 Investigating of benchmark image for color enhancement for color deficiency using KANSEI evaluation 後藤 拓, 石川智治 (宇都宮大学大学院), 浅田一憲, 阿山みよし (宇都宮大学大学院) Taku Goto ¹ , Tomoharu Ishikawa ¹ , Kazunori Asada and Miyoshi Ayama ¹ ¹ Graduate school, Utsunomiya University	117
[P- 8]	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 …………… 119 Relationship between Color and Form Features of Waterscape Drawings and Drawer's Personality 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	119
[P- 9]	白磁の照明光色の違いによる色知覚と印象評価 …………… 122 Evaluation of Appearance of White Porcelains under Different Colors of Light 徳永留美 (立命館大学), 田口 肇, 岡崎友紀 (京都市産業技術研究所), 前崎信也 (京都女子大学), 篠田博之 (立命館大学) Rumi Tokunaga ¹ , Hajime Taguchi ² , Yuki Okazaki ² , Shinya Maezaki ³ and Hiroyuki Shinoda ¹ ¹ Ritsumeikan University, ² Kyoto Municipal Institute of Industrial Technology and Culture, ³ Kyoto Women's University	122
[P-10]	異なる 2 色の色パネルの位置関係が刺激全体の誘目性に与える影響 …………… 124 Influence to visibility of entire pattern by position of two differently colored panels 中矢竜太 (高知工科大学大学院), 根岸一平, 篠森敬三 (高知工科大学) Ryota Nakaya ¹ , Ippei Negishi ² and Keizo Shinomori ² ¹ Graduate School, Kochi University of Technology, ² Kochi University of Technology	124
[P-11]	多色配色に対する潜在的態度としての嗜好に関する実験的検討 …………… 128 Experimental Study on Color Preference as Implicit Attitude toward Color Combinations 村松慶一 (埼玉大学大学院理工学研究科), 方 思源 (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 , Siyuan Fang ² , Eiichirou Tanaka ¹ , Keiichi Watanuki ¹ and Tatsunori Matsui ² ¹ Saitama University, ² Waseda University	128
[P-12]	紙筆版 IAT を用いた色嗜好計測 …………… 130 Measurement of Color Preference Using Paper-and-Pencil Style Implicit Association 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	130
[P-13]	色の注目度に対する光源の演色性・照度の影響 …………… 132 Relation of color rendering properties, illuminance and color attention 中島由貴, 淵田隆義 (女子美術大学大学院) Yuki Nakajima and Takayoshi Fuchida Graduate School of Joshibi University of Art and Design	132
[P-14]	正対比文字と逆対比文字の可読性 - 反応時間を用いて - …………… 134 Legibility of words in positive and negative contrast revealed in reaction time 三星宗雄 (神奈川大学人間科学部), 野口由梨亜 (神奈川大学大学院人間科学研究科) Muneo Mitsuboshi ¹ and Yuria Noguchi ² ¹ Department of Human Sciences Kanagawa University, ² Graduate School of Human Sciences Kanagawa University	134

[P-15]	無彩色透明視の清澄感に対する輝度コントラスト要因の寄与……………	138
	Contribution of Luminance Contrast to Perceptual Clarity in Transparency for Achromatic Stimuli	
	河合幸子(京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科) Sachiko Kawai, Graduate School of Science and Technology Kyoto Institute of Technology	
[P-16]	製品に望まれる感性品質の日タイ比較……………	142
	A comparison on the desired image for products between Japanese and Thai people	
	森山なな, 秋田昌也(名城大学), Kamron Yongsue(Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand), 川澄未来子(名城大学) Nana Moriyama ¹ , Masaya Akita ¹ , Kamron Yongsue ² and Mikiko Kawasumi ¹ ¹ Meijo University, ² Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[P-17]	質感嗜好と色彩嗜好の関連に関する研究……………	144
	Study of the relationship between texture preference and color preference	
	稲葉 隆(日本カラーデザイン研究所) Takashi Inaba, Nippon Color & Design Research Institute INC.	
[P-18]	周囲環境が金色の知覚に与える影響について……………	148
	An Influence of Surrounding Environment on Perception of “GOLD”	
	鄭 琦, 平井経太, 星野勝義, 堀内隆彦(千葉大学大学院) Qi Zheng, Keita Hirai, Katsuyoshi Hoshino and Takahiko Horiuchi Chiba University	
[P-19]	化粧における色の濃さの許容範囲に関する検討……………	151
	Study of permissible range at make-up's color density	
	好川亜希子(早稲田大学大学院人間科学研究科), 若田忠之, 齋藤美穂(早稲田大学人間科学学術院) Akiko Yoshikawa ¹ , Tadayuki Wakata ² and Miho Saito ² ¹ Graduate School of Human Sciences Waseda University, ² Faculty of Human Sciences Waseda University	
[P-20]	照明・観察条件に着目した「化粧感」に関する特徴評価：自然と演出ファンデーションの設計・開発……………	155
	Skin Appearance with Heavily Makeup Impression: Evaluation on the Effect of Illumination and Observation Condition for Designing Foundation Providing Natural Skin Impression	
	五十嵐崇訓, 黒谷成幸, 度会悦子, 矢後祐子(花王㈱) Takanori Igarashi, Nariyuki Kurotani, Etsuko Watarai and Yuko Yago Kao Corporation	
[P-21]	言葉の選択に見る男女の肌の心的イメージ……………	158
	Differences on Mental Imagery of Skin Color between Genders: Patterns of Word Choice in Expression of the Shade	
	山田雅子(埼玉女子短期大学) Masako Yamada, Saitama Women's Junior College	
[P-22]	既存の色票集を応用した色彩資料の制作……………	160
	Making of Color Materials by Application of Existing Color Charts	
	永田泰弘, 野坂瑛子(日本カラートップ研究所), 吉澤陽介(千葉大学), 長谷川博士(ウッフィーチョコロール) Yasuhiro Nagata ¹ , Eiko Nosaka ¹ , Yosuke Yoshizawa ² and Hiroshi Hasegawa ³ ¹ Nihon Color Top Laboratory, ² Chiba University, ³ Ufficio Colore	
[P-23]	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……………	164
	Classifications and characteristics of four-season colors in NCS color space	
	高松 操(くらしの色彩研究会), 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) Misao Takamatsu, Keiko Ishigami, Hiroko Inui, Masumi Maruyama, Takenori Ichiba and Shin'ya Takahashi Environmental Color Design for Daily Living	
[P-24]	画像視／実物視／接触による和服素材の印象の違い……………	168
	Impressions on kimono textiles by digital image view, actual view, and tactile feel	
	浅野 晃, 廣田里紗(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 , Risa Hirota ¹ , Chie Muraki Asano ² and Katsunori Okajima ³ ¹ Kansai University, ² Nagoya Women's University, ³ Yokohama National University	
[P-25]	風景画像から取り出したグラデーションと色座標連続性……………	170
	Landscape images make Gradation and continuous curve of Trichromatic value.	
	若井宏平(㈱クリエイノ創研) Kohei Wakai, Cre-Inno.inc	
[P-26]	女性の若年時と高齢時の適合服装色の差異……………	173
	Differences in Suitable Colors of Clothes for both Young and Elderly Women	
	石原久代, 伊東優里(名古屋学芸大学) Hisayo Ishihara and Yuri Ito Nagoya University of Arts and Sciences	

[P-27]	洋裁教育にみる服装と色彩の表現—洋裁指導書『子供服の時代化』を中心に— Expression of the Costume and Color in Dressmaking Education -Focusing on the Dressmaking Text Book for Teachers “Kodomofuku no Jidai ka”- 井澤尚子 (東京家政学院大学) Shoko Isawa, Tokyo Kasei Gakuin University	175
[P-28]	人工共感覚 (数字に対する色イメージ) の記憶力に対する影響の定量的分析 Quantitative Analysis of Effects of “Artificial Synesthesia” on Memory Performance 吉川花里 (早稲田大学人間科学部), 方思源 (早稲田大学大学院人間科学研究科), 松居辰則 (早稲田大学人間科学 学術院) Hanari Yoshikawa, Siyuan Fang and Tatsunori Matsui Waseda University	178
[P-30]	眼球内迷光の波長依存性 Wavelength Dependence of Intraocular Stray light 石井貴大, 田代知範, 石川智治 (宇都宮大学), 大沼一彦 (千葉大学), 阿山みよし (宇都宮大学) Takahiro Ishii ¹ , Tomonori Tashiro ¹ , Tomoharu Ishikawa ¹ , Kazuhiko Onuma ² and Miyoshi Ayama ¹ ¹ Utsunomiya University, ² Chiba University	182
[P-31]	マルチスペクトルプロジェクタを用いた色覚検査手法の提案 Color Vision Test using Multi-spectral Projector 平井経太, 武樋真也, 堀内隆彦 (千葉大学大学院) Keita Hirai, Shinya Takehi and Takahiko Horiuchi Chiba University	184
[P-32]	条件等色を用いた個人の等色関数の検証 Examination of individual color matching function with metamerism 畠山邦広, 川島祐貴, 永井岳大, 山内泰樹 (山形大学大学院理工学研究科) Kunihiro Hatakeyama, Yuki Kawashima, Takehiro Nagai, and Yasuki Yamauchi Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University	188
[P-33]	クレヨンの色使いから色覚特性の推定 Estimation of Colour Vision Type from Painting by Crayons 金田恵梨子 (九州大学芸術工学部), 桂重仁 (九州大学大学院芸術工学研究院), 玉野由利子 (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) Eriko Kanada ¹ , Shigehito Katsura ² , Yuriko Tamano ¹ and Shoji Sunaga ² ¹ School of Design, Kyushu University, ² Faculty of Design, Kyushu University	192
[P-34]	シミュレーションに基づくバリアフリーパレットの比較評価 A comparative study of barrier-free palettes using dichromatic simulation 坂本 隆 (産業技術総合研究所) Takashi Sakamoto, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	196
[P-35]	一般色覚者と色弱者の彩度差知覚に関する研究 Comparison of Perceived Saturation Difference between Color Anomalous and Normal Observers 佐々木勇太, 田代知範, 石川智治, 阿山みよし (宇都宮大学) Yuta Sasaki, Tomonori Tashiro, Tomoharu Ishikawa and Miyoshi Ayama Utsunomiya University	200
[P-36]	色覚バリアフリー照明下における石原式検査表の見えの分析 (D型) Analysis of deuteranopic views of Ishihara color plate under barrier-free illumination 田村繁治, 坂本 隆 (産業技術総合研究所) Shigeharu Tamura and Takashi Sakamoto AIST	202
[P-37]	長時間両眼に異なる色刺激を呈示した際に得られる順応効果の傾向 Effects of adaptation obtained by presenting a long time different color stimuli to both eyes 渡邊智章, 川島祐貴, 永井岳大, 山内泰樹 (山形大学大学院理工学研究科) Tomoaki Watanabe, Yuki Kawashima, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University	204
[P-38]	デジタルコンテンツにおけるカラーユニバーサルデザインの研究 Study of Color Universal Design in Digital Contents 田中未紗, 竹田 翼 (金沢工業大学), 竹俣一也 (金沢工業高専), 桜井将人 (金沢工業大学) Misa Tanaka ¹ , Tsubasa Takeda ¹ , Kazuya Takemata ² and Masato Sakurai ¹ ¹ Kanazawa Institute of Technology, ² Kanazawa Technical College	208
[P-39]	虹色混色キューブの光学解析 Optical Analysis of Rainbow Color Mixing Cube 宮崎桂一 (キュービクスデザイン), 土屋幸治 (OPTIS Japan) Keiichi Miyazaki ¹ and Koji Tsuchiya ² ¹ Cubics Design, ² OPTIS Japan	211

- [P-40] 配色嗜好を考慮した車いす用高視認性レインウェアの試作 214
Trial Manufacture of High-Visibility Rainwear for Wheelchair Users While Considering Their Color Scheme Preference
 落合信寿 (労働科学研究所), 長屋宏和 (アトリエロングハウス)
 Nobuhisa Ochiai¹ and Hirokazu Nagaya²
¹The Institute for Science of Labour, ²Atelier Long House Inc.
- [P-41] 持続可能な地域に向けた里川ブランディングの検討 216
A study on Satogawa branding towards a sustainable community
 牧野暁世 (サトガワキカク LLC), 北島 淳也 (東海タナゴ研究会)
 Akiyo Makino¹ and Junya Kitazima²
¹Satogawa Enterprise LLC, ²Central Japan Bitterling Research Association
- [P-42] パソコンを利用した並置混色によるカラーデザイン 219
Color Design by Juxtaposition Color Mixture Using PCs
 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 (千葉大学学術研究推進機構)
 Tomoko Mitsutake¹, Katsuyuki Aihara² and Yosuke Yoshizawa³
¹Design Consultant / Nippon Designers School, ²Designer / Tokyo Zokei University,
³Chiba University, Organization for Promotion of Academic Affairs

※ 3B-5, P-29はキャンセル

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—

A Study of “Red” Fundamentally Individual on Positive and Negative of Representations — by A Statistical Analytic 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、赤の統計的分析

1. はじめに

「赤」は、知覚的な視覚の情報処理に特徴を表すだけでなく、人に共通する生得的な作用をもつ「原基的な色」である(1, 2, 3)。本研究は、東京藝術大学の「色彩学」のレポートとしての positive と negative の対立感情を表現した作品から3名(昭和34~38年度卒)が描いた対極的な2対の作品(補注)を選び、作品の画面構成要素でもある「赤」と内的な感情表現との関係性を統計的な手法により(4)、どのような共通性や差異があるのかを分析的考察したものである。

2. 方法

2-1. 対極の感情を描いた作品



図1 学生A-positive



図2 学生A-negative



図3 学生B-positive



図4 学生B-negative



図5 学生C-positive



図6 学生C-negative

2-2. 6画像の画像分析

2-1の6作品をデジタル写真撮影(F4, 1/125or1/60)により、デジタル画像(100dpi, 826×1169pixel)として計算機に取り込み、予め背景ノイズを取り除く処理をおこなった。画像特徴量は、各Pixelごとに8bitで表される画素値で表現されるRGB値を用いて、色の構成要素となるR, G, Bそれぞれの明度を重みとして、下式によって縦方向と横方向の「重心」を求めた。

$$\text{重心} : (G_x, G_y) = \left(\frac{\sum_{i,j} P_{ij}x}{\sum_{i,j} P_{ij}}, \frac{\sum_{i,j} P_{ij}y}{\sum_{i,j} P_{ij}} \right)$$

総和はすべてのpixel(ij)においてとる

P_{ij} : pixel毎の濃度,

x, y : 描画の縦・横を1として中心を0.5とする座標

2-3. SD法を用いた作品の感情評価

被験者: 2014年度東海大学で「色彩学」を受講している大学生160名(男性94名、女性66名、平均年齢20.63歳)。

実験方法: 2-1で示した6作品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。

3. 結果

3-1. 画像分析の結果

学生A, B, Cごとにpositive作品とnegative作品のR, G, Bごとの重心位置を図7, 8, 9に示す。

学生A, B, Cのpositive作品、negative作品とともにR, G, Bの重心点は中心点付近に位置しており、全体的にはバランスのとれた色彩となっていた。学生A, B, Cのpositive作品のR値の重心は中心点からやや下方にあり、特に学生A, Bでは横座標より右に位置していることが共通していた。

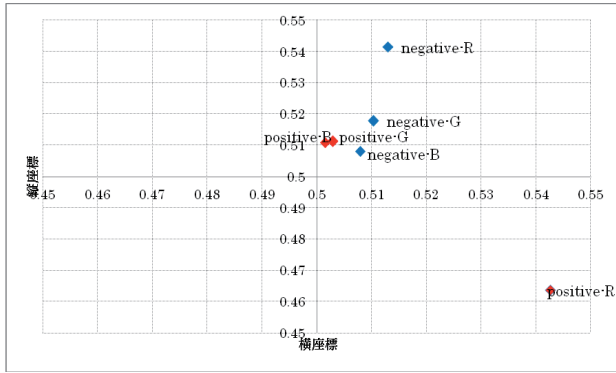


図7 学生Aの2作品のRGBの重心

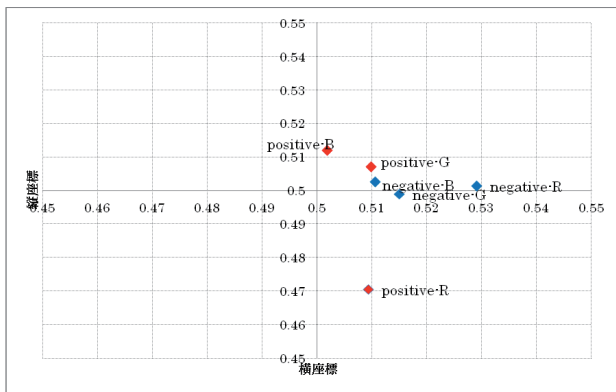


図8 学生Bの2作品のRGBの重心

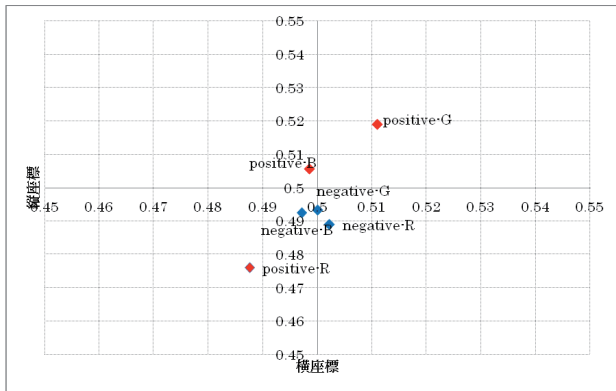


図9 学生Cの2作品のRGBの重心

学生 B のプロフィールでは評価項目「興奮した／沈んだ」以外は positive 作品と negative 作品で評価に有意な差が認められた。

学生 C のプロフィールでは、評価項目「好きな／嫌いな」「自然な／不自然な」以外は positive 作品と negative 作品で評価に有意な差が認められた。

positive 作品と negative 作品で評価に差が無い評価項目は学生毎に異なっていた。また、学生 A、B、C ともに有意な差が認められる評価項目は、「美しい／醜い」「陽気な／陰気な」「強い／弱い」「軽快な／重々しい」であった。

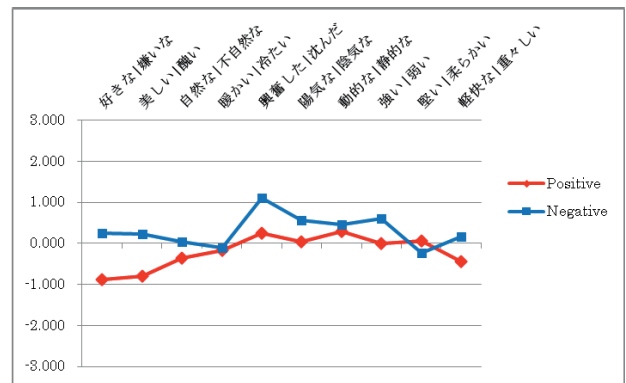


図10 学生Aのプロフィール

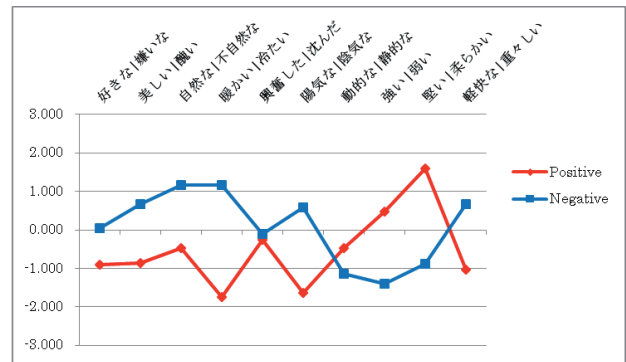


図11 学生Bのプロフィール

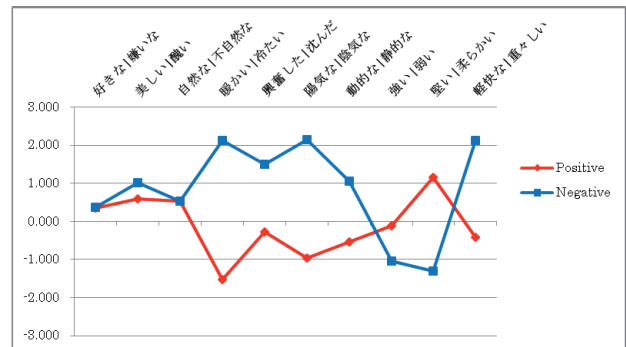


図12 学生Cのプロフィール

3-2. SD 法を用いた作品の感情評価結果

3 名の学生毎の対極の感情表現の作品 (positive、negative) に対する被験者の評定結果を集計し、評価項目毎の感情効果の違いを確認するために T 検定を行い表 1 にまとめた。更に、表 1 の平均値から学生毎に positive 作品と negative 作品のプロフィール (図 10、図 11、図 12) を作成した。

学生 A のプロフィールでは評価項目「暖かい／冷たい」「動的な／静的な」「堅い／柔らかい」以外については、positive 作品と negative 作品で評価に有意な差が認められた。

表1 学生別の positive 作品、negative 作品の評定結果

	学生A (N=160)					学生B (N=160)					学生C (N=160)				
	Positive		Negative		T検定 (値)	Positive		Negative		T検定 (値)	Positive		Negative		T検定 (値)
	AVE	STD	AVE	STD		AVE	STD	AVE	STD		AVE	STD	AVE	STD	
好きな嫌いな	-0.881	1.371	0.244	1.217	-8.160**	-0.906	1.350	0.038	1.652	-6.347**	0.344	1.480	0.375	1.951	-0.168
美しい醜い	-0.800	1.400	0.231	1.123	-7.662**	-0.863	1.195	0.663	1.508	-10.751**	0.594	1.442	1.013	1.719	-2.454*
自然な不自然な	-0.350	1.459	0.038	1.458	-2.680*	-0.469	1.373	1.169	1.365	-11.271**	0.525	1.405	0.525	1.734	0
暖かい冷たい	-0.163	1.400	-0.113	2.877	-0.196	-1.744	1.023	1.169	1.299	-21.099**	-1.531	1.213	2.131	1.172	-26.614**
興奮した沈んだ	0.244	1.349	1.100	1.150	-6.780**	-0.256	2.044	-0.106	1.814	-0.679	-0.281	1.402	1.506	1.708	-10.126**
陽気な陰気な	0.050	1.326	0.556	1.302	-3.663**	-1.638	1.174	0.575	1.743	-13.0542**	-0.963	1.558	2.156	1.158	-19.591**
動的な静的な	0.300	1.689	0.469	1.590	-0.988	-0.475	1.525	-1.144	1.652	4.486**	-0.538	1.475	1.056	1.854	-8.518**
強い弱い	0.006	1.528	0.600	1.294	-4.258**	0.469	1.373	-1.406	1.438	11.340**	-0.106	1.465	-1.031	1.799	5.464**
堅い柔らかい	0.063	1.573	-0.238	1.592	1.812	1.594	1.370	-0.888	1.410	15.596**	1.150	1.347	-1.300	1.400	15.879**
軽快な重々しい	-0.450	1.283	0.156	1.267	-4.459**	-1.038	1.331	0.675	1.824	-9.225**	-0.425	1.456	2.131	1.269	-17.055**

**p<.005,*p<.05

4. 考察

4-1. 学生Aの作品 (女性: 図案専攻)

positive 作品(図1)は、題に「恋しているな一恋をしているなど感じる瞬間」とあり、画面構成には、左下から右上に湧き上がる感情が「赤」「ピンク」の和紙をちぎった小片でコラージュされ、「赤」の上には桃色の薄い和紙が重ねてある。

negative 作品(図2)は、題に「孤独感やりきれない悲しさ」とあり、画面下に帯状の「黒」によって表され、刺さるような鋭利な角を作った小片で全体に沈むように構成されている。左下中央には「黄」の三角が2枚あり、「黒」の帯に挟まれ、抑圧され萎縮した心理的印象を表している。

画像分析結果(図7)から、Rの重心はpositive 作品では右下、negative 作品では右上に位置しており、差が認められた。特に、positive 作品のRの重心への影響は、「おさえきれない感情の行方」を表現する上で、「赤」の重心を下げ、右上に向かって「赤」の小片をコラージュした。その結果、制作意図とRの重心との関係が推測できる。SD法の感情評価結果(図10)から有意な差が認められた評価項目の中で、特に「興奮した一沈んだ」に注目すると、positive 作品とnegative 作品の印象の違いは、「赤」の小片の有無と配置、構成にあり、被験者には画面に湧き上がる「赤」が「興奮」の感情を連想させる印象とつながったといえる。

4-2. 学生Bの作品 (男性: 油画専攻)

positive 作品(図3)は、題に「歓喜・喜び」とあり、水彩の「赤」「黄赤」「黄」によって部分的に形態を連想させるような配置に絵の具をにじませている。「赤」の心理的補色である「緑」は、濃淡をつけた「赤」の上に柔らかい筆跡を残

して自然への連想を被験者に与えている。「赤」は作者の「歓喜・喜び」表象している。

negative 作品(図4)は、題に「不安・恐怖」とある。水彩で中央やや下に「黄」があり、その「黄」を取り囲むように「青」が塊を作り描かれている。それは「黄」の光のような希望を「青」が抑え込むようであり、さらに、その上をトゲトゲした線が「黒」で描かれ、題にある恐怖を表現したようだ。さすような鋭利な「黒」の線上に「赤」の線が重なり、左端中央には、流血を表すような「赤」の筆跡もある。その点から見ると、自己の内的な闘いによる恐怖というより、他者と争う恐怖のようである。

画像分析結果(図8)から、positive 作品は右下方にRの重心があり、negative 作品のRGBの重心とは違いが認められた。「歓喜・喜び」を表現する自己の安定感がRの重心の位置に表出しているのではないだろうか。positive 作品は僅かだが「緑」と「赤」が呼応する配色によって構成されている画面から陽気な謳歌が聞こえてくるようだ。SD法の感情評価結果(図11)をみると、「暖かい、陽気な、柔らかい、軽快な」の評価得点が高く、下方から上部に拡散する内的な感情を被験者も共有しているといえる。negative 作品は、SD法の感情評価結果(図11)では、「冷たい、陰気な、堅い、重々しい」の評価得点が高く、筆跡を滲ませる画法や筆跡を残す描き方に加え、「赤」「黒」の2~4本の線を扇状に加筆させた画面によって、作者の「不安・恐怖」の気持ちが被験者に伝わっていたと推測される。

4-3. 学生Cの作品 (女性: 油画専攻)

positive 作品(図5)は、題に「楽しみにしている」とあり、口を開いた顔のような、器のような「赤」の形態から湧き出る「黄赤」や「黄」「黄

緑」に加えて、「青」の小さな塊が混じり、「楽しさ」が表現されている。1つは中央から左に向き、その反対方向にも描かれた透明な流体が画面のバランスを保っている。全体に「赤」が使用されているが、「赤」の補色の「緑」の小片が左下に描き加えられ、細部にも配慮ある構成には、作者の描く力量と「赤」で表現した「歓喜・喜び」へのこだわりが感じられる。

negative 作品 (図6) は、題に「ゆううつ」とあり、無彩色の上に「青」が描かれ、画面全体に暗い印象がある。そのベースの上に、弱々しく編み目状に揺らいだ線が「白」で描かれ、画面にはその線に囲まれた2つの塊がある。1つは中央上の丸から十字に放射している線で描かれた形態、もう1つは画面の中央左の浮いている石のような塊である。十字架は人間のものであり、その人間が抱える問題(困難)を表しているかのような大きな石もある。十字架の下には白い三角の形態があり、社会(自宅や大学)に属する人間の「ゆううつ」の表象ともいえるのではないかと。

画像分析結果(図9)から、positive 作品ではRの重心が下方、Gの重心が上方に位置しており、これは感情表現の構成に使用する色の配置の意図的な様相が表れたのであろう。

SD法の感情評価結果(図12)では、positive 作品「暖かい、陽気な、柔らかい、軽快な」の評価得点が高く、negative 作品では「冷たい、陰気な、堅い、重々しい」の評価得点が高かった。2つの作品の配色を比較すると、その特徴は「赤」を多く使用しているかどうかという点にある。positive 作品は「暖色系」の印象が役立ち、作者が表現したかった「楽しさ」が被験者にも伝わっていたといえよう。小片ではあるが、「緑」は背景の「赤」に浮かぶ自己の精神的な安らぎを乗せた小舟のようでもあり、小さくとも存在感があり、作者の意図的な配色構成によるものだろう。negative 作品では、描いた最後には、クレパスまたはクレヨンのような硬質の色材で塊を連想させるような「白」の線が描かれていることが特徴でもある。その「白」からは冷たさが醸し出されている。「白」の線は弱々しく、揺らいでいて自己の不安さや陰気さを描く表現でもあり、「黒」の塊は迫る恐怖でもあるかのようだ。全体は「暗い青」と「黒」、「白」の無彩色で構成されている。negative 作品の題である「ゆううつ」の表現の結果として、「冷たい、陰気な、重々しい」印象が被験者にも伝わっていたと考えられる。

5. まとめ

本論文の「赤」における「原基的な特徴」を検討した「赤」は、色名の「赤」ではなく、強い自然感情と結びつく燃え盛る炎や夕日のような自然現象を覚えさせる「赤」であり、心臓の鼓動とともに流れ出す血液のような生命の根源的な「赤」である。それは「寒暖」に関する知覚的な作用をもたらし、エネルギー、激しい感情が表象される「赤」という概念をさすだろう。その「赤」は、人間に一定的反応をおこさせる、生得的で共通した「原基性(5)」作用をもたらす色である。

対極する感情を表現した positive 作品と negative 作品を用いて画像分析を行った結果、各作品のRGBの重心の位置関係から、positive 作品と negative 作品ではRの重心に差異が生じた。positive 作品は共通して中心より下方にRの重心があった。また、3名の作者が表現したかった positive 作品と negative 作品の対極した感情表現は、およそ半世紀後の現代の学生からの評価でも印象が伝わっていることが示唆された。特に「赤」が及ぼす原基的な作用力が、positive な感情表現に対する評価に影響を与えていると言えると考えられる。

今後の課題であるが、positive 作品と negative 作品の感情表現と「色の原基性」の関係を検討するために「色の枠組み」を想定し、それにおいて「赤」「黄」「緑」「青」に加え、無彩色の「白」「黒」という6色について検討も行っていきたい。

[補注] 対極的な感情を表現した諸作品は、対となる作品と共に画面の安定さを保持した構成力のある優れた学生作品である。

[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年
- 2) 小町谷朝生『色彩のポリフォニー』勁草書房1991年
- 3) 金澤律子「色の原基性-色彩による感情表現(大学生と幼稚園児の場合)」日本色彩学会誌 Vol.23 SUPPLEMENT 2000
- 4) 高崎いゆき, 松村治, ユーリ・ガタノフ, 大熊希和子, 高橋 英彦, 竹村和久(2009)「描画による精神疾患患者の人物イメージの検討-日本人・ロシア人・スウェーデン人大学生の描画を用いて-」第11回日本感性工学会大会論文集 2009
- 5) 金澤律子「心像画における色彩的分析-色彩原基性に関わる一研究」東京藝術大学大学院美術研究科・芸術学専攻造形理論研究分野 修士論文 2000年度

[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。

陰陽五行説の由来と白色の意味—陰陽五行説と四大元素説の比較

The Origin of the Yin-Yang Five Elements Theory and the Meaning of White: A Comparison of the Yin-Yang Five Elements Theory and the Four Classical Elements Theory

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: 陰陽五行説の由来、白色の捉え方、四大元素説との比較、天の思想、気思想

が少なくなる状態の「少陽」と考えられ、金曜日は陰、土は陰と陽が中和された状態の「太極」で中庸を表している。つまり、七曜日は、陽・陰・陽・陰・陽・陰・太極の順になっている。

1. はじめに—陰陽五行説の由来

私たちの生活習慣の中には時空を超えて、古代からの伝統が息づいているものがある。例えば、1週間を7日とする考えは、古代バビロニア（メソポタミアの南部；現在のイラク；前2004-前1530年）から由来している。現在の曜日名は七曜（しちよう）が基になっている。古代バビロニアでは肉眼で見える惑星が、「月・水星・金星・太陽・火星・木星・土星」の順に並んでいると考え、この順番を三つ目ごとに遡って、太陽、月（太陰）、火星、水星、木星、金星、土星の順になっている。古代では七曜が1時間ごとに地上を守護していると考えられていたため、地球から最も遠い土星を起点にして、内側に進むと、翌日の第一時間目の守護星が太陽になる。第一時間目の守護星が、その日の守護星とされたため、その日は守護星の名で呼ばれ、現在の曜日名が決定されている。

この七曜と七星の考えが、古代の中国に伝わり、天体の太陽（日の別称）と太陰（月の別称）に由来する二元（分）的關係の陰陽説と、水星・金星・火星・木星・土星という五つの惑星の数に対応して、五行思想が生まれている。戦国時代（前403-前221）に陰陽説と五行説が統合されて陰陽五行説が成立している。五行は、混沌（カオス）から太極（万物の根源で陰陽の二元が生まれる）を経て生み出されたと考えられている。太陽の「太」は「甚（はなは）だしい」の意で、太陽は昼に現れるために陽気の精と考えられて、日曜日は陽で、太陰である月は夜に現れるために陰気の精と考えられ、月曜日は陰、火は暑くて陽気が成熟した状態の「老陽」とされて、火曜日は陽、水は冷たくて陰気が成熟した状態の「老陰」とされて、水曜日は陰、木は生命体で軟らかく陽気が増えて陰気が少なくなる状態の「少陰」と考えられ、木曜日は陽、金属は非生命体で硬く陰気が増えて陽気

2. 古代オリエントと中国との交易

人類が道具の材料として最初に利用した金属は銅で、錫を含まない自然銅を使用していた時代は銅器時代（石器・金属併用時代）と呼ばれる。主成分は銅であるが、錫や鉛を含む合金が青銅である。メソポタミアやエジプトの青銅器時代は、前3500-前1500年頃である。メソポタミア北部は、オリエント各地を結ぶ交易の中継地になっており、青銅器文化は、古代オリエント（エジプトや西アジア）からアッシリア（Assyria）人のような各地の商人によって古代中国に伝わったと考えられる。中国最古の古代王朝の殷（自称、商；「商人」の語源；前c.1600-前1046年）は、夏（か；前c.2070-前1600年頃）を滅ぼして王朝を立てたとされる。中国の青銅器時代は、前1700-前1600年頃に始まり、前221年頃まで続いたと考えられる。中国の二里頭文化期（にりとうぶんか：Erlitou culture；前c.2000-前1600年頃）の青銅器の様式や製造法を受け継いでいるのが、河南省北部の鄭州（ていしゅう）市の二里岡文化（にりこうぶんか：Erligang culture；前1600-前1400年頃）の青銅器で、様式が均一化され、洗練されることにより青銅器の使用が広まっている。二里岡文化は、中国の黄河の中流から下流を中心に栄えており、初期の殷（商）王朝の都城も発掘されている。

3. 甲骨文字の卜辞に残された白の意味

殷の王は、占いをういて神の意志を確かめ、占いに基づく神権政治を行っていた。現在、確認できる最古の漢字は、殷の時代のもので、亀の甲羅の腹甲や、牛や鹿などの肩甲骨に刻まれているため、甲骨文字（亀甲獣骨文字、甲骨文）と呼ばれる。エジプト文字を簡略・抽象化してフェニキア文字が生まれ、フェニキア文字が貿易を通じてギ

リシャに伝わりギリシャ文字になり、イタリア半島に伝わり、ローマ字の **alphabet** になっている。象形文字 (**hieroglyph**) はエジプト文字だけではなく、甲骨文字も象形文字 (絵文字) で、抽象的な形の文字に発達し、漢字が生まれている。

占ト (せんぼく: 占い) は、甲骨文字で獣骨に刻んだ文字のト辞 (ぼくじ) に記録されていた。吉凶の占いに甲骨文字が用いられたことにより、甲骨文字が残っている。占いを担当する神官が貞人で、殷代のト辞の甲骨文は、現存する中国最古の文字史料になっている。殷の時代に重視された祭儀の火祭りでは、神に捧げられる犠牲として白い犬や、白牛、白馬、白豚 (野ブタ)、白鹿などが選ばれている。『貝塚茂樹著作集3: 殷周古代史の再構成』の「中国上代史素描」でも、「殷民族特有の神事に清浄な白色を用いる呪術的習慣が存在」(中嶋 1986: 90) したことが指摘されている。『礼記』(らいき; 周の時代から漢にかけて儒学者がまとめた礼に関する書物、全49篇) の「壇弓」には、「殷人は白を尚(とう)ぶ」と述べられている。殷人が白を重要視したことは確かとされる。

後漢 (25-220年) の学者、劉熙の著わした『釈名 (しゃくみょう)』(中国の古代語に見られる語の意味を研究した書物) の布を染める色名について書いた「釈禾帛」に、「白、啓也、如冰啓時色也」(cf. 中嶋 1986: 90) とある。白は啓 (神の啓示、つまり、お告げを見ること) を表し、氷のひび割れた色で、白い雪のような感じの輝きのある白だという。氷は、氷の意で、純白で清く明らかなもの、啓も「ひらく (明ける)」を意味し、「明けの明星」の意もある (cf. 中嶋 1986: 90)。

4. 陰陽五行思想における白の意味

「五行」の「行」は行いや働きを意味する。世界のすべての物事は、「五行」の中の何らかの性格に当てはまるという考えである。五行の配当の順序や配当されるものは、時代や作者によって変化しているものと、変化していないものがある。五行思想における五星の一つである金星 (別名、太白; ラテン語の **Venus**、英語でも **Venus**) は、太陽系で太陽に近い方から2番目の惑星で、地球に最も近い公転軌道を持ち、太陽、月に次いで明るく見え、明け方と夕方にのみ観測される。そこで、明け方に見える金星は「明けの明星」、夕方に見える金星は「宵の明星」と呼ばれる。金星は、文語で太白星とか太白と呼ばれ、五行思想の五色

においては、明るく見えるために「白」を表す。

金星は、金曜日と呼応しており、金曜日は、陰気が増えて陽気が少なくなる状態である「少陽」と考えられている。そこで、陰陽説では陰、五方については、西は陽気が陰気に変化する方位とされ、五時についても、秋は陽気が陰気に変化する季節とされ、陰気の性格に当てはまっている。

5. 天の神への崇拜

古代の中国ではシャーマニズムが信じられ、神の言葉を伝える役目の巫が、天子 (天下を治める君主) を補佐して政務を処理する最高の官、宰相 (さいしょう) に任ぜられていた。シャーマニズムとは、世界的に広く見られる宗教現象で、トランスという忘我や恍惚のような特殊な精神状態によって、神仏のような超自然的・霊的存在と直接的に交信 (接触) し、ト占や予言、治病、祭儀などを行うシャーマンを中心とした宗教的儀礼である。シャーマニズムから、天地、山川、草木、動物など、すべての自然物に神性を認める多神教が生まれている。これらの多くの神々の頂点におかれたのが、天の神、天帝で、天上の最高神を意味した。天地・宇宙・万物を支配する神 (造物主) である。古代中国より天子は、天帝を祀ることを義務 (天義) とされ、上帝の名で殷 (商) の甲骨文に記されている。天帝を祀ることは、天子の天権と呼ばれ、天子にのみ許される行為であった。

天の神の崇拜起源説については、文化人類学者の石田英一郎氏が「天馬の道—中国古代文化の系統論に寄せて」(三田史学会『史学』23巻2号、pp. 46-71) で、中国周辺だけではなく、中近東にわたり普遍的に見られることから、農耕生活から生じたのではなく、ユーラシア大陸の砂漠や草原に住む遊牧民族から生まれたとする見解を示されている (cf. 中嶋 1986: 137)。遊牧民が東西の文化交流の役割を担っていた。

6. 陰陽説における氣の思想

陰陽説は、古代中国の民間信仰で、人間の社会生活と天文の運行とが相関関係にあり、人間の不幸、幸いや災い、個人の運命を天体の観測によって知ろうとする占いである。陰陽説は、夏王朝では連山 (古代中国における占いの書で三易の一つ)、殷王朝では帰蔵 (旧字体は歸藏、三易の一つ) と称され、周王朝で、それらを体系化して「周易 (しゅうえき)」、つまり、「易経 (えききょう)」とい

う書物が作られた。これは、後漢（ごかん：25-220年）の杜子春の考えでは、伏羲（ふつき・ふくぎ；前 3350-前 3040年、古代中国神話の神または伝説上の帝王）が考え出したもので、周の文王（前 1152-前 1056年）に至って完成し、周公（文王の第四子）や孔子（前 552-前 479年）などによって補完されたものとされている（cf. 立野 1993: 57）。

陰と陽は、天候に関係している語句で、春秋時代（前 770-前 403年）に孔子が編集した『詩経』には、陰は曇りや日影、陽は日差しや日向の意で用いられている。『易経』は、陰と陽の二つの元素の対立と統合によって、この世に存在するすべての事物の変化や法則を、占筮（せんぜい：細い竹を使用した占い）で説いている。陰陽五行の原理は、陰と陽の二元とその展開である五行の原素でできている。原初の世界は混沌（カオス）状態にあり、この混沌から光あふれる陽の気が上昇し天となり、重くて暗い陰の気が下降して地となったと考えられている。陰陽説の理論の最も根本にある考えは、「気」の思想とされる。「気」とは中国伝統の民間療法の「気功」の気と同じ意で、気のは、雲の流れる形で、雲気を表し、生命の源泉、おおもとを、気のは、元は米と書かれ、穀物を表している。そこで、気はすべての活動力の源泉を表す（cf. 白川 静『常用字解』p. 91）。動物や植物の存在は、水や火のような存在と同様に「気」によって成り立っているが、その違いは生命の有無にあると説明されている。水や火は非生命的な存在の代表として挙げられており、生命的存在も非生命的存在もともに、「気」という存在から成り立っていることに変わりはない。

「気」は、「物」を形作っている基礎的な存在と考えられ、「気」以外の行為や現象のような非物質的な存在を含めた存在の元となるのは、「道（どう）」や「太一（たいいつ、たいち）」と呼ばれる。「道」は、宇宙自然の普遍的法則や根元的実在を表し、「太一」は、宇宙の中心や根源を表す「一つの存在」を意味し、北極星を表すこともある。「道」や「太一」は、状態や場（物事が作用する環境）のような存在で、「気」とはそのような根本的な存在から形成されたものと考えられていた。「気」が物質的な存在を形成する元であるとする考え方が、前漢（前 202-後 8年）の時期に一層拡大して、「道」や「太一」と同じ「宇宙の根源」と見なされ、「気」とは物質的・非物質的な存在に限らず、すべての物事の根源であるとする思想が生まれ

た。すべての物事の根源となる「道」や「太一」と同一視される「気」は、特に「元気」と呼ばれた。「元気」という思想が出てきた頃には、「気」は力（power）と同一視され、ゆるく関連付けられていた「陰陽説」と「五行説」が世界の形成や変化に関連する思想として強固に結び付けられていく。「陰陽説」と「五行説」を結び付ける仲介役をしたのが、「元気」の思想で、「陰陽」も「五行」も、「元気」から形成された「気」の性格と考えられた。最初、「気」の性格は一つであったが、二つに分かれて「陰陽」となり、さらに五つに分かれて「五行」になったと考えられた。この「陰陽」や「五行」が、すべての存在の性格を決定していると考えられた。最初に存在していた未分化の「気」が「元気」で、「陰陽」も「五行」もともに「元気」から形成された性格なので、互いに変換することができると考えられた（cf. 鈴木 2002: 74-77）。積極的な性格の「気」が陽で、消極的な性格の「気」が陰とされる。自然界の秩序は、相反する陽と陰という二つの気が調和することによって保たれる。陽と陰は、お互いに存在して初めて一つの要素に成りうる。

7. 宇宙の主宰者としての天の意思と気の思想

古代の中国人にとっては、世の中で生じている多くの物事は「天」の意思（天意）に基づいていた。宇宙の主宰者としての「天」は、絶対的な存在で、天意は、宇宙のすべての物事を形作っているとされた「気」を統御することができた。そのため、人々は天意に沿うような行為をし、天意の様相に注意した。それは、「気」の状態に矛盾しない行為をすることを意味していた（cf. 鈴木 2002: 14）。陰陽説から陰陽二気の変化の理論として「易」が成立してくると、陰と陽だけではなく、場合によっては中間の「太極（太一；万物の陰陽が変化する根源；中庸）」を含めた三種類の「気」の状態や性格の理論を説くようになる（鈴木 2002: 83）。陰と陽は対立する関係で、二分的関係（断絶した関係）と二元的関係（連続した関係）があり、陰と陽の中間の状態として太極を置いている（鈴木 2002: 89）。この太極の考えに、調和や中庸を尊ぶ東洋の思想の特徴が見られる。

8. 陰陽五行説と四大元素説

陰陽五行説では、五行は混沌から太極を経て生み出されており、万物は木・火・土・金・水という5種類の元素から成ると考える。つまり、木・

火・土・金・水は、この世の森羅万象を象徴している。元素の数を5つにしたのは、古代の天文学で5つの惑星(水星・金星・火星・木星・土星)が観測されていたことに由来する。この陰陽五行説と比較される思想に、西洋文化圏には四大元素説がある。四大元素説では、この世の物質は、火・地(土)・空気(風、氣息)・水の四元素から構成されていると考える。陰陽五行説と共通する要素は、火・土・水で、異なる要素は空気(風、氣息)のみである。物理的視点から考えられている。

西洋の占星術は、前2000年頃に古代バビロニアで始まっている。天の星々と神々を結び付けることによって、神々の象徴的意味が読み取られ、天の徴(しるし)が地上の出来事の前兆を示すと考えられた。占星術が古代バビロニアからギリシャに伝えられ、前332年にギリシャのアレクサンドロス大王(前356-前323年)がエジプトを征服した後、エジプトがヘレニズム文化圏(古代オリエントとギリシャが融合した文化)に組み込まれ、占星術が発達した。ホロスコープ(星位図)を用いる占星術が現れたのは、ヘレニズム時代(前332-前30年)である。その占星術のサイン(sign: 宮の意)は、古代バビロニア時代に設定されたと考えられている。黄道とは、太陽の周りを公転している地球から見ると、太陽が天球を一周しているように見える見かけの通り道を表す。サインは、天球上の黄道を中心にした、太陽や月、惑星が運行する帯状の領域である獣帯(zodiac)を黄経(黄道を基準とする座標系)で、12等分した領域を意味する。12のサインは黄道十二宮と言われ、各サインには男性・女性、活動・不動・変動(柔軟)の三様相や、火・地・風・水の四大元素などの意味付けが行われている。各サインの支配星(守護星)は、春を表す白羊宮(4月)が火星、夏を表す獅子宮(8月)が太陽、秋を表す天秤宮(10月)が金星、冬を表す磨羯宮(12月)が土星、その中間に地球や月、水星、木星、天王星、海王星、冥王星が割り当てられている。ソクラテス(前469-前399年)以前の初期ギリシャ(前600-前400年)の哲学者たちは、万物(物事)の根源を神でなく、原理(アルケー: ἀρχή)に求めていた。アリストテレス(前384-前322年)の『形而上学』に依ると、タレース(前624-前c.546年)は四大元素の中で万物の根源を水とし、クセノパネス(前c.600年の哲学者)は土、アナクシメナス(前585-前525年)は空気(氣息)、ヘラクレイトス(前540-

前c.480年)は火、エンペドクレース(前490-前c.430年)は水・土・空気・火を根源の元素とした。

9. 陰陽五行説に見られる循環の思想

五行における五元素の配列には、生成(せいせい)説、相剋(そうこく)説、相生(そうじょう)説の三種類がある。陰陽説と五行説を統合して陰陽五行説が成立しており、五行が混沌から太極を経て生み出され、五行の生成順が確立している。陰の中で特に冷たい部分が北に移動して水が生じ、陽の中で特に熱い部分が南に移動して火が生じ、残った陽気は東に移動して風となって木が生じ、残った陰気が西に移動して金(金属: 鉱物資源)が生じる。つまり、水・火・木・金・土の順になる。相剋説は、前4世紀末に唱えられ、木は土の栄養を吸収するので、土に勝ち、土は水に勝ち、水は火に勝ち、火は金に勝ち、金は木に勝つことを意味する。つまり、木・土・水・火・金の順になる。相生説は、前1世紀末ごろの前漢末期に唱えられたもので、木は火を生じ、火は土(灰)を生じ、土は金を生じ、金は冷えると表面に水(水滴)を生じ、水は木を生じさせることを意味し、木・火・土・金・水の順になる。このような循環は、自然界における多様な事物の永遠性を象徴している。

10. おわりに—青銅器とともに伝わった天の思想

楔形文字を使うメソポタミアの青銅器や古い甲骨文字を持つ古代の中国に伝わりと同時に、西洋の天体の神化とその象徴的意味付けやサイン(宮)が古代の中国に伝わり、天意という考え方が生み出されている。天意は気を左右し、陰陽説の気の思想が考え出された。陰と陽には、断絶した二分的関係と連続した二元的関係があり、陰と陽のバランスの重要性が内包されている。調和を保つ思想として太極(中庸)が考えられている。初期ギリシャの「火・地・風・水」は物理的要素を表すが、四大元素説に繋がる「木・火・土・金・水」から成る五行説は精神に結びついている。

主要参考文献

- 1) 白川 静 (2003) 『常用字解』東京: 平凡社。
- 2) 鈴木一馨 (2002) 『陰陽道—呪術と鬼神の世界』(講談社選書メチエ 244) 東京: 講談社。
- 3) 中嶋洋典 (1986) 『五色と五行—古代中国点描』(ぼんブックス 14) 東京: 世界聖典協会。
- 4) 吉野裕子 (2003) 『五行循環』(オンデマンド版) 京都: 人文書院。

ピンク色の範囲と連想

Color Ranges and Associations of Pink

宮田久美子 Kumiko Miyata

常磐短期大学 Tokiwa Junior College

Keywords: ピンク, 三属性による色の表示, 連想語

1. はじめに

ピンクという色名は一般によく用いられているが、それではどのような色を「ピンク」色といっているか。漠然とピンク色の範囲の見当はつくであろうが、「これがピンク色」「これらもピンク色」の個人による差異の有無を追究する。先行文献¹⁾には、“ニュアンスの異なるピンク12色”を提示し、その中から“恋するピンク”“勝負ピンク”を選択させた調査(10RP, 7.5RPの各3色, 5RPの4色, 2.5RP, 10Pの各1色, “ ”:文献中の使用語)がある。本研究では、調査者が多数の色票から自由に「これがピンク色」, 「これらもピンク色」を選択し、その結果からピンク色を解明する。また、色名「ピンク」からの連想語の結果も示す。

2. 方法

色票「BASIC COLOR 140」(140色:有彩色130色, 無彩色10色, 各B6判)の140色を調査者が各自持ち、①「これがピンク色」1色, ②「これらもピンク色」(①以外で)全てを自由に選ぶ調査を行う。また、①と②に先行して色票を見ずに、色名「ピンク」から連想される具象語と抽象語を各一つ自由記載させる。調査者は、美術系大学女子200名, 同男子56名, 教養系短大女子76名, 合計332名の20代前半までの日本人で、以下各々A, B, C群と称す。

3. 結果および考察

① これがピンク色

3群別に集計した結果、最もピンク色の色数は、A:9, B:7, C:7となり各群間には強い相関があった。3群の平均値を図1, 表1に示す。表1より1位は5RP6/10(明るい赤紫);65.0%, 2位は5RP8/6(うすい赤紫);22.2%, これらの合計は87.2%で、色相赤紫RPの中明度・高彩度, 高明度・中彩度の色であった。また、3位以下は3%未満で、色相は、RP(4色の合計7.7%), 赤R(3色の合計5.1%)となり、紫P, 黄赤YRは全くなく、RPが殆どを占めた。

② これらもピンク色

「これらもピンク色」を140色から全て選出させた結果、3群とも一人当たり約6色をあげた。3群の出現率の平均値が5%以上の16色の選択率の各群間には相関があった。

表1には、3群平均値(5%以上), 16位までの色を示す。表1より色相をみると、RPが1, 2, 3位, そして6, 8, 9, 11, 15位も占める。次にRが4, 5, 7, 10位, Pが12, 13, 16位に上がり, YRは14位に入る。

①と②は重複選択されず、①1位の5RP6/10は②では9位, ①2位の5RP8/6は②では3位, ①と②の合計選択率は、夫々93.7%, 88.7%となり、これら2色を殆どの人がピンク色とみなしていた。

また、①に登場した9色は、順位は異なるが②の上位9色と全く同色である。上位9色(選択率20%以上)の色相RP, Rの明度と彩度との関係を図2-1 RP, 図2-2 Rに示す。RPは、高明度・低彩度(vp トン), 中明度・中彩度(sf), 高明度・中彩度(pl), 中明度・高彩度(lt, vv)の6色, Rはlt, vp, pl トンの3色であった。

③ 色名「ピンク」からの連想(具象語, 抽象語)

具象語は群間に強い相関があった。出現率の平均値2%以上の具象語を図3-1に示す。桃は果物を指すが、桃(37.4%)が圧倒的に多く、桜, 豚と続く。文献²⁾(2005年調査)でも桃(39%)が1位である。

抽象語の群間の相関は、A・B:相関あり, A・C:弱い相関, B・C:殆ど相関なしであった。抽象語(図3-2)は全て25%以下、各群の差も大きい。可愛い, 恋, 恋愛という上位は、文献²⁾とも同じであった。

調査者に偏りはあるものの、本研究から、「これがピンク色」, 「これらもピンク色」は3群間の差は殆ど無い事が分かり、5RP6/10がピンク色であり、5RPの9/2, 6.5/6, 8/6, 5Rの6.5/10, 9/2が、これらもピンク色であると明示できた。

参考文献

- 1) JAFCA 「恋するピンク」と「勝負ピンク」vol.1(2009), vol.2(2011)
- 2) 宮田久美子(2014)「暮らしの中の色彩学入門」新曜社, p.49

表1. ピンク色

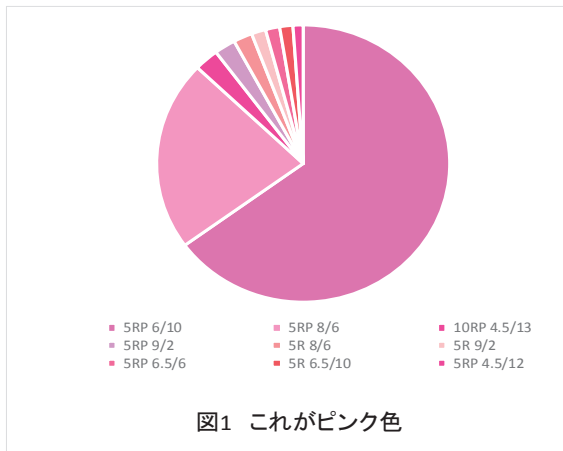


図1 これがピンク色

① これがピンク色			② これらもピンク色		
HV/C	%	順位	HV/C	%	
5RP 6/10	65.0	1	5RP 9/2	74.4	
5RP 8/6	22.2	2	5RP 6.5/6	74.0	
10RP 4.5/13	2.7	3	5RP 8/6	66.5	
5RP 9/2	2.3	4	5R 6.5/10	60.9	
5R 8/6	2.1	5	5R 9/2	51.5	
5R 9/2	1.6	6	10RP 4.5/13	49.4	
5RP 6.5/6	1.6	7	5R 8/6	49.3	
5R 6.5/10	1.5	8	5RP 4.5/12	43.1	
5RP 4.5/12	1.1	9	5RP 6/10	28.7	
		10	5R 6.5/6	19.6	
		11	5RP 7.5/2	16.3	
		12	5P 9/2	16.0	
		13	10P 4.5/11	12.9	
		14	5YR 9/2	9.0	
		15	5RP 4.5/6	8.7	
		16	5P 8/5	8.6	

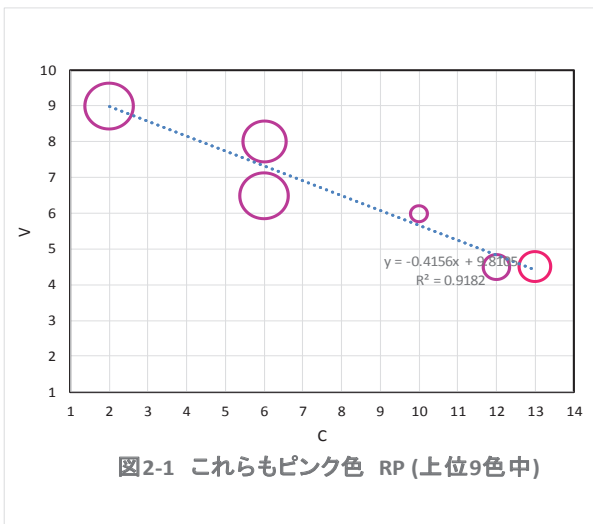


図2-1 これらもピンク色 RP (上位9色中)

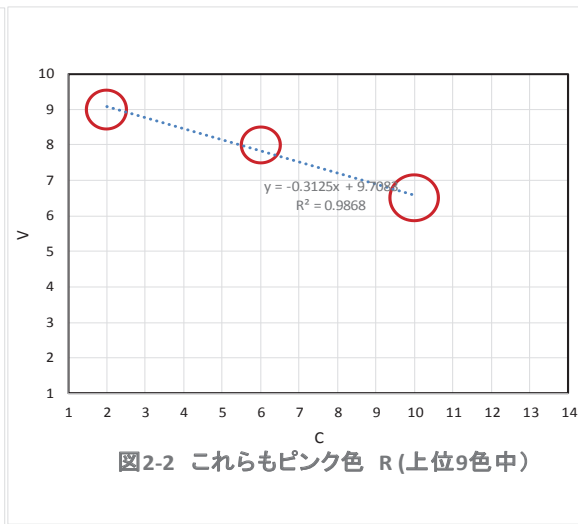


図2-2 これらもピンク色 R (上位9色中)

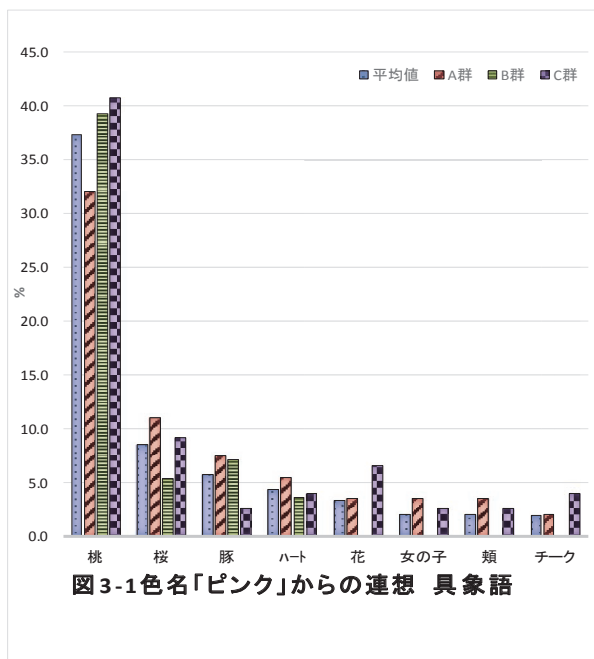


図3-1 色名「ピンク」からの連想 具象語

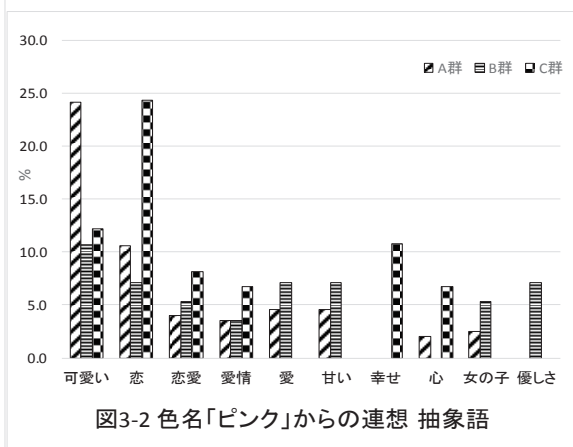


図3-2 色名「ピンク」からの連想 抽象語

現代の小中学生が好む色とその連想語に関する研究

A study of the color preference and its word associations
in elementary and junior high school students

名取和幸

Kazuyuki Natori

日本色彩研究所

Japan Color Research Institute

Keywords: 色彩嗜好, 単色, 配色, 小中学生, 連想語

1. はじめに

現代の日本の子どもたちにおける色彩嗜好の傾向を把握するため、これまで 2009 年と 2011 年に、全国の小中学生男女を対象とした色彩好悪調査を実施してきた。2 回のいずれにおいても、小学生の男子、取分け小 2 男子は金色を非常に好むこと、小学生女子はピンクよりも水色を好むという結果が確認されている。本調査では、(1) これらの傾向の安定性について、(2) 男女における嗜好傾向の相違と学年による変化について、そして (3) 好きな色の選択理由を検討することを目的として以下の調査を行った。

2. 方法

アンケート調査により、設問に該当する色カラーチャートの中から選択、回答させた。北海道、東京、兵庫、福岡の小学校 10 校、中学校 8 校において、小学 2 年生 (男子 430 名, 女子 408 名)、5 年生 (男女: 484 名と 478 名)、及び中学 2 年生 (男女: 570 名と 507 名) の男女計 2,877 名から回答を得た。カラーチャートは、小学生には基本色 21 色、中学生には色相 10 種とトーン 6 種と無彩色から成る 67 色を配列したもの (共に金銀を含む) を用いた (図 1)。配色には 3×3 の市松状に色を配列したイメージの異なる 10 種類を用いた (図 1)。調査は 2014 年 10~12 月に、昼光の入る教室で通常の人工照明を併用して集団で実施した。なお色覚特性による参加除外は行っていない。

単色の好き嫌いは、小・中学生共に好きな色と嫌いな色を 2 色ずつ順位をつけて選択させた。配色は小学生には好きな配色と嫌いな配色を 1 つずつ、中学生には好き、嫌い共に 2 つずつの配色を順位をつけて選択させた。

次いで小学生男子には、「金色から思いうかぶ

ものや、金色の感じなど」を自由に回答させる連想語調査を行った。小学生女子には、過去の調査から女子が好みやすいライトトーンの中からピンク、水色、薄紫の 3 色を選び、好きな色の選択と理由の記述を求めた。なお、参加者全員に対して多くの商品ごとに欲しい色についての質問も行った。また、中学生には色を特に気にして買う商品を選択してもらったが、それらの結果は本報告では割愛する。

3. 結果と考察

3-1 嗜好色と嫌悪色の傾向

男子では小学生、特に小 2 の男子は圧倒的に金色を好み、銀、青がそれに続いて人気が高いが、中学生になると金色の人気は低下した (表 1, 図 2, 4)。また、年齢が上がるに連れて金と銀への嗜好集中が弱まり、黒の人気上昇の傾向がみられた。女子からは小・中学校を問わず水色が非常に好まれ、ピンクは小 5 では 2 位となったが、小 2, 中 2 での嗜好順位はあまり高くなかった。

嫌悪色 (図 3, 4) については、小学生男子ではピンクがワースト 1 位であるが、他の全年齢・性別ではいずれもオリーブ・黄土色が最も嫌いな色に選ばれた。これは成人と類似した傾向である。

色彩好悪の主な傾向は以下ようになる。1) 男女による色の好みはその色調において大きく異なり、年齢が下がるほど違いは顕著である。男子は鮮やかな色調の青、赤、黒、そして金、銀など力強い色を好み、ピンクを嫌う。女子は水色、黄色、ピンクなど明るい色調を好む。2) 低学年ではいくつかの色への嗜好集中がみられるが、学年が上がるに連れて嗜好の多様化が進む。3) 黒は年齢により好き嫌いが変化する。小学 2 年では男女共に嫌いな児童の方が好きな児童よりはるかに多い嫌悪型の色であるが、小学 5 年になると男子では逆転し、好きな男子の方が多い嗜好型の色となり、女子でも好き嫌いが分かれる両価型の色となる。中学 2 年の男子生徒は黒を非常に好む。

表1 嗜好上位色

順位	男子			女子		
	小2	小5	中2	小2	小5	中2
1	金 (71.1)	金 (38.0)	v.B (20.7)	水色 (32.6)	水色 (38.3)	lt.BG (33.2)
2	銀 (56.5)	銀 (26.0)	Bk (19.9)	黄 (30.1)	ピンク (29.9)	lt.G (17.6)
3	青 (15.2)	青 (23.7)	lt.BG (16.3)	金 (22.5)	薄緑 (22.9)	lt.Y (16.2)
4	赤 (10.7)	黒 (17.0)	v.R (13.9)	紫 (22.0)	黄 (21.7)	v.Y (16.2)
5	緑 (6.6)	赤 (14.7)	Gold (13.4)	ピンク (20.5)	黄緑 (14.1)	lt.P (12.0)

()は1位, 2位選択率の合計%

表2 嫌悪上位色

順位	男子			女子		
	小2	小5	中2	小2	小5	中2
1	ピンク (56.0)	ピンク (45.4)	Olive (21.4)	黄土色 (41.5)	黄土色 (45.2)	Olive (42.9)
2	黄土色 (17.7)	黄土色 (26.2)	dk.RP (13.2)	黒 (34.5)	深緑 (23.1)	OLG (12.7)
3	黒 (17.2)	茶色 (20.2)	dk.R (9.4)	深緑 (22.8)	茶色 (22.4)	dk.RP (11.3)
4	ベージュ (17.0)	ベージュ (18.7)	OLG (9.2)	灰色 (21.5)	灰色 (19.9)	Beige (10.7)
5	茶色 (16.8)	灰色 (12.9)	p.PI (9.0)	茶色 (14.6)	黒 (16.0)	dk.R (10.3)

()は1位, 2位選択率の合計%

3-2 配色

配色への嗜好率と嫌悪率の関係を図5に示した。図から以下の概要を読み取れる。1) 男子は小学2年生では圧倒的にダイナミック(黄と黒と青)な配色を好むが、学年が上がるに連れてその嗜好率は低下し、嫌悪率が上がっていく。逆にモダン(白と水色と黒)な配色は小5・中2から好まれるようになる。2) 女子では、水色と白によるクリアな配色とピンク系の濃淡と白から成るプリティな配色はどの学年からも好まれやすい。学年が上がるほど人気が出てくるのはオレンジや黄色、黄緑によるカジュアルな配色である。

3-3 小学生男子における金色のイメージ

小学生男子から得られた金色の連想語をその意味により分類した(表3)。金色のイメージとして、両学年ともに多くの回答がみられたのは「金メダル」であった。小2で多くの回答がみられたのは「輝き」に関する視覚的な印象と「かっこよさ」に関わる連想であった。小5になると、金の延べ棒のようなお金やゴージャスな感じ、事物の頂点、というような連想がより多くを占めるようになる。また小5では、えらそう、自慢しそう、かっこつけ、目立ちたいというようなネガティブな側面の回答もみられるようになってくる。

表3-1 金色の連想語(小2男子)

タイプ	%	語例
輝き	15.3	きらきら、輝く、ぴかぴか、まぶしい
金メダル	11.7	金メダル、メダル、トロフィー
お金	11.6	金貨、お金、500円
宝石・王冠等	7.5	宝石、宝、王冠、王様
かっこいい	6.8	かっこいい
きれい	4.7	きれい
お金もち	2.8	お金もち
星月等	2.4	星、月、太陽
高級・豪華	2.3	高級、豪華
目立ち	0.9	目立つ、派手
強そう	0.6	強そう
その他	33.3	折り紙、自転車、時計

表3-2 金色の連想語(小5男子)

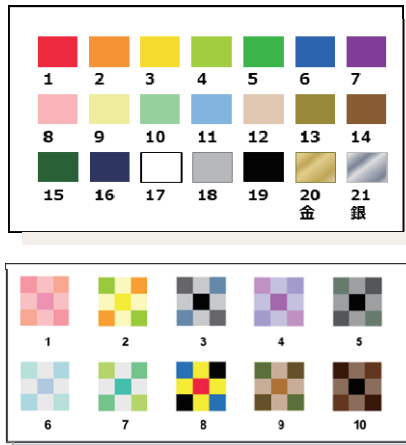
タイプ	%	語例
お金	23.0	金貨、金の延べ棒、500円
豪華・高価	12.2	ゴージャス、高級、豪華
金メダル	11.1	金メダル、トロフィー、
輝き	9.0	きらきら、ぴかぴか、輝く、まぶしい
貴金属・宝	5.5	財宝、宝石
一番、特別	5.4	一番、頂点、特別な色・感じ
お金もち	4.3	お金持ち、セレブ
目立ち	3.6	目立ち、派手、目立ちたがり
ゲーム関連	2.6	キャラクター、ゲーム機、伝説、レア
かっこいい	2.1	かっこいい
きれい	1.4	きれい
その他	20.0	金箔、金閣寺、折紙、ツタンカーメン、

3-4 小学生女子の色彩嗜好とその理由

ピンク、水色、薄紫への嗜好率は小学2年と5年で選択傾向はほぼ同じで、水色と薄紫の人気は共に約4割ととても高く、ピンクは2割弱に留まった。それぞれの色の選択理由は、ピンクでは「かわいらしい」「女の子っぽい」に対して、水色とうすい紫では「落ち着く」「やさしい」「さわやか」「大人っぽい」という回答がみられた。小学校に入り、幼稚園までの子どもっぽいピンクからの卒業という意識が嗜好結果に反映していると考えられそうである。

3-5 好きな色が示す意味の性差

以上の調査結果から想像するに、男子が好きな色というのは、自分が手に入れた、自分にとって高い価値をもつ物や見え方を示す色で、シンプルな欲求の反映であるといえそうである。一方、女子が好む色は、自分を演出するため、主にファッションに活用するコーディネートカラーとして効果が高い色と考えられる。つまり女子の嗜好色には色をうまく使うことで他者からこう見られたいという他人の視点が意識されている。こうした嗜好色と性差の関わりについては、自己認識の発達、児童・青年心理学などの知見を用いて、今後、検討を進める必要があると考えている。



1プレイブ 2カジュアル 3モダン 4エレガント 5シック
6クラブ フォルマリティ 8ダイナミック 9フォーマティブ 10クラシック

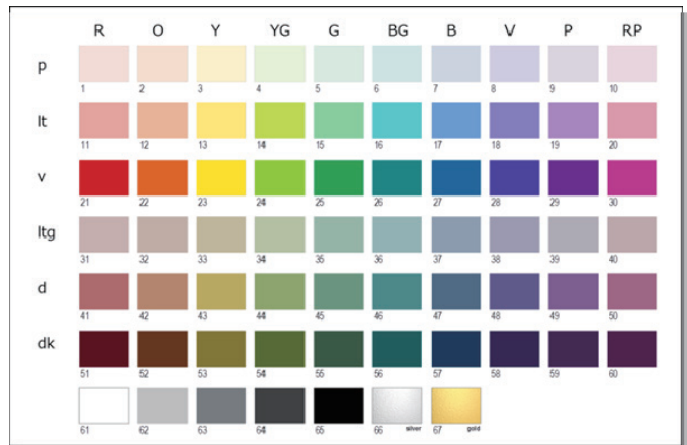


図1 カラーチャート 左：小学生用 左下：配色（小中学生共通） 右：中学生用

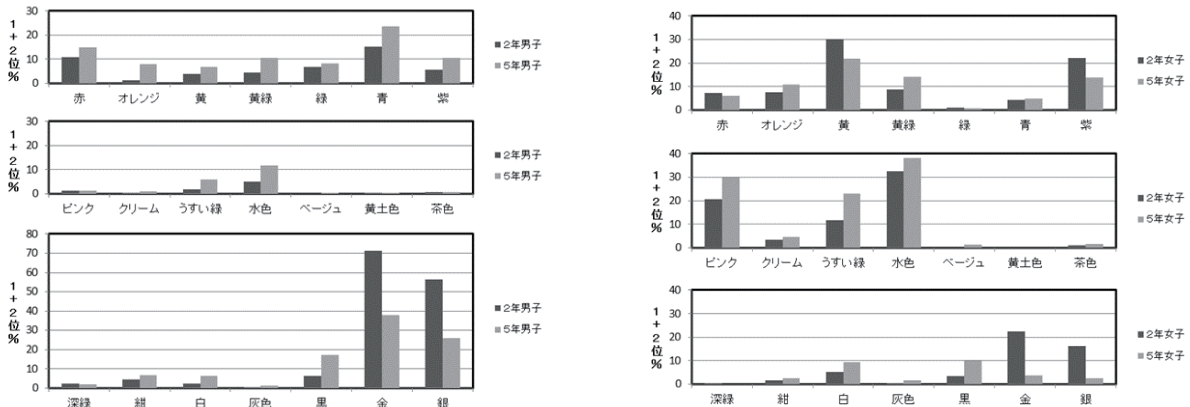


図2 小学生における色彩嗜好率 左：男子 右：女子

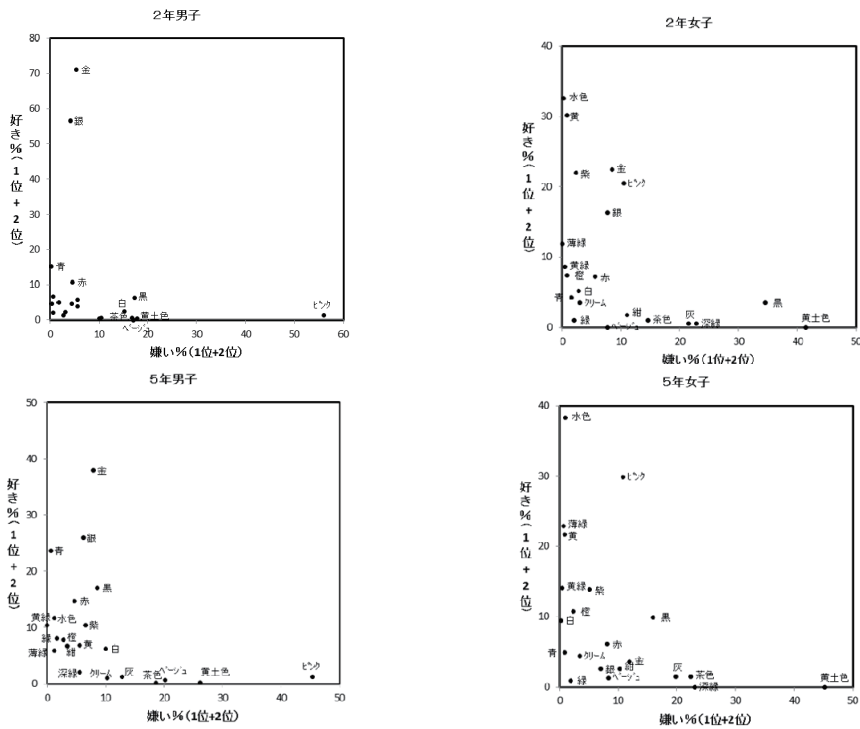


図3 小学生における色彩嗜好と色彩嫌悪 左：男子 右：女子

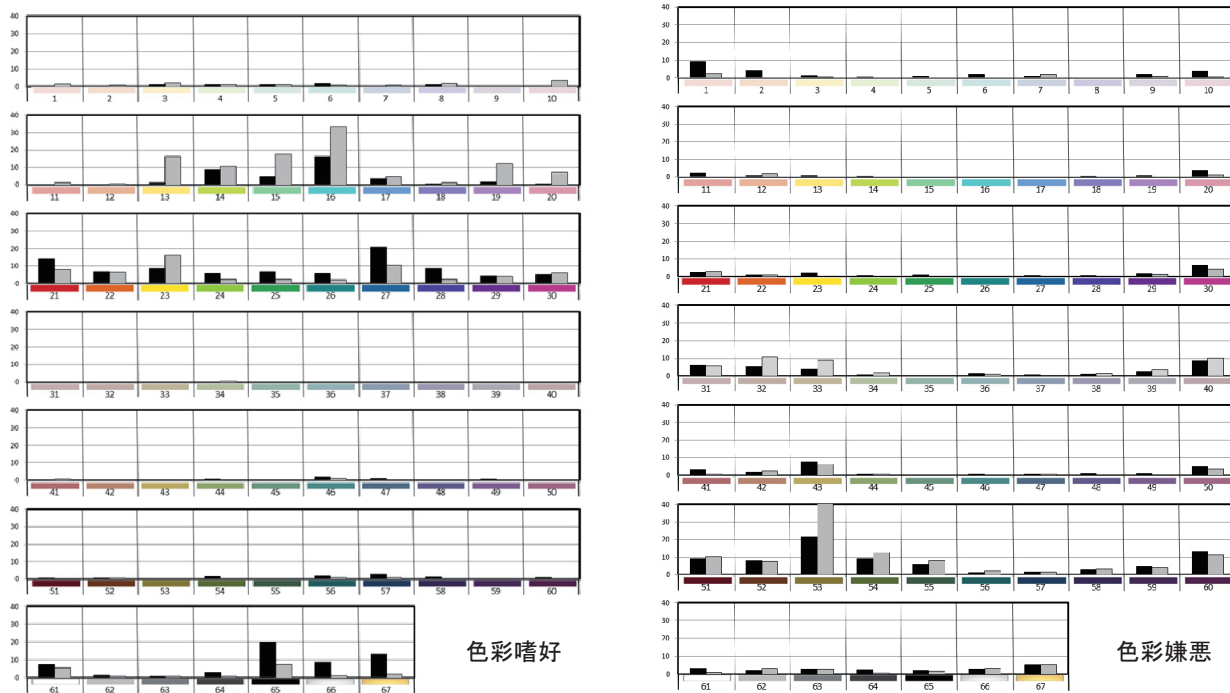


図4 中学生における色彩嗜好と色彩嫌悪 (黒縦棒：男子 灰縦棒：女子)

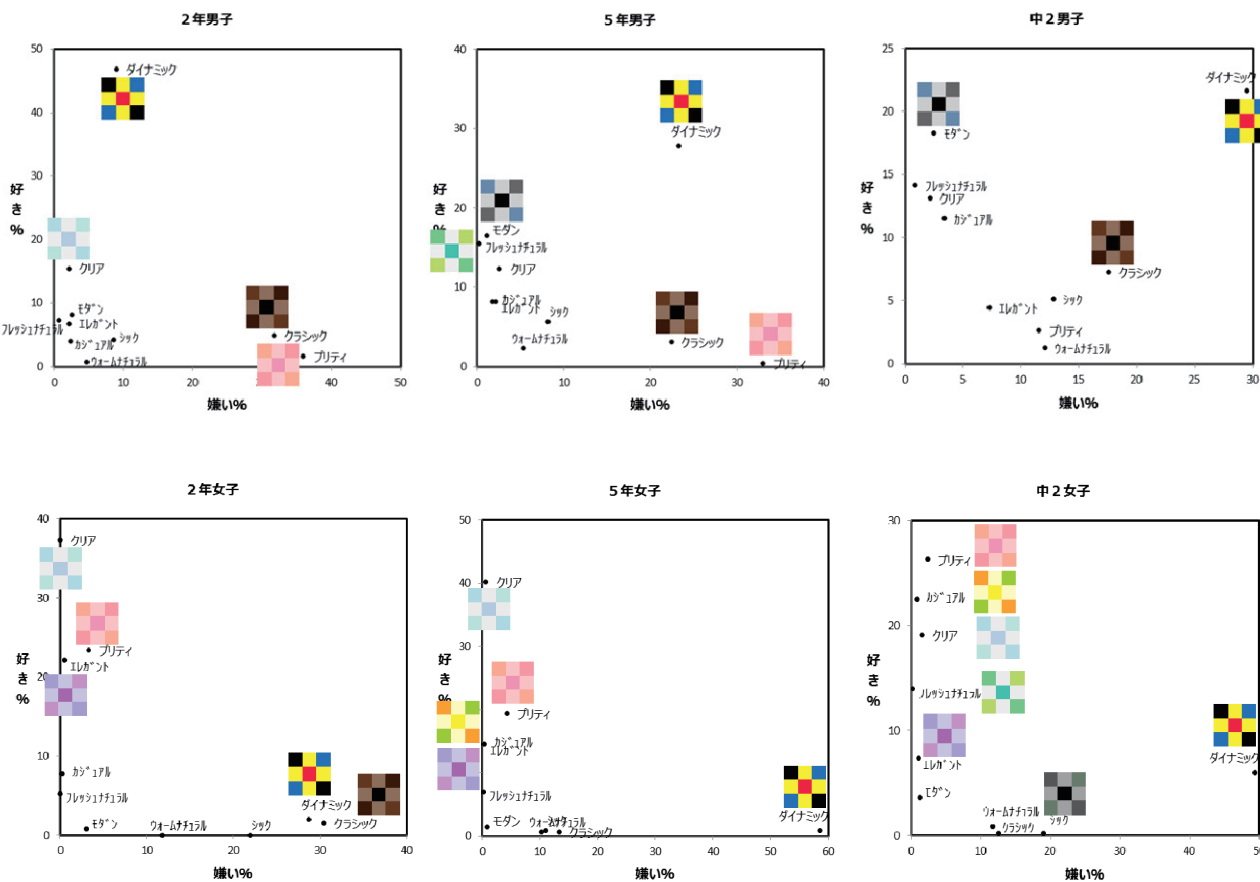


図5 配色に対する嗜好と嫌悪

色彩環境の変化が身体運動能力に及ぼす影響

—LED 昼光色と赤色を中心として—

The Effects of the environmental color change on the ability of the Human Movement

—Focus on LED daylight and red color—

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, LED ランプ, 膝関節最大伸展力, 身体重心動揺, 動作正確性.

1. はじめに

人間は、色彩に溢れる環境に住んでいる。色彩の服を着る、色彩の食を食べる、色彩の家に住むなど、様々な色彩に取り囲まれている。色彩を無視して生活は成り立たないといっても過言ではない。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。運動やスポーツの分野で、数多くの研究がされている。現在までに、行われた色彩と運動パフォーマンスに関する研究の中では、スポーツや運動を行う場所、ボールや的などの器具、及びユニフォームの色彩に関するものに大別できる。

色彩の研究について、ボールの色の違いで運動パフォーマンスに及ぼす影響(Belka, 1985)、ダーツ投げの的やダーツの色が成績に関する影響(Eason, 1980)、柔道、テコンドーなどの競技のユニフォームと勝率との関連性(Hill, 2005)などについての報告があった。また張ら(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動作正確性(ダーツゲーム得点)、全身反応時間、垂直跳び、膝関節最大伸展力および走行前・走行中・走行後の脈拍変化を測定し、色彩が人間の基本的身体運動能力に与える影響を検討した。その結果から、色彩作業環境が動作正確性、全身反応時間、垂直跳びおよび走行前・走行中・走行後における脈拍の変化に影響を及ぼす結果がみられた。赤色作業環境において一般光より、動作正確性と全身反応時間がともに成績が優れ

ていることがわかった。一方、垂直跳びについては、一般光での成績が高かった。また、緑色作業環境では、走行中における脈拍の上昇が遅いことがわかった。

これらの研究は、スポーツのユニフォームや運動用具と色彩との関連性に関する研究が多かったが、競技環境の色彩の変化と人間の基本的運動能力との関連性についての報告がまだ少ない。

本研究では、16名の被験者を対象とし、LED昼光色と赤色二つの色の作業環境の中で、身体重心の動揺、膝関節最大伸展力、筋電図、動作正確性を測定し、作業環境の色彩変化が身体運動能力に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

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3個(周波数50/60HZ)、赤色作業環境(以下赤色)はLED赤色ランプ9個(周波数50/60HZ、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。

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、筋電図、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、規則性となる。

身体重心動揺の測定は、重心動揺計(竹井社製, T. K. K. 5810 重心軌跡測定器)の上に60秒間を立ちまま、動かない状態で、身体重心動揺の軌跡を記録した。

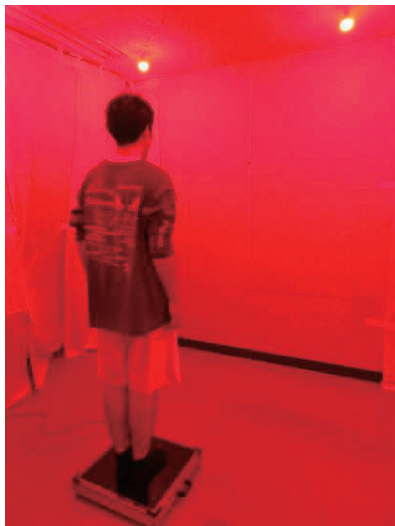


図1 身体重心動揺の測定の風景

膝関節最大伸展力は、デジタル電子筋力計(竹井社製, T. K. K5710m)を用いて測定した。被験者は装置の上に座り、膝関節は約90°に保ち、足首は補助具で固定された。被験者は検者の合図によって両足の膝関節を最大努力で伸展した。測定は3回を行い、その平均値を用いた。

膝関節最大伸展力を測定する時、被験者の大腿直筋に筋電図センサー(竹井社製, TK-11888e)を付け、その筋電図のデータを記録した。



図2 膝関節最大伸展力と筋電図の測定風景

動作正確性の測定については、国際ダーツゲーム協会のルールを適用し、ダーツボード中心の高さは1.73m、ダーツボードまでの距離は2.37mに設置した。被験者は一人当たり練習20回、本番20回で矢を投げさせることにした。最後に、20回の得点の平均値を算出した。

各色彩作業環境で測定した各被験者のデータの平均値などを算出し、有意差検定を行った。有意差検定は、対応のある2群の平均値の検定(Welch法のt-検定, 片側)方法を用いた。

3. 結果

二つの色彩作業環境において身体重心動揺の総軌跡長は図3に示している。赤色は一般光より低かったことがみられた。有意差がみられなかった。

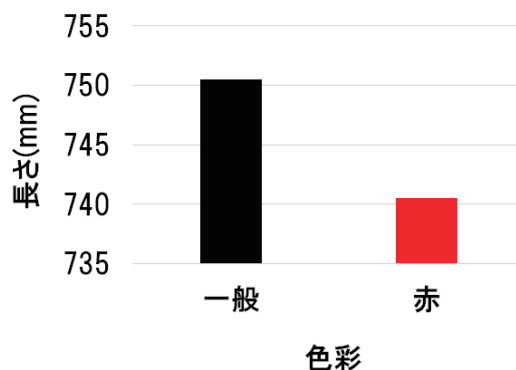


図3 身体重心動揺の総軌跡長

図4は身体重心動揺の矩形面積は図2に示している。赤色は一般光より低かったことがみられたが、有意差がみられなかった。

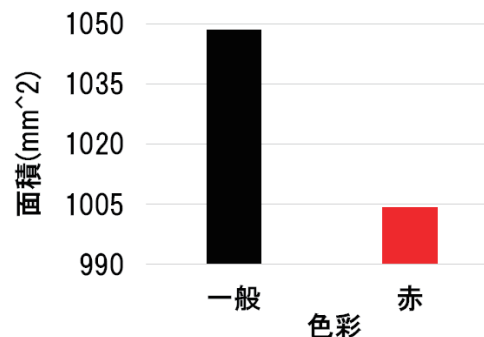


図4 身体重心動揺の矩形面積

図5は、膝関節最大伸展力を示している。赤色は一般光より低かったが、有意差がみられなかった。

た.

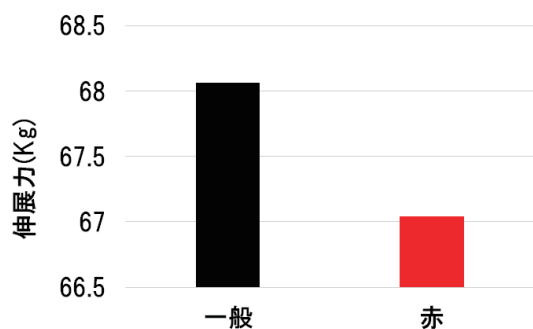


図5 膝関節最大伸展力

図6は、右足大腿直筋の筋電図積分値を示している。赤色は一般光より低かったが、有意差がみられなかった。

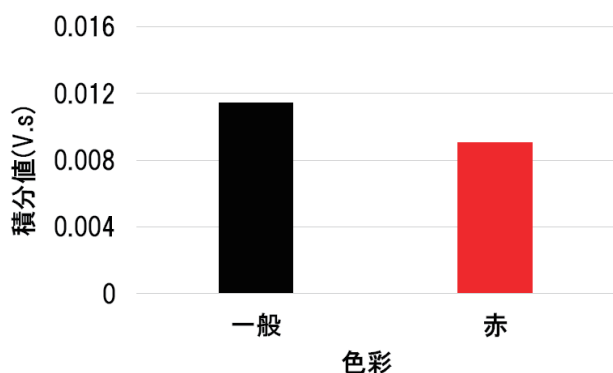


図6 右足大腿直筋の筋電図積分値

図7は、ダーツゲームの得点を示している。赤色は一般光より有意に得点が高かったことがみられた。

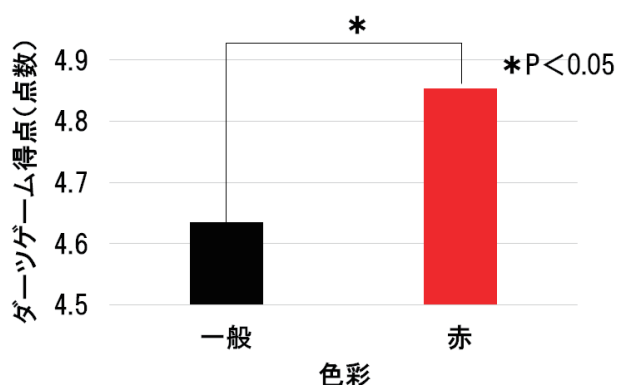


図7 ダーツゲームの得点

4. 考察

今回の研究で、身体重心動揺の結果、赤色は一

般光の間に有意さがみられなかった。赤色は一般光より総軌跡長が短く、矩形面積が小さいことから、赤色の環境にいると身体重心の動揺は一般光の環境にいるより安定であることがわかった。しかし、二つ環境の間に有意差がみられなかったため、色彩環境が身体重心の動揺に影響を与えることがいえない。

今回の研究で、赤色は一般光より筋力の発揮が小さかったことから、赤色の環境にいると人間の膝関節の伸展力に影響を与えないことがわかった。これらのことから、色彩の影響は最大努力による伸展力のような筋パワー発揮能力より、ダーツゲームに代表される技術などのスキルに影響を及ぼすことがいえるであろう。

今回の研究では、赤色は一般光より得点が有意に高かったことから、赤色の環境にいるとダーツゲームによる動作正確性にいい影響を与えることがみられた。張ら(2014)の研究結果と一致になった。この結果からみると、赤色は危険や恐怖などを示す色、人間は赤色の環境にいると、周りを警視し、さらに集中力を高めることが推測できる。ダーツゲームのような集中力を重視する項目に対して、より高い得点を得ることができると考えられる。

以上の結果から、赤色の環境にいると、動作正確性動作が求められる競技の成績がよくなる可能性があることを示唆している。

【参考引用文献】

- 1)Belka,D.E. (1985) Effects of ball color and preferred ball color on catching by elementary school children.Perceptual and Motor Skills,61:1011-1018.
- 2)Eason,B.L.,and Smith,T.L. (1980) Effects of multi-chromatic and achromatic target and darts on throwing.Perceptual and Motor Skills,51:519-522.
- 3)Hill,R.A.,and Barton,R.A. (2005) Psychology:Red enhances human performance in contests.Nature,435:293.
- 4)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.

色彩感情の測定法の開発と適用結果

A New Method for Measurement of Affection to Colors and Tentative Results

菊谷敬子	Takako Kikuya	神奈川県立大学大学院人間科学研究科	Graduate School of Human Sciences Kanagawa University
畑田明信	Akinobu Hatada	神奈川県立大学大学院人間科学研究科	Graduate School of Human Sciences Kanagawa University
三星宗雄	Muneo Mitsuboshi	神奈川県立大学人間科学部	Department of Human Sciences Kanagawa University

Keywords : 色彩, 色彩感情, 感圧式ペンタブレット, 接近動機づけ, 回避動機づけ

1. はじめに

池田 (1979) は欲求不満行動の 1 つの仮想的な例として, 自販機に硬貨を入れて品物が出てこなかった場合, 2 度目に硬貨を入れて商品のボタンを押す時の力の強さは, 最初の時に比べて強くなるという予想を挙げている。この場合最初の商品に対する欲求が 2 度目にはより高まっていたためと考えることができる。すなわち接近動機づけが高まっていたと考えることができる。

欲求または接近動機づけを色において考えてみるなら, それは色の好き嫌い (嗜好性) と相関があると思われる。すなわち好きな色 (接近動機づけが高い) に対して何かアクションを起こす時は, その力が強まり, 一方嫌いな色 (回避動機づけが高い) に対するアクションは弱いことが予想される。

本報告は感圧式ペンタブレット PC を用いて, ペンによる画面クリックの際のクリック圧の, 色に対する好き嫌いの指標としての可能性, さらに感情効果一般の指標の可能性についての予備的な報告である。

実験参加者は 9 分割して提示された PC 画面上のボタンの色 (6 色) を任意にペンでクリックし, その時のクリック圧と場所 (9 分割上のボタンの位置) が記録された。一方それら 6 色に対する好き嫌いについて調査をし, その相関を求めた。

色に対するペンのクリック圧と色の好き嫌いとの間に相関が見られるかどうかを検討することが目的である。仮説はそれらに相関があるというのが仮説である。

2. 方法

2.1 装置 刺激

Windows PC に接続された Wacom Cintiq (感圧式ペンタブレット) を用いた (図 1)。このタブレットではペン入力が可能であるが, 入力の際の「圧」も出力される。クリック圧の出力の記録には自作のソフトウェアを用いた。

このソフトは画面上に $3 \times 3 = 9$ のボタンを表示し (図 2), ボタンをクリックしたときのボタン位置およびクリックの強さ (圧) を, ボタンのプロパティ (色) とともに記録する。今回ボタンの色は白, 赤, 青, 黄色, 緑, 黒の 6 色であった (一度に提示される色は 1 色)。

順序効果を避けるために, 色の提示順は各被験者でランダムとした。クリック操作はすべてタッチペンで行った。



図 1 用いた感圧式ペンタブレット+PC

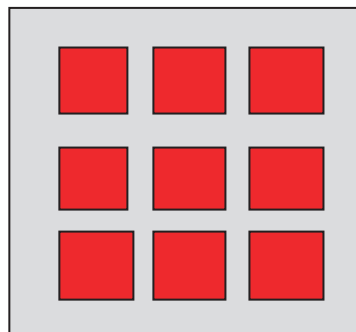


図 2 刺激パターン (赤色の場合)

2.2 実験参加者

実験参加者は現在のところ学生 14 人である。全員この種の心理実験の経験はなかった。

2.3 インストラクションと手続き

3×3=9 に分割された、ある色のボタンが表示されるので、各色 20 回のクリックを行った。与えられたインストラクションは以下のようなものであった。時間を空けて同じセッションを繰り返した。

この実験は、ボタンの色によって、クリックされる位置の偏りが変化するかどうかを確かめるための実験です。クリックする位置は、できるだけランダムに選んで下さい。これは、同じ位置を続けてクリックされたり、一定の順序でクリックされると、クリック位置の偏りを検出できないためです。また実験機材の保護のため、あまり強くクリックしたり、必要以上に素早くクリックを繰り返したりしないようにして下さい。

3. 結果

図 3 に色ごとのクリック圧の平均値を示す(縦軸は出力値のまま)。分散分析の結果、5%以下のレベルで有意な差が見られ($F(5,1194)=2.22, p<.001$), 黒がもっとも平均クリック圧が高く、赤がそれについて高かった。

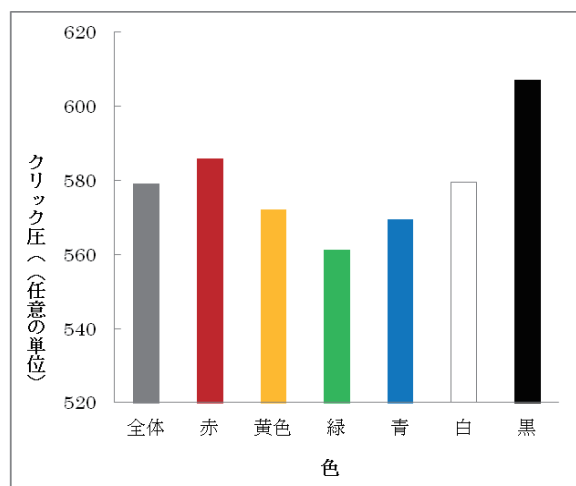


図 3 色ごとのクリック圧の平均値

図 4 は実験参加者の色の好き嫌いについての結果である。6 色について好きな順番に番号を付してもらった。縦軸は 6-順位の平均値である。全員の選択順位が 1 位であれば、6-1=5 となる。緑

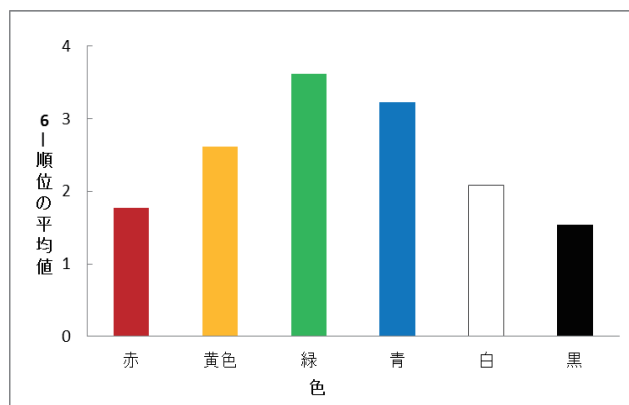


図 4 色の選択順位 (嗜好順位)

色は平均順位が約 2.5 位、白色は約 4 位であることを示す。緑色と青色がもっとも選択され (好まれ), 黒が最低であった。

その順序相関を求めたところ、 $r=-0.813$ であり、1%レベルで有意な逆相関となった。

また図 5~8 はボタンの場所ごとのペンのクリック圧の分布である (それぞれ赤, 黒, 緑, 青の例)。サンプル数が少ないので断定的なことは言えないが、図からは中央の段の圧が低いように思われる。しかしこの結果はインストラクションの内容にも依存すると思われるので、その分析は今後の課題としたい。

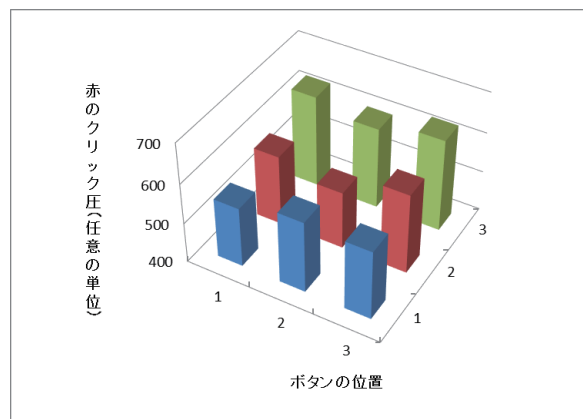


図 5 赤のクリック圧の分布

4. 考察

今回画面上の色刺激をペンでクリックする場合、そのクリック圧とその色に対する好き嫌いとの間には正の相関があるのではないかという仮説の下に検討したが、仮説が支持されなかっただけでなく、まったく逆の結果となった。すなわちもっとも好きと答えた色に対しては、クリック圧がもっとも弱く、一方最も嫌いと答えた色に対してはクリック圧が最大であった。

この結果についてはさまざまな解釈が可能であるが、実験参加者数がまだ少ないこともあり、あまり断定的な結論は下さない方がいいように思われる。しかし暫定的にせよこれだけ明瞭な傾向が得られたことから、ペンのクリック圧が感情の行動指標として有望であることが窺われる。

以下この方法を感情の測定法として用いる際の考慮しなければならないと思われる点について記す。

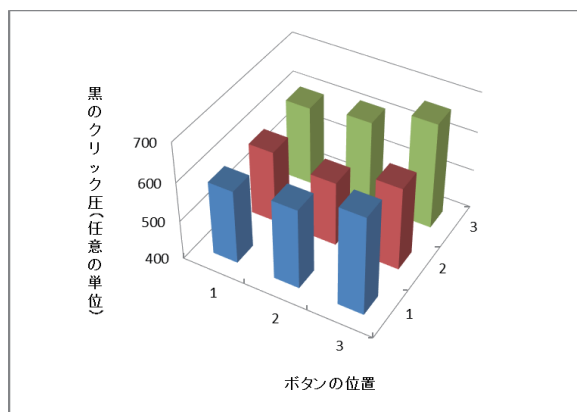


図6 黒のクリック圧の分布

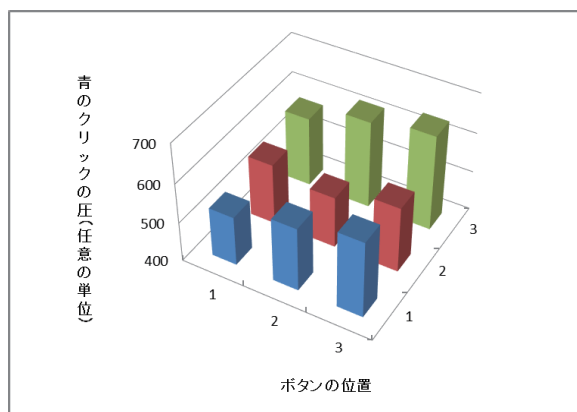


図7 青のクリック圧の分布

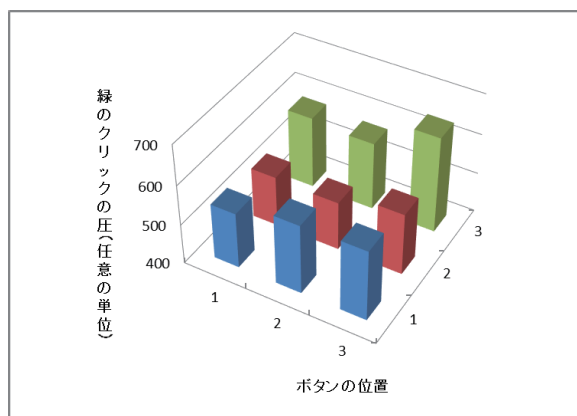


図8 緑のクリック圧の分布

(1) 色差感情と行動的指標：

心理学における感情の測定法は、しばしば質問紙法などによる主観的評価、非言語行動などの行動的指標および脳波などの生理的方法に分けられる(樋口, 2014)。本報告の方法、ペンのクリック圧はその中の行動的方法に入ると思われる。行動的指標は、ある種の感情の身体的な表出である。一方色彩に対する感情は、身体的な表出を伴う強い感情(emotion)や長時間持続する気分(mood)などと異なり、感覚に付随する感覚的感情(sensory feeling)として分類される(柳瀬・近江, 1987)。もし今回の結果が事実であるとするなら、色彩に対する感情を行動的な指標としてのペンのクリック圧によって捉えることが可能と言える。

(2) 色の「好き嫌い」について：

色に付随しやすい感情とそうでない感情とがあり、好き嫌いの感情はちょうど中間に入る(柳瀬, 1982)。したがって色に対する好き嫌いの感情は元来表れにくいことが予想される。しかし今回の結果はペン圧は色の好き嫌いをも捉え得る可能性を示した。今後好き嫌いの感情以外の感情についてその相関を検討する必要がある。

(3) インストラクションについて：

今回行ったインストラクションに含まれる「・・・また実験機材の保護のため、あまり強くクリックしたり、必要以上に素早くクリックを繰り返したりしないように・・・」という教示によって、実験参加者はクリック圧のレベルを均一にするような、あるいは何か他の努力を行ってしまった可能性がある。感情を扱う以上インストラクションには細心の注意を払う必要がある。

(4) 刺激布置について：

今回は一度に同じ色を刺激として提示したが、9分割された各部分にそれぞれ異なった色を提示することが考えられる。この場合場所効果が生じると予想されるが、何らかの方法でカウンターバランスすることは可能であろう。

(5) ペンによるクリック圧の精度：

ペンによるクリック圧がどの程度正確に記録されるのか、今回は校正していないが、将来は校正する必要がある。

最後にクリック圧には有意な順序効果が見られた(図9)。図9を見てみると、最初の刺激が提示された時が、最もクリック圧が低く、徐々にクリック圧が上昇して5番目の刺激が提示された時に最高値を記録した後、若干の低下を見せている。

つまり、最初は実験動作に慣れていないためか、クリック動作が慎重になり、試行を重ねるにつれて上昇するものと思われる。

従って、同種の実験を行う場合には、本実験のように、提示する刺激の提示順をランダムにするか、ある程度実験参加者が慣れるまで、予備的な試行を行っておく必要があるといえるだろう。

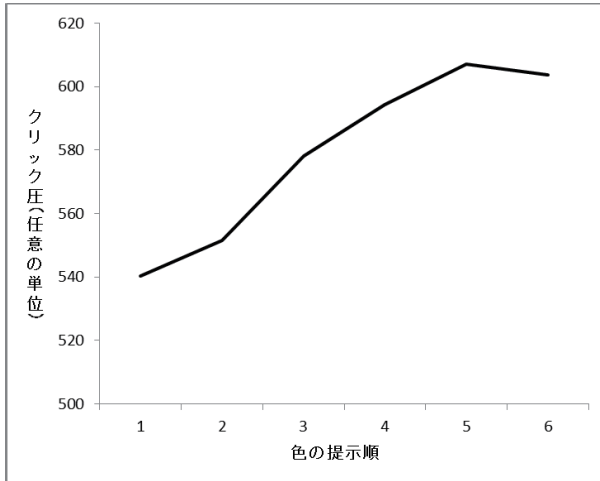


図9 刺激の提示順によるクリック圧の変化

引用文献／参考文献

池田貞美 (1979) 葛藤と欲求不満, 原岡一馬・河合伊六・黒田輝彦 (編) 『心理学—人間行動の科学—』, 第4章, p.100, ナカニシヤ出版.

樋口貴広 (2014) 感情の動きを読み取る—主観・行動・生理心理学的研究法—, 大野木裕明・渡辺直登 (編) 『改訂新版 心理学研究法』, 第13章, pp.178-189, 一般財団法人 放送大学教育振興会.

柳瀬徹夫 (1982) 色彩計画, 安部公正他 (編) 『工業デザイン全集』, 第4巻, 第3章, 日本出版サービス.

柳瀬徹夫・近江源太郎 (1987) 色彩感情, 川上元郎・児玉晃・富家直・大田登 (編) 『色彩の事典』, 第2章, 2.4, pp.259-271.

配色要素が建物の印象に及ぼす影響

Effects of Color Elements on the Impression of Architecture

庄 怡 Yi Zhuang 筑波大学大学院 Doctoral Program in Art and Design,
 芸術専攻(博士後期課程) University of Tsukuba
 山本早里 Sari Yamamoto 筑波大学芸術系 Institute of Art and Design, University of
 Tsukuba

Keywords: 環境色彩, 印象評価, 色の使用面積

1. はじめに

イタリア、フランス、日本、中国において、国や町で公表されている景観計画や色彩計画を2014年に調査した¹⁾。その結果、町の色をコントロールする方法は使用する色の値を決めることを中心に実施されているが、色の使用面積、基調色の使用頻度、使用部位などの配色要素も利用されていることが分かった。

日本では、コーポレートカラーなどの様々な色を建物に使いたいという需要が多い。色の配置については、そのまま使われるか、行政の色彩計画に沿って直されている²⁾のが現状であるが、そのまま使われていると騒色³⁾になる例が多い。一方で色彩計画通りに直されると、色彩に関する個の特徴は尊重されず、生活の利便性が失われるとも言われている。このため、色彩を制限する条例やガイドラインに、小面積に使用可能なアクセント色が導入されている。このような条例⁴⁾ではどのような色でも同面積に制限され、主に彩度のみ制限されている。しかし、色相や、明度、彩度によって許容できる面積が異なると考えられる。

先行研究において、吉田慎悟は景観要素の色彩構成をもとに、全体の調和を目指し、景観形成のための使用可能な色に関する研究を行った結果⁵⁾、町並に相応しい建物の色を示したが、面積などの他の配色要素については述べていない。三星宗雄の騒色に関する研究³⁾では、町に新しく入ってきた周辺と調和していない色の改善策について、使用色と使用面積の調整、高さの制限などに言及したが、具体的な修正案はまだ見られない。熊澤貴之の景観色彩設計法⁶⁾では、現在の色彩ガイドラインは、設計対象となる壁面の部分や立体的なバランスを考えていないのが現状で、色彩の組み合わせに関する規定がなく、アクセント色の計画手法が定まっていないと指摘している。

歴史的な町並において、色の使用は一番厳しく

制限されている。そして、歴史的な町並の雰囲気にあうように、周辺の店なども図1の右のように看板の色や色の使用面積に配慮している。しかし、色の使用範囲、使用面積、使用部位などのような配色要素の関係性を考慮して色を取り入れる方法はまだ見られない。



左：歴史歴な町並の看板 右：周辺の店の看板

図1 歴史的な町並及びその周辺の店の看板

2. 研究目的

本研究では、環境色彩のコントロール方法の一つとして、町の雰囲気に影響を与えている配色の要素及び関係性を明らかにするため、色相や明度、彩度によって許容できる面積が異なることを明らかにする。

3. 印象評価

(1) 実験方法

新しい色を屋外広告物と想定して取り入れた建築物の印象評価を求める実験を行った。今回の実験では、色の使用範囲及び使用面積を考慮し、実験図版を制作した。建物のシミュレーション図版は中国蘇州の周庄の歴史的な建物をもとに作成した(図2)。

実験図版は63枚で、色相、明度、彩度によって許容できる面積が異なることを明らかにするため、実験に使う色は明度と彩度によって分けている。屋外広告物を想定した新しい色の使用面積

はファサードの総面積の1%、3%、5%に分けた(図2、表1)。

この新しい色を付けたファサードを7段階のSD法で評価する。図3に評価項目を示す。評価項目は「伝統」、「調和」、「許容」に分けている。

図2に示す図版を28cm×12cmにプリントアウトし、ランダムに被験者に示し、評価用紙に印象を回答してもらった。検査用光源を使用した。被験者は、筑波大学の43人の中国の留学生である。



図2 周庄をもとにした建物のファサード

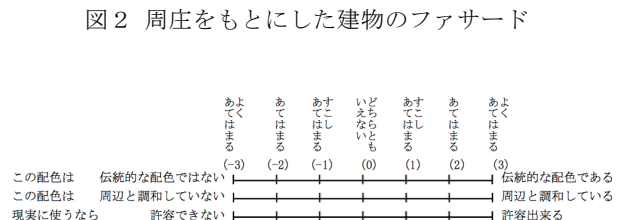


図3 評価項目

表1 実験で使用了色彩のマンセル値

	明度の効果を見る刺激			彩度の効果を見る刺激		
R系	10R 3/4*	10R 6/4*	10R 8/4*	10R 5/6	10R 5/10	10R 5/14
Y系	10Y 3/4*	10Y 6/4*	10Y 8/4*	10Y 5/6	10Y 6/10	10Y 8/12
G系				10G 5/3*	10G 5/6*	10G 5/10*
B系	10B 3/4*	10B 6/4*	10B 8/4*	10B 5/3	10B 5/6	10B 5/10
P系				10P 5/6	10P 5/10	10P 4/12
N系	N3*	N6*	N8*	10P 5/6	10P 5/10	10P 4/12

*面積3%の画像を作成しなかったもの

(2) 実験結果と考察

図版に対する評価のSD法7段階を-3~3までの数値に対応させ、この数値をもとに平均値及び標準偏差(SD)を用いて分析を行った。今回の分析では、平均値が0以上になると許容できる、平均値は0以下になると許容できないとし、考察した。

a. 被験者の専攻背景

被験者の専攻に関する調査は都市計画、環境デザイン、建築関連、その他のデザイン領域、デザイン領域以外に分けた。歴史的な町並に新しい色を入れることが許容できるかを調査し、27人(63%)は許容できると回答した(図4、5)。

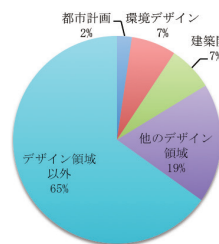


図4 被験者の専攻

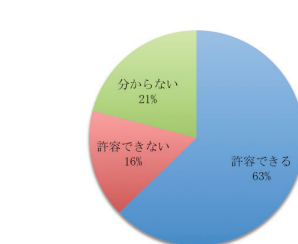


図5 新しい色に対する許容

b. 色相別に見た「許容できる」彩度の分析

図6に色相別の彩度の許容値を示す。彩度が高くなると許容度が低くなり、面積が大きくなると許容出来る彩度が下がってくるのが分かった。許容値の平均値で見ると、面積1%の場合、Y系は彩度12になり、R系、B系は彩度10以上になると許容できなくなった。G系、P系は彩度6以上になると許容できなくなった。

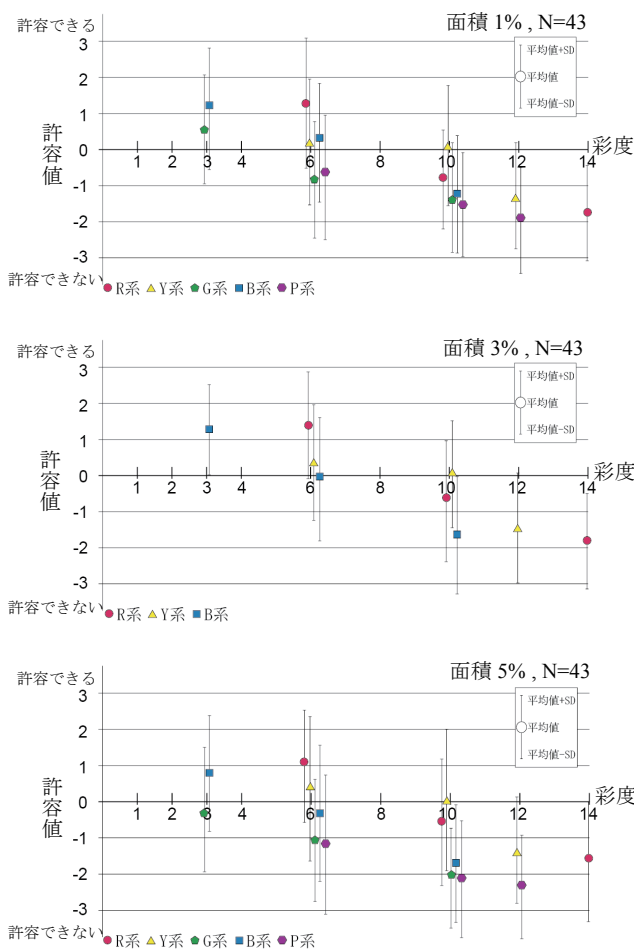


図6 色相別の彩度の許容度

面積が3%の場合、R系は彩度10以上、Y系は彩度12以上になると許容できなくなった。B系は彩度6以上になると許容できなくなった。面積が5%の場合、R系は彩度10以上になり、

Y系は彩度12以上になると許容できなくなった。
G系、B系、P系は彩度6以上になると許容できなくなった。

c. 色相別に見た「許容できる」明度の分析

図7に色相別の明度の許容値を示す。面積が1%~5%、彩度が4の場合、R系、Y系、B系は明度8以上になると許容できなくなった。無彩色Nの場合、明度1から8まで許容できることが分かった。

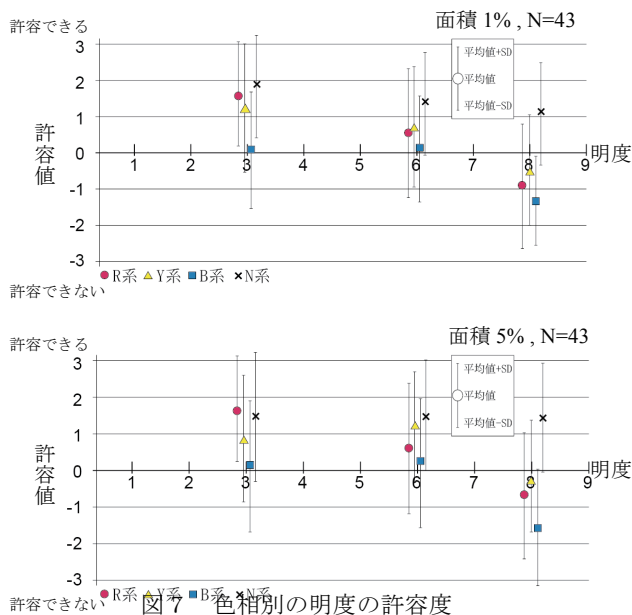


図7 色相別の明度の許容度

4. まとめと今後の課題

色相、明度、彩度の値によって許容できる面積が異なることが明らかになった。今回の実験では平均値を0以上になると許容できると考え、図8に示したように色彩による許容できる面積をまとめた。

明度については、彩度が4の場合、R系、Y系、B系、N系の明度の許容値を検証したところ、有彩色では、明度は8以上になると、許容できなくなった(図8)。無彩色に対する許容度はこれより高かった。

今回の実験では、色彩の使用について、P系の色は彩度6以上を実験したが、許容できないという結果であったため、今後は彩度6以下の色を実験する予定である。5%までの面積を実験したが、実験結果により、R系、Y系、B系の色は5%の面積を超えても許容できると予想できる。そして、今回は一色のみ使用する場合を評価した。部位及び形も一種類である。今後は部位及び形も含めて検討する予定である。

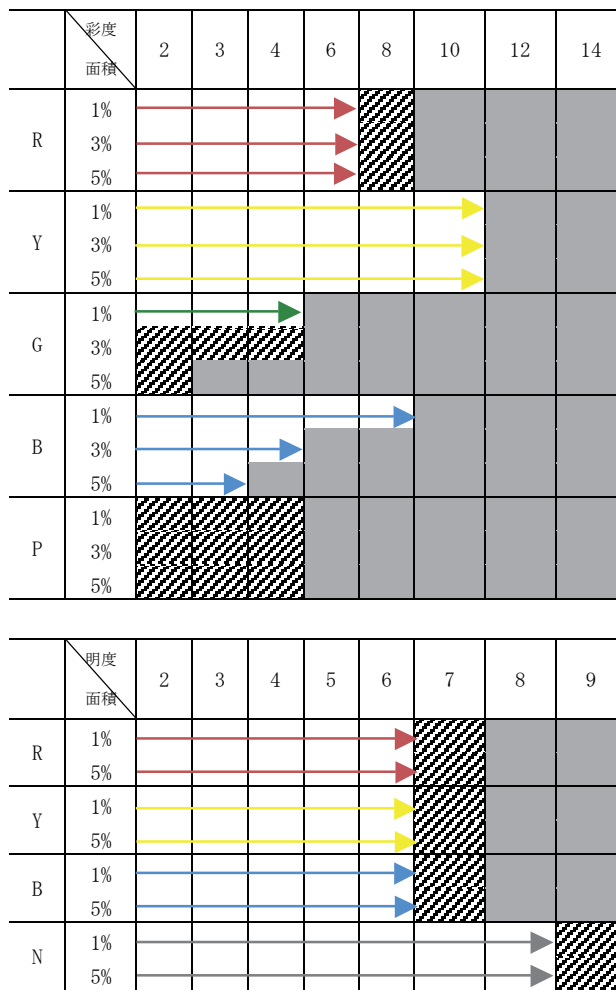


図8 色彩による許容できる面積

謝辞

本研究は科研費(課題番号15K00677、研究代表者:筑波大学山本早里)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 庄怡、山本早里:景観計画における色のコントロール方法の抽出—イタリア、フランス、日本、中国における町の色彩計画をもとに一、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)、pp. 487-488、2015(掲載決定)
- 2) 京都市屋外広告物等に関する条例、2013
- 3) 三星宗雄:日本における騒色公害とその解決、神奈川大学人文学研究所報42, pp.35-51、2011
- 4) 東京都景観色彩ガイドライン、2007
- 5) 吉田慎悟:まちの色をつくる、建築資料研究社、pp. 48-59、1998
- 6) 熊澤貴之、山本早里、榎究:周辺環境色の調和を考慮した景観色彩設計法の有効性、日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)、pp. 521-524、2014

アゲハチョウの翅における色構成に関する調査

Investigation of color structure in the swallowtail butterfly wings

梯 絵利奈 Erina Kakehashi 首都大学東京大学院 Tokyo Metropolitan University
 笠松 慶子 Keiko Kasamatsu 首都大学東京大学院 Tokyo Metropolitan University

Keywords: アゲハチョウ, 自然色彩, 色彩調和.

1. はじめに

自然の色彩の調和については、ジャッド¹⁾が自然にみられる色の変化は調和するとまとめている。また、自然における色彩に関する研究としては、草木ら²⁾が、植物にみられる色彩の特徴を明らかにしている。また、足立ら³⁾は「植物に現れる色の組み合わせは、JIS 標準色票の色の組み合わせよりも調和の良さを表す得点が高くなる」と述べている。これらのことから、自然における色彩の応用は可能であると考えられる。

また、榊原ら⁴⁾は直感的デザインのモチーフとして昆虫を起用し、それに対するイメージのアンケート調査を行ったところ、チョウが最もポジティブな印象をもたれるという結果を得ている。更に、和田ら⁵⁾は、「蝶翅の色彩は、色相、明度、彩度等の様々な組み合わせや変化があるにも関わらず、全体として調和と統一が保たれている」と述べている。なお、蝶翅の配色比率に関してはアオスジアゲハ・ミカドアゲハから青銅比（おおよそ 1:3）を見いだしている。⁶⁾

そこで、本研究では、自然のものの中でも特にアゲハチョウの翅（蝶翅と以降表記する）の色彩に着目し、蝶翅に見られる色彩調和の特性の解明の為、本報告では色構成の調査を行うこととする。

2. 調査方法

蝶翅における配色傾向の調査は、図鑑⁷⁾⁸⁾⁹⁾より抜粋した 51 種のアゲハチョウ科の種を対象に行った。なお、紙面と実物では色の見えに多少の差異が生じることを考慮し、本研究ではイメージによる色の分類が可能な PCCS 値を用いて調査を行った。調査としては以下の(1)~(4)であった。

(1) PCCS 値の抽出

まず、以下の条件で画像の処理を行った後、PCCS 値を抽出した。

- ①サイズ：100×100pixel
- ②解像度：350dpi
- ③カラーモード：8ビットカラー

各蝶翅の色から抽出した PCCS 値をもとに、近似したトーンを割当て、各蝶翅の色相分布表及び明度・彩度分布表を作成した。

(2) 明度・彩度・トーンに対応表の作成

明度・彩度とトーンから各色の対応を、横軸を彩度、縦軸を明度、トーンを色にとり確認した。

(3) グルーピング

各パターンにおいて、色相の近似した色を保有する種同士を同一グループにまとめた。また、どのグループとも近似しない 3 種は除外して調査を行った。

(4) 面積の条件

グルーピングを元に配色傾向を探ったところ、各色の面積率も関係していることがわかった為、以下のように面積率を定義づけた。なお、()内は表示名である。

- ベースカラー (大)：各種の保有する色の中で最も面積の割合が大きい色
- アソートカラー (中) 2 番目に面積の大きい色 (小でも中との割合の差が 10%以内の色は中とみなす。)
- アクセントカラー (小)：大・中の割合以下の色 (中でも割合が 5%以下の色は小とみなす。)

3. 結果

(1) パターン分類

明度・彩度・トーンに対応表から蝶翅の配色傾向を調べたところ、「二極化」と「散布」の2つのパターンに分類することができた。各パターンの特徴を、分析したデータの一部を用いて紹介する。

まず、「二極化」のパターンでは、主に各色の明度・彩度の間に類似や対照の傾向が明確にみられる。例えばゴライアストリバナアゲハは Bk と、s トーンの Y 及び YG との組み合わせによって、彩度に大きな対比がみられ、かつ、Y と YG は同一トーンの関係にある。

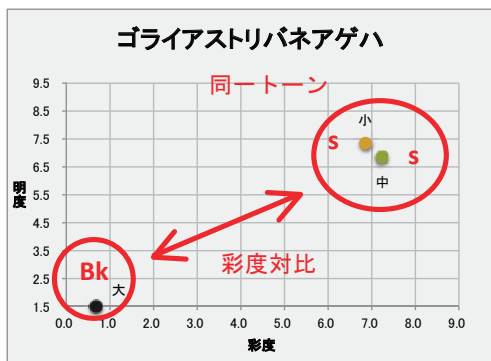


図1 ゴライアストリバナアゲハの配色傾向

次に、「散布」のパターンでは、図2のキアゲハのように各色が様々な明度・彩度に広く分布している。

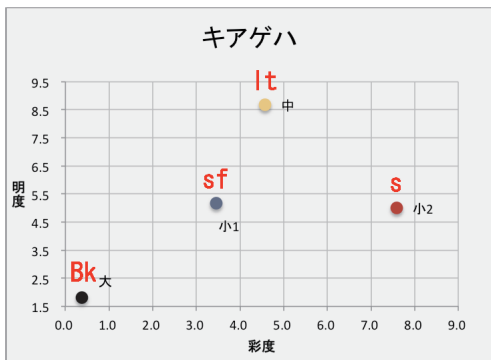


図2 キアゲハの明度・彩度分布

(2) グループ

グルーピングの結果から、A~Jまでの10グループに分類できた。各グループの色相及びトーンの分布傾向を表1に示す。

表1 色相及びトーンの分布傾向

対照・類似	グループA	色相	9~12のG系を中心に、種によっては7にも分布
	グループA	トーン	(中・小)はp+, Itトーンを中心とした類似トーンで構成。(大)と(中・小)は明度における対照トーン。
	グループB	色相	8及び10の色相で構成されている。アカメガネアゲハのみ5にも分布
	グループB	トーン	(中・小)はsトーンを中心とした類似トーンで構成。(大)と(中・小)は彩度による対照トーン。
	グループC	色相	7~9のY系に分布。アサクラアゲハのみ17にも分布
	グループC	トーン	(大)と(中・小)は明度における対照トーン。(大・中)と(小)は彩度による対照トーン。
	グループD	色相	3及び8~9の色相で構成されている。
	グループD	トーン	(大・小)と(中)は明度における対照トーン。
	グループE	色相	8~9のY系に分布。シロオビアゲハのみ19~20にも分布。
	グループE	トーン	(大)と(中・小)は明度による対照トーン、及び彩度の類似がみられる。
ばらつき	グループF	色相	2~4のR系及び6~9のY系に分布。
	グループF	トーン	BkとY系は明度の対照、及び彩度の類似がみられる。また、Bk・Y系とR系は彩度の対照がみられる。
	グループG	色相	2~3のR系及び7~9のY系及び19の色相で構成されている。
	グループG	トーン	彩度の類似したBk(大)・Y系(中)・19(小)と、R系(小)との彩度の対比がみられる。(大・小)と(中)は明度による対照トーンで構成されている。
	グループH	色相	2~3のR系、4~6のO系、7~9のY系、18~21のB系で構成されている。
	グループH	トーン	Bk(大)とY系(中)は明度の対照がみられ、(小)は中明度。また、(小)の暖色系は高彩度、寒色系は低彩度に分布。
	グループI	色相	7~9のY系に分布。
	グループI	トーン	(大)と(小)は明度若しくは彩度による対照トーン、(中)は中明度。
	グループJ	色相	3~7のO系に分布。
	グループJ	トーン	Bkは(大)、Oは(小)で低~中明度、中彩度トーンで構成されている。

4. 考察

各グループから詳細な配色傾向を探った結果、「二極化」のパターンの配色はトーンの類似した色同士に明度もしくは彩度の対比を大きくとった組み合わせと、彩度も明度も大きく対比した組み合わせがみられた。また、「散布」のパターンの配色は主に、低明度無彩色の大面積の色に対し明度差の大きい色と、中明度の色との組み合わせで構成されていた。こうした対比のはっきり取れない「あいまいさ」は不調和を生みがちであるが、対比を「中和」させる効果があるのではないかと考える。また、「二極化」においてはジャッド¹⁾の明瞭性の原理や類似性の原理に当てはまるが、「散布」においては既存の色彩調和論に適応しない為、今後感性評価の実験によってその調和効果を検証する予定である。

5. 参考文献

- 1) 千々岩英彰(1991)色彩学, 福村出版, 180-182.
- 2) 草木雅広(2002)花からはじめる自然色彩学, 六耀社
- 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) 榊原由貴(2015)直感デザインに向けた生物の応用可能性の検討-昆虫を例に-, 日本人間工学会誌, 第51巻特別号, 254-255.
- 5) 和田香苗・薄井正彦(1962)蝶翅の色彩-蝶翅の色彩分解と配色の研究一, 工学院大学文化科学研究論叢, 101-116.
- 6) 梯絵利奈(2014)アゲハチョウの翅における色彩調和, 第16回日本感性工学会大会予稿集, P55.
- 7) 浜野栄次(1986)台湾産蝶類生態大図鑑, 講談社
- 8) 今森光彦(2014)世界のチョウ, アリス館
- 9) 今森光彦(2014)ときめくチョウ図鑑, 山と溪谷社

色刺激による輝度刺激由来の脳活動の抑制

The suppression of luminance induced brain activity by chromatic stimuli

根岸一平 Ipeei Negishi 高知工科大学
 篠森敬三 Keizo Shinomori 高知工科大学

Kochi University of Technology
 Kochi University of Technology

Keywords: 色覚, 脳情報, fMRI.

1. はじめに

色情報と輝度情報の相互作用の存在は過去に多く指摘されており, その中には色刺激による輝度情報の抑制を示唆する研究も存在する[1,2]. 我々は過去の研究において fMRI を用いて局所的に配置した色パッチの彩度の変化が輝度パターンに由来する脳活動に与える影響を fMRI を用いて測定し, V1 において色刺激によって輝度情報の抑制が行われているという結果を得た[3,4]. 本研究においては, この抑制効果がどのような機序によって発生しているのかを調べるため, 網膜上の色刺激位置に対応する脳部位とそうでない部位における抑制効果の有無について, 比較検討を行った結果を報告する.

2. 実験方法

(1) 被験者

実験1および2では13名, 実験3では4名の被験者が実験に参加した. 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

MRI 装置はシーメンス社の Verio(3T)を用いた. 被験者は MRI 装置内で色彩輝度計によって校正済みの液晶プロジェクタからスクリーンに投影された画像を観察した. 観察距離は69cmで, 視野角は $31.5^{\circ} \times 25.2^{\circ}$ であった.

(3) 実験手順

実験1~3において実験手順は共通であった. 15sの刺激フェーズとそれに続く15sの休憩フェーズを併せて1つのトライアルとした. 刺激フェーズでは視覚刺激とそれをピクセル単位でスクランブルしたパターンが1Hzで交互に呈示され, 被験者は中央の注視点を固視するように教示された. 休憩フェーズでは始めの5s間で被験者の覚醒状態の確認のため, 色覚とは無関係な中心窩での形状変化知覚タスクを行い, 残りの10s間

は何も行わなかった. 休憩フェーズの間は, 中心部呈示の知覚タスク刺激を除き, 黒背景を呈示した. 本実験では, fMRI を用いて刺激フェーズ中の脳活動の計測を行った.

3. 実験1

(1) 視覚刺激

図1に視覚刺激の概要を示す. 無彩色の楕円を複数重ねた背景上に, 黒色のふちの付いた10個の色パッチを円周上に配置した(左図). この視覚刺激を, ピクセル位置をスクランブルしたものが右図である. 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, その位置はトライアルごとにランダムな場所に配置された. 彩度(マンセル表色系における Chroma)はトライアル内では6, 4, 2, 0の4条件のいずれかに固定された. 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. また, 刺激フェーズを通してスクリーンの中央に白色の注視点を呈示した.

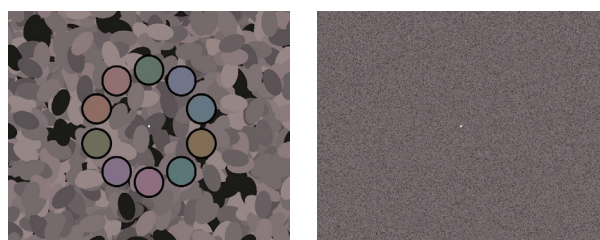


図1 視覚刺激 (実験1)

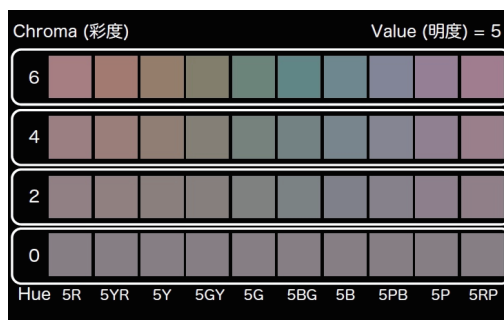


図2 色パッチの詳細 (実験1・2)

(2) 実験結果

V1, V2, V3, V3A/B, hV4, LO1 の脳領域における各彩度条件観察時の脳活動を図3に示す. 被験者によって全体的な活動の大きさにばらつきはあったものの, 全ての領域で彩度0条件より彩度2条件での活動が有意に小さかった. また, 脳活動の大きさは彩度の高さと単純に相関せず. 無彩色 (彩度0) 条件での脳活動が全条件で一番大きく, 有彩色条件においては彩度が高いほど大きな脳活動がみられた.

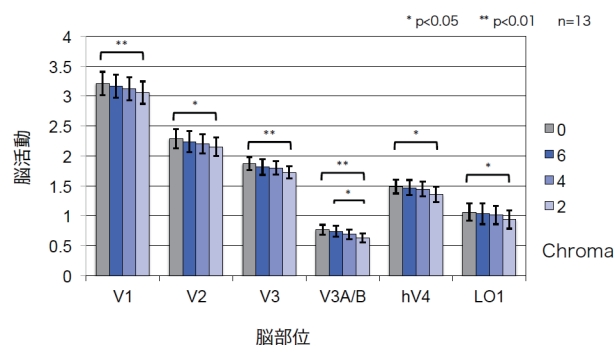


図3 彩度条件による脳活動 (実験1)

4. 実験2

実験1において彩度条件によって脳活動の大きさに違いが見られたが, この結果が色パッチによって輝度由来の脳活動が抑制によるものなのか色パッチそのものに対する脳活動の違いによるものなのかは区別ができない. そこで, 実験2では実験1で用いた視覚刺激から背景の輝度パターンを除去して実験を行った (図4). もし実験1の結果が色パッチに対する脳活動の違いであったならば実験2でも同様の結果が得られ, 実験1の結果が輝度湯隊の脳活動の抑制によるものであれば実験2では彩度条件による結果の違いはみられないことになる.



図4 視覚刺激 (実験2)

(1) 視覚刺激

図4に視覚刺激の概要を示す. 実験2では, ピクセル位置をスクランブルした刺激について, そのピクセル存在範囲を色パッチの存在場所に限定した (右図).

(2) 実験結果

実験2ではいずれの脳領域においても彩度条件による有意な脳活動の差はみられなかった. このことから, 実験1の結果は輝度刺激による脳活動が色パッチの存在によって抑制されたためと考えることができる.

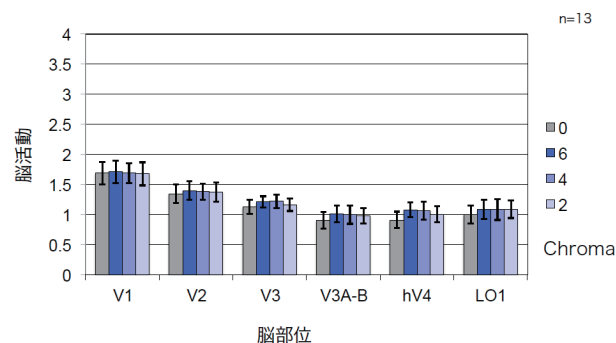


図5 彩度条件による脳活動 (実験2)

5. 実験3

実験1・2によって色刺激によって輝度刺激由来の脳活動が抑制されることが示された. しかし, 色パッチが視野の全方位に配置されていたために抑制が色パッチ付近の限られた領域で起こるのか, それとも全視野で起こっているのかの区別は付かなかった. そこで実験3では色パッチの呈示位置を左右視野のどちらかに限定した刺激条件を用いて, 色パッチを呈示した視野に対応する脳部位 (反側半球) とそうでない脳部位 (同側半球) における抑制の有無および大きさを比較することによって, 抑制がローカルな現象であるのかそれともグローバルな現象であるのかを明らかにする.

(1) 視覚刺激

実験3では色パッチの数を4つに変更し, 左側の2つのみ有彩色のもの (図5左), 右側の2つのみ有彩色のもの (図5右), 全て無彩色のもの3条件で実験を行った. 有彩色パッチの彩度は2で, 色相は円方向に連続的に変化して全ての色相を含むものとした. 有彩色・無彩色パッチともに明度は実験1・2と同様に5に設定した.

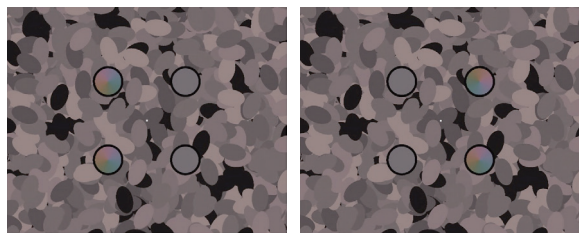


図6 視覚刺激 (実験3)

(2) 実験結果

左側および右側有彩色条件における反側半球および同側半球の V1 における脳活動を図7に示す。縦軸は各被験者の無彩色（抑制なし）条件での脳活動で正規化しており、反側・同側半球ともに有意に1より小さいことからどちらの半球でも抑制が起こっていることがわかる。また、反側半球と同側半球での活動に有意な差が見られないことから全視野において同等に抑制がかかっていることが示唆される。

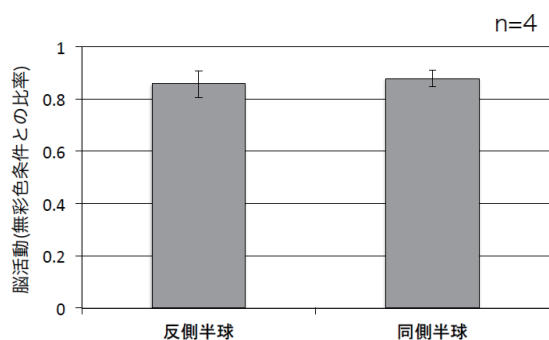


図7 片側有彩色条件における反側および同側半球の活動

6. まとめと考察

実験1・2の結果から、色刺激によって輝度刺激に由来する脳活動が抑制されることがわかった。また、色情報が強さ（彩度が大きい）と抑制の強さが比例するといった単純なものではなく、逆に色情報が強いほど抑制が弱くなるといった結果が得られた。このことから、はじめに抑制を行うかどうかを色情報の有無によって決定し、抑制を行う場合には色情報の強さによって抑制量を決定するという二段階の処理が行われていることが示唆される。抑制を行うかどうかを判断する際の色刺激の閾値の大きさや閾値付近での振

舞いに関しては未だわかっていないものの、この抑制により色情報を含まない刺激を観察している際には輝度に対する感度を最大化し、色情報を含む刺激を観察している際には輝度に対応する脳活動を抑制することによって色情報に対応する信号の S/N を必要なだけ向上させるというように輝度情報と色情報に対する感度の最適化を行っているのではないかと推測される。

また、実験3の結果から、抑制が視野全体で均一にかかっていることが示唆された。このことから、抑制の有無を決定する信号は視野依存性を持たない、または視野依存性の小さい腹側経路からのフィードバックではないかと推測される。このことは、色情報が主に腹側経路において処理されているという知見[5]とも一致する。

謝辞

本研究は科研費(24300085)の助成を受けたものである

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) M. Goodale and A. Milner: Separate Visual Pathways for Perception and Action, *Trends in Neuroscience* 15(1) (1992) 20-25

光感受性網膜神経節細胞が関与する明るさ知覚の定式化

Formulation of perceived brightness as a function of ipRGC

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

光受容する視細胞において、錐体、桿体とは異なる内因性光感受性網膜神経節細胞(以下 ipRGC)が発見され、その機能は生体の概日リズム制御や瞳孔反射にあることが見いだされた¹⁾²⁾。これらの経路は非視覚形成と呼ばれ、従来の輝度、色や運動知覚の視覚形成とは異なる投射経路である。一方で、ipRGCにて受容された光が視覚形成経路への投射や明るさ弁別がノックアウトマウス等による実験によって示され³⁾⁴⁾、明るさ知覚へ影響することが示唆されつつある。そこで本研究では、ヒトにおける ipRGC が関与する明るさ知覚機構の解明を目的として、明るさ知覚の定式化と錐体・桿体・ipRGC 寄与の機構を検討した。

実験は 6 色光源を用いて、silent substitution 法によって行なった。ipRGC への刺激を変数とし、錐体への光刺激が一定である錐体 silent、さらに錐体および桿体への光刺激強度が一定である錐体桿体 silent の光刺激を作製し、magnitude estimation 法を用いて明るさの数値化を行なった。その結果を基に ipRGC が関与する明るさ知覚の定式化を行なった。

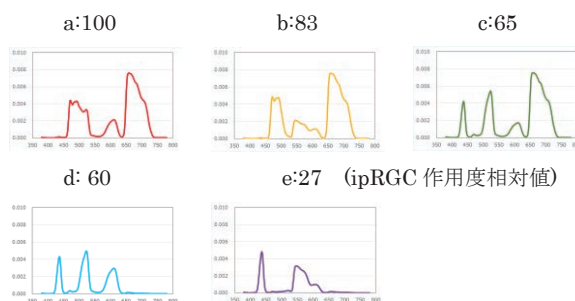
2. 実験方法

(1)光刺激作製

実験は錐体 silent(実験 I)と錐体&桿体 silent(実験 II)を行なった。光源は RGB 分光分布の異なる 2 種類のプロジェクター(6 原色プロジェクター)を使用し、それぞれの出力をスクリーン上で合成し、視覚刺激とした。錐体 silent の場合は L-M-S-錐体および ipRGC の 4 種類の細胞への刺激を制御するため、6 色中少なくとも 4 色の混合が必要となる。同様に、錐体と桿体の両方を silent にするには、桿体を加えた 5 種類の細胞への刺激を制御するために 6 色中少なくとも 5 色の混合が必要となる。2 台のプロジェクターを駆動する PC のそれぞれの RGB 値を調整することにより、色度は白色($x=0.328, y=0.367$)とし、実験 I、実験

II それぞれ ipRGC 作用度の異なる 5 条件、2 条件の光刺激を作製した。また、各刺激において 20~110cd/m²の間で輝度変化させた。図 1 にそれぞれの光刺激の分光分布および ipRGC 作用度(相対値)を示す。

実験 I



実験 II

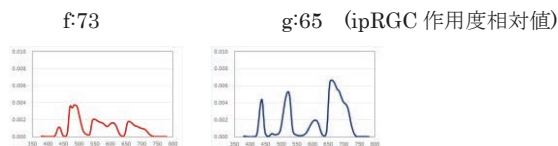


図 1 光刺激分光分布(横軸: 波長(nm)、縦軸: 強度)

(2)明るさ知覚評価

明るさの評価は magnitude estimation 法で測定した。被験者は全員色覚正常で、ブルーライトカット機能の眼鏡を装着しない大学生および大学院生(実験 I:7名、実験 II:9名)とし、5分間の暗所順応後、プロジェクター出力を投影したスクリーンからの反射光を、基準光、テスト光の順で各 5 秒、1 セット 2 回繰り返し提示した。ipRGC は中心視より周辺視で密度が大きいことから、刺激位置は網膜周辺とし、右眼片眼で刺激サイズ 5°、刺激位置中心鼻側 7°の刺激を観察した。測定は、暗所において、基準光の明るさを 100 とした時のテスト光の明るさを、1 刺激につき各 3 回、数値で回答させた。ipRGC の応答時定数を考慮し、刺激を提示直後の明るさではなく、刺激呈示開始後 3~4 秒経過後の知覚の回答とした。

3. 結果

(1)実験 I ～錐体 silent～

図2は光刺激の輝度を横軸に、縦軸に数値化した明るさを刺激毎にプロットした結果である。これらの結果をStevensのべき乗則に従うフィッティングを行なった。べき乗則は、明るさを Y 、輝度を I としたとき、 $Y = \alpha I^\beta$ で表すことができる。係数 α, β について、i) $\alpha = \text{Const.}, \beta = \text{Variable}$, ii) $\alpha = \text{Variable}, \beta = \text{Const.}$ の2条件において非線形最小二乗法にて計算したところ、i)条件の方が高相関であるが示された(図2)。

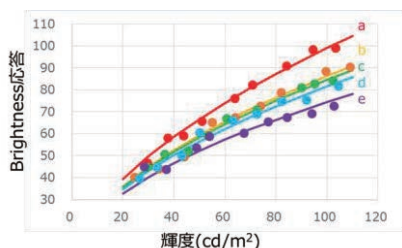


図2 明るさ知覚測定値(●)と実験式(一)

結果から算出した係数 β と ipRGC 作用度の関係を図3に示す。回帰分析の結果、 $R^2=0.92$ であることから、ipRGC 作用度に対してべき数は線形の関係にあると言える。

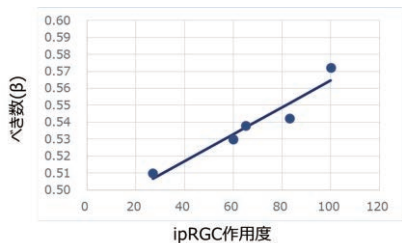


図3 ipRGC 作用度とべき数 β との関係

(2)実験 II ～錐体&桿体 silent～

実験 I と同様に明るさの測定値、フィッティング結果を図4に、ipRGC 作用度とフィッティングべき数との関係を図5に示す。

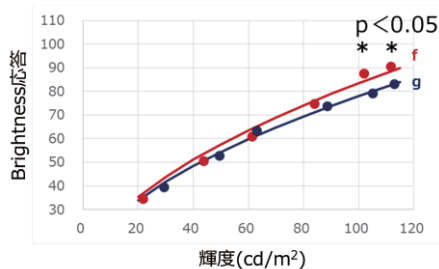


図4 明るさ知覚測定値(●)と実験式(一)

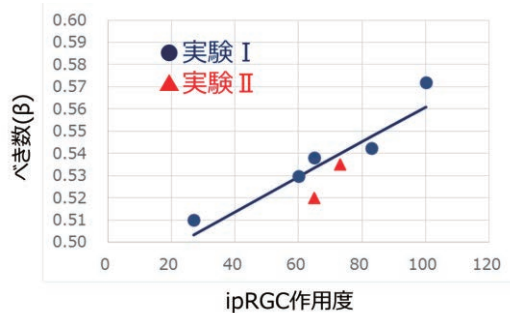


図5 ipRGC 作用度とべき数 β との関係

実験 I と II の結果から、 $\beta = 7.91 \cdot 10^{-4} * (\text{ipRGC 作用度}) + 0.482$ ($R^2=0.82$) となり、ipRGC の明るさ知覚への寄与を定量的に示した。

4. まとめ

色度と輝度値(錐体作用度)と桿体作用度が同じでipRGC作用度だけが異なる光刺激を生成し、ipRGC作用度を変化させるだけで明るさに差異が生じることを示し、ipRGCの明るさ知覚への寄与を明らかにした。さらに、Stevensのべき乗則のフィッティングから、べき数はipRGC作用度に対して線形関係があることが示された。

謝辞

鹿児島大学大学院工学研究科辻村先生には ipRGC action spectrum の提供を、また東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報システム専攻山口先生には6原色プロジェクターをご提供頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) S.Hatter et al.(2002)Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. Science 295, 1065-1070
- 2) D.M.Berson et al.(2002)Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science 295, 1070-1073
- 3) T.M.Brown et al.(2010)Melanopsin contributions to irradiance coding in the thalamo-cortical visual system. PLoS Biology 8, e1000558
- 4) T.M.Brown et al.(2012) Melanopsin-based brightness discrimination in mice and humans. Current Biology 22, 1134-1141

光沢ハイライト色による色恒常性への寄与

Contribution of specular highlight color to color constancy

永井岳大 Takehiro Nagai 山形大学
 須藤涼汰 Ryota Suto 山形大学
 川島祐貴 Yuki Kawashima 山形大学
 山内泰樹 Yasuki Yamauchi 山形大学

Yamagata University
 Yamagata University
 Yamagata University
 Yamagata University

Keywords: 色恒常性, 光沢, 質感, 心理物理学

1. はじめに

我々ヒトは日常生活において、様々な照明の下で赤いリンゴを見て「赤い」と知覚する。この照明色によらず安定して物体の色を知覚できる現象は色恒常性と呼ばれる。色恒常性の達成のために、視覚系は網膜像に存在するシーン内平均色や輝度-色度統計などの照明光に関する様々な手がかりを利用していることが示されてきた¹⁾。

一方、より高次な色恒常性の手がかりの一つとして、光沢ハイライトが考えられる。多くの物体上で光沢ハイライトは物体色によらず照明光をそのまま反映する。したがって、光沢ハイライトの色を用いることで照明色を精度よく推定し、色恒常性の達成が容易になる可能性がある。この色恒常性に対する光沢ハイライトの影響について検討した従来研究もいくつかある^{2), 3)}が、現状では光沢ハイライトの影響が見られる結果と見られない結果が両方存在し、光沢ハイライトの役割ははっきりしない。また、ほとんどの従来研究では、照明色に関する手がかりとなる一様背景が存在する刺激を用いており、その色恒常性への影響が非常に大きい状況下での検討であった。

そこで、本研究では、光沢ハイライトによる色恒常性への寄与を改めて検証することを目的とした。実験刺激として、シーン内に光沢物体が複数存在するが照明光の手がかりとなる背景がない画像を用いる。この刺激上で無彩色マッチングを課題とした心理物理実験を行うことで、光沢ハイライトの色恒常性への寄与を定量化する。

2. 実験方法

実験刺激は暗室内に置かれた LCD モニタ (EIZO ColorEdge CX241, 1,920 × 1,200 ピクセル) に呈示された。被験者はスクリーンから 85



図1 実験刺激の例。A 光源下での gloss 条件, incongruent 条件の刺激。

cm 離れた位置から両眼で刺激を観察した。実験は Ubuntu 14.04 LTS 上の GNU Octave 3.8.1 と Psychtoolbox⁴⁾にてコントロールされた。

実験刺激の一例を図1に示す。実験刺激は黒背景上にある複数の物体から構成された。中心の球体をテスト物体、それ以外の物体を周辺物体と呼ぶ。各物体の拡散反射成分と鏡面反射成分の輝度は、それぞれはじめに LightWave 11.0 にて生成された。その後、実験条件に応じて、Octave 上で輝度調整と色度付与を行い、鏡面反射 (光沢ハイライト) 成分と拡散反射成分を足しあわせることで、周辺物体画像を生成した。

テスト物体には常に鏡面反射成分が含まれていたが、周辺物体には鏡面反射成分が含まれる条件 (gloss 条件) と含まれない条件 (mat 条件) があった。ただし、gloss 条件と mat 条件の間で、全周辺物体の平均輝度と rms コントラストが同じになるよう輝度を調整した。

照明色は、CIE 標準の A 光源, D65 光源と、CIE 昼光 25000K の3条件とした。各周辺物体の拡散反射成分の色度は、各照明光下でシミュレートした4色のマンセル色票 (5R 5/4, 5G 5/4, 5B 5/4, 5Y 5/4) の色度とし、各物体において全ピクセルが同一色度を持っていた。また、鏡面反射成分の色度については、全物体で照明色とした congruent 条件と、各物体の拡散反射成分の色度

と一致させた **incongruent** 条件の2条件を設定した。鏡面反射成分についても、各物体中の全ピクセルで同一色度とした。

実験の各試行において、はじめにランダムな初期色度を持つテスト物体を含む刺激が呈示された。その後、被験者はトラックボールによりテスト物体の色度を $u'v'$ 色度図上で調整し、テスト物体が無彩色と知覚されるまで調整を続けた。なお、テスト物体の色度は全ピクセル間で常に同一であった。調整に満足しトラックボールのボタンをクリックすると、次の試行へ進んだ。各セッションでは、同一の照明色条件に関する試行のみを行うが、**congruent** 条件・**incongruent** 条件と **gloss** 条件・**matte** 条件の全てが同一セッションに含まれていた。

被験者は色覚正常な5名の男性であった。

3. 実験結果

(3-1) 無彩色点

被験者が調整した無彩色点の一例 (**gloss** 条件・**congruent** 条件の被験者間平均) を図2に示す。この図からわかるように、Aや25000K下で被験者が調整した無彩色点は、D65光源下での無彩色点と比較してわずかに各照明色の色度方向へずれることがわかる。したがって、弱いながら本実験条件下で色恒常性が生じていると考えられる。この色恒常性の成立具合を定量的に扱い条件間の違いを検討するため、Aと25000Kに対し、以下に示す式により **Constancy Index (CI)** を定義することにする。

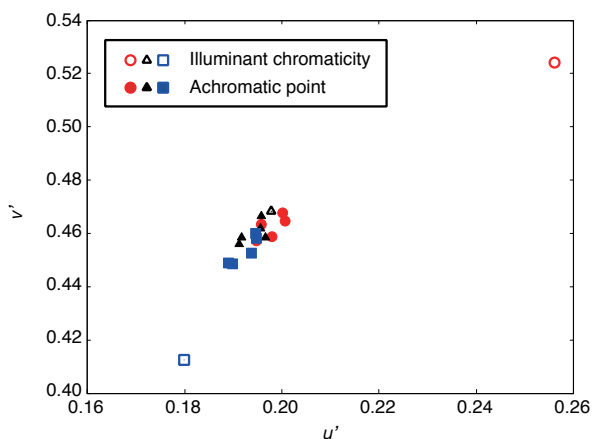


図2 無彩色点の一例。Gloss条件, congruent条件の結果。グラフの色の違いが照明条件の違い(赤…A、黒…D65、青…25000K)を表し、各プロットが被験者1名分の結果である。

$$CI = 1 - \frac{| \text{被験者調整色度} - \text{照明色度} |}{| \text{被験者調整色度 (D65)} - \text{照明色度} |}$$

ここで、分子にある「被験者調整色度」とはAまたは25000Kにおいて被験者が調整した無彩色点の色度を表し、「照明色度」とは対応する照明条件の色度を表す。CIは1に近いほど色恒常性の成立が強いことを示し、0に近いほど色恒常性の成立が弱いことを示す指標となる。

(3-2) Constancy Index

Congruent 条件のCIを図3(a)に示す。全体的にCIは0に近く大きな値ではないが、全条件・全照明光下で有意に正の値であり、弱いながら色恒常性が生じていることが確認された。色恒常性の弱さの原因として、測定される色恒常性の強さに大きな影響を与えるテスト物体近傍が照明色の情報を持たない黒背景であったことが考えられる。また、**gloss** 条件と **mat** 条件のCIを比較

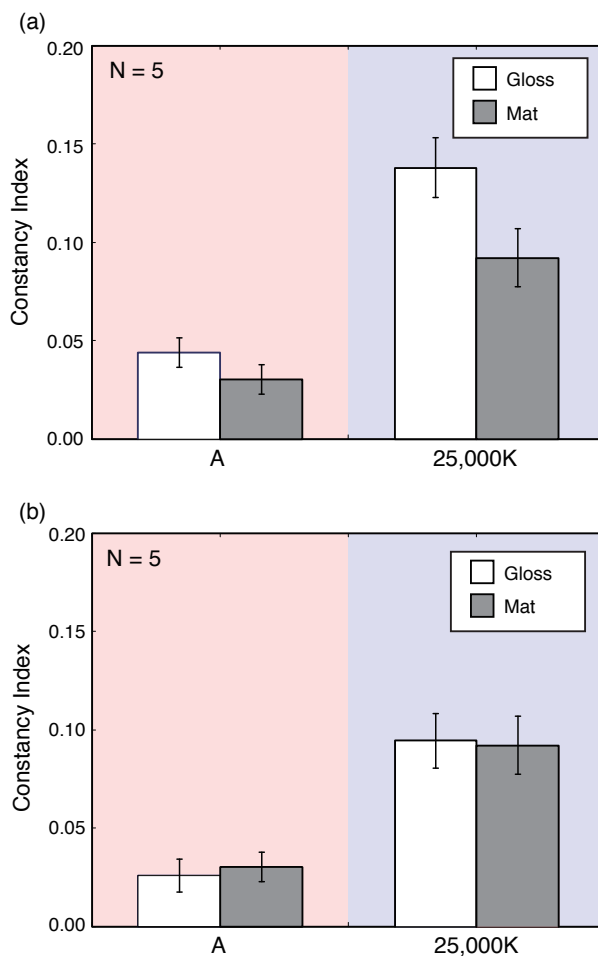


図3 Constancy Index. (a) Congruent条件. (b) Incongruent条件.

すると、特に 25000K 下では gloss 条件の方が有意に大きかった ($p < 0.05$, permutation test). この結果は、光沢ハイライトが色恒常性に寄与する可能性を示すものである。しかし、その影響量に着目すると、CI において 0.05 程度の向上であり、顕著な影響があるとは考えにくい。

Incongruent 条件の CI を図 3 (b) に示す。図 3 (a) と同様に、CI は大きくはないが全条件・全照明下で有意に正であった。しかし、gloss 条件と mat 条件を比較しても、照明色によらず有意な差は見られなかった。また、congruent 条件と incongruent 条件の gloss 条件同士の CI を比較すると、25000K 照明下では congruent 条件の方が有意に大きかった ($p < 0.05$, permutation test). したがって、光沢ハイライトが色恒常性に寄与するためには、光沢ハイライトが照明色をそのまま反射するような状況でなければいけないと考えられる。

4. 考察

本研究の結果から、複数の物体上の光沢ハイライトがいずれも照明光をそのまま反射するような状況下においては、光沢ハイライトによる色恒常性を促進させる効果が現象として確認された。この結果から、光沢ハイライトは色恒常性の手がかりの一つなる可能性がある。しかしながら、光沢ハイライトの存在による CI の向上はさほど大きくなく、光沢ハイライトが存在する場合でも CI は最大 0.15 程度にとどまった。このことから、光沢ハイライトに強く依存して色恒常性を達成するようなメカニズムがあるわけではなく、光沢ハイライトの色はあくまで色恒常性の手がかりの一つに過ぎないと考えられる。

光沢ハイライトによる色恒常性への影響はなぜ生じるのであろうか。最も短絡的に考えれば、光沢ハイライトの色が照明色を反映しやすいというある種のヒューリスティクスを人間の視覚系が取り入れ、光沢に特化したようなメカニズムが存在する可能性がある。この考えは質感情報と色認知との関わりという観点からは興味深いものである。しかしながら、本研究の結果は比較的低次の画像要因からでも説明できる可能性もある。例えば、色恒常性においては高輝度領域の色度の方が低輝度領域の色度よりも強く影響することがいくつかの従来研究⁵⁾から示されており、本研究の光沢ハイライトが高い輝度を持つ領域であ

ることを考えれば、本実験の結果の説明には、光沢ハイライトの存在が必要条件ではないことになる。さらに、本研究の実験結果における光沢ハイライトの効果量が大きくないことを考慮すれば、光沢ハイライトによる色恒常性への効果は、低次手がかりによる副次的効果である可能性も十分にある。この問題に関しては、本研究で用いた刺激と色度・輝度分布がほぼ同一で光沢感を喪失させた実験刺激における色恒常性の強さを測定することで検討することができると考えられる。また、本研究はディスプレイ上の刺激を両眼観察することにより行ったため、光沢ハイライトの輝度不足やシミュレートした空間の認知不足による結果への影響も否めず、その点も今後の実験では考慮する必要がある。

5. おわりに

本研究では、周辺物体の光沢の有無による色恒常性の成立度合いの違いを心理物理実験により調べ、光沢ハイライトが照明色を反映する場合には弱いながらも光沢ハイライトの色が色恒常性に寄与することを示した。光沢ハイライトに含まれるどのような画像成分が色恒常性促進に有効であるかをさらに検討することにより、色恒常性の機序の一端を明らかにできることが期待される。

参考文献

- 1) D. H. Foster: Color constancy. *Vision Research*, 51 (2011) 674-700.
- 2) B. Xiao, B. Hurst, L. MacIntyre, & D. H. Brainard: The color constancy of three-dimensional objects. *Journal of Vision*, 12(4):6 (2012) 1-15.
- 3) J. J. M. Granzier, R. Vergne, & K. R. Gegenfurtner: The effects of surface gloss and roughness on color constancy for real 3-D objects. *Journal of Vision*, 14(2):16 (2014) 1-20.
- 4) D. H. Brainard. The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10 (1997) 433-436.
- 5) J. J. M. Granzier, E. Brenner, F. W. Cornelissen, & J. B. J. Smeets: Luminance-color correlation is not used to

estimate the color of the illumination.
Journal of Vision, 5 (2005) 20-27.

評価理由を媒介変数とした3色配色の好み予測式 Color combination preference expression bringing into the reasons as intermediary variables

槇 究 Kiwamu Maki

実践女子大学 Jissen Women's University

Keywords: 配色, 色彩調和, 好み, 予測, 評価実験

1. 既往研究

納谷ら¹⁾が構築した2色配色についての構成色3属性値を用いた印象評価予測式において、暖かさ、目立ち、はなやかさと比較すると、こころよさは変数が顕著に多く複雑であった〔表1〕。また、これまでに為されてきた実証的な色彩調和もしくは配色の好み研究における評価の予測精度からは、2色配色と比較すると、3色配色の調和もしくは好みを構成色の3属性値によって予測することは、簡単ではないことがわかる。〔表2〕

その中であって、Ouraが取り組んだ大規模な実験データに基づいた3色配色の調和感予測式は、評定平均値との相関 $R > 0.7$ と、かなり良い予測精度を示している。

2. 研究目的

本研究は、それを超える予測精度を目指した研究の端緒に当たる。当初は、視線情報を採集することで構成色が評価に及ぼす影響の大小を推測し、その影響を式に組み込むことを精度向上の方策として考えていたが、予備実験時に、

視線集中にはいくつかの要因が考えられると判断される結果が得られたことから、評価理由を媒介変数とした評価予測へと方針を転換した。これは、構成色の3属性から直接調和感もしくは好みを予測するのではなく、どんな評価の理由が挙げられるかが分かれば評価が予測できるという仮定に基づき、評価理由が挙げられる条件を構成色3属性で表現することで、間接的に調和感もしくは好みを表現するという試みである。理由は人の判断と深い関連にあり、それは理由が挙げられる特徴を持った対象のみで作用し、そういった特徴を持たないサンプルに対しては影響を持たないと考えられる。そういった個別性を表現することにより、全体を統一的な式で表現するよりも予測精度が向上する。そういった仮説に基づいた試行である。

表1 納谷らによる配色印象予測式

◇暖かさ: 回転混色した色の暖かさ	記載なし
◇目立ち: $a \times 2$ 色の色差 + $b \times$ 構成色の最高彩度	R=0.75
◇はなやかさ: 2色のはなやかさ (色相で決まる) + $a \times$ (明度 + $b \cdot$ 彩度) ²	R=0.78
◇こころよさ: $b_0 + b_1 \times x_1 + \dots + b_{11} \times x_{11}$ a, b, $b_0 \sim b_{11}$ は定数 $x_1 \sim x_{11}$ は、色相・明度・彩度から計算される3変数、それを2乗・3乗したもの、3変数の差の組み合わせ	R=0.74

表2 主な実証的色彩調和論の予測精度

< 2色配色 >		掲載誌	予測精度	補遺
著者	発行年	タイトル		
納谷ら	1969	配色感情の個人差に関する研究 (その1 実験計画と実施)	電気試験所彙報	R=0.74 100 サンプル
Oura	2006	A color harmony model for two-color combinations	Col Res Appl	R ² =0.71 1431 サンプル、色立体からのシステムティックな構成色選出
Szabóら	2010	Experimental modeling of colour harmony	Col Res Appl	
Nemcsics	2010	Experimental determination of laws of color harmony	Col Res Appl	R ² = 0.759 2346 カラーサンプル (無彩色の 3322 サンプルの場合、 $r^2 = 0.768$)
大山・伊藤	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	R ² = 0.787 有彩色同士 105 サンプル、好みの評定
< 3色配色 >		掲載誌	予測精度	
著者	発行年	タイトル		
納谷ら	1968	3色配色の Semantic Differential 法による感情分析 (その3 各配色感情の因子評点と物理量との対応)	電気試験所彙報	R=0.52 100 サンプル、こころよさの因子評点の推定
Oura	2010	Additivity of Colour Harmony	Col Res Appl	R=0.71 6545 サンプル、色立体からのシステムティックな構成色選出

3. 実験方法

モニター上に120枚の抽象的3色配色を呈示し、各々のサンプルの好ましさを評価した上で、その評価理由を22の選択肢から選択してもらう実験を実施した。

配色は、主な構成色が3色と見なせる身の回りの物品(本、文具、キッチン用品、家具、バッグ等)を720枚撮影し、そのRGB値を基に独自の3属性値に変換したもの^{注1)}を用いてクラスター分析を実施し、その結果の上位120クラスターから1サンプルずつ選択した。このことにより、身の回りの3色配色の代表例をある程度網羅することができたと考える。

配色の構図は、ベースとなる大面積に中・小面積の領域を配した組み合わせとした[図1]。採集した画像には三色旗や120°の扇型を3つ組み合わせたような構図のものは少なく、ベースとなる大面積色に中面積の領域およびラインや文字などの小面積の領域を組み合わせた構図が多かったため、現実への適用妥当性が高いと判断している。

予測印象は調和ではなく、好ましさとした。これは、楨らの研究²⁾のように好ましさと調和感が分離して抽出されることがあるため、確実に総合評価と見なせる好ましさ(Preference)を直接訊ねるべきと判断したためである。

実験参加者に呈示された評価理由の選択肢は、実験者3名がサンプルを眺めて書き出したものを22にまとめたものである[表4参照]。なお、選択時には、それが評価を上げる理由と認識している(+)か下げる理由と認識している(-)かについても回答させた。実験参加者は、女子大学生22名である。

4. 実験結果

3つの方法で配色の好ましさ予測式を構築して比較したが、ここでは2つについて報告する。

4-1. Ouの調和式の適用による予測

Ouらの3色配色評価予測式は、2色配色の予測式[表3]を組み合わせたものである。今回は、ベース色と左の中面積色、ベース色と右の小面積色の組み合わせで3色配色の評価を表現できると考えて予測した。予測に用いるY,x,y値は、暗室内で色彩色差計を用いて計測した。また、CIE L*, C*, H値算出時に用いる白色のYxy値は呈示サンプル中の白色の値を使用している。ベース色と左の中面積色、ベース色と右の小面積色それぞれの2色配色の好ましさ予測結果を説明変数、実験参加者の好ましさ評定平均値を被説明変数とした重回帰分析を実施したところ、相関係数R=0.517の予測式を得た。

4-2. 理由の選択肢を利用した予測

評価理由として挙げられたときの好ましさ評定平均値と全サンプルの好ましさ評定平均値との差分を評価を上げ下げする力(評価への影響力)と見なす。評価サンプルごとに、(各々の評価理由を選択した人数×各々の影響力)の総和÷評価理由が選択された総数、つまり人数で重み付けした評価への影響力の平均値を算出し、実際の評定平均値との相関係数を計算したところ、R=0.97と大変高い精度で好ましさ評定平均値を推測することができた。評価の理由に着目することで、従来より予測精度が高まる可能性があることが明らかになったため、理由が挙げられる条件を探り、その条件を構成色の3属性で表現することを試みることにした。ここでは、6名以上が評価理由としたサンプルについて、



図1 呈示刺激例

表3 Ouらによる2色配色調和感の評価予測式

$CH = H_c + H_l + H_s$ $H_c = 0.04 + 0.53 \tanh(0.8 - 0.045 \Delta C)$ $\Delta C = \{[(\Delta H_{ab}^*)^2 + (\Delta C_{ab}^*/1.46)^2]^{1/2}\}$ $H_l = H_{Lsum} + H_{\Delta L}$ $H_{Lsum} = 0.28 + 0.54 \tanh(-3.88 + 0.029 L_{sum})$ $L_{sum} = L_1 + L_2$ $H_{\Delta L} = 0.14 + 0.15 \tanh(-2 + 0.2 \Delta L)$ $\Delta L = L_1 - L_2 $ $H_s = H_{S1} + H_{S2}$ $H_{S1} = Ec(H_s + E_r)$ $Ec = 0.5 + 0.5 \tanh(-2 + 0.5 C_{ab}^*)$ $H_s = -0.08 - 0.14 \sin(h_{ab} + 50^\circ) - 0.07 \sin(2h_{ab} + 90^\circ)$ $E_r = [(0.22 L^* - 12.8)/10]$ $\exp\{(90^\circ - h_{ab})/10 - \exp\{(90^\circ - h_{ab})/10\}\}$	<p>彩度が似ているほど調和する</p> <p>明度が高いほど調和する</p> <p>明度が似ているほど不調和となる</p> <p>色相が似ているほど調和する</p> <p>好まれる色相だと調和する</p> <p>(Yは高明度で調和しやすい)</p>
--	---

L*=CIELAB lightness
C*_{ab}=CIELAB chroma
H_{ab}=CIELAB hueangle

理由として挙げられる条件を構成色の3属性で表現することを目指した。

6名という人数は、ある意味恣意的に決定している。多人数であってもしきい値とした6名より多い場合は同じ影響力と見なすことになるし、6名未満の人数であれば影響力は0と見なすことになる。どの程度の値が適当かを、理由として挙げた人数の分布を見ながら考えた結果である。

6名以上が理由として挙げる条件を過不足なく表現できたという理想的な条件をシミュレーションした予測を行ったところ、好ましさの評定平均値との相関係数 $R=0.82$ となった。人数の重み付けを5人未満か6人以上かの2条件に丸めても、Ouraの式の精度を超える可能性が示されたと言える。そこで、試行錯誤的に6名以上が理由として挙げた配色に共通性を

評価を上げる理由		
組み合わせが良い	無彩色で構成	ベースと左、ベースと右、左と右の色相差の和 < 30
	無彩色+同系色	(ベースの彩度 < 10) で、(左と右の色相差 < 40)
	無彩色+同系色	(左の彩度 < 10) で、(ベースと右の色相差 < 30)
	無彩色+同系色	(右の彩度 < 10) で、(ベースと左の色相差 < 40)
	色相 B_R	ベースと右の色相差 < 60
同系色で構成されている	茶系	(ベースの色相が茶 $[\sin(x+30)>0.8]$) で、(ベースと左どちらも明度 < 90) で、(ベースと左、ベースと右の色相差がどちらも < 40)
	色相類似	(ベースと左の色相差 < 60) で (ベースと右の色相差 < 60) で、(ベースと左の明度 < 83) で、(ベースの彩度 < 58)
	無彩色	(ベース、左、右の彩度の和 < 30) で、(ベースと左の明度差 > 20)
爽やか	青のまとまり	(3色の青の度合いが高い $[\sin(x-140)$ の総和 > 2])
	ベースが青系で中が高明度	(ベースの色相が青 $[\sin(x-130)>0.8]$) で、(左の明度 > 70)
可愛い色がある	大と中がピンクと白っぽい色の組み合わせ	(ベースが左がピンク) で、(ベースが左どちらかの明度 > 80)
	大もしくは中が水色ベース+小が異色相	(ベースが左が水色) で、(ベースと右色相差 > 60)
	ピンクを含む	(3色のどれかがピンク (明度 > 70 で $[\sin(x+50)>0.8]$))
配色が可愛い	大・中が高明度と青系で、小が異色相高明度色	(ベースが左、どちらかの明度 > 83) かつ、(ベースと左、どちらも明度 > 25) で、(ベース、左、右どれかの色相が青系 $[\sin(x-140)>0.8]$) で、(左と右の色相差 > 50)
やさしい	R系中高明度低彩度	(ベース、左、右の色相が $[\sin(x-150)<-0.7]$) で、(ベース、左どちらも彩度 < 55) のとき、(ベースの明度 > 50)
きれい	青系と水色	(ベース、左、右の色相が青系 $[\sin(x-110)>0.8]$) で、(ベースの明度 > 70)

図2 評価理由が挙げられる条件式 (評価を上げる理由：一部抜粋)

見出し、その特徴を構成色の $L^*a^*b^*$ (Yxy値を変換して算出) を用いて表現した。 [図2・3]

図からわかるように、評価理由ごとの条件式は1つとは限らない。たとえば、「色の組み合わせが良い」は5つの条件式で構成されているが、これは色の組み合わせが良いと感じられる条件は1つにはまともならず、4種類はあると捉えていることになる。このように、トリガーとなる配色特徴は複数あると考えられる理由は幾つも存在した。

表4では、条件式を作成した理由に○を付けてある。条件式を作成するか否かは、算出され

ている評価への影響力の大きさと理由として挙げられた回数を判断材料としている。

なお、表4の中に一つ△がある。「ベースの色が良くない」については、6名以上か未満かにこだわらず、表5に示す評価予測式による予測値を適用して、連続的な評価となるようにしている。これは、ベース色の影響が大きいことに着目したこと、および人数による二分したことの影響を少なくするための配慮である。

人数による二分を実施したため、評価に及ぼす影響力も表4とは若干異なる値となるはずで

表4 評価の理由ごとに算出した好ましさ評価への影響力

	評価の理由																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	はつきりしている	ぼんやりしている	目立つ	きれいな	爽やかな	やさしい	落ち着いている	華やかな	寂しい	地味	毒々しい	同系色で構成されている	まとまりがある	組み合わせが良い	組み合わせが悪い	ベースの色が嫌いな	可愛い色がある	明るい	暗い	堅い	迫ってくるような感じ	
aの時の影響力	1.07	1.44	0.96	1.80	1.18	1.52	1.19	0.99	0.80	1.69	0.98	0.88	1.18	1.75	1.19	1.87	1.15	1.03	1.54	1.36	1.44	
bの時の影響力	-0.90	-0.59	-0.70	-1.31	-1.25		-0.38	-1.23	-0.31	-0.56	-1.22	-0.96	-0.66	-0.86	-0.96	-1.08	-1.35	-1.14	-1.03	-0.63	-0.78	-1.13
予測式に使用a			○	○		○						○					○	○				
予測式に使用b	○	○	○							○	○				○	△			○			○
aが選択された回数	218	80	276	124	249	155	479	100	9	47	7	214	539	436	4	0	213	357	184	27	6	4
bが選択された回数	578	915	1699	14	33	0	85	251	915	1685	842	115	119	22	2439	1178	53	13	169	1123	501	474

評価を下げる理由		
目立つ色がある	大中：色相差小 大小：色相差大	(ベースと左の色相差 $b < 30$) で (ベースと右の色相差 $b > 120$)
	大：黒、小：彩度大	(ベースの明度 \times 彩度 < 10) で、(右の彩度 > 60)
	高彩度暖色	(ベースが左のどちらかの彩度 > 62) で、 (ベースが左どちらかが暖色 [$\sin(x-140) < -0.6$])
	明度差大 (異色相で緩和)	(ベースと右の明度差 > 70) もしくは (ベースと右の明度差 > 50) で、 (ベースと右の色相差 > 100)
	明度差大	(ベースと左の明度差 > 60)
暗い	低明度	(ベースと左の明度の平均 < 40)
	2色暗い	(ベースと右の明度の和 < 50)
	中明度で鈍い	(彩度の最大値 < 20) で、 (3つの構成色すべての (明度-50) の絶対値 < 30)
	グレー	(ベース、左、右の彩度の和 < 55) で、(ベースと左の明度の平均 < 50)
はっきりしている	黒+高彩度有彩色	(ベースの輝度 < 20) で、(右の彩度、左の彩度のどちらか > 60)
	明度差大	(ベースと右、ベースと左のどちらかの明度差 > 80)
	高彩度ベース・暖色あり	(ベースの彩度 > 70) で、(ベース、右、左のどれかが暖色 [$\sin(x-140) < -0.8$]) で、 (右か左の彩度 > 50)
迫ってくるような感じ	ベースが高彩度暖色	(ベースの彩度 > 50) で、(ベースが暖色 [$\sin(x-140) < -0.7$])
	ベース黒+高彩度色	(ベースの明度 < 20) で、(左の彩度 > 60)
地味	すべて低彩度	(ベース、左、右のすべての彩度 < 30)
	中・高明度の暖色ベース+同系色 (Gy含む)	(ベースの明度 $-70 < 15$) で、(ベースが暖色 [$\sin(x-140) < -0.7$])、 そして (ベースと左、ベースと右の色相差 < 40)
	茶系ベースと同系中	(ベースの色相 $+70 > 80$) で、(ベースの彩度 < 65) で、 (ベースと左の色相差 $b < 50$)
	中高明度・大中が同系色相	(ベースの明度 $-75 < 10$) で、(ベースの彩度 20) で、 (ベースと左の色相差 $b < 40$)
	中明度低彩度色で構成	(ベース、左、右すべての (明度-50) < 25) で、 (ベース、左、右すべての彩度 < 40)

図3 評価理由が挙げられる条件式 (評価を上げる理由：一部抜粋)

表5 ベース色のみに基づいた配色の好ましさ
評価予測

$$R_{ave} = -0.01 \times B_c + 2.163 \times B_L + 2.163 \times B_{Blue} + \times B_{\Delta L} + \times B_{L_{sumL}} + \times B_{R_{\Delta L}} + \times B_{R_{sumL}} + C$$

R_{ave} : 好ましさ評定平均値
 B_c : ベース色の CIE C^*
 B_L : ベース色の CIE L^*
 B_{Blue} : ベース色が青系であるか否か
 ($\sin(Bc-130) > 0.85$ の場合 1、それ以外は 0)
 $B_{L_{\Delta L}}$: ベース色と左 (中面積) 色の輝度差
 $B_{L_{sumL}}$: ベース色と左 (中面積) 色の輝度合計
 $B_{R_{\Delta L}}$: ベース色と右 (小面積) 色の輝度差
 $B_{R_{sumL}}$: ベース色と右 (小面積) 色の輝度合計

ある。そこで、二分の条件に基づいて評価への影響力を計算し直した上で、条件式を満たした理由の影響力の平均値を算出して好ましさの評定平均値を予測したところ、相関係数 $R=0.689$ で予測できるという結果が得られた。

5. おわりに

5-1. まとめ

抽象的 3 色配色の好ましさ評価および評価理由選択データから、評価理由がわかれば配色の好ましさを高精度で予測できる可能性があるこ

とが分かった。構成色の 3 属性を用いて評価理由が挙がる条件を記述することにより、相関係数 $R=0.689$ で好ましさ評定平均値を予測できた。

5-2. ディスカッション

Ouらの式による評価予測は、彼らの研究結果より低く出た。これには、(1) 調和ではなく、好ましさを予測したこと、(2) 評価者の属性の違い、(3) 評価サンプルの構成の違いなどが関連していると考えられる。(3) については、色立体からまんべんなく取りだして配色を構成するのがいいのか、使用される可能性が高い配色で検証すべきかという問題でもある。今後、検討する価値がある。

評価理由に着目した評価予測には、理由が挙げられる新たな条件が発見された場合には、追加が容易であるので、拡張性に

すぐれるという強みがある一方、条件式の数が多くなり、その記述も困難が大きいこと、理由として挙げる人数に対応した式の作成の困難さといった弱みもある。弱みをどう克服するかが課題である。

謝辞

研究を一緒に進めた井手祥子・加藤美紀両氏に謝意を表する。

注釈

- 1) 未発表であるが、HLCという 3 属性値を提案している。RGB値→HSB値→HLC値の順で変換する。JIS標準色票を撮影した画像でこの変換を行い、Munsell Hue, Value, ChromaとHLCが概略対応していることを確認している。

参考文献

- 1) 納谷嘉信ら：配色感情の個人差に関する研究 (その 1 実験計画と実施)、電気試験所彙報 33-2、pp.205-229、1969
- 2) 榎 究ら：街路景観の評価構造の安定性、日本建築学会計画系論文集、No.458、pp.27-33、1994.4

「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—

Relationship between personality and color of the clothes which one want to wear・the color of the clothes You wear usually well - with a special reference to extroversion -

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

カラーコンサルタントスタジオ Color Consultant Studio
日本色彩研究所 Japan Color Research Institute
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，向性

Keywords: color preference, personality, color of the clothes, image of colors, university student, extroversion

1. はじめに

好きな色とパーソナリティとの関係を明らかにするため，11年間にわたり延べ2026名の男女大学生に，色彩好悪調査とYG性格検査とを実施した．毎年の調査は，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．これまでに嗜好色とパーソナリティ特性の「向性（外向，内向）」，「情動性（情緒不安定性）」との関係を報告している．今年度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，「着たい服」と「よく着る服」の色を3色ずつ選択させパーソナリティ（向性）との関係性を検討した．また昨年度に引き続き当該色の16の形容語評定尺度によるカラーイメージ得点（日本色彩研究所）と，「着たい服」・「よく着る服」の色を選択した対象者のYG検査の平均得点との相関を求めた．

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，上から下にパール，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．

3. 結果

3.1. 着たい服の色とよく着る服の色の関係

「着たい色」と「よく着る色」をそれぞれ3色選択した対象者（男性859名，女性888名）のみのデータを用い，各色の選択者数を「着たい色」×「よく着る色」でクロス集計した．

「着たい色」は黒や白を選択した人が多く，男性の選択率は，黒49.6%，白44.7%，女性は黒31.3%，白31.1%であった．男性はビビッドブルー（11.5%），ビビッドレッド（11.4%），パールレッドパープル（10%）など，ブルー系やビビッドトーン系，無彩色系が続いた．女性はパールレッドパープル（21.5%），パールレッド（9.6%），パールブルーグリーン（8.8%）といったパール系や赤系・赤紫系を選択した．

表1. 色のイメージ得点（財団法人日本色彩研究所，2008）とその色を「普段着ている」男性のYG性格検査の得点の相関係数 r （一部抜粋）

YG尺度	色のイメージ得点															
	明るい	陽気	浅い	軽い	澄んだ	派手	きれい	かたい	情熱的	くどい	強い	動的	暖かい	好き	大人	男性的
Ag	0.16	0.20	-0.12	-0.07	0.25	0.30	0.23	0.18	0.05	0.08	0.30	0.17	0.03	0.29	-0.07	0.20
G	0.31	0.30	0.31	0.30	0.41	0.16	0.36	-0.16	-0.03	-0.30	-0.15	0.01	-0.01	0.19	-0.24	-0.15
R	0.20	0.23	0.09	0.12	0.17	0.20	0.16	-0.09	0.08	-0.04	0.04	0.19	0.13	0.01	-0.25	-0.02
A	0.12	0.19	-0.19	-0.16	0.03	0.30	0.06	0.12	0.30	0.25	0.33	0.37	0.28	0.11	-0.15	0.02
S	0.27	0.32	0.04	0.07	0.28	0.36	0.30	-0.04	0.17	0.00	0.16	0.27	0.19	0.18	-0.27	-0.02

また「よく着る色」の選択率は、男性で黒 71.2%、白 69.8%、女性も黒 66.4%、白 63.5%であった。男性ではミディアムグレイ (11.2%)、ビビッドブルー (10.8%)、ビビッドレッド (10.2%) がこれに次ぎ、青系や無彩色、ビビッドトーン系の着用率が高かった。女性ではパールレッドパープル (12.9%)、ダークブルー (11.5%)、ライトグレイ (10.5%) など、グレイ系やピンク系、ブルー系が多かった。

「着たい色」で黒を選択した男性のうち「よく着る色」でも黒を選択した男性は 92.5%、「着たい色」で白を選択した男性のうち「よく着る色」でも白を選択した男性は 91.1%で、多数を占めた。同じく女性は順に 90.2%、88.5%であった。また「よく着る色」で黒や白を選択する人が多く、ほかの色を「着たい色」として選択した場合には「よく着る色」との一致度は少なかった。なお、黒と白のほか「着たい色」で選択した色を「よく着る色」でも選択した割合が 50%以上の色は、男性ではダークオレンジ (茶色; 56.7%)、ミディアムグレイ (52.5%)、ライトクレイッシュイエロー (53.8%)、ディープブルー (50.0%) など 6色であった。女性で該当の色はなかった。

3.2. 性格特性 (向性) と着たい服の色のイメージとの関係

YG 性格検査のうち向性因子について、男女別に各色の選択者の粗点の平均値を求め、当該色の 16 の形容語評定尺度によるカラー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。

- i) 各色を選択した男性の S 尺度 (社会的外向) の平均得点と、各色の「暖かい」イメージ得点との間に正の相関が認められた ($r=0.43$)。つまり社会的外向の男性ほど、暖かいイメージの服を着たいと答えたことになる。
- ii) 男性 A 尺度 (支配性) と「澄んだ」「きれい」イメージの間に弱い負の相関がみられた (順に $r=-0.36, -0.33$)。
- iii) 女性 Ag 尺度 (攻撃性) と「情熱的」「くどい」「強い」イメージの間に弱い正の相関がみられた ($r=0.36, 0.35, 0.34$)。
- iv) 女性 R 尺度 (衝動性) と「動的」「情熱的」「強い」「派手」「暖かい」「くどい」イメージの間に弱い正の相関がみられた (順に $r=0.40, 0.39, 0.37, 0.35, 0.32, 0.30$)。
- v) 女性 A 尺度 (支配性) と「強い」「くどい」イメージの間に弱い正の相関がみられた ($r=0.34, 0.31$)。

3.3. 性格特性 (向性) と着ている服の色のイメージとの関係 (表 1)

- i) 男性 G 尺度 (一般活動的) と「澄んだ」イメージの間に正の相関 ($r=0.41$)、「きれい」「浅い」「あかるい」イメージの間に弱い正の相関がみられた ($r=0.36, 0.31, 0.31$)。
- ii) 男性 S 尺度 (社会的外向) と「派手」「陽気」「きれい」のイメージの間に弱い正の相関がみられた ($r=0.36, 0.32, 0.30$)。
- iii) 男性 Ag 尺度 (攻撃性) と「派手」「強い」イメージの間に弱い正の相関がみられた ($r=0.30, 0.30$)。
- iv) 男性 A 尺度 (支配性) と「動的」「強い」「情熱的」なイメージの間に弱い正の相関がみられた ($r=0.37, 0.33, 0.30$)。

一方女性には性格特性との相関性は見られなかった。

3.4. 考察

男性の約半数、女性の 3 分の 1 近くが黒や白を着たい服の色に選択し、その 8 割以上が着用している。また白黒以外の色を着たいと選択した人もその 6 割が男女共白黒を着用していることが判明した。白黒以外の特徴として、女性はパールトーン系やライト系といった淡い色を、特にピンク系に対しての嗜好がみられた。一方男性の傾向は、ビビッド系や青系を好む。これらの傾向は抽象的な色彩嗜好と似た傾向が見られる。しかし男女とも「着たい色」の各色の選択率の 7 割が 5%にも満たない。実際に着用している服も「着たい服」の色嗜好と似ているが、着たい服の色を着用するのは男性では 10~30%が 6 割、女性では 10~25%前後が多く 4 割を占める。つまり大半の人が白黒を着用するのである。また性格特性との関係は、嗜好色でも見られたように、性格と似たイメージの色を選択するように思われる。例えば攻撃的な性格は「情熱的、強い」イメージを持つ色、支配的な性格では「動的、強い、情熱的」などのイメージを持つ色との相関である。普段着ている服にもイメージとの相関が見られた。特に男性は攻撃性、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ように思われる。

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.
- 日本色彩研究所 (2008). 新編カラーレンジマニュアル 100.

パーソナルカラーにおける色と顔の見え方に関する研究 ～測色によるアプローチ～

The study of how to be looked a change of face in 'Personal Color' ～Approach by colorimetric data analysis～

真田 めぐみ	Megumi Sanada	NPO 日本パーソナルカラー協会	NPO Japan Personal Color Association
富山 眞知子	Machiko Tomiyama	NPO 日本パーソナルカラー協会	NPO Japan Personal Color Association
沼上 恵里	Eri Numakami	NPO 日本パーソナルカラー協会	NPO Japan Personal Color Association
小松原 仁	Hitoshi Komatsubara	一般財団法人 日本色彩研究所	Japan Color Research Institute

Keywords: 固有感情 (proper feeling)、反射光、テストカラー、測色データ解析

1. はじめに

パーソナルカラー診断におけるテストカラー(布製)の色とモデルの顔の見え方に関しては、主観的な調和感や、モデルの肌色と似た色が調和するという経験則をパーソナルカラー診断基準としている書籍などが多く見受けられる。つまり、この分野における色彩学的なアプローチによる客観的な理論が確立されていない現状がある。しかし、我々の研究からテストカラーの色の属性と顔の見え方については、平均 85%以上の確率で、客観的な関連性が見られるとの調査結果が得られている。

「似合う・似合わない」や、「かわいい・カッコいい」などの主観的な調和感とは異なり、これらは色彩の持つ寒暖感や軽重感といった多くの人が共通に感じる色の属性による固有感情(proper feeling)²⁾³⁾と想定することができる。

この調査結果を検証するため、あるテストカラーの色を当てたときの顔の見え方と、異なるテストカラーの色を当てたときの顔の見え方の違いについて測色データの解析を行った。

2. 調査方法

(1) 調査時期・時間帯

2013年10月10~11日の10時~16時

(2) 調査対象人数

総評価者数：228名、有効回答者数 206名

(3) 調査環境の照明条件

自然光が入らない蛍光灯で均一に照明された室内。モデルの顔の面における相関色温度は、約 4500Kで、モデルの胸元での平均照度約 700 lxとした。

(4) モデルと評価者の配置

会議用テーブルに3人のモデルが、100cmの等間隔で着席した状態で、評価者がモデルの顔を正面から観察できるようにした色彩調査ブースを3箇所設定した。モデルの椅子と評価者の椅子の距離は、会議用テーブル(45cm)を挟み165cmとした。(テープで位置を指定)

(5) 顔とテストカラーの距離

モデルの顎先とテストカラーとの距離は、0cmに設定した。

(6) 調査用テストカラー

たて約 29cm×よこ 45.5cmの大きさの白いハレパネにテストカラー(布製)を貼り付け、同じ色面積となるように、2色×7種類×3ブース分を用意した。

(7) 調査用テストカラーの色の選定

調査用テストカラーの組み合わせは、以下①~④の条件によって選定した。

- ① パーソナルカラーのイエローベース(Yベース)とブルーベース(Bベース)の違いがわかりやすい2色の組み合わせ
- ② 明度の差がわかりやすい2色の組み合わせ
- ③ 彩度の差がわかりやすい2色の組み合わせ(彩度差が大きいことを優先したため、明度についても少し差がある)
- ④ 清色か濁色かの違いがわかりやすい2色の組み合わせ

(8) 調査方法

モデルは、服の上に白いケープを着用し、2枚1

組のテストカラー・パネルを重ねて持ち、顎のすぐ下に配置した。上に重ねた色 (A) を約 3 秒見せ、次に (A) を下げて、下に重なった色 (B) を約 3 秒見せる。これを 3 回繰り返して、(A) の色を顔の近くに当てた場合と、(B) の色を顔の近くに当てた場合とで、顔の見え方がどのように変化するかを、SD法で回答する方式によって調査をした。

【写真1】調査の様子



(9)測定機器

調査環境の照明条件及びモデルの顔色を、ユニカムノルタ社製分光照度計 CL-500A、およびユニカムノルタ社製分光測色計 CM-700d を用いて測定した。

3. 測色データによる解析

調査結果から、調査色 (テストカラー) からの反射光が顔の見え方への影響があると考えられる次の 4 種類の組み合わせについて、測色データによる解析を行った。

- ① ピンク-- A:ブルーベース--B:イエローベース
Q どちらの色が肌が白く見えるか?
Q どちらの色が肌が黄みを帯びて見えるか?
- ② 青-- A:イエローベース -- B:ブルーベース
Q どちらの色が肌が白く見えるか?
Q どちらの色が肌が黄みを帯びて見えるか?
- ③ グレイ-- A: 暗い -- B: 明るい
Q どちらの色が顔が明るく見えるか?
Q どちらの色が顔が小さく見えるか?
- ④ 青-- A: 明るい -- B: 暗い
Q どちらの色が顔が明るく見えるか?
Q どちらの色が顔が小さく見えるか?

3-1. データ解析及び検証の手順

(1)使用するデータ

- ① 色彩調査ブース内の照明光

分光放射照度計による 360nm~780nm までの 1nm 間隔で測定された分光分布から、波長間隔 5nm で読み取った 380nm~780nm までの値。

- ② モデルの顔色
CM-700d で測定された波長間隔 10nm で 400~700nm までの値。
- ③ 調査色 (テストカラーの色)
CM-700d で測定された波長間隔 10nm で 400~700nm までの値。測色値を表 1 に示す。

【表 1】調査色の測色値

調査色 (テストカラー)	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	C*(D65)	h(D65)
ピンクA Bベース	63.79	51.49	-0.64	51.49	359.28
ピンクB Yベース	61.11	47.21	8.52	47.97	10.23
青A Yベース	40.64	-23.95	-13.54	27.51	209.47
青B Bベース	39.21	-4.92	-26.36	26.82	259.43
灰A 暗め	29.79	-1.23	0.80	1.47	147.08
灰B 明るめ	74.34	-1.96	3.51	4.02	119.11
青A 明るめ	57.66	-11.20	-32.37	34.26	250.91
青B 暗め	34.48	1.75	-38.56	38.60	272.60

(2)データの解析

- ① データの内挿及び外挿
②以下の重価係数を計算するために、モデルの顔色 $R_f(\lambda)$ 及び、調査色 $R_t(\lambda)$ の測定データを三次補間によって、波長間隔 5nm で 380nm~780nm までの値に拡張する。ただし、400nm 以下及び 700nm 以上の波長については、400nm 又は 700nm と同じ値とする。
- ② 色彩調査ブース内の照明光の分光分布 $S(\lambda)$ と等色関数を用いて、波長間隔 10nm で 400nm~700nm までのデータから三刺激値を計算するための重価係数を求める。
- ③ 色彩調査ブース内の照明光下の顔色の三刺激値 XYZ を②で得られた重価係数と $R_f(\lambda)$ から計算する。
- ④ 色彩調査ブース内の照明光によって照明された調査色からの反射光 ($S(\lambda) \times R_t(\lambda)$) を計算する。
- ⑤ 調査色からの反射光 ($S(\lambda) \times R_t(\lambda)$) と等色関数を用い、波長間隔 10nm で 400nm~700nm までのデータから三刺激値を計算するための重価係数を求める。
- ⑥ 調査色からの反射光による顔色の三刺激値 XYZ を⑤で得られた重価係数と $R_f(\lambda)$ から計算する。

- ⑦ 色彩調査ブース内の照明光と調査色からの反射光による顔色の三刺激値の加法混色によって見え方が決まると仮定して、顔色の三刺激値を計算する。ただし、この2つの明るさが異なるため、混色の比率は、色彩調査ブース内の照明光と調査色からの反射光の光束比とする。
- ⑧ ⑦によって求めた三刺激値から、色彩調査ブース内の照明光に色順応していると仮定して CIELAB 及びメトリック量の値を計算する。
- ⑨ ⑧で得られた値から調査色の違いによる顔色の変化を求めて、視感評価結果と比較する。

3-2. 肌色の変化の検証結果

(1) 調査色「ピンク」の結果

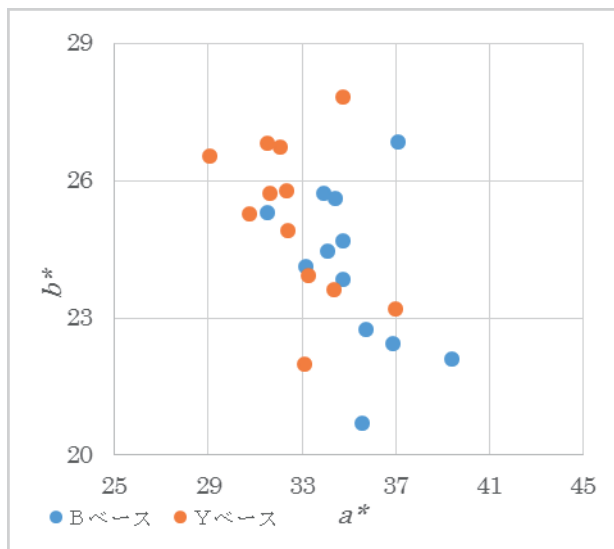
どちらの色を当てると肌が黄色く見えるか？という設問に対して、100%の人がYベースのピンクと回答。また、どちらが色白(青白)に感じられるか？という設問については、99%の人がBベースのピンクであると回答した。この結果と測色データの関係を見るためピンクの調査色を用いた場合の顔色の変化結果を表2に示す。

Bベースと比較してYベースは、 $dh2.79\sim3.61$ で色相が黄寄りになる傾向が見られた。この変化を図1の a^*b^* 色度図に示す。モデルによる差はあるが、布からの反射光の影響により、Yベースの色を当てると顔色が黄方向へ変化し、Bベースは青方向へ変化していることがわかる。この変化は、顔色の見え方の回答と一致している。

【表2】モデルの肌色とBベース/Yベースのピンクを近くに当てた際の顔色の変化の比較

モデル	Bベース			Yベース			2色の顔色の差(頬)		
	dL^*	dh	dC^*	dL^*	dh	dC^*	dL^*	dh	dC^*
A	9.83	-19.00	18.51	8.94	-15.62	17.33	-0.89	3.38	-1.18
B	9.85	-17.61	18.65	8.96	-14.43	17.47	-0.89	3.18	-1.18
C	9.64	-16.21	18.82	8.76	-13.12	17.56	-0.88	3.09	-1.27
D	10.01	-10.91	20.36	9.09	-8.11	18.84	-0.92	2.80	-1.51
E	9.85	-14.57	19.30	8.94	-11.78	18.02	-0.90	2.79	-1.29
F	10.08	-16.22	19.78	9.16	-12.97	18.41	-0.92	3.25	-1.37
G	9.91	-21.93	17.77	9.03	-18.33	16.74	-0.89	3.61	-1.03
H	10.11	-14.72	20.07	9.19	-11.56	18.65	-0.93	3.16	-1.42
I	9.77	-16.82	18.84	8.88	-13.70	17.60	-0.89	3.13	-1.24
J	9.94	-14.83	19.54	9.05	-11.48	18.15	-0.89	3.35	-1.39
K	10.18	-19.26	19.07	9.26	-15.79	17.87	-0.91	3.47	-1.21
L	9.89	-18.46	18.60	8.99	-15.22	17.44	-0.89	3.23	-1.17

【図1】BベースとYベースのピンクを当てた場合のモデル12名の顔色の変化の分布 (a^*b^* 色度図)

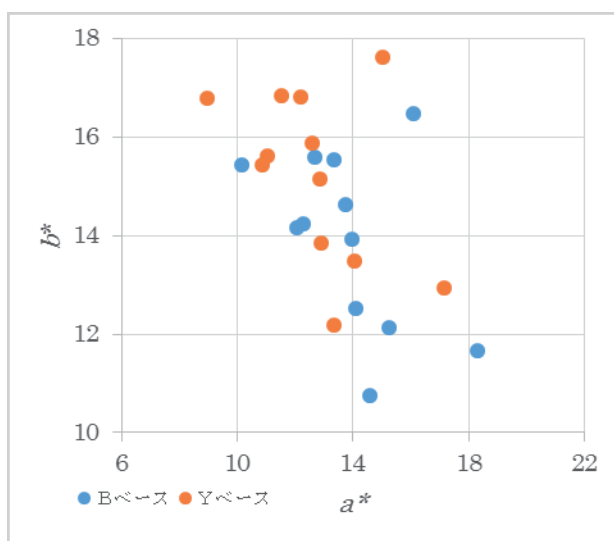


(2) 調査色「青」の結果

図2に、調査色青のYベースとBベースの違いによる顔色の変化を示す。

- ① ピンクの調査色と比較すると全体の色座標の分布は青方向へ寄っている。(黄み、赤みが減っている)
- ② 青の調査色の比較では、Yベースは黄方向へ、Bベースは、青(赤)方向へ顔色が変化している。この2色を用いたモデルの顔色の見え方は、色白に見えるのはBベースの青と回答したのが76%、肌が黄寄りに見えるのはYベースの青と回答したのが86%との結果が得られている。この色相の変化と図2の結果は、一致していることがわかる。

【図2】YベースとBベースの青を当てた場合のモデル12名の顔色の変化の分布 (a^*b^* 色度図)



(3) 明度の異なる調査色の結果

調査色「灰色」及び「青」で、それぞれ明度の異なる調査色を当てた場合の顔色からの測色値の変化を表3及び表4に示す。 dL^* の比較から、灰色及び青ともに明度の高い調査色を当てた場合の顔色が明るくなっている。

この場合のモデルの顔色の見え方は、灰色の場合、顔色が明るく見えるのは、明るいグレイと回答したのは83%、顔が小さく見えるのは、暗いグレイと回答したのは86%であった。

また青の場合、顔色が明るく見えるのは明るい青と回答したのは86%、顔が小さく見えるのは暗い青と回答したのは81%という結果になった。顔色の明るさの見え方と測色値の変化は一致しており、調査色からの反射光の影響があることがわかる。

また、顔の大きさに関する調査結果については、明るい調査色では明度が高く見え、暗い調査色では明度が低く見える結果となり、この差が膨張・収縮としての心理効果を生んだのではないかと想定される。

【表3】明度低め／高めのグレイでの顔色の変化

モデル	暗め (明度低め)			明るめ (明度高め)			2色の顔色の差(頬)		
	dL^*	dh	dC^*	dL^*	dh	dC^*	dL^*	dh	dC^*
A	1.48	6.29	0.79	10.94	0.84	3.88	9.46	-5.45	3.10
B	1.46	5.76	0.75	10.85	0.77	4.13	9.38	-5.00	3.38
C	1.41	5.95	0.54	10.54	0.89	3.95	9.13	-5.06	3.40
D	1.41	5.75	0.10	10.66	1.21	4.09	9.25	-4.54	3.99
E	1.40	5.16	0.53	10.56	0.72	4.38	9.16	-4.45	3.85
F	1.49	6.54	0.49	11.08	1.11	3.88	9.60	-5.44	3.39
G	1.53	6.17	1.09	11.22	0.67	3.96	9.68	-5.50	2.87
H	1.47	6.41	0.37	11.04	1.19	3.93	9.57	-5.23	3.55
I	1.44	5.89	0.63	10.71	0.84	4.03	9.28	-5.05	3.40
J	1.49	6.86	0.39	10.96	1.35	3.73	9.48	-5.51	3.34
K	1.55	6.44	0.84	11.37	0.90	3.98	9.83	-5.54	3.14
L	1.48	5.86	0.80	10.94	0.73	4.09	9.46	-5.12	3.28

【表4】明度高め／低めの青での顔色の比較

モデル	明るめ (明度高め)			暗め (明度低め)			2色の顔色の差(頬)		
	dL^*	dh	dC^*	dL^*	dh	dC^*	dL^*	dh	dC^*
A	5.04	-13.23	-7.98	1.60	-11.46	-4.87	-3.44	1.77	3.11
B	4.96	-11.67	-7.74	1.57	-10.31	-4.75	-3.39	1.36	2.99
C	4.82	-13.91	-7.27	1.53	-11.41	-4.37	-3.29	2.50	2.90
D	4.83	-18.04	-6.07	1.54	-13.13	-3.51	-3.29	4.92	2.57
E	4.79	-11.15	-7.16	1.52	-9.42	-4.33	-3.27	1.72	2.82
F	5.10	-17.53	-7.45	1.62	-13.54	-4.42	-3.48	3.99	3.03
G	5.18	-9.80	-8.56	1.64	-10.06	-5.38	-3.54	-0.25	3.18

H	5.06	-18.34	-7.07	1.61	-13.83	-4.16	-3.45	4.51	2.91
I	4.90	-12.97	-7.52	1.56	-10.95	-4.55	-3.35	2.02	2.96
J	5.02	-21.21	-6.76	1.60	-15.54	-3.98	-3.43	5.67	2.78
K	5.24	-14.09	-8.26	1.66	-12.06	-5.05	-3.58	2.03	3.21
L	5.02	-11.23	-7.96	1.59	-10.18	-4.89	-3.43	1.06	3.07

4. まとめ

- 今回、測色データを用いて顔色の変化を解析した結果、調査対象の12名のモデル全員において、顔の色相が調査色の色度と同方向へ変化、顔の明るさが調査色の明るさと同方向へ変化することから、調査色からの反射光が、顔の見え方に大きく影響していることが明らかになった。
調査前に、色彩の心理的な効果と想定していた顔の見え方の変化について、実際には物理的な調査色からの反射光の影響も大きいことが測色データの解析により明確になった。
- 色によって顔が大きく見えたり、小さく見えたり、評価者が共通に感じた顔の大きさの変化については、膨張色・収縮色といった色彩による固有感情が影響していると考えられる。
- 彩度の違いによる影響に関しては、彩度が低い色では、顔の色みが弱く見えるという結果になった。これについては発表時に説明する。
- 清色と濁色を比較した場合に、顔にツヤが出て見えたり／マットに見えたり、輪郭がはっきり見えたり／ぼやけて見えたりという調査結果に関しては、測色データの解析からは明確な答えが得られなかった。

謝辞

コニカミノルタ株式会社様のご厚意により、分光照度計 CL-500A、分光測色計 CM-700d を借用いたしました。ここに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- NPO 日本パーソナルカラー協会 富山真知子 他「パーソナルカラーにおける固有感情と表現感情について」日本色彩学会福岡大会発表 2014年5月
- 東京工芸大学工学部 川上元郎、三浦宏、渡辺憲男「色の固有感情の学習効果」日本色彩学会第13回全国大会特集号
- 川上元郎ほか：色学誌 6-1 (昭57)

空間知覚における色の効果：膨張収縮・明視性・空間定位

The Effect of Color on Spatial Perception: Expansion-Contraction, Visibility, Spatial Localization

周 曉強	Zhou Xiaoqiang	神奈川大学大学院 人間科学研究科	Graduate School of Human Sciences, Kanagawa University
畑田明信	Akinobu Hatada	神奈川大学大学院 人間科学研究科	Graduate School of Human Sciences, Kanagawa University
三星宗雄	Muneo Mitsuboshi	神奈川大学人間 科学部	Department of Human Sciences, Kanagawa University

Keywords: 黄色, ゴルフ, 膨張収縮, 空間定位

はじめに

最近スポーツ場面のカラー化が進んでいる。柔道着の青白を始め、卓球ボールのオレンジ色¹⁾やバレーボールのボールのカラー化、ゴルフボールの黄色あるいは青色陸上トラックの登場などはその代表的なものである。

それらは特に TV を意識したメディア対応という面もあるが、カラー化によって実際にそのパフォーマンスに影響を及ぼしている点もある。たとえば、青色陸上トラックでは、アスリートの集中力が増すために視線がぶれず、走行距離が限りなく当該種目の物理的距離に近づくとされる¹⁾。またサッカーにおいて赤色のユニフォームのチームの勝率が高いという報告がある¹⁾。その理由は赤色が膨張色のため、赤色のユニフォームを着たプレーヤーが大きく見えることである。また赤は一般に自然界においてもある種の「優位性」を示す色であることも理由の1つである。

その中で、多くのプロゴルファーの証言として、黄色のボールは飛びやすいといわれている (週刊『ゴルフダイジェスト』, 2015; 堀見, 2015)。本研究はその証言を実験的研究によって検証しようとするものである。

ゴルフボールの物理的な特性はその色によって変わるとは考えにくいので、飛びやすい理由はゴルファーの側にあると思われる。本研究ではその中の知覚的な要因に焦点を当てて、仮説検証を行った。

本実験では、黄色いボールは飛びやすい理由として、以下の要因を取り上げた。

(1) 黄色は膨張色のため、大きく見える。そ

のため背景の中でボールの位置が定位しやすい。

しかしやはり明度が高い白や誘目性が高い赤と比較して、特に黄色の場合に膨張するような効果があるかどうかを検討する。

(2) 黄色は一般に輝度が高く、空間における定位がしやすい。したがってボールの中心点の定位がしやすいと予想される。ボールの中心点はインパクトのポイントそのものではないが (一般にはその下の部分とされる)、ポイントの定位につながりやすい。

この場合にも白や赤との比較が重要となろう。

(3) 黄色は一般に明度が高いために、やはり背景の中でその定位がしやすい。

(4) 黄色は柔らかい印象がある。ゴルファーの証言によると、ボールが飛ぶ時はボールがクラブのヘッドに「絡みつく (あるいは巻きつく)」感じがするという (堀見, 2015)。それは黄色の持つ「柔らかさ」に関係していると思われる。

本報告では上の中で (1) と (2) について検討した。

1. 実験 1

1.1 目的: 黄色は一般に明度が高く、膨張色であるが、明度が高い白や誘目性が高い赤に比べてより膨張して見えるかどうかを検討する。

1.2 方法

装置: 複数の PC に実験ソフト (Microsoft 社 Power Point を使用) をインストールし、同時に複数の実験参加者が自分自身で実験を行った (最大 5 人)。

刺激パターン: PC 画面上に一定の長さおよび幅の標準刺激 (常に黒) とさまざまな長さ (標準刺激 ± 1, 2, 3, 4%) の比較刺激とを提示し、その

¹⁾その効果については必ずしも定まっていない。

実験1: 刺激

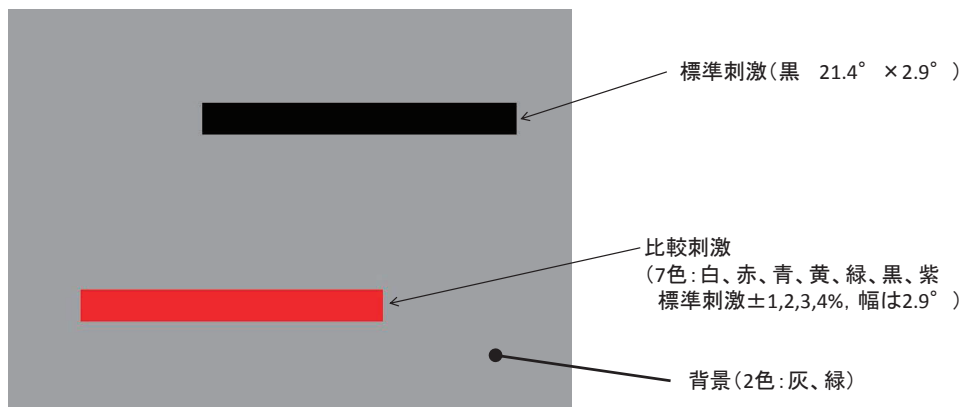
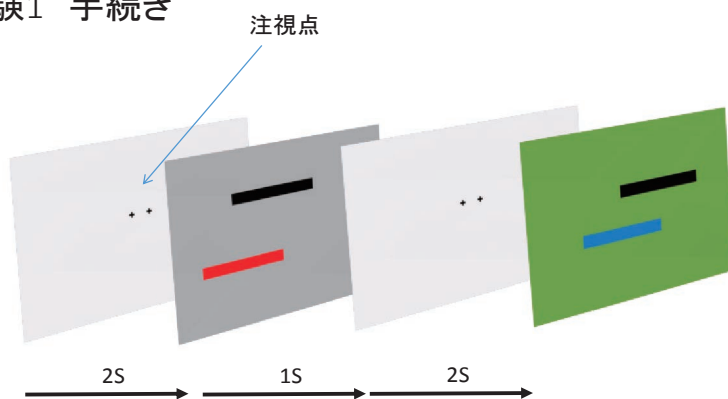


図1.1 刺激パターン

12

実験1 手続き



実験刺激が標準刺激よりも長いと思った場合には、反应用紙に○をつける。(234試行/1人)

図1.2 刺激の時間関係

14

長さの比較を行った(図1.1)。標準刺激は比較刺激よりも常に上の位置に提示された。また両刺激は、長さの判断の手がかりが得られないように、その水平方向の位置を適当にずらして提示された。さらに画面上の提示位置もランダムであった。背景は実際のゴルフシーンを想定して、緑(グリーン)と灰色(サンド)の2色とした。図1.2に刺激の時間関係を示す。

手続き: 刺激提示後次の注視点(2点)が提示される間(1秒間)に、実験参加者は手元の紙に「比較刺激が標準刺激よりも長く感じられた場合のみ」手

元の反应用紙に○印をつけた。この段階での実験参加者は32名であった。

1.3 結果と考察

図1.3(灰色背景)と1.4(緑背景)に結果を示す。これらの結果から、色の膨張収縮は必ずしもその明度および背景との輝度コントラストによって決定される訳ではないことが分かる。たとえば赤は輝度が低い(43.7cd/m²。ちなみに黄色は189, 白は212cd/m²であった)だけでなく、緑背景の時、コントラストが非常に低い(2.29%)にもかかわらず、他の色に比べて大きく見えている。

黄色に関しては、背景が灰色の時と緑の時でや

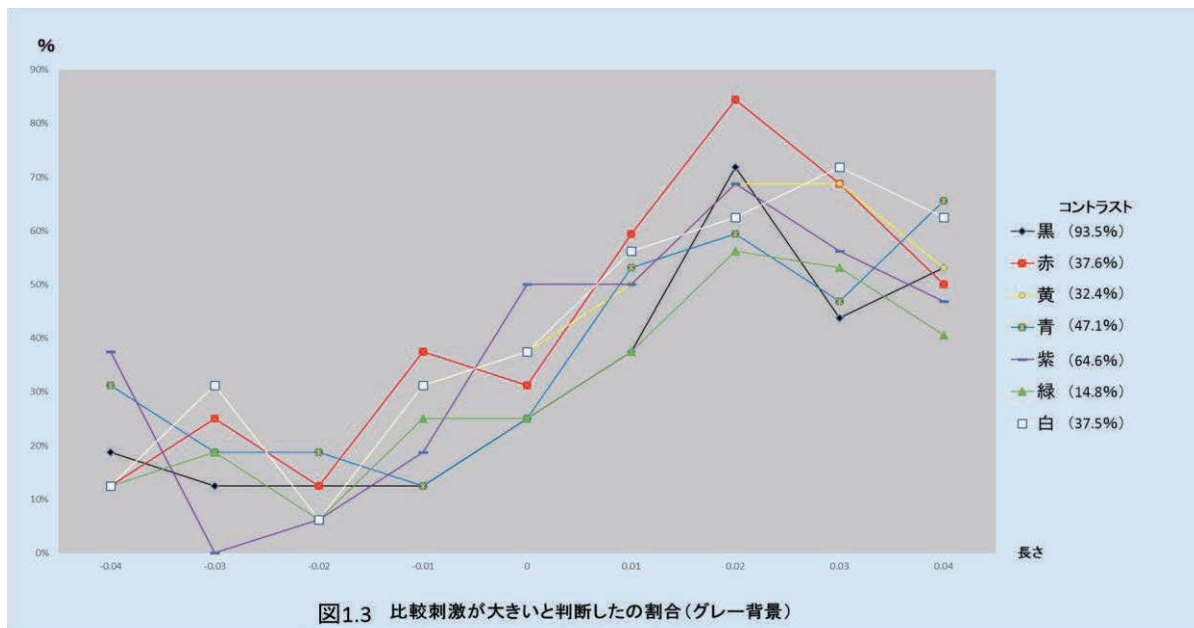


図1.3 比較刺激が大きいと判断したの割合 (グレー背景)

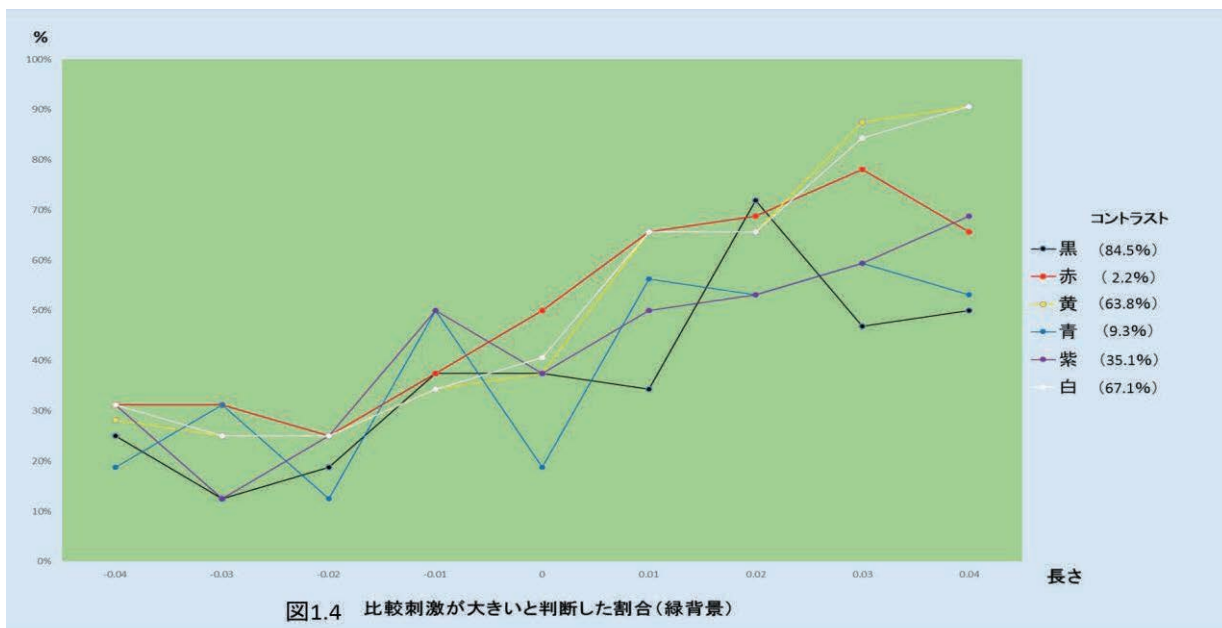


図1.4 比較刺激が大きいと判断した割合 (緑背景)

や結果が異なるが、赤や白と比較してかけ離れて大きく見えているわけではないようである。したがってこの結果は、「黄色のボールが良く飛ぶ」という仮説には合致しない。

2. 実験 2

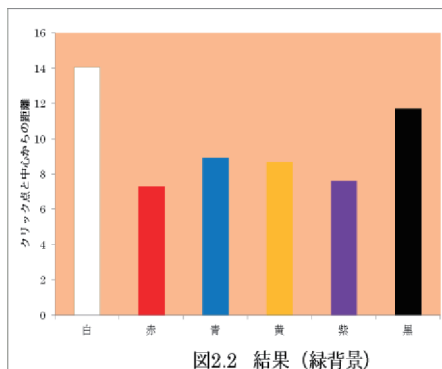
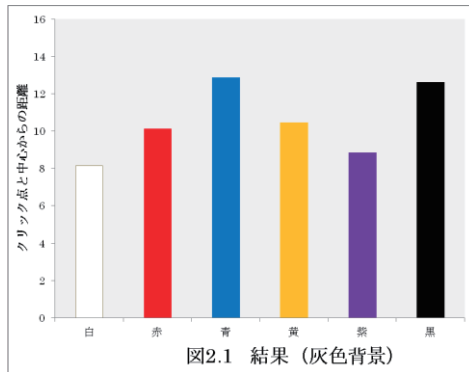
2.1 目的:黄色は他の色に比べて明視性が高いので、その中心点の定位が容易であるという仮説を検証する。

2.2 装置・刺激パターン・手続き: Cintiq (シンティック) 13HD (DTK-1301/K0)液晶ペンタブレット (株式会社ワコム) およびノート PC を

用いた。灰色および緑色の背景上に白、黒、青、紫、黄色、赤の6色のドット (タッチパネル上での直径 3cm) を提示し、その中心点の場所を入力用ペンを用いてクリックした。1人当たり 150 試行 (クリック数) を行った。実験参加者数は現段階で 20 名であった。

2.3 結果と考察

図 2.1 (灰色背景) と 2.2 (緑色背景) に結果を示す。図中縦軸はクリックされたポイントと実際のポイントとのズレ (距離) である。どちらの場合も有意な差は見られなかった。



色の膨張収縮に関しては多くの研究があるが (Gundlach & Macoubery, 1931; Bevan & Dukes, 1953; Wallis, 1953 など), 膨張収縮はもっぱらその明度の効果に帰せられることが多い。

しかしその中で、色相の効果が見られた結果もある。Bevan & Dukes (1953) は、赤、黄、緑、青のカードを同明度の灰色カードと比較したところ、赤と黄で過大視された。また 安齊・大山 (1968) によると赤はそれより明度の高い青よりも大きく見えることを報告している。

本実験の結果も、色の膨張収縮は色の明度 (輝度) だけで決定されず、色相の効果があることを明らかにした。しかし本研究のテーマであった黄色の膨張性については必ずしも突出した効果ではなかった。今後色刺激の明度 (輝度) を統一するなどして実験を繰り返す必要がある。

引用文献／参考文献

Gundlach C. & Macoubery C. (1931) The effect of color on apparent size. *Am. J. Psychol.* 43, 109.

Bevan W. & Dukes W. F. (1953) Color as a

variable in the judgment of size. *Am. J. Psychol.* 66, 283.

2型3色覚者のカテゴリカル色知覚モデルの構築

Modeling the categorical color perception of deutan observers

大西 悠貴[†] 矢田 紀子[†] 眞鍋 佳嗣[†]
Yuki ONISHI[†] Noriko YATA[†] and Yoshitsugu MANABE[†]

[†] 千葉大学 [†] Chiba University

Keywords: カテゴリカル色知覚, 色恒常性, 2型3色覚, 進化計算, 遺伝的アルゴリズム.

概要

本研究の目的は, 人間が持つ, 無数の色をカテゴリに分けて知覚するカテゴリカル色知覚を考慮した, 2型3色覚者の色認識モデルを構築することである. 様々な色覚特性を持った人たちが生活する社会において, すべての人と同じ色認識ができるモデルの構築はコンピュータビジョンにとって非常に重要である. しかし, 人間の視覚特性は未だ解明されていないことが多く, 人間と同じ色認識モデルの構築は困難な点が多い.

そこで本研究では, 構築した色知覚モデルを解析することで, 人間の色覚メカニズムを考察することを目的とし, 生物が環境に適応して進化していく過程を工学的に模倣した探索手法である進化計算を用いて, 2型3色覚者の心理物理実験結果に基づくカテゴリカル色知覚モデルの構築を行う.

1. はじめに

人間は, 色の微妙な変化を見分けることができる. しかしその一方で, 色を扱う上で知覚した連続的に変化する色をカテゴリに分けて色名で表現する. この色のカテゴリ化を行う人間の視覚特性をカテゴリカル色知覚という[1]. 矢田らはニューラルネットワーク (Neural Network: 以下 NN) を用いて, 色覚正常者に対するカテゴリカル色知覚を考慮した, コンピュータによる色の自動認識モデルであるカテゴリカル色知覚モデル[2]を構築した.

本研究では, 色覚異常の一種である2型3色覚の色覚特性を持つ人を被験者とした心理物理実験結果を用いて, 2型3色覚者のカテゴリカル色知覚モデルを構築する.

2. 2型3色覚者のカテゴリカル色知覚モデル

2.1 モデルの構築と学習データ

色覚異常は, 異常3色覚, 2色覚, ならびに1色覚に分類される. 異常3色覚は, 3種類の錐体のうちいずれかの錐体の分光感度がずれている色覚である. M錐体の分光感度がずれてL錐体の分光感度に近づくタイプを2型3色覚と呼び, 色覚異常の中で最も多いタイプであると言われている.

モデルの構築には, 進化計算の中でも遺伝的アルゴリズムをプログラミング用に拡張した遺伝的プログラミングの一種である, Cartesian Genetic Programming (以下 CGP) [3]を用いる. CGPはネットワーク構造で表現される個体集団に対して, 遺伝的操作である突然変異を適用し, 最適解の探索を行う手法である. 入力ノード, 演算ノード, 出力ノードの3種類のノードでネットワークを構築する.

提案モデルでは最適解を見つけるための適応度関数として, (1)式を用いた. F は適応度, N は教師データ数, n は代表色と認識色的一致数, E はネットワークが出力した出力値と教師データの出力値(色名使用比率)の誤差である. ここで, 代表色とは, カテゴリカルカラーネーミング実験において, 基本カテゴリ11色のうち最大の投票数を獲得した色とし, また, 11のネットワークの出力値のうち最大のものを認識色とする.

$$F = 10 \times \frac{n}{N} + \left(1 - \frac{E}{N}\right) \quad (1)$$

演算ノードには四則演算(+, -, *, div), 最大値関数, 最小値関数, 平方根, 指数関数の5種類を使用した.

2.2 学習結果

学習データには強弱の特性をもった2型3色覚者8名の心理物理実験結果[4]を用いて, 被験者毎にそれぞれのモデルを構築した. 入力データには, 実験で用いた色票と照明光のL, M, S錐体応

答値を、出力データには、実験で得られた各色票に対する基本カテゴリ 11 色ごとの得票比率を使用した。

構築した各被験者のカテゴリカル色知覚モデルの、学習データに対する正解率を表 1 に示す。正解率は代表色と認識色の一致率を表す。

表 1 被験者毎の CGP ネットワーク学習結果

被験者	正解率[%]
D1(弱)	76.51
D2(弱)	85.91
D3(強)	76.51
D4(強)	71.14
D5(強)	77.85
D6(強)	71.14
D7([右]強[左]弱)	66.44
D8([右]弱[左]強)	64.43

また、本研究で使用した教師データを、先行研究の NN[2]で学習させた結果と提案手法の正解率を比較したものを図 1 に示す。

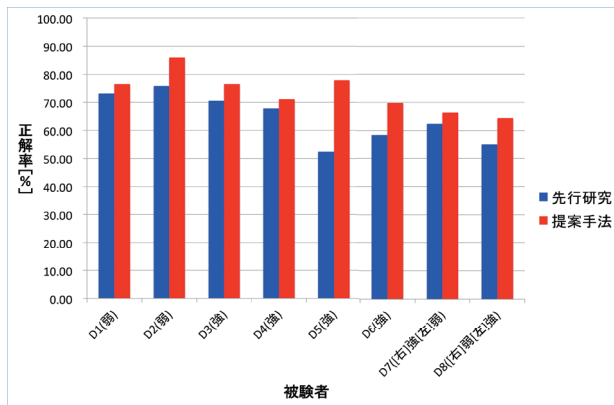


図 1. 先行研究との比較

3. 未知データの結果と考察

被験者毎に構築したモデルに対して他の被験者のデータを未知データとして入力し、モデルの性能を評価する。ここでは、D1(弱)のモデルに対して他 7 人の未知データを入力し、結果を表 2 に示す。表 2 より未知データに対する精度は改善の余地がある。

学習の結果得られた出力式では、入力情報の中で使用される頻度に偏りが見られた。例えば、被験者 D2(弱)のデータを学習した結果の式中では、6 種類の入力データを合計して 672 個の変数が使用されている中、色票の S 錐体応答値が 348 個使

用されており、11 個の出力値を計算するすべての式において、最も多く使用されていた。また、他の被験者においても基本カテゴリ色ごとに依存している入力情報があることがわかった。また、基本カテゴリ色の中には、相対的に少ない量で知覚されている色や、多くの情報量を必要としている色がある。つまり、2 型 3 色覚者は色知覚において、この情報量の差によって色のカテゴリ分けを行っているとは推測される。

表 2 D1(弱)モデルへの未知データ入力結果

被験者	正解率[%]
D2(弱)	36.91
D3(強)	51.68
D4(強)	25.50
D5(強)	40.94
D6(強)	38.93
D7([右]強[左]弱)	31.54
D8([右]弱[左]強)	37.58

4. おわりに

進化計算の一つである CGP を用いて、2 型 3 色覚者のカテゴリカル色知覚モデルを構築した。そして、構築したモデルが先行研究のモデルよりも高精度であることを示し、結果から 2 型 3 色覚者の色知覚について解析した。

今後の課題は、未知データに対する更なる認識能力の向上および、人間の視覚特性である色対比効果等の処理の実現、構築モデルの簡略化が挙げられる。

参考文献

- [1] 内川恵二. 色彩科学選書 4 色覚メカニズム 色を見る仕組み. 朝倉書店, 1998.
- [2] 矢田紀子, 長尾智晴, 内川恵二. Neural Network によるカテゴリカル色知覚モデルを用いたシーン中の色認識. 情報処理学会論文誌, 数理モデル化と応用, pp.1-7,2008.
- [3] Julian F. Miller, Peter Thomson. Cartesian Genetic Programming, Lecture Notes in Computer Science Volume 1802, 2000, pp.121-132.
- [4] 香川由佳里, 矢口博久, 溝上陽子. 2 型 3 色覚者のカテゴリカル色知覚における色の手がかりの役割. 日本色彩学会誌. 第 37 巻. 第 2 号. 103-112.2013.

かすみによる彩度知覚の変化 - かすみのシミュレーション画像による彩度マッチング - Change in Saturation Perception by Haze - Saturation Matching by Images with Simulated Haze -

高橋有希 Yuki Takahashi 千葉大学大学院
溝上陽子 Yoko Mizokami 千葉大学大学院
矢口博久 Hirohisa Yaguchi 千葉大学大学院

Chiba University Graduate School
Chiba University Graduate School
Chiba University Graduate School

Keywords: かすみ, フォギーフィルタ, 彩度, メトリッククロマ, シミュレーション.

1. はじめに

加齢に伴い人間の水晶体が混濁することで、かすみが生じ視界の彩度は低下する¹⁾。しかし、実際にはかすみによる彩度低下が補正されて彩度は知覚されるかもしれない。高橋ら²⁾は、フォギーフィルタを通して観察した自然画像を、フィルタなしの場合の画像と同等の彩度に調節する、彩度マッチングの手法を用いて、かすみによる彩度知覚の変化を検証した。その結果、フィルタを通じた状態とフィルタなしの状態における彩度知覚はほぼ同じになり、かすみによる彩度低下が補正されて彩度は知覚されることが示唆された。しかし、実際のフィルタではなく、かすみを画像においてシミュレーションしたときの彩度知覚は明らかでない。画像の場合、かすみは視野全体ではなく画像内のみにある状態であり、フィルタで視野全体にかすみがかかった状態とは同じではない。そのため、画像におけるシミュレーションとフィルタを使用した場合の彩度知覚に違いがあるのか検証する必要がある。

本研究では、彩度マッチングの手法により、かすみによる彩度知覚の変化を、フォギーフィルタとかすみをシミュレーションした自然画像、それぞれについて調べる。

2. 実験

実験は、視界にかすみをかけるためにフォギーフィルタ（ケンコー社製）と、フォギーフィルタのかすみをシミュレーションした自然画像（かすみ画像）を使用した、2つの条件で行った。フォギーフィルタでは視界全体にかすみがかかったが、かすみ画像では画像の部分のみにかすみがかかっていた。まず、被験者はモニタに呈示される自然画像の彩度を記憶した。その後フォギーフィルタを使用した実験では、フォギーフィルタを通

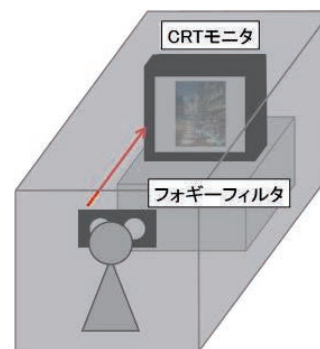


図1 実験環境

して同じ自然画像を観察した。そして、フィルタを通じた場合の自然画像の彩度を、先に記憶したフィルタがない場合の自然画像の彩度と同じになるように調整した。また、かすみ画像を使用した場合は、フォギーフィルタを使用せず、同様の手順で実験を行った。

実験は暗室ブース内で行った（図1）。ブース内には実験刺激呈示用のCTRモニターとあご台を設置した。被験者はあご台に頭をのせ、モニターに呈示される刺激を観察した。フォギーフィルタを使用する場合は、眼前にフィルタを設置し、フィルタを通して刺激を観察した。被験者からモニターまでの視距離は80cmとした。

実験で使用した刺激は異なる自然画像5種類（cafe, harbor, wool, candle, wool）である（図2）。この5種類の自然画像を基準刺激とし、被験者は各試行の初めに基準刺激の彩度を記憶した。また、各画像の彩度を変調して、マッチング刺激として使用した。彩度の変調はCIELAB色空間におけるメトリッククロマ C_{ab}^* に変調係数 k をかけることにより行った。 $k > 1.0$ のときは元の自然画像より彩度が高くなり、 $k < 1.0$ のときは彩度が低くなる。被験者は彩度の調整を行うとき、 k を0.01から1.50の範囲で、0.01または0.05刻みで変化させることができた。実験で呈示される刺激の背景はN5相当のグレーとした。

また、自然画像 5 種類にフォギーフィルタのかすみをシミュレーションし、かすみ画像を作成した。シミュレーションは、測定したフォギーフィルタの空間周波数特性 (MTF) と光の透過特性を自然画像に適用することで行った。フォギーフィルタを通して撮影した自然画像とシミュレーションしたかすみ画像をそれぞれ図 3 と図 4 に示す。かすみ画像を使用した実験では、かすみ画像の彩度を変調し、マッチング刺激として使用した。

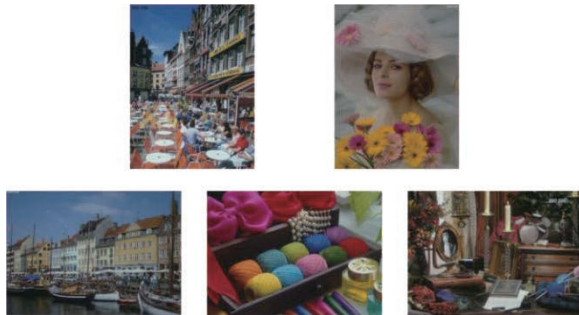


図 2 自然画像 5 種類
(上段左から : cafe, bride
下段左から : harbor, wool, candle)

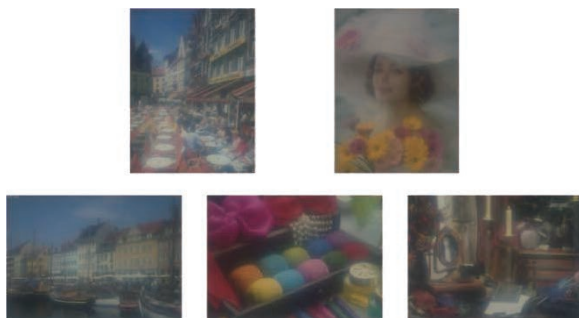


図 3 フォギーフィルタを通した自然画像
(上段左から : cafe, bride
下段左から : harbor, wool, candle)

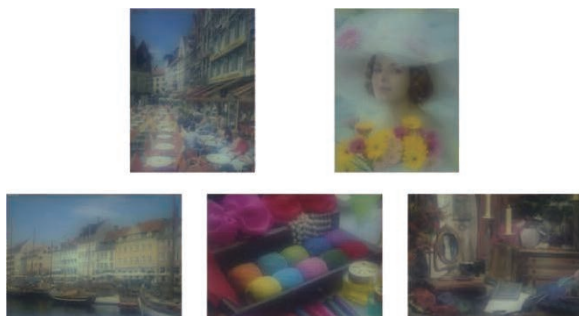


図 4 シミュレーションしたかすみ画像
(上段左から : cafe, bride
下段左から : harbor, wool, candle)

実験は調整法で行い、手順は以下の①から④の通りである。②から④の手順を繰り返し行った。

①3 分間の暗順応

②30 秒間、基準刺激を含む 10 種類の自然画像を 2 秒ずつランダム順に呈示

③5 秒間、基準刺激の 1 枚を呈示

④A : <フォギーフィルタを使用する場合>

眼前にフォギーフィルタを設置し、5 秒間、基準刺激と同じマッチング刺激を呈示し、被験者は手元にあるキーボードの調整用ボタンを押して彩度を調整

B : <かすみ画像を使用する場合>

5 秒間、基準刺激と同じかすみ画像 (マッチング刺激) を呈示し、被験者は手元にあるキーボードの調整用ボタンを押して彩度を調整

②はフォギーフィルタに対する順応の影響を取り除くために行ったが、前順応状態を揃えるためにフィルタ設置前の試行の最初でも行った。

④で呈示されたマッチング刺激の初期値の k の値はランダムに選ばれた。彩度の調整が 5 秒間と短い時間になっている理由は、長時間の調整によりフィルタに順応する影響を排除するためである。調整が完了した場合は②に戻り基準刺激を変更に同じ試行を繰り返した。調整時間が短いため調整の途中で試行が終了することがあった。その場合は②に戻り、④で調整途中の刺激が呈示された。

基準刺激 5 種類全てにおいて試行したところで実験は終了した。これを 1 セッションとし、計 3 セッション行った。被験者は色覚正常者 TK, YM, YN の 3 名である。

3. 結果

図 5 に被験者 YM の各基準刺激における彩度マッチングの結果を示す。横軸に各基準刺激、縦軸に刺激の変調係数をとっている。三角形のシンボルは基準刺激の変調係数 ($k = 1.00$: 変調なし) を表す。ダークグレーとライトグレーの四角形シンボルは、それぞれ測色値を基に算出した、基準刺激にフォギーフィルタを通した場合とかすみをシミュレーションした場合の変調係数の値 (かすみによる彩度低下の程度) を示す。フィルタとシミュレーションのかすみにより彩度が低下することを踏まえて、かすみのない状態と同じ彩度となる変調係数の値を、丸のシンボルで示す。そして棒グラフはフォギーフィルタを使用した彩度マッチングの結果 (ダークグレー) とかすみ画

像を使用した彩度マッチングの結果 (ライトグレー) を示す。エラーバーは標準偏差を表す。もし、被験者がかすみによる彩度低下を補正して彩度を知覚した場合、マッチングの結果は三角形のシンボルと一致する。一方、彩度低下に対する補正が働かなかった場合は、かすみによる彩度低下を補うように高い彩度でマッチングが行われるため丸のシンボルに近づくと考えられる。

図5の被験者YMの結果から、フォギーフィルタを通して彩度マッチングを行っても、元の基準刺激 (三角形のシンボル) とほぼ同じ変調係数でマッチングしていた。この傾向は他の被験者でも確認できた。また、かすみ画像で彩度マッチングを行った場合は、元の基準刺激 (三角形のシンボル) に比べて高い変調係数でマッチングしていた。この傾向は TK の一部の結果でも確認でき、YN ではフォギーフィルタでの彩度マッチングと同様に元の基準刺激とほぼ同じ変調係数でマッチングしていた。

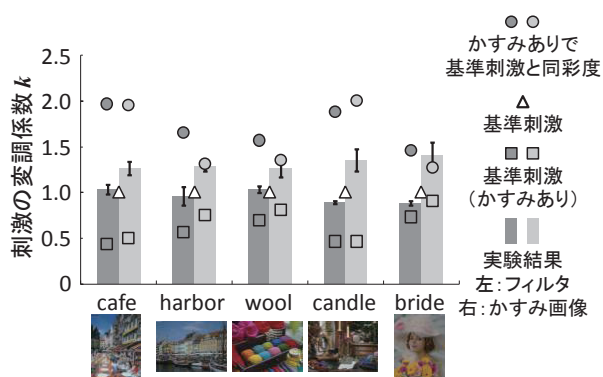


図5 被験者YMの彩度マッチング結果

4. 考察

本研究では、フォギーフィルタとかすみをシミュレーションした自然画像 (かすみ画像) を使用して彩度マッチングを行い、かすみによる彩度知覚の変化を検証した。

フォギーフィルタを使用した実験では、全被験者で基準刺激とマッチング刺激の変調係数の値がほぼ一致する結果となった。すなわち、フィルタを通して自然画像を観察しても、知覚される彩度はかすみがない状態とほぼ同じになると考えられる。

しかし、かすみ画像を使用した実験では、被験者YMでは基準刺激よりも大きい変調係数の値でマッチングする傾向が見られた。すなわち、基準刺激の彩度よりもかすみ画像の彩度を低く知覚

し、かすみによる彩度低下を補うようにマッチングしたと考えられる。ただし、被験者による結果のばらつきが大きく、TK では一部の結果でYMと同様の傾向が見られ、YN ではフィルタを使用した実験と同様に、かすみによる彩度低下は補正されて知覚される結果となった。

フォギーフィルタとかすみ画像を使用した実験の結果が異なる理由の一つは、かすみがかかっている部分の違いによるものだと考えられる。フィルタを使用するとかすみは視界全体にかかるが、かすみ画像を使用した場合は画像内のみにかすみをシミュレーションしたので、視界の一部にかすみがある状態となる。

人間は視界の環境の情報を手がかりに色を安定して知覚する能力を持つ。例えば、照明の情報を推測し差し引いて情報を処理することで異なる照明間でも安定した色の知覚が可能となる (色の恒常性)。しかし、写真では色の恒常性は低下することが示されている³⁾。これは写真以外の周辺情報の影響により、写真内の照明認識が不完全となるためと考えられる。このことを踏まえると、フォギーフィルタを使用した場合は視界全体にかすみがかかることによりかすみの程度を推測して補正することが容易だったが、かすみ画像では画像のみにかすみがかかっていたため推測が難しく、彩度低下の補正が弱く働いたと考えられる。また被験者によるばらつきが大きいのも、同様の原因と考えられる。

以上のことから、フォギーフィルタではかすみによる彩度低下は補正され彩度知覚が行われるが、シミュレーションされた画像ではフィルタを使用した場合より彩度低下に対する補正が弱くなることが示唆された。

参考文献

- 1) 小浜ら, “白内障擬似体験ゴーグルに入射する環境光によって生じる色票の彩度低下”, 日本色彩学会誌 28(2), 95-101, 2004
- 2) 高橋, 溝上, 矢口, “かすみによる彩度知覚の変化 -彩度マッチングによる検証-”, 日本色彩学会第2回秋の大会発表論文集, 434-435, 2014
- 3) Mizokami, Ikeda, and Shinoda, “Color Constancy in a Photograph Perceived as a Three-Dimensional Space”, Optical Review 11(4), 288-296 (2004)

2色覚者色弁別能力の機能性分光フィルタによる模擬 -バリエーション P,D,U の模擬特性-

Simulated Color Discrimination Ability of Dichromats by Spectral Functional Filter -Variantor P, D and U types-

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.
中内茂樹	Shigeki Nakauchi	豊橋技術科学大学	Toyohashi University of Technology

Keywords: 2色覚, 色覚特性評価, カラーユニバーサルデザイン, 機能性分光フィルタ.

1. はじめに

明るいところで有効な光受容体である錐体は、一般に3種類存在するけれども、2色覚者においては先天的にそのうちの1種類が機能していない。L錐体が機能していない場合は1型2色覚(protanopia)、M錐体が機能していなければ2型2色覚(deutanopia)となる。機能していない錐体のみ依存する色弁別は困難であり、また信号理論からは、赤緑反対色過程に相当する色覚システムが機能していないと推定されている[1]。

2色覚者に対する対応として、混同する色の組合せを使わない配慮など、カラーユニバーサルデザインが重要である。しかし、3色覚者(一般色覚者)が配色デザインをする場合、専門的知識や色彩輝度計が必要であるなど、混同する色の組合せを避ける作業はしばしば困難に直面する。先行してきた一つの対応方法は、作成物を画像ファイル化して、UDingシミュレーター(東洋インキ社製)などのPC上のソフトウェアにより色変換を行って2色覚者の見えを色の見分けにくさを模擬する方法である。しかし、一旦デジタルカメラ等で撮影する必要がある、またあらかじめ配色上の問題点が明らかになっていなければそもそも作業が行われないなどの弱点もあるため、もし光学フィルタ眼鏡をかけることによって同様の効果が得られればその意義は大きいと考えられる。

2. 光学フィルタの設計・制作と性能

(1) 設計手法

このような背景の下で、2色覚者の色弁別の困難さを模擬する光学フィルタの設計が試みられた。しかし、一般的な手法である、L錐体あるい

はM錐体のいずれかを光学的に除去する試みは、L,M錐体の分光感度が大きく重なっているため、不可能であった。

そこで、色票を見た際のCIELAB色差が2色覚者と同じになるような模擬を目指し、機能性分光フィルタの設計を試みた。最初に、評価のためのサンプル色として、D65照明下を想定した上で、モデル化されたマンセル色票を設定した。おのこのマンセル色票のモデル化された反射率は、オフセット反射率関数と主成分分析により導出された3種類の基本反射率関数の重みづけ線形加算であると仮定された。それぞれの色票における重みづけ係数は、図1で示された各色度点の1つを持ち、ルミナンス・ファクター(Y)について Y/Y_0 が0.1となる拘束条件下での最適解として導出された。この比は、マンセル・バリューで約3.8に相当する。本研究でのCIELAB色差は、おのこのモデル化マンセル色票と仮定的中性色(N/3.8)の間で定義された。

2色覚者の色弁別の模擬については、1型2色覚者はL錐体出力が、2型2色覚者はM錐体出力が、それぞれ常に零であるとの仮定を適用した。各モデル化マンセル色票について、分光フィルタを適用していない計算上の反射光の分光放射輝度から、CIE 1931等色関数により各マンセル色票のXYZ3刺激値を算出し、Smith-Pokornyの錐体分光感度計算式[2]よりLMS錐体刺激量を導出した。前述の2色覚者における仮定を適用した後のLMS刺激量から逆算した3刺激値を色差計算に用いた。図1に、3色覚者及び、1型、2型2色覚者のD65照明下での色差を示す。

この計算上の2色覚者のCIELAB色差を、模擬すべき目標とした。最適な機能性分光フィルタの透過特性を導出するため、まずフィルタの透過特性を、2つの方形波状の高透過率ピークと3つ

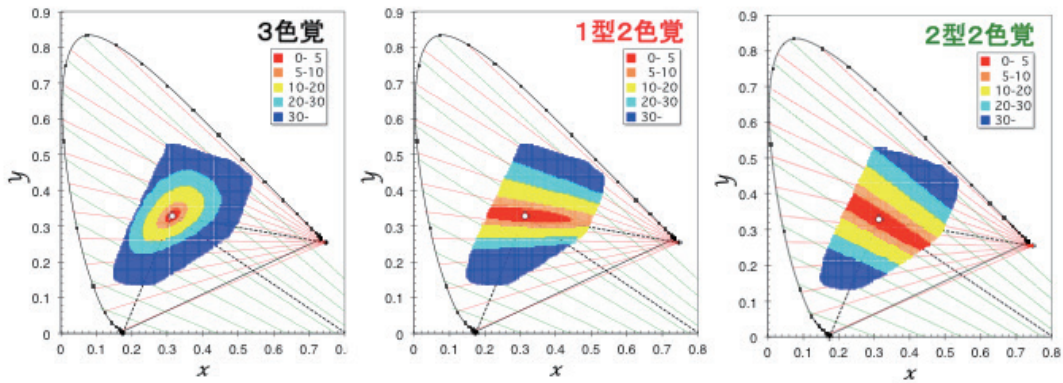


図1:モデル化マンセル色票と中性色票(N/3.8)との CIELAB 色差(左から, 3色覚, 1型2色覚, 2型2色覚)

の任意透過率の底面を持つ帯域フィルタと仮定した。2つのピークそれぞれについて、境界波長（開始波長と終了波長）を変数とするため、この分光帯域フィルタは、9変数で定義される。このフィルタの効果は、モデル化マンセル色票からの計算上の反射光に対し、単純にフィルタ分光透過率を適用することにより求めた。フィルタを使用した場合の CIELAB 色差は、フィルタの変数により変化する。最適化されたフィルタ分光透過率を、図1で示す1型、2型2色覚者の色相違に、それぞれ最もよく一致するものとし、遺伝的アルゴリズム法によりフィルタの9変数を変えることによって誤差を最小化するように選択した。

(2) フィルタの種類とその性能

色ユニバーサルデザインためには、1型模擬と2型模擬の2種類のフィルタを使用する代わりに、連続的に1種類の分光フィルタを着用する方が便利な場合もある。そのため、“ユニバーサル(Universal)”型フィルタを、1型2色覚者と2型2色覚者の両者の色差のより低い方(色弁別がより困難な方)の色差を模擬するように定義した。

本研究でのフィルタ定義手法において、遺伝的

アルゴリズム法によって得られた最適解としての1(P)型、2(D)型、及びユニバーサル(U)型の分光透過率から、実際に機能性分光フィルタを作成したものが、伊藤光学工業より発売されているバリエントール® (Variantor) のP型、D型、U型の各フィルタである。図1に示された1型、2型2色覚およびU型の定義における色彩理論上の色差、と市販されている実際のフィルタの作る色差、の間の相違を図2に示す。この時の誤差は全て「見逃し(Miss)」であり、「誤警報(False alarm)」はない(見逃しとは、2色覚者では色差が小さく弁別が困難な色の組合せについて、フィルタ着用での3色覚者での色差がやや大きく色弁別可能であると観察される場合である。誤警報は逆である)。理論から予想されるように、単一化したU型において誤差が大きくなっていることがわかる。また、P型に比べてD型において見逃しに関わる色差の誤差がやや大きいことがわかる。P型、D型の誤差については、フィルタ製作上の精度問題ではなく、2色覚者の色弁別能力の模擬を、分光フィルタによって実現する際における理論的な限界によって生じるものである。

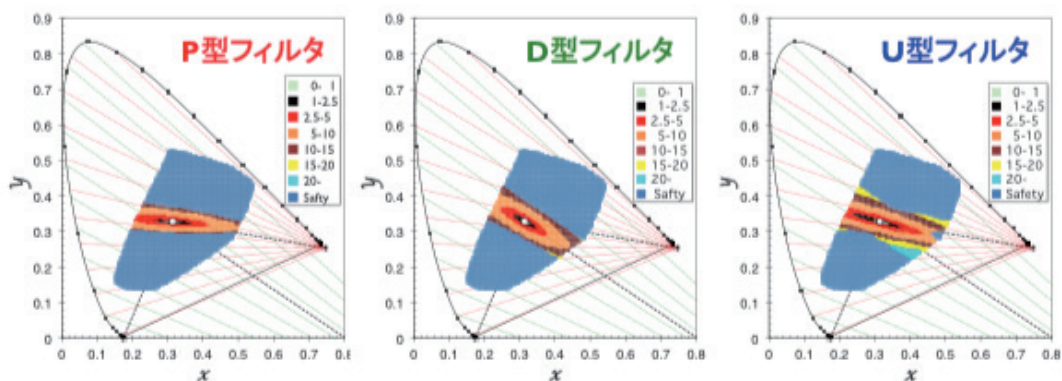


図2:理論的2色覚の色差とフィルタ生成色差との誤差(左から, P型, D型, U型フィルタ)

3. 色覚検査手法を用いたフィルタの性能検証

(1) 色覚検査の実施方法

実際に3色覚者がフィルタ着用を行った場合のフィルタ性能について、色覚検査手法を用いて検証した。①石原総合色覚検査表国際 38 パネル版(Ishihara), ②Standard Pseudoisochromatic Plates 標準色覚検査表1部先天異常用(SPP), ③パネル D-15 テスト(D-15), ④Fransworth-Munsell 100 ヒュー・テスト(FM100), 及び⑤日本色研 100 色相配列器(ND100)である。

全ての色覚検査は、室内照明を消灯しブラインドをした室内に設置したライト・ブース(Macbeth Judge II, x-rite 社)において、昼光蛍光灯(6500K)の下で実施された。ブース灰色底面の照度は約660ルクスであった。

20歳から22歳の15名の3色覚(色覚正常)の被験者(男性11名と女性4名)が、Ishihara, SPP, D-15, ND100に参加した。この15名中の6名(男性4名, 女性2名)および他の9名(男性4名, 女性5名)がFM100に参加した。全ての検査は、被験者自身が選択した単眼で行われた。

(2) 色覚検査の結果1(2色覚と3色覚の分類)

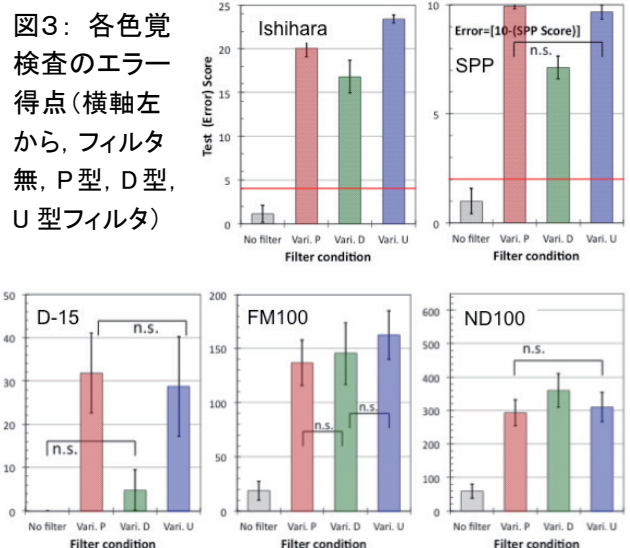
フィルタ装着時に3色覚者が2色覚と判別されるかどうかには焦点をあて、各フィルタ装着時の色覚検査での15名の被験者の平均エラー得点を、フィルタ評価に用いた。図3は、フィルタ非装着を含めた各フィルタ装着時のエラー得点で、誤差棒は標準誤差の2倍を示す。また統計的有意差が生じていない関係性のみ n.s. と表示しており、他の全ての関係性において得点は統計的に有意に異なっていた($p < 0.01$)。

プレート型の検査について、Ishihara では、誤り回答を1エラー得点とし、最悪は25点であり、2色覚や異常3色覚を疑う基準は4点以上である。全てのフィルタのエラー得点は、大きく基準を上回った。また、SPPでは、本来、正答を1点とし、10点満点中8点以上で3色覚と判定するが、他の検査との比較のためにエラー得点を[10-正答点]として表示した。同様に、全てのフィルタのエラー得点は、基準を十分に上回った。両テストとも、D型の得点は、他のフィルタより有意に低く、D型の効果がやや弱いことになる。

キャップ型テストの結果について、D-15のエラー得点はFM100と同じ方法で計算した。D-15

の結果において、D型のエラー得点は、フィルタ無し条件との間で有意差が無く、D型装着においては、強度2型2色覚ではなく、むしろ弱度2色覚あるいは弱度異常3色覚であることを示す。一方、FM100では、P型とD型との間に有意差はなく、またND100ではむしろD型のエラー得点はP型より有意に大きい。FM100での判別基準として、Verriestら[3]は、20-29歳の年齢層における3色覚者の左右眼の平均値として 6.41 ± 2.41 (標準偏差)を導出しており、全てのフィルタのエラー得点は、この基準より有意に高かった。

D型フィルタに関わる結果は、プレート型検査やD-15の設計特性と機能性分光フィルタによる模擬の限界との関係として説明できる。図1で示すように、2型2色覚におけるM錐体応答欠如は、1型2色覚者のL錐体応答欠如と比較して、より小さな色差(より強い色弁別の困難さ)をもたらす。その一方、透過光の波長制御を原理とする機能性分光フィルタによる色差圧縮の効果は、P型とD型でほとんど同じである。そのため、D型フィルタの効果は、現実の2型2色覚者との比較において弱めの2型(deuteranopia)特性を示すことになる。プレート型の検査方法やD-15においては、実際の2型2色覚者の色弁別特性が反映されているため、それより弱めの模擬に対して、弱度の2型2色覚、あるいは弱度の異常3色覚という判定結果が出ることになる。一方、FM100やND100のように、テスト・キャップ間で(ほぼ)均等の色差が設定されている場合には、D型フィルタは、P型(やU型)フィルタと同等(あるいはそれ以上)のエラー得点を示すことになる。



(3) 色覚検査の結果 2 (1型と2型の分類)

色覚検査によって、1型2色覚と2型2色覚を分類するあるいは推定することが可能である。そこで、P型フィルタとD型フィルタとが正しく分類されるかについても検証した(U型フィルタの結果は、P型とD型の中間的な特性を示した)。

Ishihara (38プレート版) は、1型と2型2色覚者分類のために、4枚(No.22-25)のプレートを持っており、3色覚者が判別できる2つの数字のうち、2色覚者はどちらか1方しか読めないという原理により分類する。完全に正しい分離の場合には、15名被験者平均でも、最大値4を示す。P形フィルタでは、1型分類(P)は3.20 (80.0%)であり、どちらの数字も読めない非分類(N)は0.47 (11.7%)であった。どちらも読める非分類(B)はわずか0.33 (8.3%)であった。一方、D型フィルタの場合には、2型分類(D)は0.13 (3.3%)に過ぎず、ほとんどはどちらも読める非分類(B)で3.80 (95.0%)であった。D型フィルタの効果の微弱さを示している可能性もある一方、今回の測定では、より見やすい数字を尋ねることはしておらず、その影響とも考えられる。Birch[4]は、多くの場合、2型検査においてより見やすい数字を回答することが必要であったと報告している。

SPPでも、同様に5枚(No.15-19)のプレートにより、1型と2型の分類を行うことが出来る。結果は、P型フィルタ装着の場合に、被験者15名中14名が2型と判定され、D型フィルタの場合には、被験者15名全員が2型と分類された。SPPは1型と2型の分類について、Ishiharaよりもより高い精度で行うことを企図して作成されたことから、P型、D型フィルタは、比較的正確に1型と2型を模擬していると考えられる。

FM100の結果において、エラーが分布している軸の方向により、1型と2型が分離できる[5]。FM100データ解析ツール(v.3.0, Munsell Color Services Lab.)で使われる1型色覚(17と64)、2型色覚(15と58)、3型色覚(5と46)の軸方向に着目して解析した。15名の平均値は、P型、D型フィルタは、おおむね1型と2型の軸方向に一致した。一方、2色覚者に特徴的な、狭い軸範囲での高いエラー値ピークではなく、幅のある軸範囲を持ち、低めでおおむね同じエラー値を示す傾向であった。これはフィルタが、1種類の錐体からの応答がないことによって生じる混同線を

作り出すのではなく、色差を圧縮することで色弁別をより困難にするため、F100のエラーが、より多くの方向に分布したと考えると説明できる。

4. まとめ

CIELAB 色差によって定義される色弁別の能力を模擬するというアイデアによって、機能性分光フィルタにより2色覚の色弁別能力を良好に模擬することが可能となり、伊藤光学工業(株)の多層膜技術によってバリエーション[®]として商品化に成功した。フィルタには、1型を模擬するP型と、2型を模擬するD型、そして両者の色弁別の困難さを模擬するU型がある。

これらフィルタは、プレート型及びカラー・キャップ型の色覚検査ツールにより評価された。SPP, FM100, ND100の結果は、全てのフィルタについて2色覚と判定され、1型、2型の分類も妥当であった。Ishiharaについては、2色覚判定は妥当であったが、2型の分類には曖昧さが残った。一方、D-15の結果は、D型フィルタはフィルタ無しの場合と有意差が無く、実際の2型2色覚者と比べてフィルタ効果が弱いことを示す。これはフィルタ原理の限界によるものである。

U型フィルタによる結果は、1型と2型2色覚の混合あるいは中間的特性を示し、より正確な色設計のためには、P型とD型の両者を使用することが推奨される。

謝辞 科学研究費(24300085)の支援を受けた。
参考文献

- 1) H.Brettel, F.Viénot and J.D.Mollon: Computerized simulation of color appearance for dichromats, *J. Opt. Soc. Am. A* 14 (1997) 2647-2655.
- 2) V.C.Smith and J.Pokorny: Spectral sensitivity of the foveal cone photopigments between 400 and 500 nm, *Vision Res.*15 (1975) 161-171.
- 3) G.Verriest, J.van Laethem and A.Uvijls: A new assessment of the normal ranges of the Farnsworth-Munsell 100-hue test scores, *Am. J. Ophthalmol.* 93 (1982) 635-642.
- 4) J.Birch: Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency, *Ophthalmol. Physiol. Optics* 17 (1997) 403-408.
- 5) D.Farnsworth: The Farnsworth-Munsell 100-hue and dichotomous tests for color vision, *J.Opt.Soc.Am.* 33(10) (1943) 568-578.

青色照明下における色彩の見え方 —低照度の場合—

Visual Perception of Colors on Blue lighting the Low Illuminance

大野治代 Haruyo Ohno 大手前大学

Otemae University

Keywords: 青色照明, 見え方, 低照度, 安全色彩, 100hue test

1. はじめに

日常の光環境が私たちに様々な心理的影響を与えている。私たちが物を見ようとするとき、全ての視対象に色がついていること、周辺環境の明るさや光源により、それらの見え方が一様でないことを経験している。近年、市場に供給される光源の種類が多様化し、室内外空間の演出を効果的にすることが簡単に実現できる状況にある。しかしながら、各光源の醸し出す雰囲気や色彩の見え方の差異について報告していることが少ない。最近居住空間に使われるLED照明が青みを帯びていること、就寝環境では照度を下げても調光することの少ないこと、外部の居住環境でも青色照明下における低照度の場合の色彩の見え方に注意すべきことが多い3)。

既報として、青色防犯照明の現場調査の結果より、色彩の見え方が不鮮明であることを報告している1)2)。

ここでは、低照度における青色照明で、極端な場合の色彩の見え方の場合であるが、どの程度の見え方であるか、検討した結果を報告する。

2. 実験概要

1) 実験方法: 実験は、産業技術総合研究所(大阪府池田市)光技術研究部門の実験ブース(壁:N8, 床 N7, 間口×奥行×高さは3m×3m×2m)で行った。実験の評価内容は表1に、被験者は表2に示す8名である。実験開始前に10分間経過後、各視対象の評価をした。実験に用いた評価項目は表1に示す通りである。評価した視対象は、1)安全色彩を8種類、2)防犯映像システム評価用チャート(人物、カラーチャート9種類)、3)100hue test(1-25)である。光源の色度値は①(0.16, 0.10)②(0.22, 0.18)③(0.23, 0.19)の3条件、設定照度は(0.1lx, 1.0lx, 10lx, 20lx)の4段階

である。

1)安全色彩の色判別は、視対象の視角5度(マスクN7)、視距離30cmで評価する。2)防犯映像システム評価用チャートは、人の顔、9色、および無彩色文字の見え方を視距離1.5mで評価する。3)100 hue testは、各被験者がサンプル(1~25番)を2分間で並べた後、実験者がチェックする。

表1 実験の評価項目

名称	評価対象	内容
評価項目	安全色彩	7.5R5/14, 2.5YR6/14, 2.5Y8/12, 5G5/10, 5PB4/10, 2.5RP4/10, N1, N9
	防犯映像システム評価用チャート	1:判別一人の顔「わかる、わからない」「髪の色」2:カラーチャートの色(9色) 3:文字、数字チャート
	100hue test	日本色研100色相配列検査器(1~25)番対象
青色照明	設定照度	4段階(0.1lx, 1.0lx, 10lx, 20lx)
	色度値	①(0.16, 0.10) ②(0.22, 0.18) ③(0.23, 0.19)

表2 被験者

被験者	性別	年齢	矯正	色覚	視力
①	女	21	なし	正常	1.5
②	女	21	なし	正常	1.5
③	女	21	コンタクト	正常	1.2
④	女	21	コンタクト	正常	1.2
⑤	男	21	コンタクト	正常	0.7
⑥	男	21	なし	正常	0.7
⑦	女	21	コンタクト	正常	1.0
⑧	女	21	なし	正常	1.0

3. 実験結果

1)安全色彩

被験者が回答した結果は、表3に示すとおりで

ある。3種の光源ともに、安全色彩の赤や白は0.1lx以上の照度があれば、色彩を判別できると考えられ、他の色彩は0.1lxでは判別が難しい。青色照明では安全色の緑が明るくしても見にくいこと、放射能を示す赤紫、背景の黒も見にくいといえる。蛍光灯と水銀灯の場合では、1lx以上ならばある程度判別できるといえる。

2)防犯映像システム評価用チャート

ここでは、人の目鼻立ち、髪の色、洋服の色、カラーチャート、文字と数字のチャートの見え方について実験した。ここでは、安全色彩とほぼ同じ色を比較する。0.1lx以上あれば、白と黒と黄は8割以上の人々が白黒と認識する。緑と赤とマゼンタは6割以上が色の識別をするが、マゼンタはピンクの色味が回答に入っている。肌色は照度を上げるとより識別しやすくなるが、20lxに挙げても半数程度の被験者が識別できない。

3)100hue test

この指標は、1,000lx以上で評価するのが本来であるが、ここでは低照度でどの程度の色味が識別できるかについて被験者実験をした。0.1lxでは色味の判別が出来なかった。1lxでは色味の識別の正解率が3種類の光源とも1割程度であった。10lxでは、青色照明では20~30%程度、他は40~50%程度であった。20lxにすると、青色照明の色味評価が20%程度になったが、他の光源の評価は、ほぼ同じ色味を評価した。ここで、青色照明

表3 各種光源による安全色彩の見え方

青色照明	照度 Lx	7.5R 5/14	2.5YR 6/14	2.5Y 8/12	5G 5/10	5PB 4/10	2.5RP 4/10	N/9	N1
用途		停止	危険	注意	安全	用心	放射能	背景	視対象
青	0.1	△	●	●	●	●	●	●	△
	1.0	◎	△	△	△	△	◐	●	○
	10	△	△	△	◐	○	◎	△	◎
	20	○	△	△	◐	○	◎	○	◎
蛍光灯	0.1	△	◐	●	◐	●	●	●	△
	1.0	△	△	△	○	◎	△	◎	◎
	10	◎	◎	△	○	◎	◎	◎	◎
	20	○	◎	○	○	◎	◎	◎	◎
水銀灯	0.1	○	◐	●	△	●	●	○	◎
	1.0	△	○	◐	○	◎	△	◎	◎
	10	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	◎
	20	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎

◎ : 100%, ○ : 80%以上、△ : 60%以上、◐ : 60~50、● : 50%未満

の微妙な色彩の識別はかなり難しいことが明らかになった。

4. まとめ

近年、各種光源が市場に出回ることが多くなり、一般市民は容易にこれらの光源を使用できる環境になったので、各人が自由に色彩や光源をデザインできる環境となってきた。

このような居住環境を背景として、青色照明やLED照明が増加していくことは、不特定多数の人々の安全・安心な居住環境を演出することを考えるとき、色彩の識別について考慮した色彩計画、並びに照明計画が大切であることより、ここで報告していることは、狭い範囲の実験結果であるけれども、社会貢献になると考える。

最後に、資料整理をお願いした中村りかさん（現レリアン、当時大手前大学生）、並びに視認実験に協力していただいた大手前大学生の皆様へ深く感謝します。

参考文献

- 1) 大野、神農：青色照明の見え方について、日建築学会大会梗概集(2009)519-520
- 2) 大野治代：安全色彩と周辺環境に使われる色彩の見え方、日本色彩学会誌 Vol. 32, No. 3 (2008) 205-210
- 3) 井上容子：青色防犯灯下での視対象の見え方と街路空間の印象に関する現場検証、日本市民安全学会第4回大阪・堺大会(2007)132-137

隅田川の橋梁群色彩調査

Color research of the bridges over the Sumida River

環境色彩研究会

※発表 杉山朗子 Akiko Sugiyama
 網村真弓 Mayumi Amimura
 加藤進久 Nobuhisa Kato
 永田泰弘 Yasuhiro Nagata
 松崎雅則 Masanori Matsuzaki
 萩原京子 Kyoko Hagiwara
 高山美幸 Miyuki Takayama
 山田誠司 Seiji Yamada
 西島幸子 Sachiko Nishijima

日本カラーデザイン研究所
 主査 カラー・デザイン・ファーム
 副主査 株式会社日本広告社
 顧問
 松崎生活デザイン
 サンスター技研株式会社
 エスケー化研株式会社
 三和工務店
 荘真木子 Makiko Syo

Environmental Color Study Group
 Nippon Color & Design Research Institute inc.
 Color Design Firm.
 NIHON KOHKOKU-SHA INK.
 Adviser
 Matsuzaki Life Design
 Sunstar Engineering Inc.
 SK KAKEN Co., Ltd.
 Sanwa Building Co., Ltd
 山川やえ子 Yaeko Yamakawa

Keywords : 橋梁色彩、測色、景観、風土、文化

1. はじめに

東京が魅力ある都市として品格があり個性的な景観形成を続けてゆくためには、どのような課題があるのか。東京スカイツリー完成以降、東京の一つの特徴である堀及び川で形成されたまちという一面を楽しめる船の旅も人気で、海外からの観光客もさらに多く訪れるようになってきている。その中心となっている隅田川周辺は近年様々な整備が実施され清潔で安全なエリアへと変貌している。隅田川景観の重要な要素の一つが多様な橋梁群である。

2. 研究の目的

橋梁は連続して掛けられているにも関わらず、1橋1橋別々に検討・計画されるケースも多く、河川景観全体での関連性は希薄になる場合が多い。そこで、現時点での隅田川橋梁の色彩を測定し、今後の橋梁色彩への考え方や価値観の変化の、比較検討及び考察ができる基準として記録を残そうとするのが目的である。現在各橋梁の色彩データ、色彩の変遷、色彩決定の経緯等の資料は公表されていない。

3. 研究概要

3. 1 調査対象

隅田川に架かる橋は、千住大橋下流で20橋ある。今回は、かつて隅田川の河口であった地点の永代橋から、その上流方向へ連続性のある白髭橋までの11橋を調査対象とした。(図1)江戸時代の中心部であり現在も下町とよばれる中流部に位置している。

竹芝棧橋から水上バスに乗って隅田川を上り吾妻橋までの架橋状況及び橋梁全体を概観した後、3グループに分かれ色見本による比視感での測色調査を行った。写真は全体、橋上空間の2点を記録の基本としたが、ここでは全体のみ掲載としている。現状色の測定とともに、それぞれの橋の成立ちや歴史、文化的特長や景色としての観点とらえた所見をまとめた。

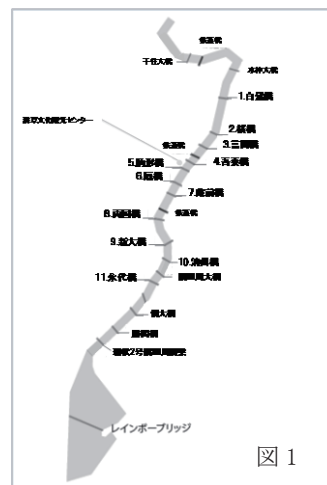


図1

[調査日時・天候]

2014年10月25日土曜日
 10時-15時実施。

天候；晴天。

[調査の手段]

日本塗料工業協会塗料用標準色ポケット版使用。2003、2007、2013年版を使用。

3. 2 調査対象の背景

今回、調査対象とした橋梁の多くは、古くから人口が多いまちをつな

ぐ橋で、江戸時代から何度も火災や流失などの被害を受けながらも近隣住民の強い思いから架け替えられ続けた、住民の生活に欠かせない、大切に親しまれた橋であった。

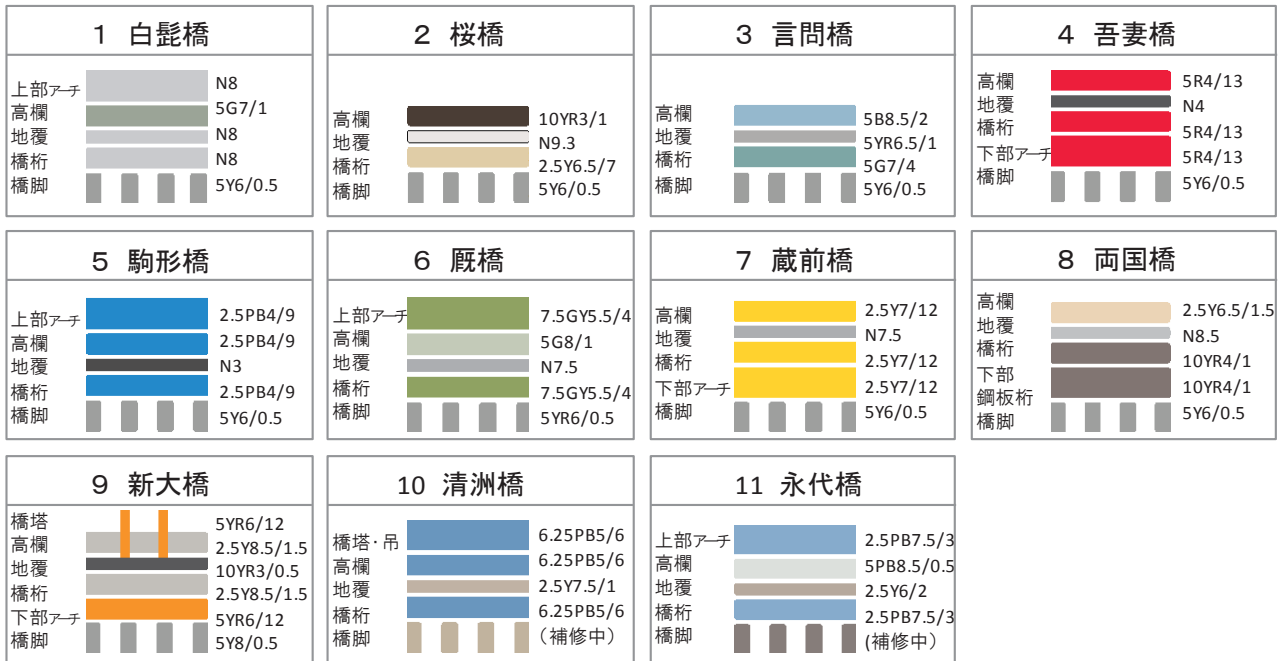
関東大震災の復興の一環としてほぼ同時期に建設された8橋(白髭・言問・吾妻・駒形・蔵前・清洲・永代・相生の八橋)は、設計にあたり欧米の最先端技術や素材を取り入れて、鉄のもつ力強さとしなやかさ、美しさを大胆に発揮したものであり、現代にあってもその品格や威厳は健在である。高張力鋼材を使用した軽量構造であり、互いの見え方、関連からデザインされ、一橋とも同じ形をしていない。当時設計主体となった田中豊の、「まちに架かる橋にはアーチ橋が相応しい」という考えが反映されているようである。[3]

近隣の住民へのヒアリングで、吾妻橋について、それまで青色だった橋が突然赤に変わって驚いたという発言もあり、色彩の変更はあまり周知されてこなかったようだ。

世界中から隅田川界限を訪れる観光客はこれから益々増え続けることも予測され、これまで以上に橋の存在をより意識し、地域にふさわしい魅力的な橋及び河川景観を形成・保全していくための方法の検討が必要である。

4. 調査結果

4. 1 測色結果



4. 2 各橋特徴

1) 白鬚橋

荒川区・台東区と墨田区

(管理；東京都)

竣工：1931年8月

橋長：168.8m

構造：下路式ブレースドリブドタイドアーチ橋

概要；重要道路である明治通りを通す橋。

歴史・背景など：橋名は墨田区の白鬚神社に由来している。伊勢物語での東下りでは主人公もここを渡った。白鬚の森と墨堤桜の名所であり文人墨客の集まる風光明媚な場所として知られた。

所見；気品と重厚感のある鉄鋼アーチとアールデコ風な親柱が重要なデザインになっている。

2) 桜橋

台東区と墨田区 (管理；台東区)

竣工：1985年4月

橋長：169.5m 幅員：12.0m

構造：連続X形曲線鋼桁橋

概要；隅田川唯一の人道橋。兩岸の隅田公園をつなぐ園路の役割を持つ。夜間利用や景観配慮の照明計画がなされた。

歴史・背景など：台東区と墨田区の姉妹提供事業として、つくば万博の年に完成した。春の桜の季節、夏の花火見物など一年を通して人で賑わう。

所見；上から見るとX字形をした流麗なフォルムが美しい。昼間はクリーム色で、夜間は橋全体が温かみのある色で水上に浮かび、魅力的である。



3) 言問橋

台東区と墨田区

(管理；国土交通省)

竣工：1928年2月

橋長：238.7m 幅員：22.0m

構造：三径間鋼ゲルバー鋼桁橋

概要；国道橋「名にし負はば、いざ言問わん都鳥 わが思う人は ありやなしやと」の在原業平が詠んだ歌にちなむ名称。両国橋とともに東京都選定歴史的建造物である。

歴史・背景など：川端康成は『浅草紅団』の中で、その直線的で力強いデザインを清洲橋と比較して、「清洲は女だ。言問は男だ。」と表現している。2012年に歴史・文化面から貴重として道路照明灯が初代のデザインで復元リニューアルされた。

所見；昭和時代によく用いられた水色。爽やかだが鉄の塗装色としては冷たく、軽い印象がある。

4) 吾妻橋

台東区と墨田区 (管理；東京都)

竣工：1931年

橋長：150.1m 幅員：20.0m

構造：三径間上落式鋼ソリッドドリブタイドアーチ橋

概要；桜の名所で有名な隅田公園に接し、浅草雷門も近く、水上バスの発着所で賑わっている。

歴史・背景等；安政3年木橋が架けられた際には「大川橋」江戸の東に位置するから吾妻に置き換えた説と左岸の吾妻神社へつなぐ橋という説がある。明治20年隅田川初め



ての鋼橋となるも震災で被災。復興事業で架けかえられる。所見; スカイツリー及びアサヒビール本社等の眺望とも相まって、赤い色が多くの観光客に親しまれるランドマークになっているが、やや彩度の高さが目立つ印象である。

5) 駒形橋

台東区と墨田区 (管理; 東京都)

竣工: 1931年8月

橋長: 168.8m 幅員: 22.9m

構造: 中落式ソリッドリブタイドアーチ橋

概要: JR 上野駅から東京スカイツリーを結ぶ都道を通す橋。三連アーチで左右側径間は上路、中央径間が中路アーチの組み合わせとなっている。

歴史・背景等; 江戸時代から駒形の渡しがあり交通の要所として賑わっていた地点。名は右岸の馬頭観世音の駒形堂があることが由来。震災復興で新設され、橋灯は柱型のアールデコ様式デザイン。

所見; 両側のアーチも含めてリズムカルな形状であるが、色の影響か、遠景では中央のアーチだけが目立つ。

6) 厩橋

台東区と墨田区 (管理: 東京都)

竣工: 1929年

橋長: 151.4m 幅員: 22.0m

構造形式: 三径間下路式タイドアーチ橋

概要: 渡しがあった場所で、花見客が多かったため転覆事故が相次ぎ架橋された。御徒町を通る東京都道453号本郷亀戸線(春日通り)を通す橋。

歴史・背景等; 西岸に幕府の米蔵があり、その荷馬車の駄馬の厩があった。それを「御厩河岸(おんまやかし)」と呼びそれにちなんだ名前。橋詰や橋灯に馬のレリーフなどが施されている。

所見: 三連アーチが美しく連なる形状。明度彩度によってさらに形を美しく見せる色彩の可能性を感じる。

7) 蔵前橋

台東区と墨田区 (管理: 東京都)

竣工: 1927年

橋長: 173.2m 幅員: 22.0m

構造: 三径間連続上路型鋼ソリッドリブ二ヒンジアーチ及び上路式コンクリート固定アーチ

概要: 墨田区側は国技館通りを跨ぐコンクリートアーチとなっており、四連アーチとして注目された。橋を通る小岩線(蔵前通り)は国道14号線(千葉街道)に直通する主要路線。1954年から1984年まで橋のたもとに国技館があったため相撲モチーフが取り入れられている。

歴史・背景など; 富士見の渡しがあったところで、橋名は西詰に建てられた江戸幕府の米蔵からの由来による。現在の橋の黄色は、1995年、黄金の稲穂や杣殻の色のイメージとして変更、さらに2006年に塗替えた色である。



所見; 非常に鮮やかな高彩度の黄色を用いているため、周囲から浮いて見え、アーチ形状や素材感が分かりにくい。

8) 両国橋

中央区と墨田区 (管理; 国土交通省)

竣工: 1932年

橋長: 164.5m 幅員: 24.0m

構造: 三径間鋼ゲルバー式桁橋

概要: 両国橋は国道14号を通し、交通の要所。隅田川2番目の架橋(1番は千住大橋)。ガードレール部分に透かしの軍配や花火の絵柄、柱部には両国国技館の屋根を模った飾りを配する。親柱もなどデザイン的に考慮されている。歴史・背景等; 明暦の大火を機に架橋。享保の大飢饉後、幕府は慰霊と悪疫退散の為に献上花火を行ない今につながる。明治30年の花火の折に欄干が崩れ大事故となり架け替え、震災を経て1932年ゲルバー桁橋となる。

所見: 濃い色調で直線的な桁橋の力強い印象が強調され、頼もしさがある。形状がシンプルで古さを感じさせない。

9) 新大橋

中央区と江東区 (管理; 東京都)

竣工: 1977年3月

橋長: 170.0m 幅員: 24.0m

構造: 二径間連続斜張橋

概要: 両国橋に続く橋として現在よりやや下流に1693年(元禄6年)架橋され「新大橋」とよばれた。広重の浮世絵に登場。大震災で唯一被災せず「人助け橋(お助け橋)」と称される。「大震災記念碑」「人助け橋由来碑」がある。歴史・背景など; 流出、焼落多く幕府は廃橋を決めたが、嘆願により町方が全て負担条件で存続。市場を開き寄付を集め、荷車も禁止し維持に努めた。1912年(明治45年)鋼トラス橋のアールヌーボー風高欄、白花崗岩の親柱の旧橋架橋。現在一部を明治村に保存。1977年老朽化で新設所見: 旧橋の面影は無いが、人を助けてきた橋が温かみの橙であることは感慨深い。主塔に新奇性のある色彩を施しシャープさが強調され、斜張橋という新しい工法の斬新さが伝わってくる。

10) 清洲橋

中央区と江東区 (管理: 東京都)

竣工: 1928年3月

橋長: 186.3m 幅員: 22.0m

構造: 自碇式鋼鉄製吊り橋

概要: 関東大震災帝都復興計画により新設。隅田川第一の美橋といわれ、永代橋の上向き曲線と対の下向き曲線のデザインで、男性的な永代橋に比較し女性的と評される。橋名は公募により両岸の清住町と中洲町で清洲橋となった。歴史・背景など; 当時、世界最先端のドイツ橋梁技術導入での製作。ケルンの橋コンペ案1位を清洲橋、3位を永代橋に採用。1912年英国海軍が開発した軍艦用鋼材(デュ



コール鋼)を世界で橋梁に初採用したのが永代橋で、次が清洲橋である。建設費は復興局が手掛けた6橋中一番高額。所見:空に溶け込むような落ち着いたトーンの色。遠景では色によるシルエットとなり流麗な曲線を描いている。

11) 永代橋

中央区と江東区(管理;東京都)

竣工:1926年12月

橋長:184.7m 幅員:25.0m

構造:中央径間上落式スチールアーチ橋、側径間上落式鋼桁橋



田中豊原案、竹中喜忠設計。

概要:架橋地点はかつて隅田川の河口。江戸時代は深川の渡しがあり物資輸送の要所。1926年(大正15年)震災復興事業の第一号としてドイツライン川のルーデンドルフ鉄道橋をモデルとする現存最古のタイドアーチ橋で日本初の径間長100mを越す橋。「帝都の門」「復興の覇王」と称される男性的で重量感溢れるデザインである。

歴史・背景など:1698年(元禄11年)5代将軍綱吉50歳を祝し現在より100m上流に架橋。深川富岡八幡宮12年ぶりの祭礼時群衆の重みで落橋。日本初の鋼材トラス橋として現在地に架橋。橋底が木製のため関東大震災時に焼失。2007年に勝鬨橋、清洲橋と共に道路橋で初の重要文化財。所見:日光・汚染等によるチョーキング等が認められるが、彩度も控えめで、流れるような形状が力強く美しい。

5. まとめ

5.1 これまでの景観検討と現在

関東大震災後の復興橋梁事業では、色彩に関しては当時の塗装技術から基調となった色は灰色であったと推察されている。大別すると①ダークグリーン②ベージュ③グレー、ブルーグレーであり、地区によって変化を持たせていたようである。隅田川橋梁では、永代橋、駒形橋はグレー、言問橋は黒みを帯びたグレー、清洲橋は濃いブルーグレー、蔵前橋はややエメラルド色を帯びたグレー。など、橋毎に、色あいや濃淡の変化をつけたグレー系で計画されたようであるが、色彩データ記録やカラー写真等が残されていないため、正確なところはわからない。[1]

東京都建設局では1988年(昭和63年)に著名橋整備検討委員会報告書[2]をまとめ地域特性からみた整備の留意点を示している。架橋地点である墨田川流域は「下町」地区であり、歴史的市街地に地域区分されている。そこには、「歴史的景観再生のため、個々の橋の履歴を踏まえ可能な限り橋の原型の再生、復元をテーマとし、造型面に着目する。・周辺の河岸、運河整備との連携に配慮する。・水管橋が敷設される場合が多く、景観的対策が必要である。」とされている。さらに隅田川については、「東京の橋の博物館として、歴史的景観を復元する。・東京、地域のシ

ンボルとして、橋を積極的に位置づける。・橋の周辺の景観整備に連動させる。・水上バスからの眺望など下からの眺めを考慮する。」というように橋梁を積極的な景観形成の柱とし、歴史的景観の復元を優先的な考え方としている。現在の状況は、これらの検討が現在の姿へ反映されているかと言えば、分かりにくい。歴史的景観の復元とされているが、鮮やかな色を用い、個々独立した感があり、周辺の景観整備との連動等も認めにくい。

5.2 今後の取り組み

橋の公共性は住民、来訪者、海外からの旅行者など多くの視点がある。その公共性を考慮しデザインや着彩に配慮したいところだが、今回の調査結果では、連続した橋の、色彩による相乗効果は感じられにくかった。河岸のテラスの壁面床面とも細かく区切られ多様な素材、多様な装飾がほどこされており、隅田川河岸としての景観の共通性はほとんど見られない現状であった。周辺住民が突然の色彩変更で驚いたというような発言もあり、景観形成の為に、専門家の論議だけでなく、住民をはじめとして多くの人々に考え方を共有してもらうことから始めなくてはならないことを再認識するものである。これまでの検討で重要とされた「下町」の地域性を表しやすい色彩とは何か、さらに「関東大震災からの復興のシンボルとなる橋梁群」を遺産として引き継ぐ色彩の在り方の追求も重要なテーマであることが明らかになった。今後、これまでの検討の方針を改めて具現化できるよう、地域の風土性及び文化性を掘り下げると同時に、河岸全体の関連、河川景観全体としてのデザインを考慮しながら橋梁色彩の検討を進めていくことが望まれる。

謝辞

日本色彩学会の研究会である環境色彩研究会有志の方々との共同調査結果を取りまとめさせていただいた。測色結果図は永田泰弘氏発案の書式を利用している。記して謝意を表します。

参考文献・資料等

- [1]伊藤孝、岡田孝『震災復興橋梁の計画とデザインの特徴』第4回日本土木史研究発表会論文集(1984)
- [2]東京都建設局『著名橋の整備検討委員会報告書』(1988)
- [3]石川悌二『東京の橋』
- [4]中井祐『帝都復興事業における隅田川六大橋の設計方針と永代橋・清洲橋の設計経緯』土木史研究論文集(2004)
- [5]日本河川開発調査会『隅田川の橋とその歴史』隅田川クラブ季刊誌「季刊すみだがわ」6号より改訂(1987)
- [6]東京今昔町あるき研究会(編)『隅田川の橋』(2013)

居室の壁紙が及ぼす快適化機能の導入と評価

X 軸, Y 軸の体系提案

Introduction and evaluation of comfort function of accent wall decor for living space

網村 眞弓

Mayumi Amimura

カラー・デザイン・ファーム

Color Design Firm

田村 雅紀

Masanori Tamura

工学院大学建築学部建築学科准教授

Kogakuin University Faculty of Architecture
Department of Architecture, Assoc. Prof.

Keywords: 快適化機能, 加工・仕上度, 材料の素性度, デジタルプリント, アクセントウォール
Comfort Function, Processing and Finishing Degree, Identity Degree of Materials, Digital Printing, Accent Wall,

1. はじめに

グローバル化が進む今日, 爽やかだ, 心地よい, 落ち着くなどの人の感覚は, 言語を超えて物性を捉える尺度となる。今日の技術革新とデザイン性の向上は, 内装材においても豊かな材料表現を創生している。住において数の充足を迎えた今日, 快適性はこれからの市場ニーズに応じる大きな要因となり, 簡便な意匠を取り入れた仕上げ材による住宅は快適性の創生に有効な要素となるであろう。

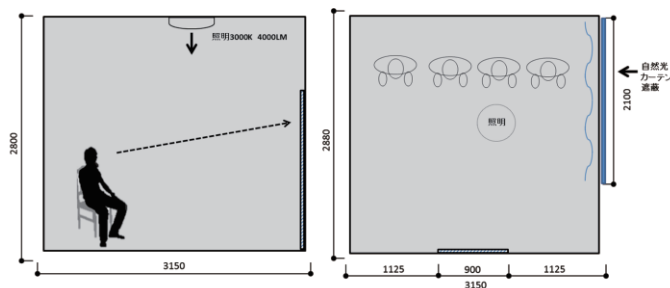
一方, 快適性を構成する要素は漠然とした印象で捉え難い。本研究は, どのような意匠が居住者の快適心理にいかなる変化をもたらすのかを評価するために, 要素を尺度化し, 快適性向上を評価する官能試験である。試験は, 内装材の中でも効果的垂直刺激であるアクセントウォール手法を用いる。アクセントウォールは基調模様デザインアクセントの要素を重ね合わせたものであるが, アクセントウォールの全体設計に関する基本構成則の包括的提案は多くなされていない。ここでは素性度 (X) と加工度 (Y) による二次元平面で構成されるマッピング図を提案する。マッピング上の素性と加工度合の因子を基にした分類から異なる要素を持つ壁紙を試験紙として選出し, アクセントウォールの貼りこみを想定したワンルーム型賃貸住宅の居室部に簡易施工し, 20代男女の被験者にそれらを空間に用いた時の壁紙の快適性機能評価を行い, 居住の快適性向上の要素を検証した。

2. 調査方法

調査は, 実空間を用いての官能評価の試みであり, 居住空間において壁装材の因子を分類し官能試験をおこない, 快適感につながる要素・色彩の効果を検証, 評価を得た。

試験は, 2015年8月3日と4日, 13時30分から14時30分の2日間行った。評価は, 被験者1日目4名と2日目3名の計7名で実施。評価実験室には被験者と測定紙の設置および記録を行う者2名が在籍。評価居室は白色系高光度低彩度の材で仕上げた壁に, マッピング図を基に選定した素性の異なる意匠壁紙を試験紙として貼り, 被験者の快適機能評価に対する官能検査 (EPR) を行った。

光源は3000K4000lmの居室設置シーリング灯。条件の均一化のため, ベランダはカーテンにより遮蔽。官能機能検査は, 物理指標, 感覚指標, 嗜好指標の3種12項の評価による検査を実施した。なお, 一般に被験者の年齢や専門知識の有無は, 官能検査の評価結果に影響を及ぼすと考えられる。参考文献[1,2,3]。本研究では, 対象空間に居住するに相当の被験者を対象に印象評価の傾向を導き出すことを目的として実施した。



評価試験居室概要

素性と、人の手が加わることによる加工度合による変化を主に尺度とする分類を官能評価グループ1とした。

官能評価グループ2では、同類基盤にデジタル印刷による意匠を施したものと施さないものとし、主に意匠の複合度合による違いのものとした。

官能評価グループ3は、主に色相による違があるものと、意匠性が類似する明度の違いのあるものとした。

なお、官能検査の評価を踏まえ、同様の測定環境下にて脳波測定を利用した生理変化の計測を検討中である。人が通常の住環境から得られる外部刺激は、視覚や触覚などをはじめ、多様な要因による影響が複合的に関係している。本研究では、特定の環境下における官能検査により壁紙の印象による心理評価をすることに加え、八木[1,2]が開発をした眼球停留関連電位(EFBR: Eye Fixation Related Potentials)による生理反応を分析する。なお、一般に、人は外部より受け取った感覚器を通じた刺激作用や認知運動により、脳波の時刻歴変化を表す事象関連電位(ERP: Event Related Brain Potential)が変化するとされているが、これらを計測する際は、間欠的な刺激提示が必要となり、また暗室等による被験者実験となる場合が多いことから、身体運動の固定化や眼球運動の制約などが生じる。この場合、人間の自然な動作の観点からは応用範囲が限られた検討となる場合が多い。人が住環境で壁を見て過ごすという行為は、日常的に行われるものであり、身体運動や視覚情報を察知する眼球運動も絶え間なく生じている状態といえる。この場合、眼球運動(運動・停留)による脳波への影響が生じることから、その加算的な影響を踏まえた脳波を測定することにより、日常的な身体運動の過程で生じる脳波の変化を捉えられると考えられる。

[1]八木昭宏：知覚と認知，1997

[2]八木昭宏：感性の物理法則，ファジイ学会誌，pp.318-326，1997

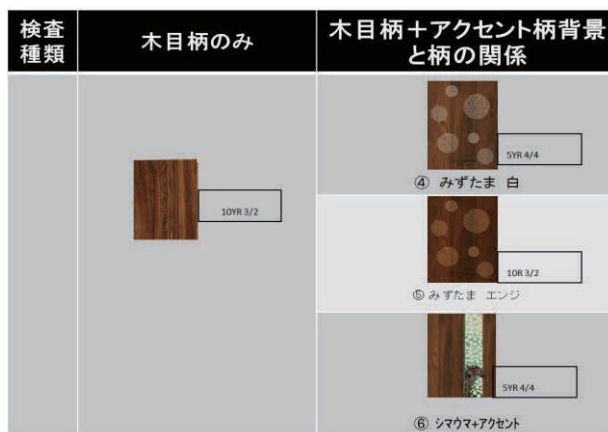
「壁紙の快適機能評価に関する官能検査シート(実施日時: 8/3・8/4) (男・女) (年齢: オ) 設置された壁紙を目視した後、受け取った印象を「レ」で判断してください。

シート1	ある	ややある	どちらでもない	ややない	ない
細かさ	レ	レ	レ	レ	レ
整然さ	レ	レ	レ	レ	レ
平滑感	レ	レ	レ	レ	レ
光の反射感	レ	レ	レ	レ	レ
光の乱れ感	レ	レ	レ	レ	レ
手が込んでいる	レ	レ	レ	レ	レ
暖かい(→冷たさ)	レ	レ	レ	レ	レ
硬い(→柔らかい)	レ	レ	レ	レ	レ
落ち着き	レ	レ	レ	レ	レ
荒々しい	レ	レ	レ	レ	レ
好ましさ	レ	レ	レ	レ	レ
心地よい	レ	レ	レ	レ	レ

官能評価調査票



快適機能評価試験紙群



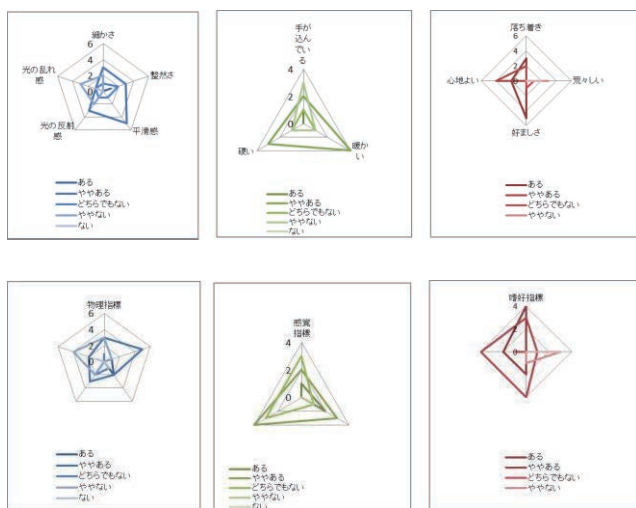
デジタルプリント意匠試験紙



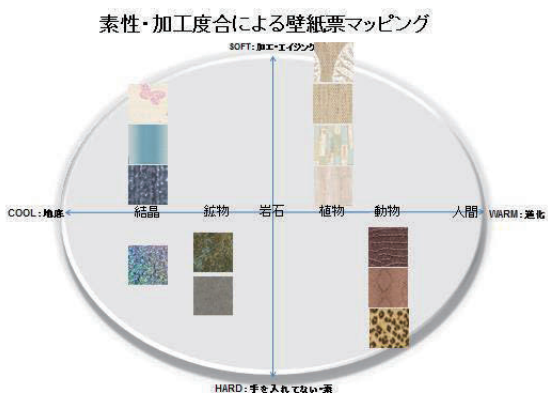
試験模様 写真1



試験紙 写真2



試験紙 評価抜粋



3. まとめ

快適機能評価には、物理的要因、生理的・心理的要因、環境要因が深く影響するが、今回のフラットな条件の空間での素性度 (X) と加工度 (Y) による、二次元平面で構成されるマッピング図による分類から選定した壁紙を試験紙とするアクセントウォールの実験では、当該居住空間に相当の対象が検証された。

多様性をもつ 24 点の試験紙からなる評価にさらに分析を重ね、ここで取り上げた壁紙が創生する空間特性をマッピングにリンクさせ、検証を重ねていきたい。

参考資料・文献

1) 八木昭宏:感性の物理法則, ファジイ学会誌, pp.318-326, 1997
 2) 知覚と認知 八木 昭宏 (著)
 3) 日本工業規格日本工業規格 JIS Z9080 : 2004
 4) 官能評価におけるデータ解析の基礎 食品開発センター/東京情報大学総合情報学部 准教授 内田 治
 [1]田村雅紀, 箕山敏彦, 建築内装用塩化ビニル壁紙シートへのテクスチャーと色彩特性が印象評価に与える影響, 日本建築仕上学会研究発表論文集, 2010年10月
 [2]君島新一, 田村雅紀, 山口由衣, 程原恵多, 大原千佳子, 視覚距離により多像化する壁紙のパターン知覚が印象評価に与える影響, その2パターン・イメージ原図を対象とした近赤外光法計測, 日本建築仕上学会研究発表論文集, pp.135~138, 2012年10月
 [3]君島新一, 田村雅紀, 大原千佳子, 新素材壁紙のテクスチャーに関する自然素材の表現性評価, 日本建築学会技術報告集,第40号,pp.853-858, 2012,10

謝辞;

今回の検証では試験に即した壁装材の制作等において大日本印刷株式会社様には要望に適した試験紙を制作いただきご対応感謝申し上げます。
 大日本印刷株式会社 住空間マテリアル事業部 MS 推進室 大原千佳子氏
 株式会社DNP住空間マテリアル KPC本部 デザイン開発部 宮崎有希子氏
 株式会社レオパレス 21 横浜支店および建築請負事業部の皆様には多大なるご協力をいただきました。猛暑の中、フラットで安定した環境を確保でき被験者を受け入れ試験を実施することができ、ご対応いただき感謝申し上げます。
 株式会社レオパレス 21 横浜第4支店 業務課 遠藤宏将氏
 株式会社レオパレス 21 横浜支店 建築請負事業部建築統括部 勝呂洋明氏
 株式会社レオパレス 21 建築請負事業部 請負事業統括1部 本多昌保氏

景観まちづくりにおける地域の個性化について

—福島県S市・城下町の景観まちづくりの事例から—

A scene town about a local individualization in making it -From an example made with the scene town of Fukushima S city, the castle town-

水野谷 倭子 Teiko Mizunoya

日本大学 Nihon University

Keywords: 景観まちづくり, 色彩計画, 城下町

1. はじめに

本研究は、地方におけるまちづくりの課題を明らかにして、今後の有るべき方向性を探る研究とする。

本編はその基礎研究であり、景観計画に基づき、筆者の関わった色彩計画に関連する事業等を基に、地域の歴史文化を活かした福島県S市の景観まちづくりに関する近年の事例を紹介する。また、城下町として代表的特徴のある駅周辺の重点推進地区と城下町地区を取り上げ、現状と個性化に関する施策を提示し、課題を探り、その解決の糸口を考察していく基礎とする。

2. S市の景観まちづくりの経緯

これまでも城下町として独自のまちづくりの整備をおこなってきたS市は、平成9年3月「都市景観形成基本計画」の策定をはじめとして、同年6月「都市景観条例」を制定し、平成17年3月「S市・N村サイン統一計画」を策定した。その後においても、まちづくりに関する法律の公布に伴い、歴史と文化を活かした重層的な施策によるまちづくりを、市民と共に取り組んできた。

平成21年3月、中心市街地活性化法に基づき、福島県初にて「中心市街地活性化基本計画」が、国の認定を受け、同年4月には「景観行政団体」へと移行した。また、「歴史まちづくり法」により、平成23年2月「S市歴史的風致維持向上計画」が全国で20番目となる国の認定を受けた。

平成23年3月に発生した東日本大震災によって、大規模地震の被害や福島第一原子力発電所事故による除染対象地域(約70~80km)となり、まちづくりや観光等にも多大な影響があったが、同年4月、景観法に基づく「S市都市景観条例」及び「S市景観計画」を施行し、平成24年3月「S市景観形成ガイドライン」を策定している。

3. S市における近年の景観まちづくり方針

本研究では、城下町S市にとって重要なエリアとして位置づけられ各種整備が重点的に進められている駅前周辺と城下町地区を取り上げ、「S市都市景観条例」に基づき、「S市景観計画」と「S市景観形成ガイドライン」の色彩規定に関連する整備実施事業に注目し紹介する。

対象とするエリアは、平成23年3月策定、平成25年3月及び平成26年1月一部変更された「S市景観計画」における、城下町の貴重な特色が象徴的な「景観計画重点区域：K城跡・S駅周辺地区」と、城下町としての景観資源が点在する「景観計画推進区域：城下町地区」である。

3-1-1. K城跡・S駅周辺地区における景観形成の方針 (関連内容のみ景観計画から抜粋要約)

重要なシンボルであるK城跡三重櫓への眺望を十分確保すると共に、景観色彩上も、周辺景観の色彩が三重櫓を視覚的に阻害しないように配慮する。また大正10年に建てられた貴重な地域資源であるJR駅舎のデザインを尊重し、駅舎のイメージを損なわない景観とする。(図1、表1)

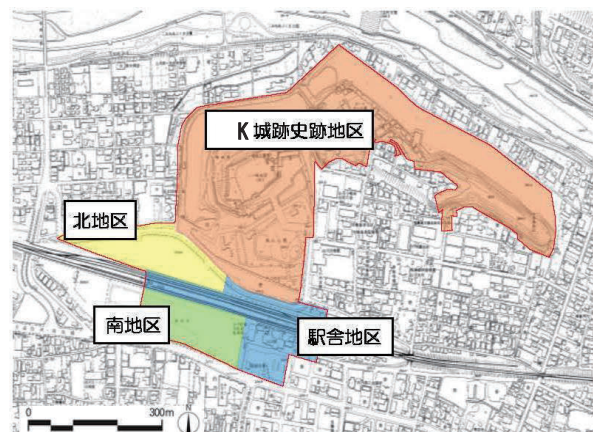


図1：「景観計画重点区域：K城跡・S駅周辺地区」

(出典：「S市景観計画」S市建設部都市政策室 2014年一部変更より)

3-2-1. 城下町地区および重点推進区域における景観形成の方針 (関連内容のみ景観計画から抜粋要約)

城下町を意識した建築物等の形態・意匠・色彩等の推進基準となる「S市景観形成ガイドライン」に基づく取り組みを進める。主要な視点場からK城跡三重櫓への眺望を確保し、建築物や工作物、屋外広告物等の規模や形態、色彩等、住民との協同によるルールづくりをおこなう。(図2、表1)

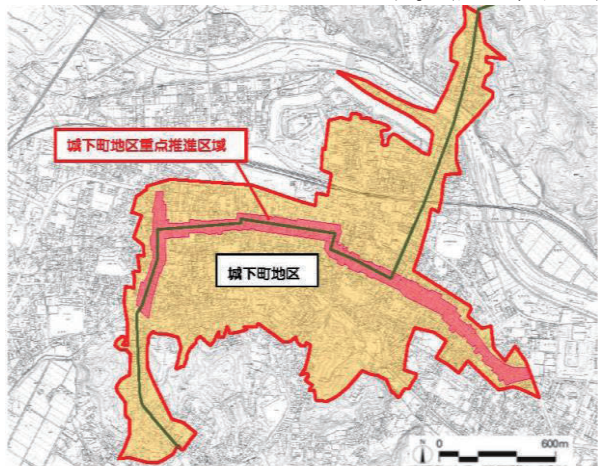


図2：「景観計画推進区域：城下町地区および重点推進区域」
(出典：「S市景観計画」S市建設部都市政策室 2014年一部変更より)

表1：「景観計画 景観形成基準」の色彩について

地区	建物の色彩基準 (マンセル値)	工作物の色彩
景観計画重点区域「K城跡・S駅周辺地区」	北地区・南地区： N系または近似色	支持柱： 5YR2/1 または 近似色
	駅舎地区：低彩度を基調	
景観計画推進区域「城下町地区」全体	色相 R, YR, Y系かつ彩度4以下 上記以外の有彩色相の場合は彩度2以下	支持柱： 5YR2/1 または 近似色

3-2-2. 城下町地区の景観形成ガイドライン

S市景観計画の方針等に基づき、地域の歴史文化を活かしたまちづくりのため、景観計画推進区域内の「城下町地区」と「歴史的街道沿いの集落地区」について、エリア特性をゾーン区分し、それぞれの区分ごとに景観形成の考え方、街並みを構成する要素の推奨基準を設定している。

本編では、「城下町地区」について、ゾーンごとに、その形成方針を示す。(表2、図3、表3)

表2：S市景観計画推進地区における景観形成の方針
(出典：「景観形成ガイドライン」S市建設部 2012年3月策定より)

ゾーン	形成方針
A	「歴史的建造物と街並みが調和し連続する 街道沿いの沿道景観の形成」
B	「歴史的建造物と新しい建物が共存し 歩行者空間に配慮した沿道景観の形成」
C	「点在する店舗と住宅が併存し 安全で安らぎのある街並みの地域景観の形成」
D	「店舗と低層住宅が共存し 小南洲周辺とつながる地域の沿道景観の形成」
E	「伝統的祭礼行事や歩行者スケールに配慮した 沿道景観の形成」
F	「谷地の緑と住宅や点在する店舗が調和した 街道沿いの沿道景観の形成」
G	「眺望に配慮し商業・業務施設の共存する 環状線沿いの都市景観の形成」
H	「点在する歴史の趣ある建物や緑と住宅が調和した 閑静な地域景観の形成」
I	「歴史文化資源を継承し多世代が住み続けられる 街区内部の地域景観の形成」
J	「公共施設や住宅が併存する 小峰城跡旧郭内の地域景観の形成」
K	「自然環境と住宅が共存し安らぎと潤いのある 河川沿いの地域景観の形成」

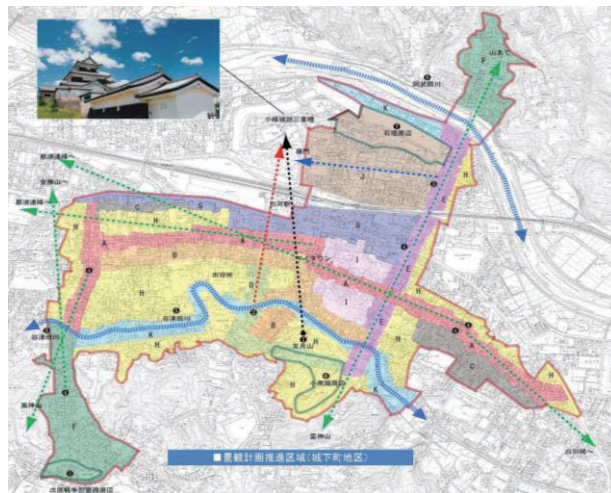


図3：「景観計画推進区域(城下町地区)のゾーン区分」
(出典：「景観形成ガイドライン」S市建設部 2012年3月策定より)

表3：「景観計画 推進地区の景観推奨基準」の色彩について

地区	建物の色彩基準 (マンセル表色系)
城下町地区	外壁・屋根等：通り、隣接建築物と調和を取る色相 R, YR, Y系かつ彩度3以下
全体	上記以外の有彩色相の場合は彩度2以下 窓・扉・庇・日よけテント等：上記に準ずる

※当該基準に基づき、各ゾーンにて詳細基準を設ける。

3-3-1. 城下町地区に関連する眺望景観の方針

(関連内容のみ景観計画から抜粋要約)

S駅白坂線からK城跡への良好な眺望の確保。特に駅前周辺では眺望に必要なセットバックをおこなう。城跡への眺望と調和した沿線景観の形成を図る。沿線の建物は派手な色彩や奇抜な形状は避ける。広告物や工作物・電柱・電線等は、眺望に配慮した配置に誘導する。(図4、図5)

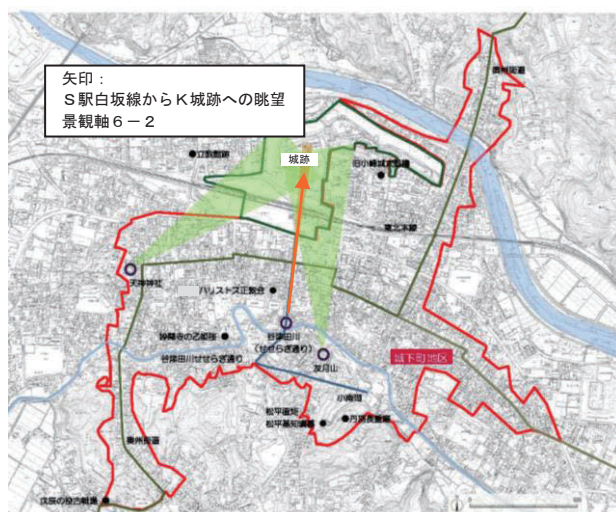


図4：該当沿道から望む景観軸6-2

(出典：「S市景観計画」S市建設部都市政策室 2014年一部変更 へ加筆)



図5：S駅白坂線からK城跡三重櫓の眺望：2013年8月撮影



図6：交番改修前（左）とJRS駅舎（右）：2012年1月撮影



図7：交番改修後（写真左側へ移転）：2012年8月撮影

4. 景観計画重点地区のまちづくり事例

4-1. 駅前交番修景整備事業

S駅前周辺に関して、以下のような景観上の問題点が指摘されており、これらの問題点を改善するために、平成23年8月の白河市景観審議会・議案第2号にて、『S駅前交番修景整備事業（移転と改修及び広場整備）』の実施が承認された。

「景観計画重点区域：K城跡・S駅周辺地区」に立地する「駅前交番（建築年：平成11年3月）」について、市政懇談会では、建設当初より、交番の意匠が駅舎を中心とした駅前広場空間の景観に合わない、多くの市民から意見が寄せられているとの指摘をした。また平成19年度に国土交通省が、市景観形成の方針についての調査・検討を実施し、現状の問題点として、国道294号からJR駅舎・K城を望む場合、駅前交番と交通案内板が、定める「歴史の景観軸」において、景観を大きく阻害している。良好な景観形成のために、交番等の移転・減築が必要であると報告した。

『S駅前交番修景整備事業』に伴う色彩検討については、平成24年2月、周辺建物色彩状況(表4)を基に、既に決定していた屋根N4、破風N4、N9.5の色彩に調和する交番外観色彩を現地確認の手法によって、外壁N8とN6.5、軒天N8、下屋根N6.5として決定した。色彩検討時における留意点は、交番の建物が、城跡三重櫓やJR駅舎よりも主張しないよう、景観色彩上「景観計画重点地区」方針に沿った周辺への配慮であり、それに基づき色彩を融和させた。(図6、図7)

表4：改修前の駅前交番概要とS駅周辺建物の基調色彩

改修前の駅前交番概要	主要周辺建物の基調色
建築面積：79.5㎡ 延べ床面積：106㎡ 構造：木造トタン葺2階建 建築物の高さ：8.48m 色彩：屋根N7、外壁N7	駅舎：屋根7.5R3/6、外壁N9 駐輪場・観光物産協会：屋根N3、外壁N9.5 市立図書館：屋根N4近似値、外壁N9.5 プラットホーム柱：10YR9/0.5

4-2. JRS駅プラットホームの屋根改修工事事例

平成25年、東日本旅客鉄道(株)により、JRS駅プラットホーム屋根の改修がおこなわれることになり、当初JR東日本はプラットホーム屋根の色彩をS駅舎の屋根の色彩と同色に塗り替える案を市に提示していた。S駅前周辺からプラットホームを見ると、プラットホームの屋根越しにK城跡三重櫓が見えることから、市は景観計画に沿って、K城跡三重櫓の良好な眺望確保とシンボルとしての三重櫓の見えを優先し、S城跡三重櫓の瓦の色彩と合わせ、プラットホームの屋根を黒系統色彩にて改修するよう協力を求め実施した。

4-3. 「景観計画重点区域：K城跡・S駅周辺地区」の主要な建物

S駅周辺地区の主要な建物は、K城跡三重櫓の眺望に合い、まちの顔となる重要な地区であるため、城下町をイメージする和風のデザインに基づいて整備が進められている。(表4、図8)



図8：(左上)改修後の交番と駐輪場、(右上)駅舎、(左下)市立図書館、(右下)プラットホームと城跡三重櫓

5. 考察

5-1. 城下町地区および重点推進区域の推奨デザイン

景観形成ガイドラインでは、3-2-2. においても取り上げたように、城下町地区重点推進区域等に関して推奨するデザインを示している。AゾーンからKゾーンは、ゾーンごとに景観形成基準を設定している。表2・図3に記されているAゾーンは、旧街道沿いのかつての町人町であり、短冊状の敷地割りが残り、江戸、明治、大正、昭和初期時代の歴史的建築物が店舗として利用されている。ゾーンにおいて推奨するデザイン要素は、点在する異なった年代の歴史的建物を活かし、城下町としてまとまりのある風情を形成することである。(図9、表5)

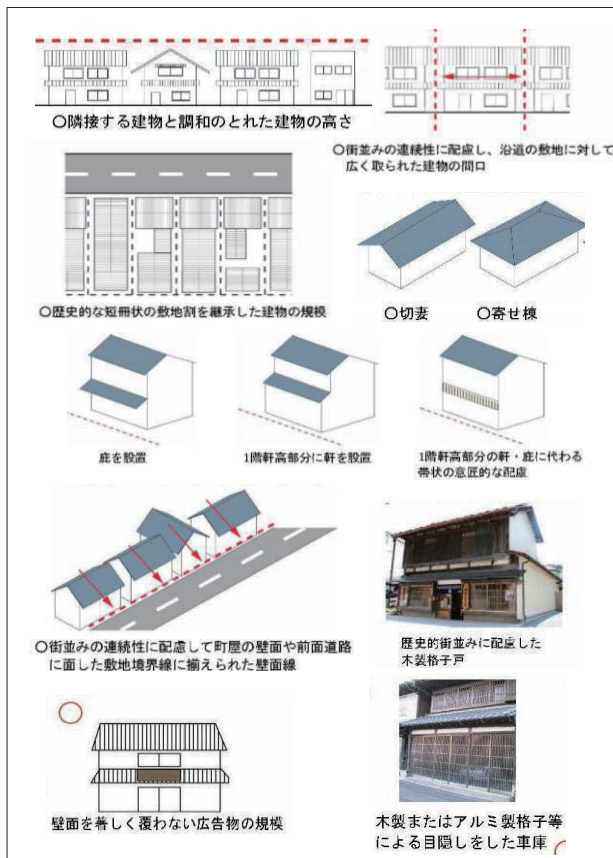


図9：Aゾーンの「ガイドライン・デザイン要素」

(出典：「景観形成ガイドライン」S市建設部/2012年3月策定より抜粋)

表5：「景観形成ガイドライン」のAゾーンの色彩基準

地区	建物の色彩基準 (マンセル表色系)
Aゾーン (城下町地区重点推進区域)	外壁：光沢のある素材は避ける。自然素材を基本。色相 Y, YR, N系かつ彩度3以下。 屋根：光沢のある素材は避け、濃い黒・灰・茶。 設備：外壁と調和を取る。 屋外広告物：自然素材を基本。落ち着いた色彩。 開口部：木製格子または準ずるもの。

5-2. 城下町地区重点推進区域の主要色の現状

S市では平成21~23年度に、地域資源を活かしたまちづくりとして、福島県ふるさと雇用再生特別基金事業「景観意識啓発事業」において、「城下町地区重点推進地区」等、「歴史的街道沿いの集落地区」の建造物の現状調査をおこなった。

城下町地区重点推進区域は2つの街道(旧0街道、I街道)が繋がり、エリアの特性が若干異なっているものの傾向は概ね共通している(表6、表7)。屋根の色彩は、いずれのエリアとも、R(赤)系が3割強を占め、次いでN系の(黒)、(灰)が4割であり、彩度5.0以上を主としている。外壁材は、7割強~8割以上を、モルタル、金属系サイディング、窯業系サイディングが占める。外壁色は、N(白)4割、N(灰)2割。その他R、YR、Yが3割以上(彩度3未満6~7割)を占める。

表6：「城下町地区重点推進区域」建物用途と建築年次の現状

エリア	住宅	店舗	その他	備考(建築年次)
旧0街道沿い	24%	54%	22%	S30年以前の建物:14戸 大正期の建物:16戸 明治期の建物:10戸 江戸期の建物:3戸 その他(S,H):129戸
I街道沿い	39%	42%	19%	S30年以前の建物:5戸 大正期の建物:8戸 明治期の建物:5戸 江戸期の建物:1戸 その他(S,H):95戸

表7：「城下町地区重点推進区域」の屋根形状の現状

エリア	切妻妻入り	切妻平入り	陸屋根	片流れ	寄棟	他
旧0街道沿い	29%	17%	22%	23%	5%	4%
I街道沿い	34%	27%	7%	17%	12%	3%

6. まとめ

今後S市の独自性のある景観まちづくり推進において、現状把握と風土特性から各エリア・ゾーンの特徴を再分析し具体化する必要がある、他地域城下町との差別化が課題である。

謝辞：本研究に関して、資料データ提供及びインタビューにご協力をいただいたS市建設部都市政策室まちづくり推進課課長の川瀬様をはじめ、近藤様、深谷様には感謝申し上げます。

参考文献

- 1) S市「景観計画」2011年、2013年、2014年
- 2) S市「景観形成ガイドライン」2012年
- 3) S市「広報S NO.95」2013年
- 4) S市「都市計画マスタープラン」2009年

環境色彩の意識を高める「隠す」デザインワークショップ(2) “Camouflage” Design Workshop to increase the awareness of environmental colors (2)

山下 明美 Akemi Yamashita 岡山県立大学 Okayama Prefectural University

Keywords: 色彩教育, 環境色彩, デザイン, カモフラージュ, 記憶色

1. はじめに

色彩教育の中で、環境色彩について実践的に考え、学ぶ機会が意外に少ない現状から、そのきっかけとなることを目的とした「隠す」ワークショップ「擬態したサイコロ Camo Cube」をデザイン演習の中に取り入れている。

昨年色彩学会第2回秋の大会ではポスターでその実施方法とワークショップに参加した学生のアンケートの結果について報告した。体験後の自己評価では8割をこえる学生が色や模様に変更が必要と答えており、座学で色彩の基礎を学んでも、実際に立体物を環境に完全になじませることは容易ではないことが確認された。

実際の色や模様とのズレがおこる要因としては、(1) 観察の不足、(2) 色や模様の再現スキルの未熟等が考えられるが、(1) の観察の不足に関しては、目視をした時に起こる記憶色による影響があることが推測される。

2. 目的

本稿では先の課題をふまえ、より学習効果を高めたワークショップのプログラムを色彩教育に活かしていくために、以下の調査を行い、配色や模様のズレと記憶色の影響などを検討する。

3. 方法

景観条例の中でも建築物の使用色の彩度、明度の基準とすることが多い、自然の樹木や植栽を観察し、その色とパターン再現することで背景になじませる「隠す」ワークショップを実施する。

3.1 調査方法

(1) 対象：岡山県立大学デザイン学部学生 38名 (18歳～19歳)

実施日：晴れている日中

(2) 調査場所 背景：大学構内(常緑種のヘデラがグランドカバーとして植えられている)

(3) 観察条件：

①観察、撮影は日中、自然光下にて行う。

②観察距離は対象とする背景から約1m

③目視による観察、デジタルカメラでの撮影も可

(4) ワークショップのプロセス

①背景を観察後、視感測色し、背景に擬態するサイコロ(Camo Cube)を作成する。

②サイコロ(以下立方体)の仕様：90mm x 90mm x 90mm の立方体の展開図にガッシュまたはポスターカラーで着彩して仕上げる。(図1)

③使用した主要色3～5色を25mm角のカラーチップにしておく。

④観察時と同じ条件で目視と写真撮影によって背景と立方体の見え方を比較する。

⑤写真プリントとカラーチップを貼って観察結果を記入したプレゼンシートを作成する。



図1 作品例 A B

3.2 調査手順

(1) カラーチップから色数を調査した。(図2)

(2) 使用色を測色し、マンセル値による色彩分布図を作成し、各使用色と背景色との色の一致とズレの度合いを確認した。すべての立方体の使用色のマンセル値から全体の配色傾向を考察した。色票：JIS Z8721 準拠標準色票

(3) 調査場所の植え込みを目視後、デジタルカメラで背景を撮影した。全サンプルを背景に置いて、目視にて観察後、撮影を行った。(図4)

撮影機材：Nikon D90、Canon PowerShot S95
カラーチェッカーパスポート

立方体をD65照明下で撮影し、配色とパターンの傾向を抽出した。

4. 結果と考察

本稿では主に使用色とその傾向について報告する。配色数では3,4,5色を使用したものが多く見受けられた。(図2)特に背景によくなじんでいた Camo Cube の使用色は4色で、一般的に使用される迷彩柄と同様にそれほど多くの色数を必要としないことが確かめられた。色彩分布図(図3)で Camo Cube の色を背景色(青い点)と比較すると、約半数で背景色より彩度、明度が高くなっていった。景観条例では、樹木の種類にもよるが、住宅街等では街路樹の彩度に合わせて壁面の色を6以下にする規制が設けられている例が多いが(図6)、今回の調査では8~12で着彩されている例も多く確認された。明度でも背景色のメインカラーが4~1であるのに対して5~8と高めになっているものが多くみられた。

Bartleson らの諸研究にみられるような記憶色の特徴が出ている例が明度、彩度共に確認されたが、中でも色相のズレにおいて顕著であった。その要因として、混色スキルの未熟もあるが、観察時の記憶色と共に、デジタルカメラの色再現の影響も推測される。スマホ等では記憶色に基づく色再現となるため、よりその色の特徴が強調された色となる可能性がある。目視を十分に行わずに記録用の画像の色を頼りに再現したために色のズレがさらに大きくなったことが推測される。

5. おわりに

擬態成功例の作品Aのレポートから、目視を十分に行っていること、色チップを先に作って現場で何度も確認しているなど、環境色彩を実践的に学ぶ上で、当然でありながら怠りがちな、<対象を目視でよく観察する>ことの重要性が示唆された。今後の演習課題の改善に活かしていきたい。

参考文献

- 1) 山下ら, 環境色彩の意識を高める「隠す」デザインワークショップ, 日本色彩学会誌, Vol.38, (2014), 482-483
- 2) 槇, 増田, “記憶された色の時間的変化.” 日本色彩学会誌 24.2 (2000), 232-243.
- 3) 松本, 須長, 妹尾, 記憶色における質感情報の影響の検討, 日本色彩学会誌, Vol.35, (2011), 98-99
- 4) 新美, 神作, 自然物の色見えと記憶色に関する検討, 日本色彩学会誌 20(SUPPLEMENT), (1996), 30-31,

	3色	4色	5色	
1	9	15	12	1
2色				6色

図2 配色数 (サンプル数: 38)

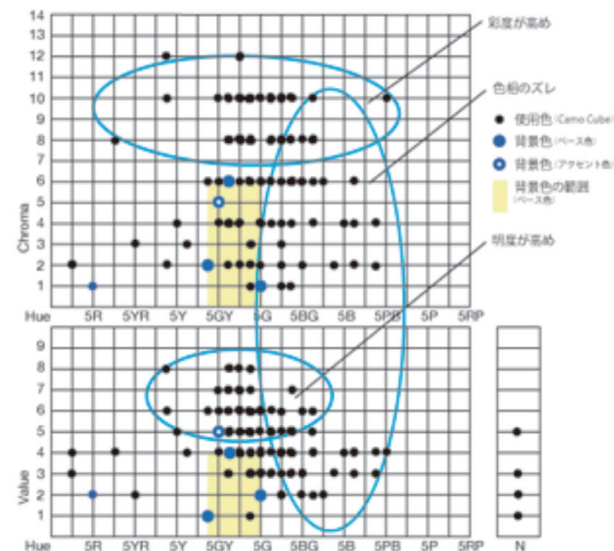


図3 背景色と Camo Cube 使用色の色彩分布図

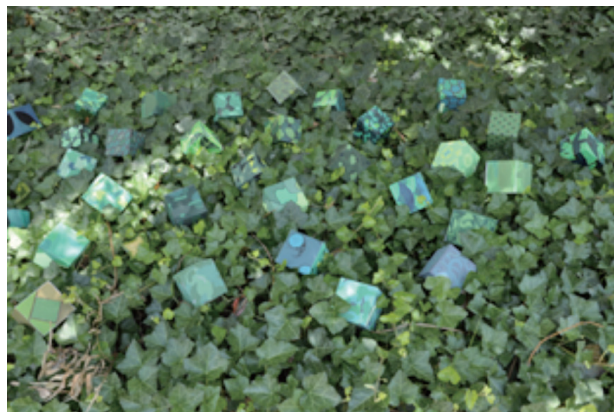


図4 目視による擬態状態の観察

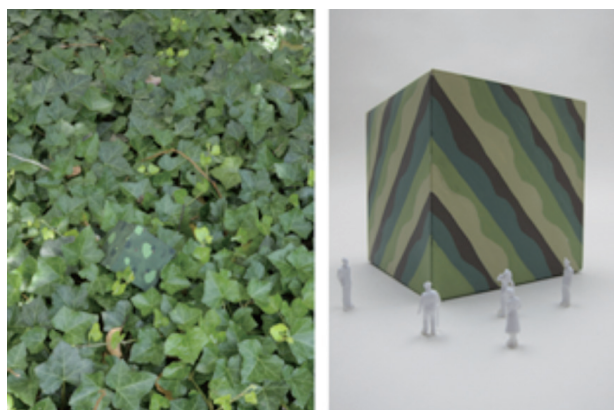


図5 擬態成功例 (作品A)

図6 建築物を想定(1/100)

マルチバンドデジタルカメラによる錦絵資料の撮影と分光分析 Spectral Imaging of *Nishiki-e* by Multiband Digital Still Camera and Spectral Analysis of Blue Colorants

鈴木卓治 Takuzi Suzuki 国立歴史民俗博物館 National Museum of Japanese History
 眞鍋佳嗣 Yoshitsugu Manabe 千葉大学大学院 Chiba University
 矢田紀子 Noriko Yata 千葉大学大学院 Chiba University

Keywords: マルチバンドデジタルカメラ, 錦絵, 天然藍, ベロ藍 (プルシャンブルー), 近赤外線写真.

1. はじめに

博物館資料の科学的分析において、資料の保存と活用を両立させる上で非破壊的な手法が強く求められる。本稿では、国立歴史民俗博物館で2014年に導入された紫外・可視光・近赤外マルチバンドデジタルカメラを用いて錦絵資料の撮影を行ったので、そのあらましについて述べる。あわせて、簡単な分光分析の例として、青色着色料である天然藍とベロ藍 (プルシャンブルー) について、錦絵資料を調べたので報告する。

2. マルチバンドデジタルカメラについて

本稿で使用するマルチバンドデジタルカメラは、米国 MegaVision 社[1]が開発した EV multispectral imaging system のうち、文化財資料撮影用にカスタマイズされたものである(図1)。カメラ本体は、8176×6132画素のモノクロ CCD センサーを搭載し、350nm から 1000nm にかけて感度をもつ。各ピクセルは 12bit の分解能がある。光源は LED であり、13種類の主波長(365nm, 445nm, 470nm, 500nm, 520nm, 590nm, 630nm, 650nm, 700nm, 735nm, 780nm, 860nm, 940nm)をもつ(図2)。これを順次点灯しては撮影を繰り返すことで、各主波長に対応するバンド画像を得ることができる。拡散板を使って照明の均一化を図っているが、それだけでは押さえ込めず、白色板を撮影して照明ムラ情報(図3)を取得し、照明ムラ除去の処理を行う必要がある。撮影の精度を保つには近赤外線から紫外線まで高い反射率を保つ均一な白色板が必要となるが、今回はスペクトラロンで作られた白色板を用いている。

撮影した画像からカラー画像を得るために、可視光域に主波長をもつ9枚のバンド画像(445nm, 470nm, 500nm, 520nm, 590nm, 630nm, 650nm, 700nm, 735nm)(図4)から分光反射率を推定し、各ピクセルの(D₆₅光下での)色を求めた(図5(a))。

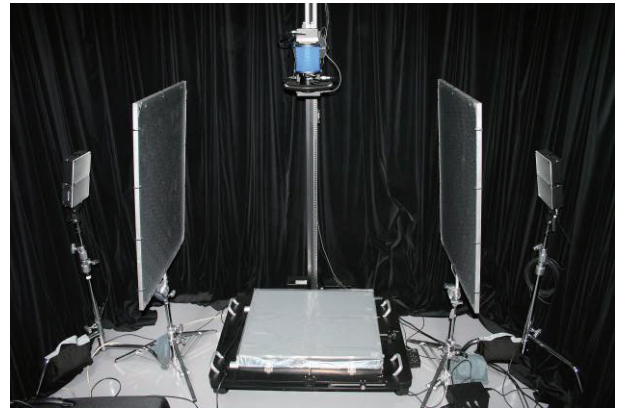


図1 マルチバンドデジタルカメラ

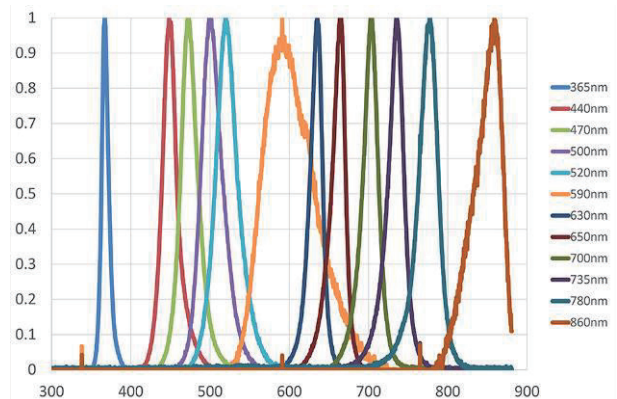


図2 LED光源の分光分布(940nmを除く)



図3 照明ムラの様子(520nm)

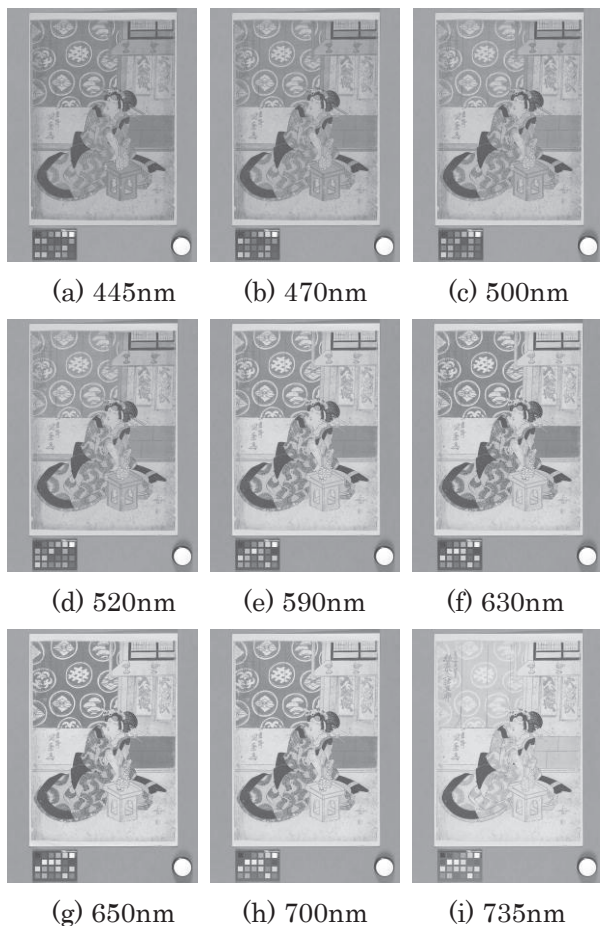


図4 可視光域のバンド画像

3. 錦絵における天然藍とペロ藍の判別

錦絵（多色刷り木版画の浮世絵）に用いられる青色の着色料として、露草、天然藍、ペロ藍（ベルリン藍、プルシャンブルー）の判別が可視光領域から近赤外線領域(380nm-950nm)にかけての分光反射率の計測によって可能であることが知られている[2]。われわれは、紙の白の分光反射率との関係に着目し、天然藍とペロ藍との判別において、分光反射率の高低だけでなく、赤外線領域で“透明”か“不透明”かを判別すべきであることを指摘し、近赤外線画像の利用がその判別に有効であることを示した[3]。今回、マルチバンドデジタルカメラを用いて、ピクセル単位で比較可能なカラー画像と近赤外線画像の同時撮影ができるようになったので、国立歴史民俗博物館の所蔵する錦絵資料のうち、印刷年が明確に特定できる役者絵舞台姿479枚[4]の中から、1825年から1835年までに刷られた63枚の錦絵について、マルチバンドデジタルカメラで撮影し、天然藍とペロ藍の判別を試みたⁱ。なお、緑は単独の着色料が存在せず、青色着色料と黄色着色料の混合で作られていることがわかっている[3]ので、こちらも合わせて

観察した。

図5と図6にそれぞれ、天然藍と推定される例ならびにペロ藍と推定される例を示す。図5では女性の着物の青い柄が近赤外線画像では白い紙の部分と変わらなくなっていることから、この青が近赤外線領域では透明である、すなわち天然藍であることを示している。一方図6では、青色部分が近赤外線画像では紙の白に対して明らかにはっきり濃く写っており不透明である、すなわちペロ藍であることを示している。



(a) カラー画像 (b) 近赤外線画像

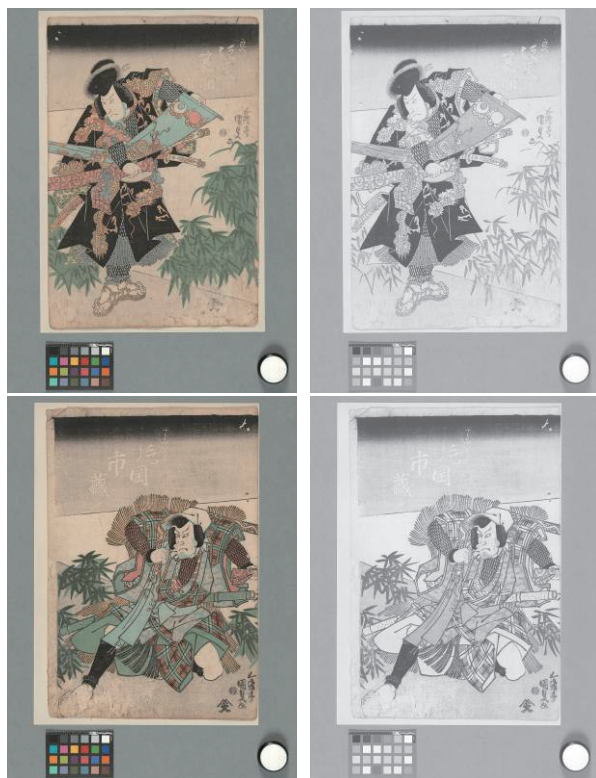
図5 天然藍と推定される例 (1825年)



(a) カラー画像 (b) 近赤外線画像

図6 ペロ藍と推定される例 (1835年)

63枚の錦絵の中から、もっとも早いペロ藍の使用が推定される例として、1829(文政12)年11月(旧暦)市村座「知仁勇爰頼三津」の舞台姿を描いた絵が見つかった(図7)。男性が手に持つ布などに表れる青は近赤外線画像で紙の白に対して濃く写り、ペロ藍であることを示唆している。一方、竹林などに表れる緑は近赤外線画像では白く抜けており、この緑が天然藍と黄色着色料の混合であることを示唆している。



(a) カラー画像 (b) 近赤外線画像

図7 ベロ藍と推定される最も早い例(1829年)

1829~1832年印刷の錦絵では、天然藍の使用が推定される錦絵とベロ藍の使用が推定される錦絵とが両方現れるが、1833年に入ると、ほとんどの錦絵がベロ藍を使用していると推定された。図8は、天保4年8月中村座「桜時花吉原」の舞台姿の絵で、(63枚のなかで)天然藍の使用が推定されるもっとも遅い例である。

緑色については、青色がベロ藍と推定される場合には、天然藍起源と思われる緑とベロ藍起源と思われる緑の両方の使用が認められるが、逆に緑がベロ藍起源と思われる絵では、青色はすべてベロ藍が使用されているようである。このことは、緑色の作られ方が、青色着色料の変化とともにいっせいに変わったのではなく、数年間の過渡期があったことを示唆するものと思われる。

4. おわりに

下山らは、江戸で刊行された浮世絵版画にベロ藍が本格的に登場するのは1830年(天保元年)後半からである[5]としている。図7に示した錦絵がそれより早い事例であるかどうかは、蛍光X線分析でFeが検出されるかどうか等の化学分析によって確かめる必要があるが、画像によって作品の全体をみれなく調べ、詳しい調査が必要な部分の見当をつけること



(a) カラー画像 (b) 近赤外線画像

図8 天然藍と推定される最も遅い例(1833年)

ができることは、非破壊で網羅的かつ科学的な資料調査が可能となり、大きな利点であるといえる。

今回は色と近赤外線画像の濃さ(反射率)との関係を目視によって読み取ったが、最終的な目的は今回の分析を画像処理技術によって計量的に実施できるようにし、調査する資料の数を増やして、より大きなタイムスケールの中で使用着色料の変化をとらえていくことである。今後の課題としたい。

参考文献

- [1] <http://www.mega-vision.com>.
- [2] 下山進, 松井英男, 下山裕子: 光ファイバー接続簡易携帯型分光器を用いる可視・近赤外反射スペクトルによる浮世絵版画青色着色料の非破壊同定, 分析化学, Vol.55, No.2, pp.121-126 (2006).
- [3] 鈴木卓治, 眞鍋佳嗣: 近赤外線画像による錦絵の天然藍とベロ藍の判別, 日本色彩学会誌, Vol.37, No.3 (第44回全国大会講演予稿集), pp.252-253 (2013-5).
- [4] Takuzi Suzuki, Misaki Kan'no, Noriko Yata, Yoshitsugu Manabe: Detection of transition of red colours on *Nishiki-e* printings from colour-corrected digital images, Journal of the International Color Association, Vol.14, pp.57-66 (2015-4).
- [5] 下山進, 松井英男: RI蛍光X線非破壊分析法による浮世絵版画へのプルシャンブルー(ベロ藍)導入過程の研究, 日本原子力研究所, 第7回黎明研究報告会報告集, JAERI-Conf 2003-021, pp.440-454 (2003).

ⁱ 近赤外線域での反射率を見る方法では、露草と天然藍の違いを判別することはできないが、ベロ藍が登場する1830年ごろにはすでに錦絵では露草は用いられていなかったと考えられている。

頬部の色素沈着部位の定量および「目立ち」の知覚への影響

Distribution effect of pigmented spots on perceived facial skin color

菊地久美子 Kumiko Kikuchi 資生堂リサーチセンター
千葉大学大学院

Shiseido Research Center
Graduate School of Advanced Integration
Science, Chiba University

片桐千華 Chika Katagiri 資生堂リサーチセンター
溝上陽子 Yoko Mizokami 千葉大学大学院

Shiseido Research Center
Graduate School of Advanced Integration
Science, Chiba University

矢口博久 Hirohisa Yaguchi 千葉大学大学院

Graduate School of Advanced Integration
Science, Chiba University

Keywords: 色素沈着, 目立ち, 肌の明るさ, PLS
回帰分析.

関連するパラメータの抽出を行った.

1. はじめに

顔に生じる色素沈着は肌の加齢特徴の一つであり, 他者に与える印象を大きく左右することが知られている. 色素沈着の大きさ・色調は様々であり, また頬部に生じる数も影響して, 頬部は様々な状態を呈する. 我々はこれまで, 頬部の画像から色素沈着の数, 個々の面積, 個々の色調を定量する手法を開発してきた¹⁻³. 提案手法を約 600 名の日本人女性の頬部画像に適用し, 加齢に伴う色素沈着の個数, 面積, 色調の変化について解析することで, 年代別の色素沈着の状態と特徴を明らかにした³. 色素沈着と印象の関係については, 画像特徴量を利用した研究がいくつかある. Matts⁴らは約 170 名の女性の頬部画像から不均一度 (heterogeneity) を算出し, 均一性と印象の関係について調査した^{4,6}. 岡嶋らは日本人女性の頬部の画像から平均・偏差・歪度・尖度を算出し, 知覚年齢には歪度が強く影響していることを示している⁷. 一方, 数・面積・色調など, 色素沈着の分布を特徴付けるパラメータと, 知覚との関連については明らかになっていない. 本研究は色素沈着の分布を特徴付けるパラメータ (頬部における数・面積・色調・正常部位の肌色) と頬部の「色素沈着部位の目立ち」および「正常部位の肌色の明るさ」の知覚の関係について明確にすることを目的とする.

2. 方法

「色素沈着部位の目立ち」および「正常部位の肌色の明るさ」の知覚に影響を及ぼす色素沈着の分布パラメータを明確にするため, 頬部の画像の評価値と画像から算出される分布パラメータの関係から,

刺激 色素沈着に悩む女性 43 名 (33~54 歳, 平均年齢 44.1 歳) の左右の顔画像を専用装置¹⁻³で撮影した. 専用装置の光源は D65 近似の蛍光灯であり (FPL30EX-D; Toshiba), 入力系はデジタルカメラ (EOS Kiss X3; Canon) である. 計 86 枚の画像は, 同時に撮影される色票を基準に色補正をされた後, 頬部 500×500 画素の領域がトリミングされた (図 1).



図 1. 頬部画像の例

頬部の色素沈着の定量 86 枚の頬部画像に対して, 我々が開発した色素沈着の定量手法¹⁻³を適用し, 頬部の色素沈着の個数・個々の面積・個々の色彩値・正常部位の肌の色彩値を算出した.

評価者 専門評価者 2 名を含む, 女性 21 名 (21~74 歳, 平均年齢 44.9 歳) であった.

実験環境 暗室中に画像呈示用ディスプレイ (Flex Scan L767; EIZO NANA CORPORATION) および制御用 PC を設置した. ディスプレイは分光放射輝度計 (CS-1000; Konica Minolta Sensing) を用いて色較正が行われている. 白色点は D65 色度とし, その最大輝度は 68.1 cd/m² であった.

実験手順 被験者は 3 分間の暗順応の後, ディスプレイを観察した. ディスプレイの白色に対して N5 に相当する背景が 2 秒間呈示された後, 刺激が呈示

された。被験者は刺激に対して、頬部の全体から受ける「色素沈着部位の目立ち」の印象について、0：目立たない、1：ほとんど目立たない、2：目立つ、3：やや目立つ、4：かなり目立つ の5段階で評価した。また色素沈着領域以外の「正常部位の肌の明るさ」の知覚について、0：暗い、1：やや暗い、2：普通、3：やや明るい、4：明るい の5段階で評価した。評価後、N5の画面が2秒間呈示され、次の画像が呈示される。86枚の刺激がランダムに呈示され、被験者は判定を繰り返した。

Partial Least Squares Regression (PLS) 回帰分析
 86枚の評価画像に対する官能評価値と、画像から算出される色素沈着の分布パラメータの関係について PLS 回帰分析を実施し、知覚に関連するパラメータを抽出した。解析に用いた色素沈着の分布パラメータを表1に示す。PLS 回帰分析は説明変数間に多重共線性が存在する場合に有効な回帰分析手法であり、パラメータの変数重要度 (VIP 値) で目的変数に対する重要度を判定することができる⁸。得られるVIP 値が0.8未満のパラメータは寄与が小さい項目として除外し⁹、残りのパラメータのみで再度 PLS 回帰を行う。すべてのパラメータが、VIP 値0.8以上になるまで PLS 回帰と項目の除外を繰り返し実施した。解析には統計解析ソフト JMP (12.0.2; SAS Institute Inc.) を使用した。

表1. 色素沈着の分布パラメータ

No	項目	No	項目
1	画像中の色素沈着の個数	16	正常部位のL*
2	画像中の色素沈着の平均面積	17	正常部位のa*
3	総面積	18	正常部位のb*
4	画像中の色素沈着のうち最大値をとる色素沈着の面積	19	正常部位のC _{ab} *
5	画像中の色素沈着部位の平均L*	20	正常部位のh _{ab}
6	平均a*	21	色素沈着部位と正常部位の差分L*
7	平均b*	22	差分a*
8	平均C _{ab} *	23	差分b*
9	平均h _{ab}	24	差分C _{ab} *
10	画像中の色素沈着部位のうち最小値をとるシミのL*	25	差分h _{ab}
11	最大値をとるシミのa*	26	画像の平均L*
12	最大値をとるシミのb*	27	平均a*
13	最大値をとるシミのC _{ab} *	28	平均b*
14	最大値をとるシミのh _{ab}	29	平均C _{ab} *
15	色素沈着部位と正常部位の色差L _{ab} *	30	平均h _{ab}

3. 結果

(1) 色素沈着の分布パラメータ

86枚の頬部画像から抽出された色素沈着の個数は1089個であった。正常部位の色彩値と、個々の色素沈着部位の色彩値の分布を図2に示す。色素沈着部位の色調は正常部位の色調と比較し、黄みより、低明度、高彩度の領域に分布していることがわかる。個々の色素沈着の面積について、横軸を面積、縦軸を頻度としたグラフを図3(a)に示す。同様に、

画像から抽出される色素沈着の個数について、横軸を1画像あたりの色素沈着の個数、縦軸を頻度としたグラフを図3(b)に示す。1089個の色素沈着のうち最大となる色素沈着の面積は91.63mm²、最小となる色素沈着の面積は3.10mm²であった。また、5.00mm²以下の色素沈着が全体の60%を占める結果であった。1画像あたりの色素沈着の数は最大32個、最小0個、平均12.6個、標準偏差6.77であった。

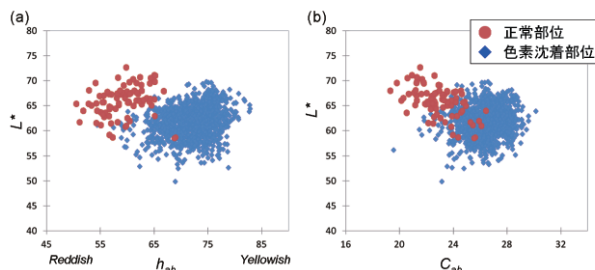


図2. 正常部位および色素沈着部位の色彩値の分布

(a) L*-h_{ab} 平面図, (b) L*-C_{ab} 平面図

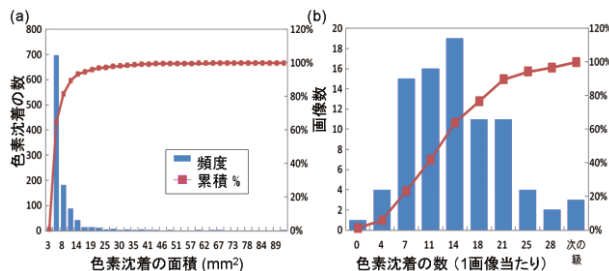


図3. (a) 色素沈着の面積, (b) 色素沈着の数に関する頻度グラフ

(2) PLS 回帰分析結果

「色素沈着部位の目立ち」の評価値と「正常部位の肌の明るさ」の評価値の相関を図4に示す。相関係数は-0.53であり、弱い負の相関が見られた。

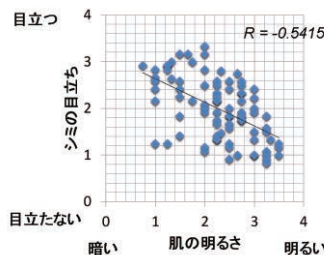


図4. 色素沈着部位の目立ちと正常部位の肌の明るさの相関

「色素沈着部位の目立ち」の評価値を目的変数、色素沈着の分布に関する30の分布パラメータを説明変数として PLS 回帰分析を行った結果を図5に示す。図5(a)は「色素沈着の目立ち」の官能評価値とモデルによる予測値の関係、図5(b)は最終モデルにおけるパラメータの係数とVIP 値を示す。

「色素沈着部位の目立ち」に関連する分布パラメータは、寄与の大きい順に、(1) 抽出される色素沈着の総面積、(2) 頬部における色素沈着の個数、(3) 最も低明度をとる色素沈着の L^* 値、(4) 最大値をとる色素沈着の面積であった。頬部における全体的な色素沈着に関する項目 ((1) と (2)) と特徴的な色素沈着の状態 ((3) と (4)) が影響することが示唆された。

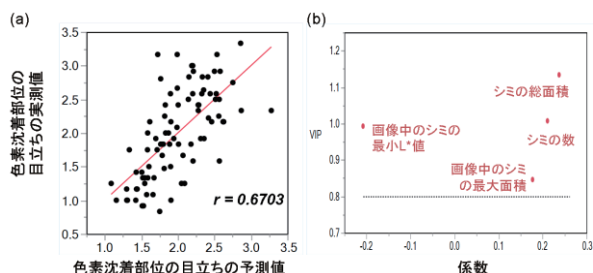


図5. 色素沈着部の目立ちに関する解析結果

「正常部位の肌の明るさ」の評価値を目的変数、色素沈着の分布に関するパラメータを説明変数として PLS 回帰分析を行った結果を図6に示す。図6 (a) は「正常部位の明るさ」に関する官能評価値と最終モデルから得られる予測値の関係、図6 (b) は最終モデルにおけるパラメータの係数と VIP 値を示している。「正常部位の肌の明るさ」に関連する分布パラメータは、(1) 画像全体の平均 L^* に加えて、(2) 正常部位の L^* 、(3) 抽出される色素沈着領域の平均 L^* であった。正常部位の明るさ知覚に、色素沈着の L^* も影響することが示唆された。

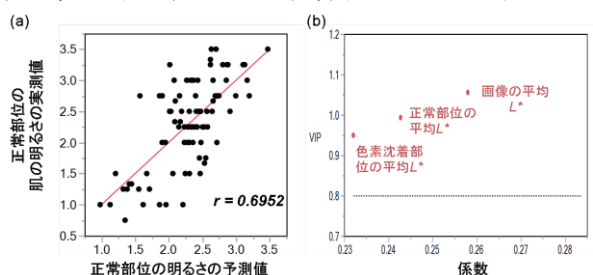


図6. 正常部位の明るさに関する解析結果

5. 結論

本研究では、「色素沈着部位の目立ち」および「正常部位の肌の明るさ」の知覚に影響を及ぼす色素沈着の分布パラメータを明確にするため、多くの頬部画像の評価値と、画像から算出される分布パラメータとの関係について PLS 回帰分析を実施し、関連するパラメータの抽出を行った。その結果、「色素沈着部位の目立ち」の知覚に関連する分布パラメータは、(1) 画像中の色素沈着の数、(2) 抽出される色素沈着の総面積、(3) 画像中で最も大きな色素沈着

の面積、(4) 画像中で最も暗い色素沈着の L^* 値であることが示された。「正常部位の肌の明るさ」の知覚に関連する分布パラメータは、(1) 正常部位の L^* に加えて、(2) 抽出される色素沈着領域の平均 L^* 、(3) 画像全体の平均 L^* であった。

本研究の結果は、視覚特性を考慮した色素沈着部位の評価法として今後の活用が期待される。

参考文献

- 1) Kikuchi K, Masuda Y, Yamashita T, Hirao T, Sato K, Mizokami Y, Yaguchi H: Development a New Quantitative Evaluation Method for Individual Pigmented Spots and its Application to Facial Skin, In: Proceedings of 12th Scientific Conference of the Asian Societies of Cosmetic Scientists, Cairns, 2015.
- 2) Kikuchi K, Masuda Y, Yamashita T, Hirao T, Sato K, Mizokami Y, Yaguchi H: Development of a Facial Imaging System and New Quantitative Evaluation Method for Pigmented Spots, Proceedings of 11th Congress of the AIC, Tokyo, 2015.
- 3) Kikuchi K, Masuda Y, Yamashita T, Hirao T, Sato K, Mizokami Y, Yaguchi H: A new quantitative evaluation method for age-related changes of individual pigmented spots in facial skin, *Skin Res Technol* (in press).
- 4) Fink B, Grammer K, Matts PJ: Visible skin color distribution plays a role in the perception of age, attractiveness, and health in female faces, *Evolution and Human Behavior*. 27 (2006) 433–442.
- 5) Matts PJ, Fink B, Grammer K, Burquest M: Color homogeneity and visual perception of age, health, and attractiveness of female facial skin, *J Am Acad Dermatol*. 57 (2007) 977–984.
- 6) Matts PJ: New Insights into Skin Appearance and Measurement. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 7 (2008) 155–161.
- 7) Lopera C, Igarashi T, Nakao K, Okajima K: Image statistics on the age perception of human skin, *Skin Res Technol*. 19 (2013) 273–278.
- 8) Frank IE, Friedman JH: A statistical view of some chemometrics regression tools. *Technometrics*. 35 (1993) 109–135.
- 9) Wold S, Eriksson L, Clementi S: Statistical validation of QSAR results. In: van de Waterbeemd H, ed. *Chemometric methods in molecular design*. Weinheim, Germany: VCH; (1995) 309–338.

化粧肌の分光画像計測と CG 再現

Multi-spectral Imaging of Cosmetic Skin and Its CG Reproduction

兼子亜弓	Ayumi Kaneko	長野大学	Nagano University
田中法博	Norihiro Tanaka	長野大学	Nagano University
望月宏祐	Kosuke Mochizuki	長野大学	Nagano University

Keywords: 肌, 分光反射率, CG 再現, 反射モデル

1. はじめに

肌は人にとって最も身近で、最も重要なものの一つである。人は肌の状態のほんのわずかな違いから、相手の様々な情報を感じ取ることができる。化粧品は、この肌の状態を整えたり、相手に好ましく見られたりできるようにするために行うが、この化粧した肌を定量的に計測し、それをコンピュータグラフィックス(CG)で3次元的に映像再現することができれば、美容面で様々な応用が期待できる。人間の肌の状態の定量化を考えた場合、人間の肌は均一な反射特性を持っているわけではなく、部分ごとにそれぞれ違う色の反射特性を持つという特徴がある[1]。このような肌のテクスチャ情報を獲得する手段として画像計測が有効となるが、3DCGに用いる場合、3つの問題がある。まず、RGB情報では撮影デバイスの特性や撮影時の証明環境に依存するという問題がある。そして、同じ場所、同じ対象を撮影した場合でも撮影するカメラや光源の種類が変わるだけで、観測される色は変わってしまう。さらに、RGB情報では絶対的な色に関する情報が不足するという問題がある。RGBは3つの要素で色を表現するが、化粧品や肌の色は光の波長レベルでその特徴を持つ。たとえば肌の分光反射率を観測すればヘモグロビンによる光の吸収の特徴が波形に表れるが、化粧をすることによってその波長域の吸収が減少することがわかる。

この特性に基づいて考えると、化粧直後の肌と化粧後数時間が経過した肌では、その分光反射率がことなってくるのが予想され、化粧崩れなどの分析に応用することが可能であると考えられる[2]。こういった肌の状態の違いを解析する場合、分光画像計測が有効となる。

次に肌の反射特性について述べる。肌にはプラスチックや金属などの物体表面とは違う肌独特

の質感が存在する。これは肌が半透明でありその表面下で複雑な光の散乱現象が発生しているため、陰影が柔らかくなる。こういった光の反射プロセスは光反射モデルとよばれる数字モデルで記述されるが、人間の肌の光反射プロセスに適したモデルを使用する必要がある。

本研究では、こういった背景から分光情報と光反射モデルに基づいた肌と化粧品のCG生成手法を提案する。一般的なデジタルカメラはRGBの3つのセンサしか持たないため、画像情報から多次元情報である分光反射率を推定することはできない。そこで、本研究では分光反射率とカメラ出力の組から統計的に拘束条件を設定して、RGB値から分光反射率を推定する。そして、実際に化粧をした肌を画像計測し分光反射率を推定する。その推定精度は、分光光度計による計測値と比較して調べる。さらに推定結果に基づいて人の肌を3DCG再現する。

2. 肌の分光反射モデル

本研究では人の肌の色は陰影や光沢といった3次元的な色の変化を含めてCGとして再現する。本研究ではモデルベースで肌の3次元的な反射を表現するため、肌の光反射のプロセスは光反射モデルと呼ばれる数学モデルで記述する。図1は肌表面の光反射の幾何モデルを図示したものである。光反射は光源、物体、視点の3つの幾何的な関係に加えて、表面材質の特性からモデル化される。このモデルでは肌の表面下散乱現象を近似的に記述する。本研究で提案するモデルはWrap Lightingモデル[3]を分光モデルに拡張する。照明方向ベクトルは L 、視線方向ベクトルは V 、物体法線ベクトルは N となる。肌の分光反射率は $S(\lambda)$ である。 $S_s(\lambda)$ はヘモグロビンの分光吸収率から計算した分光反射率である。 $E(\lambda)$ は光源の分光分布である。 I は肌の散乱の度合いを示すパラメータである。このモデルを用いて求められる肌からの色信号 $C(\lambda)$ は次式で示す。

$$C(\lambda) = \left\{ \alpha \mathbf{N} \cdot \mathbf{L} + \alpha \frac{\mathbf{N} \cdot \mathbf{L} + l}{1+l} S_s(\lambda) \right\} S(\lambda) E(\lambda) \quad (1)$$

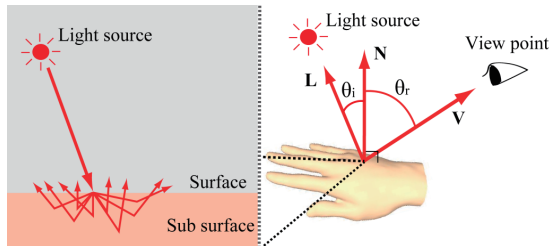


図1. 肌の反射特性計測の概念図

3. RGB データから肌の分光反射率の推定手法

3.1. カメラ出力の分光モデル

本研究ではまず(1)式の肌の分光反射率 $S(\lambda)$ をカメラ画像から推定するため、カメラ画像と分光反射率の関係性を分光モデルで記述する。カメラ出力 RGB 値は、光源の分光分布 $E(\lambda)$ と物体の分光反射率 $S(\lambda)$ 、そして R(赤), G(緑), B(青)チャンネルの分光感度 $r_r(\lambda), r_g(\lambda), r_b(\lambda)$ から光の可視波長域(400nm-700nm)についてモデル化する。図2は光源からの光が物体表面で反射してカメラ出力 RGB 値を得るまでのプロセスを分光モデルで図示したものである。また、次式はそのモデルを数学的に記述したものである。

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \int_{400}^{700} E(\lambda) S(\lambda) \begin{bmatrix} r_r(\lambda) \\ r_g(\lambda) \\ r_b(\lambda) \end{bmatrix} d\lambda \quad (2)$$

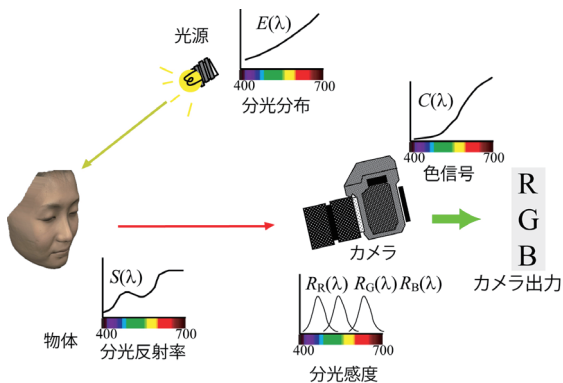


図2. カメラの分光モデル

3.2. RGB 値から分光反射率への変換

分光情報は波長 400nm-700nm までを 5nm 間隔でサンプリングして 61 個の値で表現する。次に RGB 値は 3×1 の行列 \mathbf{p} 、分光反射率は 61×1 の行列 \mathbf{s} 、そして RGB 値から分光反射率に変換する行列は 61×3 の行列 \mathbf{M} で示すと、 \mathbf{p} と \mathbf{s} の関係は次式のように書ける。

$$\mathbf{s} = \mathbf{M}\mathbf{p} \quad (3)$$

このとき \mathbf{M} が求めれば \mathbf{p} から \mathbf{s} を計算できる。しかし、 \mathbf{p} や \mathbf{s} の逆行列が存在しないため、この式のみからでは \mathbf{M} を求めることはできない。つまり、変換行列 \mathbf{M} は一意に決めることができない。

3.3. 変換マトリックス \mathbf{M} の推定方法

本研究では、統計的に拘束条件を与えることで \mathbf{M} を求める。分光反射率の統計的な偏りを利用し、たとえば 20 代日本人女性の肌というように対象を限定すれば解を求めることは可能になる。

ここでは肌の分光反射率の統計的性質を得るため、分光光度計での肌の分光反射率を計測し、それに対応する場所を RGB カメラで撮影することで、肌のカメラ出力(RGB 値)と肌の分光反射率データを対応させた組を多数計測する。

n 個の分光反射率と RGB 値の組を計測し、RGB 値は $3 \times n$ の行列 \mathbf{P} 、分光反射率を $61 \times n$ の行列 \mathbf{S} として次式で示す。

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} & \dots & s_{1,n} \\ s_{2,1} & s_{2,2} & \dots & s_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ s_{61,1} & s_{61,2} & \dots & s_{61,n} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{P} = \begin{bmatrix} R_1 & R_2 & \dots & R_n \\ G_1 & G_2 & \dots & G_n \\ B_1 & B_2 & \dots & B_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

そして先ほどの変換マトリックス \mathbf{M} と(3)式を用いて計測値の組の関係を記述すると次式のようにになる。

$$\mathbf{S} = \mathbf{M}\mathbf{P} \quad (5)$$

このようにすると n 個の分光反射率とそれに対応する RGB 値の組が得られるので、(5)式から \mathbf{P} の一般化逆行列 \mathbf{P}^+ を用いて、変換行列 \mathbf{M} は次式のように求めることができる。

$$\mathbf{M} = \mathbf{S}\mathbf{P}^+ \quad (6)$$

ただし、この \mathbf{M} は照明光源やカメラの特性を含んでいるため、照明条件などの計測環境が変化すれば使用できなくなる。

3.4. 照明光源とカメラ特性の影響の補正

変換マトリックス \mathbf{M} は、異なる計測環境下では使用できないので、照明環境が変化した場合の補正方法を述べる。

ここでは m 色の色票を用いて、カメラの色空間を変換することで補正を行う。 \mathbf{M} を求めたときと同じ照明環境とカメラの条件で m 色の色票を計測したカメラ出力を $3 \times m$ の行列 \mathbf{P}_0 で示し、実際

に計測するときの撮影環境で同じ色票を計測したときのカメラ出力を $3 \times m$ の行列 \mathbf{P}_T で示すと、補正行列 \mathbf{M}_2 は \mathbf{P}_T の一般化逆行列を用いて次式で示すことができる。

$$\mathbf{M}_2 = \mathbf{P}_0 \mathbf{P}_T^+ \quad (7)$$

\mathbf{M}_2 が求めれば次式によりカメラ出力 \mathbf{p} から分光反射率 \mathbf{s} が推定できる。

$$\bar{\mathbf{s}} = \mathbf{M} \mathbf{M}_2 \mathbf{p} \quad (8)$$

4. 推定した分光反射率から CG 生成手法

本研究では肌の陰影などを 3 次元的に CG で再現する。肌の柔らかい陰影は、肌の表面下で発生している表面下散乱によるものであるが、光の表面下散乱現象は厳密に計算すれば、現実的な時間で CG 画像を生成することができないのみならず、計測データからモデルパラメータを決定することが難しくなるという問題がある。そこで肌表面の表面下散乱を簡易的に表現する光反射モデルを使用する。肌の柔らかい陰影は肌表面に入射した光が肌の内部で発生する表面下散乱により起こる。このことから入射地点から離れたところからも反射光を観測できる。この表面下散乱を幾何モデルで表現すると照明方向ベクトルは \mathbf{L} 、視線方向ベクトルは \mathbf{V} 、物体法線ベクトルは \mathbf{N} で示される。さらに \mathbf{N} と \mathbf{L} のなす角は θ_i 、 \mathbf{N} と \mathbf{V} のなす角は θ_r である。肌表面と表面下で発生する光反射のプロセスは分光的に記述する。ここでは簡易的に表面下散乱を記述した Wrap-lighting モデル [2] を分光的に拡張した。ここでは計測した肌の分光反射率 $S(\lambda)$ を用いて計算する。このモデルで計算される照明方向角度 θ と ϕ に対応する肌からの色信号 $C(\lambda, \theta, \phi)$ は次式で求められる。

$$\begin{aligned} C(\lambda, \theta, \phi) &= \alpha I_{\text{diffuse}}(\lambda, \theta, \phi) S(\lambda) E(\lambda, \theta, \phi) \\ &= \alpha \left\{ \mathbf{N} \cdot \mathbf{L}(\theta, \phi) + \frac{\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}(\theta, \phi) + 1}{1 + l} S_s(\lambda) \right\} S(\lambda) E(\lambda, \theta, \phi) \end{aligned} \quad (9)$$

ここで $S_s(\lambda)$ は散乱した反射光の分光反射率である。これは血液の色を示すものでヘモグロビンの分光吸収率から計算する。 $E(\lambda)$ は光源分光分布である。 l は散乱の度合いを示すパラメータである。本研究では計測データに基づいて $l=0.5$ と設定した [1]。全方位光源分布情報に基づいた光反射モデルを計算は周囲の照明光源の足し込み処理となり、光源の数が増えれば計算量が膨大になるという問題がある。そこで放射照度マップ (Diffuse map) と呼ばれるシーン空間内の全方位の光反射計算を一種のルックアップテーブルとして利用

する方法を採用して処理を高速化する。

以上の方法を統合して図 3 に示すようなレンダリングシステムを構築した。このシステムでは光源情報は全方位分光画像から獲得し、肌表面の反射光は分光的な反射モデルで計算する。そして視覚系に入った色刺激は、等色関数を用いてディスプレイに依存しない色情報として計算する。

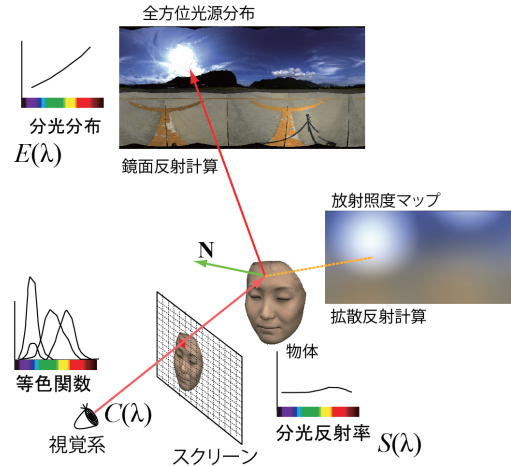


図 3. 本研究で開発したレンダリングシステム

5. 実験結果

本研究で提案する手法を用いて、人の肌の分光反射率を画像から計測し、その計測値を用いて人の肌を 3DCG で再現する。

まず本研究では、肌の推定精度を向上させるために対象を 20 代の日本人、韓国人、中国人に限定し、合計 106 名について、カメラ出力と分光反射率の組を計測し 212 組のデータを得た。いずれも化粧をしていない素肌の状態である。撮影部位はそれぞれの被験者に対して手の甲、手の平の 2 箇所を計測した。さらに化粧肌のデータを計測した。上記被験者のうち 3 名について、資生堂のマキアージュと花王のプリマビスタのファンデーションのうち色の薄いものをランダムに 10 種類 (資生堂 OC00, OC10, OC20, OC30, POC10, BOC10, BOC20) (花王 OC01, OC03, OC05, OC07) を手の甲に塗布し、30 組のデータを追加した。

撮影用のカメラは Nikon D800E を使用し、分光光度計はコニカミノルタ CM600 を用いた。照明光源は RIFA-F (80cm×80cm 6 灯型) を 2 つ配置した。実験環境は、照明の変化を避けるために固定した黒い板に 1cm 角の穴を開けたものを用意し、そこに計測場所を固定した。これにより肌の計測位置を固定し、照明、カメラ、肌の位置関係が変化しないようにした (図 4)。

次に実際にカメラを用いて化粧をした人の顔

を計測し、そこから肌の分光反射率を計測した。ファンデーションは花王化粧品のプリマビスタを使用している。計測に使用したカメラは先の実験と同じ Nikon D800E である。図5は肌の分光反射率の推定結果であり、図で示す(A)から(D)までの4箇所を計測した。赤色の実線は分光光度計による計測値で青の破線はカメラによる推定値となる。最後に推定した結果を用いて肌をCG再現した。ここでは肌の反射特性は別途計測したデータを用いた。光反射モデルには今回計測した分光反射率を適用した。図6は図4の(B)の部分の分光反射率の計測値と推定値を用いてレンダリングした結果である。

6. おわりに

本稿ではデジタルカメラを用いて化粧肌の分光反射率を推定する手法を提案し、その推定結果を分光光度計との計測値と比較した。本実験から、カメラ画像から推定した化粧肌の分光反射率は分光光度計で計測した値と比較的一致していることがわかった。

参考文献

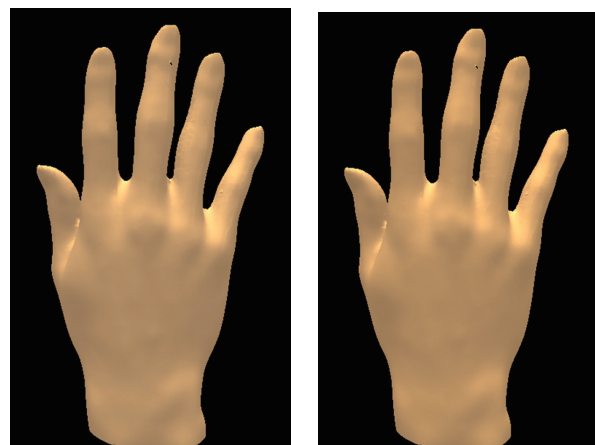
- [1] 田中法博：画像計測に基づく肌の3DCG再現技術, *Fragrance journal*, Vol. 40, No. 5, pp.72-78, 2012.
- [2] 西野顕 他：機能性分光フィルタを用いたファンデーション定量・分布計測システムの開発と応用, *日本色彩学会誌*, Vol. 37, No. 3, pp.

202-203, 2013.

- [3] R. Fernando et al.: *GPU Gems Programming Techniques, Tips and Tricks for Real-Time Graphics*, Addison-Wesley Professional, 2004.



図4. 肌の統計データを計測している様子



(a) 計測値

(b) 推定値

図6. 提案手法を用いたCGの再現結果

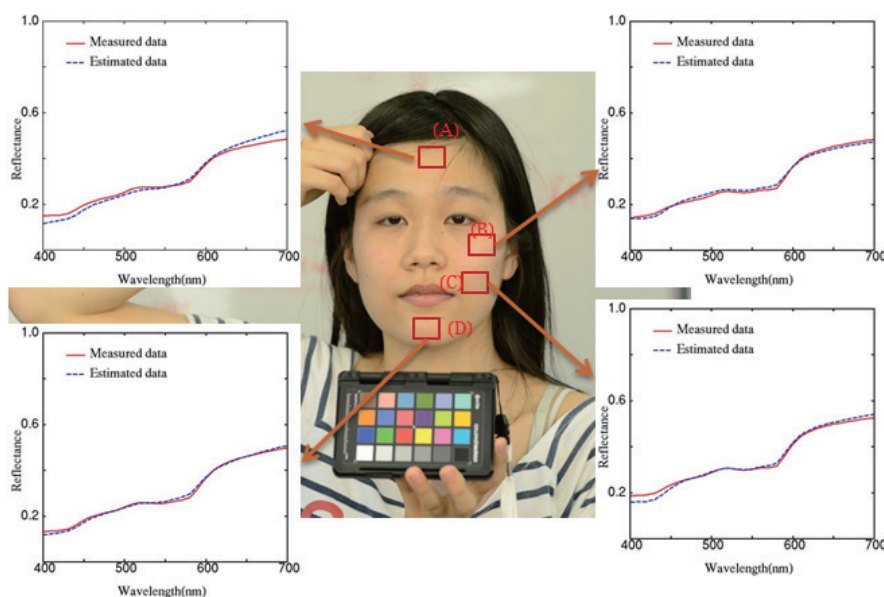


図5. 肌の分光反射率の推定結果

スチームコンベクションオーブン庫内の加熱環境と食品の色変化との関係 Relationship between Heating Conditions and Food Color Behaviors during Steam Oven Cooking

仲森 裕司 Yuji Nakamori 大阪市立大学
伊與田 浩志 Hiroyuki Iyota 大阪市立大学
酒井 英樹 Hideki Sakai 大阪市立大学
吉岡 秀矩 Hidenori Yoshioka 大阪市立大学
高山 正宏 Masahiro Takayama 大阪市立大学

Osaka City University
Osaka City University
Osaka City University
Osaka City University
Osaka City University

Keywords: 色測定, 水蒸気, タンパク変性, オーブン, 加熱環境.

1. はじめに

加熱調理の際の代表的な機器として調理用オーブンがあり, 特に業務用厨房では, 水蒸気をオーブン庫内に供給できるスチームコンベクションオーブンが広く普及している. しかし, 水蒸気を利用したオーブン加熱は, 従来とは熱の伝達形態が異なることや, 装置の自動制御が進んでいることから, オーブン庫内での加熱現象や食品の熱的な変化について, 理解することが困難な場合が多い.

一方, 食品の色はおいしさを表現する上で味や香りと並ぶ重要なファクターのひとつであり, 調理現場においても, 目視により食品の状態を確認することは必須である. 発表者らは, これまでオーブン内で加熱中の食品を CCD カメラを用いてリアルタイムで色観察を行い, 実際に加熱中の食品の色の測定と解析を行ってきた^{(1)~(4)}. 本報告では, スチームコンベクションオーブンを使用した加熱調理の際の食品の加熱過程と色変化について解析を行うために, 実際にオーブン庫内で加熱中の食材の色, 温度, 庫内の温度, 湿度の同時測定を試みた. 色の測定には, CCD カメラと小型分光器を用い, 庫内の加熱環境と食品の色の履歴との関係について調べた.

2. 実験および方法

(1) 実験装置

実験装置を図 1 に示す. 実験は市販されているスチームコンベクションオーブン (tanico 社製, TSCO-4GBN3, 業務用, ホテルパンサイズ 2/3, 4 段) を改造して用いた. スチームコンベクションオーブンでは 100 °C~300 °C の範囲で 5 °C 間隔で加熱温度を設定でき, また, 0%~100% の 20%

間隔で投入スチーム量を設定できる. 実験では試料となる食品の表面温度と, 加熱温度の設定値とは別に庫内温度を K 型熱電対を用い測定した. スチーム量 20 % ~ 100 % の設定時は本研究室で開発している湿度センサ⁽⁵⁾を用いて, 乾湿球温度を測定し断熱冷却線に基づく推算法により庫内の湿度を推算した. なお, 本実験では過熱水蒸気を取り扱うので湿度の表現方法として水蒸気モル分率 x mol/mol を用いた. また, 既報によると乾球温度 300 °C において設定値と測定値の最大差は 0.043 mol/mol であった.

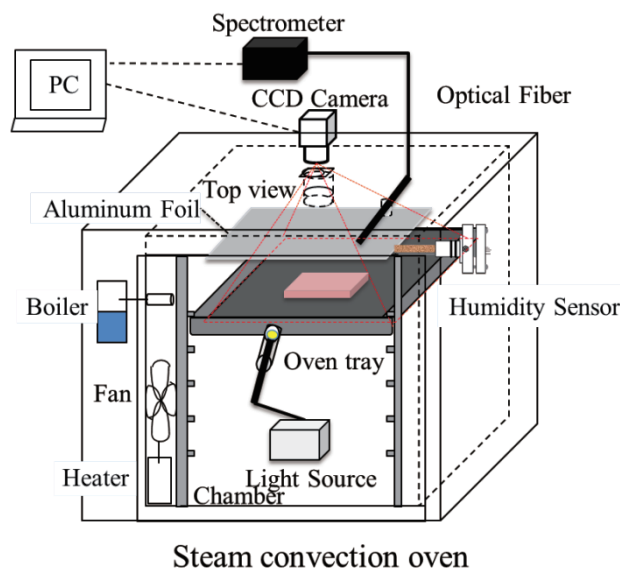


Fig.1 Details of Equipment

色を測定する装置として CCD カメラ (Imaging Source, DFK41AU02, 1/2 inch, 1280×960 pixels) を用いた. CCD カメラは, 上面に設けた直径 40 mm の穴から, 耐熱ガラスを介して庫内を観察できるように取り付けた. レンズの焦点距離 3.5mm, CCD カメラからオーブントレイまでの距離が 170 mm であり, ホテルパン (ステンレス製オーブン角皿) ほぼ全体の約 310 mm×230 mm の範囲の映像を USB 経由でパーソナルコン

コンピュータに記録できる。また同時に上面に設けた直径 7 mm の穴から耐熱光ファイバ(Ocean Optics 社製, QR400-7-VIS-NIR)をオープン内に差し込み, 小型分光器(StellarNet, BlackComet, 280 nm ~ 900 nm)に接続し分光測定を行った。測定範囲は CCD カメラの測定位置の中央付近になるように光ファイバの角度調節を行った。

なお, 観察用照明には, ハロゲン光(SPI 社製, コールドライト PCS-UHX-150, 図 2)を, オープンガラス扉の外側からオープン庫内天井に向かって照射し, 天井に貼付けた拡散アルミシート(業務用アルミホイル裏面)で拡散反射した光を用いた。色彩照度計(コニカミノルタ製, CL-200A)で測定したオープントレイ中心付近での相関色温度は 3854 K, 照度は 830 lx であった。

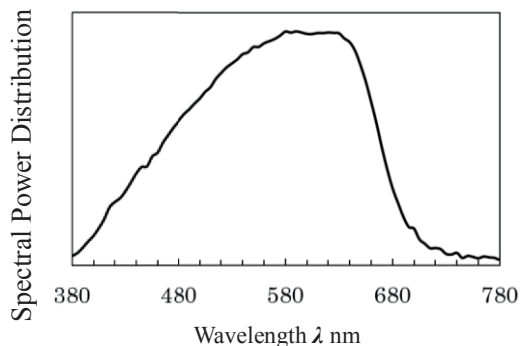


Fig. 2 The SPD of Halogen Lamp

(2) 実験条件

試料としてオープン付属のレシピ集を基に, 学校の給食でも使用されており日本の家庭料理として一般的という理由から鶏肉の照焼を選んだ。レシピ集では鶏肉 6 枚に対し, 醤油 100ml, みりん 100ml を合わせたタレに 2 時間以上漬けておき, 加熱温度 200 °C, スチーム量 80% で 12 分加熱すると記載されている。

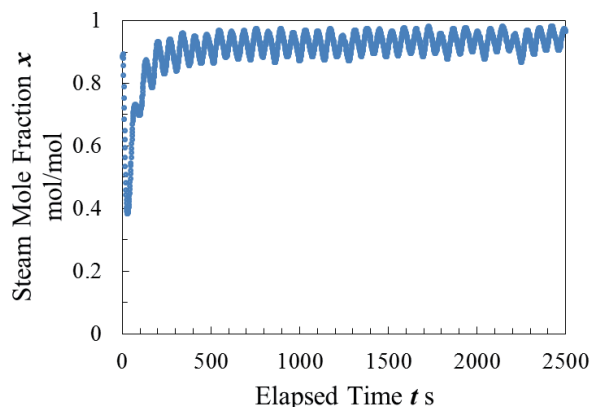


Fig. 3 Time Variation of Steam Mole Fraction

本実験ではレシピ集と同割合のタレを鶏むね肉(約 300 g)を 2 時間以上漬けておき, レシピ集と同じ加熱温度 200 °C・スチーム量 80 %, また加熱温度 200 °C・スチーム量 0 % の 2 つの加熱条件で実験を行い, スチーム量と食品の色変化との関係を調べた。図 3 に加熱温度 200 °C・スチーム量 80 % の加熱条件での湿度センサで得られた測定結果を示した。鶏肉の照焼と比較のためにタレに漬けていない鶏肉も照焼と一緒に加熱した。

(3) 実験方法

実験手順について説明する。まず, オープン庫内にホワイトバランス補正用のホワイトバランスカード(X-Rite 社製, WhiteBalance Card R:243, G:243, B:242)を置き, 撮影した。その際, CCD カメラの R, G, B 受光感度を, それぞれ出力上限値の 80% 程度になるように個別にゲインを調整した(WhiteBalance Red: 33, WhiteBalance Blue: 70)。そして, 色補正用の 24 色の色票(X-Rite 社製, ColorChecker Passport)の撮影を行った後, オープンの予熱を行い, 速やかに試料である食品を置き, 扉を閉めて食品色変化の連続測定を開始した。画像は, 10 秒間隔でパーソナルコンピュータに記録した。また, 小型分光器は積分時間 1.2 秒, 10 秒間隔で測定した。

(4) 画像処理方法と色の精度の検討

CCD カメラによって撮影した画像は, 画素を 800×600 に縮小し, 全てホワイトバランスカードの撮影画像を基準(R:243, G:243, B:242)として画像全体に対してホワイトバランス補正(白色点 D65)を行った後, 色票中の無彩色 6 色を使ったグレースケール補正を行った。まず, 色票画像中の該当部分の RGB 値から L* 値を計算し, その値を色票の規格値に変換するための回帰式を求めた。次に食品の時間ごとの画像から, 食品中央付近の RGB の平均値を求め, その値を L* 値に変換した。最後に, この値を上述の回帰式を用いて補正し, 焼成中の食品の L* 値を得た。色補正用の色票 24 色の規格値 L^*_{std} 値とホワイトバランス補正およびグレースケール補正後の測色結果 L^* 値を, 測定誤差 $|\Delta L^*| (= |L^*_{std} - L^*|)$ を求めた結果, 最大値は 4.6 で, 24 色の平均誤差は, 2.1 であった。図 4 に(a)ホワイトバランスカードの撮影画像と(b)色票の撮影画像,(c)色票の撮影画像にホワイトバランス補正を施した画像を示す。

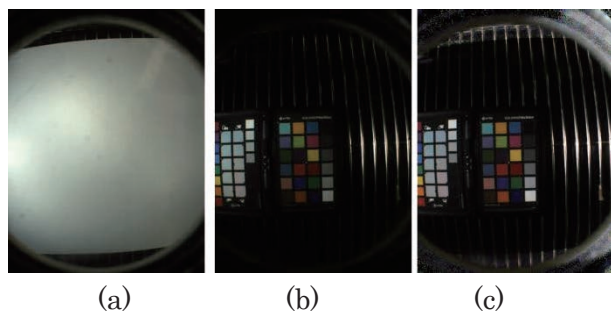


Fig. 4 Images for Corrections

これと並行して、光ファイバと小型分光器により測定した分光データから、既報⁽¹⁾で示した方法により $L^*a^*b^*$ 値を求め、CCD カメラの測定値と比較した。

3. 結果と考察

図 5 に鶏肉の照焼の CCD カメラでの色測定結果 (L^* 値) と測定した表面温度の時間変化を示す。

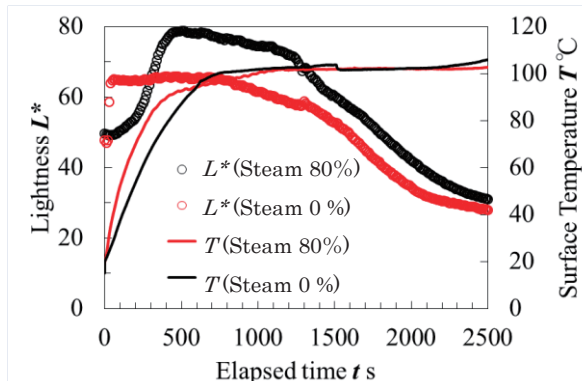


Fig. 5 Lightness Changes and Surface Temperature Changes of Teriyaki Chicken

CCD カメラでの食品の測定ということもあり食品の光沢や食品の形状変化の影響で色測定精度には議論の余地があるが、図 5 よりスチーム量 80% 時は加熱開始後すぐに L^* 値上昇がみられ、スチーム量 0 % 時は加熱開始約 200 秒後から L^* 値上昇するという傾向がみられた。また、並行して行った分光データでも CCD カメラと同様の傾向が得られた。

食品表面温度に関しては、スチーム量 0 % 時よりもスチーム量 80 % 時の方が加熱直後の温度上昇速度が速いことがわかる。その原因として、水蒸気(スチーム)の凝縮熱の影響が考えられる。オープン庫内に存在する過熱水蒸気の気流が食品の周囲に飽和水蒸気を発生させ、食品表面全体に凝縮を生じ、凝縮熱によって食品表面温度が上がる。図 6 に加熱開始 50 秒後の画像((a)スチーム量

80 % 時, (b)スチーム量 0% 時)を示す。

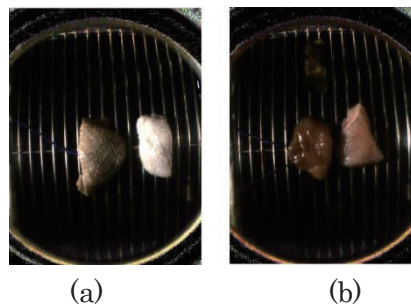
Fig. 6 Images ($t = 50$ s)

図 6 ではスチーム量 80 % 時は飽和水蒸気の凝縮によって生じた水滴が食品表面に付着しているのに対し、スチーム量 0 % 時は食品表面に水滴がなかった。以上のことから、水蒸気(スチーム)の供給量によって、食品表面温度に違いがみられ、その影響でタンパク変性(約 50°C で起き、変色する)が生じる時間が変わり、色の時間変化に違いがみられることがわかった。

4. 結論

加熱調理の際、水蒸気(スチーム)をオープン庫内に供給すると(スチーム量 80 %), 供給しない場合(スチーム量 0%) と比べ食品表面の温度上昇が速くなり、その結果色変化に影響を与えることがわかった。

参考文献

- 1) H. Iyota. *et al.*: Change in Food Color During Cooking with Steam Oven, AIC2013 (2013) pp.1241-1244
- 2) S. Nomura. *et al.*: Characterization of baked color of cookie, toast and chicken: a model of light-colored food, ACA2013 (2013) pp.252-255
- 3) T. Matsumoto *et al.*: Development of food appearance monitoring system for oven cooking, ACA2014 (2014) pp.200-203
- 4) Y. Nakamori. *et al.*: Color monitoring method under high temperature during oven cooking, AIC2015 (2015) pp.856-860
- 5) K. Miura. *et al.*: Investigation of humidity measurement method using porous ceramics based on principle of psychrometer, Proc. of the 35th Japan Symposium on Thermophysical Properties (2014) pp.154-156

Nayatani-Theoretical (NT) 表色系の開発 :

色彩強度に基づく NT 色相の決定

The Nayatani-Theoretical (NT) color order system: NT hue determination based on chromatic strength of hues

酒井英樹

Hideki Sakai

大阪市立大学

Osaka City University

Keywords: NT 表色系, 均等色空間, 色彩強度, 心理原色.

1. はじめに

Nayatani-Theoretical (NT) 表色系の開発[1]の一環として, NT 色相を決定する。納谷によって2003年にその原型が提案されたNT表色系は, Natural Color System (NCS) と同じく, 反対色説に基づいた表色系であるが, これまでは分かりやすさを優先して, 暫定的に, マンセル色相の 5R, 5Y, 5G, 5B をそれぞれ NT 色相の原色赤 R100, 黄 Y100, 緑 G100, 青 B100 に対応させ, さらに, 原色間の色相分割間隔も, 例えば, R50-Y50 を, マンセル色相の 5YR とするなど, マンセル色相間隔をそのまま使用していた[2,3]。しかし, 例えば, マンセル色相の 5B は, 心理原色の青ではないなど, NT 表色系が目指す色見え空間としては不十分であった。

そこで, 本研究では, 近年のユニーク色相の実験報告などを参考にして[4,5], NT 色相の原色の設定を見直し, 色相分割についても, NT 表色系の本来の提案通りに, 色彩強度 (Chromatic Strength, CS) 関数に基づいたものに変更し, 新たな NT 色相として提案する。

2. NT 表色系の特徴

NT 表色系は, 色見え空間 (Color Appearance Space) の記述を目指しており[6], 物体色の見えを [白み w , 黒み bk , 灰み gr , クロマ C_{NT} , 色相 H_{NT}] で表示する。その特徴として, メトリック量 [明度 L^* , クロマ C^* , 色相角 h] で記述される均等色空間 (Uniform Color Space) との間に, 理論的に導かれた変換式が存在することが挙げられる[1-3,7]。

色彩強度関数を $CS(h)$ として, k_C , k_H , k_L を, NT 色属性とメトリック量のスケールの違いを補正する係数 (定数) とすると, クロマについての変換式は,

$$C_{NT} = k_C \cdot CS(h) \cdot C^*, \quad (1)$$

と提案されている。色相については, メトリック色相角の間隔を Δh , NT 色相間隔を ΔH_{NT} として,

$$\Delta H_{NT} = k_H \cdot \{1/CS(h)\}^2 \cdot \Delta h, \quad (2)$$

という式が, また, 明度と白み, 黒みとの変換については, 白みと黒みが等分となる中間の灰色 (NT 表色系の参照灰色[2,3]) のメトリック明度が完全白と完全黒の中間値 (白の $L^*=100$, 黒の $L^*=0$ として, 参照灰色の $L^*=50$) となるように補正した明度スケール L^*_{cr} を使って,

$$w \text{ or } bk = (1/5) \cdot (k_L \cdot CS(h) \cdot L^*_{cr} - 50), \quad (3)$$

という式が, それぞれ提案されている。ただし, (3) 式の係数 $1/5$ と 50 は, メトリック明度を $0 \sim 100$ とし, 白み, 黒みのスケールを $0 \sim 10$ としたときの数値である[1-3]。

ここで, これらの変換式は, NT 色属性とメトリック量との相互変換性を記述したものであり, 主従関係を主張するものではないが, 実際には, NT 色属性を心理実験で決定することは難しい。そこで, 本研究では, 均等色空間として既に広く使われている $L^*a^*b^*$ 表色系を出発点として, そのメトリック量 [L^* , C^*_{ab} , h_{ab}] を上記の3式を使って変換することで, NT 色属性を決定する。

3. NT 色相の決定

色彩強度関数として $CS(k_1 k_2; h_{ab})$ を採用し[1-3], $L^*a^*b^*$ 表色系 (白色点 D65, 2度視野) から, NT 色相を導出する。まず, NT 色相の心理4原色 R100, Y100, G100, B100 に対する $L^*a^*b^*$ 色相角 h_{ab} を, 26° , 91° , 162° , 262° と設定した (表1)。これらは, マンセル色相のおよそ 5R, 5Y, 5G, 2.5PB に相当する。

表1 NT色相の原色の設定と補正係数 k_H

NT色相 HNT	$L^*a^*b^*$ hab [°]	マンセル 色相 H ^注	(2)式の補正係数 k_H
R100	26	5 R	2.3015 ($26 \leq hab < 91$)
Y100	91	5 Y	1.6748 ($91 \leq hab < 162$)
G100	162	5 G	2.2852 ($162 \leq hab < 262$)
B100	262	2.5 PB	2.4673 ($262 \leq hab < 386$)

注) マンセル色相は, hab に対応するおよその値。

心理原色については, 近年のユニーク色相の研究によっても完全には解明されていないことから[4,5], 色票が入手容易なマンセル 40 色相に近似させることを優先し, 5R, 5Y, 5G については, これまでの報告通りとした[2,3,8]。青については, 10B と 2.5PB の 2 色相を候補として検討したが, 変換後に得られる NT 色相分割の均一性が 2.5PB の方が若干優れていたため (後述), 2.5PB に相当する $hab = 262^\circ$ を B100 に対応させた。

つぎに, NT 色相分割は, (2) 式を使って, $\Delta hab = 1^\circ$ ごとに, k_H を未知数として ΔH_{NT} を一旦計算し, その後, 各 2 原色間の ΔH_{NT} の総和が 100 となるように, 2 原色間ごとに係数 k_H の値を決定した。このようにして導出した k_H の値を表 1 第 4 列に示す。

ここで, 理想的には k_H は, 領域によらず一定値になるべきものであり, 赤と黄, 緑と青, 青と赤の領域では, ほぼ一定値となった。しかし, 黄と緑の領域では, 他の領域の約 0.7 倍と小さな値となった (原色青を 10B とすると, k_H の差がさらに大きくなることから, 2.5PB を採用した)。一定値とならなかった原因としては, 変換式の構造に問題がある, $L^*a^*b^*$ 表色系の均等性が不完全である, $CS(k_1k_2; hab)$ の精度に問題がある, 設定した原色が心理原色ではない, などが考えられる。しかし, 現状では, 原因の特定は困難であることから, 本研究では, 色相領域ごとに異なる k_H を使うこととした。

最終的に得られた NT 色相の中間領域での $L^*a^*b^*$ 色相角 hab を表 2 に示す。なお, 表 2 では, 各原色間を 6 等分した 24 色相を示しているが, 色相数はこれに縛られるものではない。NT 色相は, (2) 式と表 1 の補正係数 k_H を使って算出しており, 任意の原色成分比に対して定義されている。よって, 使用目的に応じて, 色相数を自由に設定することが可能である。

4. まとめ

本研究では, NT 表色系に対応する均等色空間

表2 NT色相 (24色相の場合)

色番号 No.	NT色相 HNT	$L^*a^*b^*$ hab [°]	色番号 No.	NT色相 HNT	$L^*a^*b^*$ hab [°]
1	B17-R83	9	13	Y17-G83	147
2:R	R100	26	14:G	G100	162
3	R83-Y17	42	15	G83-B17	174
4	R67-Y33	55	16	G67-B33	188
5	R50-Y50	66	17	G50-B50	203
6	R33-Y67	75	18	G33-B67	221
7	R17-Y83	83	19	G17-B83	240
8:Y	Y100	91	20:B	B100	262
9	Y83-G17	101	21	B83-R17	283
10	Y67-G33	111	22	B67-R33	306
11	Y50-G50	122	23	B50-R50	328
12	Y33-G67	134	24	B33-R67	349

として $L^*a^*b^*$ 表色系を採用し, 色彩強度関数と心理原色の色相角とから, NT 色相を導出した。既報[1]の白み・黒み, NT クロマ, NT トーンと合わせて, 完全な表色系として提案したい。

参考文献

- 1) H.Sakai: Hue-Tone Representation of the Nayatani-Theoretical Color Order System, Proc. AIC2015-Color and Image (2015) 175-179
- 2) 酒井英樹: Nayatani-Theoretical表色系の特徴と活用方法, 日本色彩学会誌34, Supp. (2010) 4-5
- 3) 酒井英樹: Nayatani-Theoretical表色系とトーン概念, 日本色彩学会誌35 (2011) 31-34
- 4) R.Shamey, MG.Sedito, RG.Kuehni: Comparison of Unique Hue Stimuli Determined by Two Different Methods Using Munsell Color Chips, Color Res. Appl. 35 (2010) 419-424
- 5) RG.Kuehni: Unique Hues and Their Stimuli - State of the Art, Color Res. Appl. 39 (2014) 279-287
- 6) Y.Nayatani, H.Sakai: Proposal of a New Concept for Color-Appearance Modeling, Color Res. Appl. 32 (2007) 113-120.
- 7) 酒井英樹:「色彩の矛盾をひも解く」第2回 色差と色見えの概念差, 日本色彩学会誌36 (2012) 233-236
- 8) Y.Nayatani, H.Sakai: Gray and Grayness - Its Complexities in Color Appearance of Surface Colors, Color Res. Appl. 39 (2014) 37-44

小諸城のデジタルアーカイブと 3DCG 再現の検討

Digital Archive of Komoro Castle and Its 3DCG Reproduction

櫻井千寛	Chihiro Sakurai	長野大学	Nagano University
田中法博	Norihiro Tanaka	長野大学	Nagano University
望月宏祐	Kosuke Mochizuki	長野大学	Nagano University

Keywords: 小諸城, 建造物, デジタルアーカイブ, コンピュータグラフィックス, 没入空間.

1. はじめに

地域の歴史的な建造物の多くは災害, 戦争, 事故, 犯罪などで失われ続けている. しかし, これらの情報はその地域の文化を後の地域社会に伝える上で極めて重要なものなので途絶えることなく後世に残していく必要がある. 現在, 我々は地域に存在する建造物をデジタルアーカイブし, その情報をもとにコンピュータグラフィックス (CG) で再現する研究を行っている [1]. ただ, 現存するものは保存できていても既にその形を失い, 消えてしまっている文化財が数多く存在するという問題がある. 小諸城はその例の一つで, これは長野県小諸市にかつて存在した城で, 今は石垣と一部の門を残し, そのほとんどが失われている.

しかしながら, 小諸城は膨大な量の古文書 (絵図録) が残っている全国的にも珍しい城である. 一般に他の城等, 失われた古い建造物を映像復元する場合には詳細な情報が残っていないため, 多くのことが不明確なまま想像図となってしまうという問題があったが, 小諸城の場合は多くの詳細な古文書があるために, 史実に基づいた CG 復元が可能となる.

次にデジタルアーカイブされた建造物をどのように鑑賞するのかという課題がある [2]. これまではデジタルアーカイブされた情報は, 平面的なディスプレイで鑑賞することが多かったが, 実際の建造物の臨場感を体験するためには没入空間内で立体的な鑑賞ができることが有効である.

以上を踏まえて, 本稿では, 大きく 3 つの提案を行う. 一つ目は小諸城の古文書の情報から小諸城を CG で復元することを目指す. まず古文書の情報から建造物の 3 次元データを構築する. 二つ目は, 古文書と現存する部分から建造物の材質面の情報も獲得する. ここでは照明環境と建造物の

分光モデルを構築してレンダリングを行う手法を提案する. 三つ目は, 3D ヘッドマウントディスプレイを表示デバイスとして採用し, 再現された CG を没入空間で立体的に鑑賞できるシステムを提案する.

2. 小諸城の CG データの作成法

2.1. 3次元データの復元

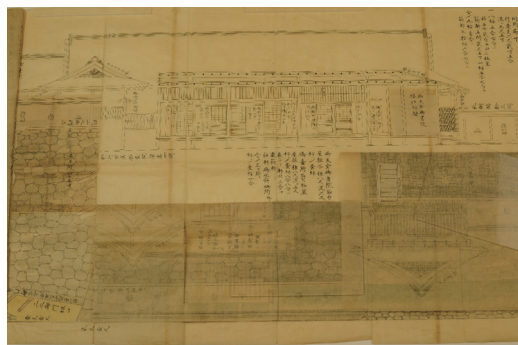
小諸城は既に建造物の大部分が消失しているため, 実際の建造物を対象に, その寸法を計測することはできない. しかし, 現存する大量の古文書には建造物の見取り図や立面図に寸法などが詳細に記録されていたり, 使われている材質などの情報が細かく記されていたりする. それらの記されているデータから三次元形状データを作成することで, 小諸城を CG で復元することが可能となる. 小諸城の古文書は大小あわせて 110 枚ほどが現存しており, 保存状態も良い. これらの絵図録は現在のように規格化された用紙ではなく, 様々な大きさ, 形状の紙に記されている. たとえば本丸の平面図は本丸の地形に合わせた形状の紙に描かれており (図 1 (a)), また, 単に 1 枚の紙に描かれた絵図面ではなく, 複数の紙が重ねて貼られていて, その紙をめくることで建造物の外観と内部を切り替えて表現するなど立体的な表現がなされているものもある (図 1 (b)).

さらに古文書の中には, 城の見取り図のみではなく建築を担当する大工への技術指導書に相当するような文献 (図 1 (c)) も残されており, どのような工法で城が作られているのかといった情報も残されている. 図 2 (左) は絵図録から, 3 次元形状を取得している様子であり, 図 2 (右) は, その形状情報に色をつけて形状情報を確認している様子である. ただし, 形状が元の図面とずれているのは, 形状情報は別途寸法情報から 3 次元座標を獲得しているためである. 本研究ではこのように複数の絵図録からの情報を統合し, 一つの

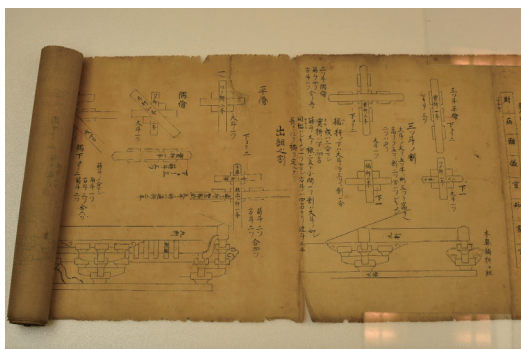
建造物を復元する。



(a) 小諸城本丸 (小諸城郭絵図)



(b) 立体的な作りとなっている絵図録



(c) 工法を示した絵図録 (技術指導書に相当)

図1. 小諸城古文書の例 (小諸市教育委員会からの資料提供)

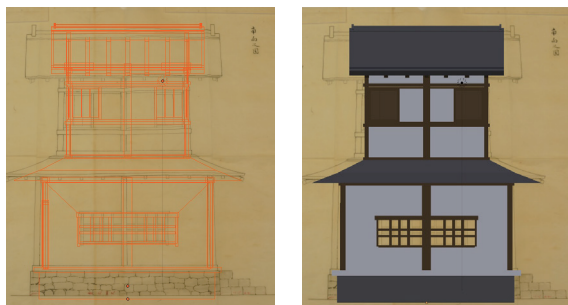


図2. 絵図録から3次元データを獲得している様子 (左:ワイヤーフレーム, 右:色づけ)

2.2. 色や質感の計測

小諸城の建造物の質感表現は、古文書に記された材質情報に加えて、現存する建造物からの質感計測を行う。たとえば、現存する小諸城の大手門

は近年復元されたものであるが、復元された大手門を構成する材料の95%が再利用されたものであるため、当時の材質の調査に用いることができる。実際に存在する部分の建造物の色や質感の計測はカメラ記録し、再現する。しかし撮影するための物体が既に存在していないので、再現した物体を直接撮影することができない。そこでは当時の材質を調べ、それと同じ材質を適用する。

カメラ画像からの材質の推定は、対象物の分光反射率の推定することにより行う。本稿の段階では対象の詳細な反射モデルは構築せずに分光反射率のみで表現する。分光情報は波長400nm-700nmまでを5nm間隔でサンプリングして61個の値で表現し、分光情報をベクトル表現する。そしてRGB値は 3×1 の行列 \mathbf{p} 、分光反射率は 61×1 の行列 \mathbf{s} 、そしてRGB値から分光反射率に変換する行列は 61×3 の行列 \mathbf{M} で示すと、 \mathbf{p} と \mathbf{s} の関係は次式のように書ける。

$$\mathbf{s} = \mathbf{M}\mathbf{p} \quad (1)$$

このとき \mathbf{M} が求まれば \mathbf{p} から \mathbf{s} を計算できるが、ここでは対象の分光反射率の統計的な偏りから求める[3]。

3. レンダリングシステム

3.1. 3Dヘッドマウントディスプレイと没入空間

本研究のレンダリングシステムは、図3で示すような3Dヘッドマウントディスプレイ(Oculus rift)を用いる。このシステムは鑑賞者の頭部に装着し、外光が入らない状態で片目960×1080画素(両目で1920×1080画素)で映像を表示する。左右ずれた画像を表示することで立体視が可能となる。また、ヘッドトラッキング機能が付いているため、鑑賞者の頭部の向きに応じて表示する画面が動くため鑑賞者は仮想空間内に没入した感覚でCGを鑑賞することができる。

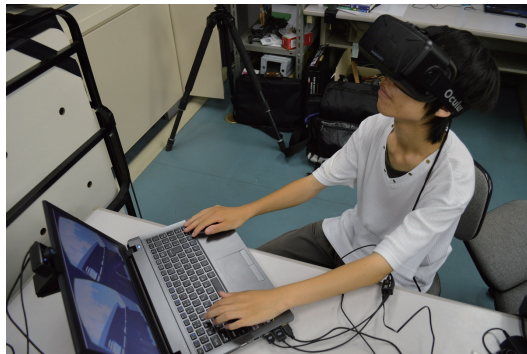


図3. 3DヘッドマウントディスプレイでCGを鑑賞している様子

3.2. 分光ベースのレンダリングアルゴリズム

記録した小諸城の3次元データを3DCGとしてレンダリングをする。図4は本手法で提案するレンダリングシステムの概略図である。建造物のCG生成は分光的な光反射モデルに基づいて計算する。本稿では、物体の光反射を単純な Lambert モデルで計算する。また3Dヘッドマウントディスプレイを用いることにより画面で映像を見るだけでなく、小諸城のCG空間内に自分が入り込むような感覚を体験するシステムを開発した。 $S(\lambda)$ は物体表面の分光反射率 $E(\lambda)$ は光源の分光分布である。人間が受ける色刺激は、等色関数 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ を用いて三刺激値 CIE-XYZ を次式で求める。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \int_{400}^{700} \cos \theta_i E(\lambda) S(\lambda) \begin{bmatrix} \bar{x}(\lambda) \\ \bar{y}(\lambda) \\ \bar{z}(\lambda) \end{bmatrix} d\lambda \quad (2)$$

さらに各ディスプレイの色特性に応じて表示するデバイスのRGB空間へ変換する。ただし、本研究では、sRGBを仮定しており、図4のうちディスプレイのキャリブレーションは未実装である。

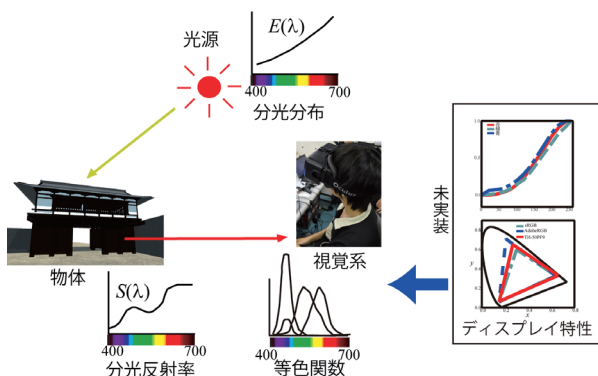


図4. 分光ベースのレンダリングシステム

4. 実験

これまで述べた手法を用いて小諸城の3DCG再現を行った。また、構築した仮想空間内を自由に歩き回れるシステムを開発した。提案手法と計測データはUnity 3D Game Engineと呼ばれるゲームエンジンに実装した。CG復元した対象は小諸城の敷地内にある大手門、三之御門、中仕切り門、黒門橋、本丸の一部である。まず、図5は現存する小諸城大手門の実物と再現CGであり、図6は、現存する三之門とそれをCG再現した結果である。次に、中仕切り門は現在では消失しており、実際の小諸城跡地では通路のみとなってい

る。図7はかつて中仕切り門があった現在の場所と中仕切り門のCG再現結果を比較したものである。図7左の赤枠で囲んだ場所はかつて中仕切り門があった場所である。図8は、黒門橋から本丸を眺めるシーンをCGで再現したものであり、図9は、逆に黒門橋から中仕切り門を眺めるシーンをCGで再現したものとなる。図10は、大手門を3Dヘッドマウントディスプレイ用に立体視用に左右ずらした視点で大手門をCG再現した結果であり、同じく図11は三之門、図12は中仕切り門をCG再現した結果である。

5. まとめ

本研究では小諸城の3DCGによる復元に関する一手法を提案し、小諸城の建造物のいくつかを古文書から情報を読み取りCGで再現した。本稿では特に分光ベースの没入空間を実現するために3Dヘッドマウントディスプレイを用いた分光ベースレンダリングシステムを開発した。しかしながら、本稿では、レンダリングシステムの試作にとどまっており、まだCG再現の精度については実写画像との比較表示を行っていることにとどまっている。しかしながら、既に失われた歴史建造物のCG再現精度を検証することは、実物が残っていないため難しい。精度検証の方法を検討する必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたって、小諸フィルムコミッションセンター会長の牧野和人氏をはじめ小諸市の方々から全面的な協力をいただいた。ここに深謝する。

参考文献

- [1] C. Sakurai, N. Tanaka and K. Mochizuki: Real-Time Multi-spectral CG Rendering Method for Building with Scene Illumination, Proc. of AIC, pp.639-644, 2015.
- [2] 池内克史, 倉爪亮, 西野恒, 佐川立昌, 大石岳史, 高瀬裕, The Great Buddha Project -大規模文化遺産のデジタルコンテンツ化-, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.103-113, 2002.
- [3] N. Tanaka and K. Mochizuki: A digital archive method based on multispectral imaging with goniometric multiband camera, The Bulletin of Japanese Society for the Science of Design. Vol. 61, No. 3, pp. 35-44, 2014.



図5. 大手門の実物と再現 CG との比較画像



図6. 三之門の実物と再現 CG との比較画像

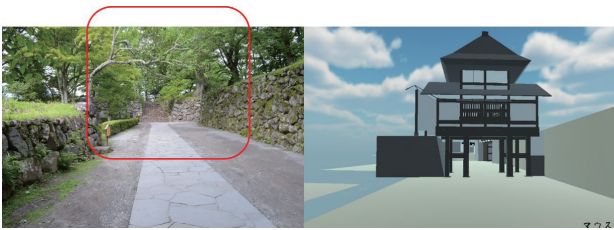


図7. 中仕切り門の CG 再現画像 (左は現在の場所)

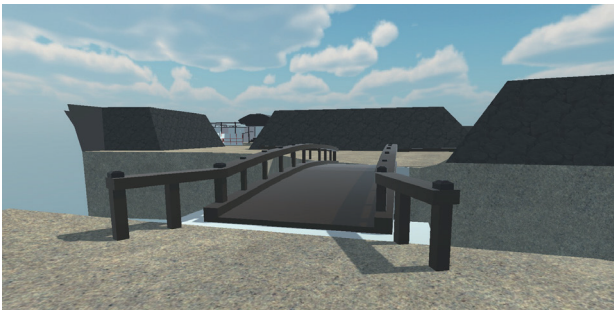


図8. 黒門橋から本丸を眺める CG 再現シーン

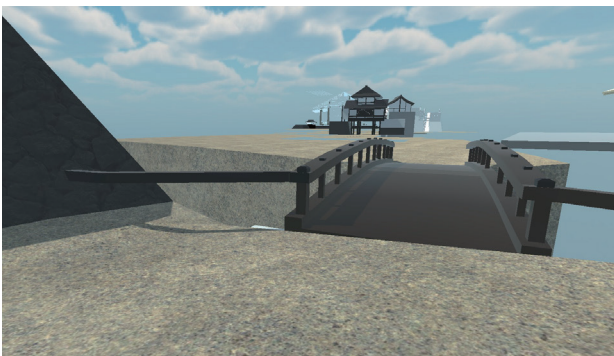


図9. 黒門橋から中仕切り門を眺める CG 再現シーン

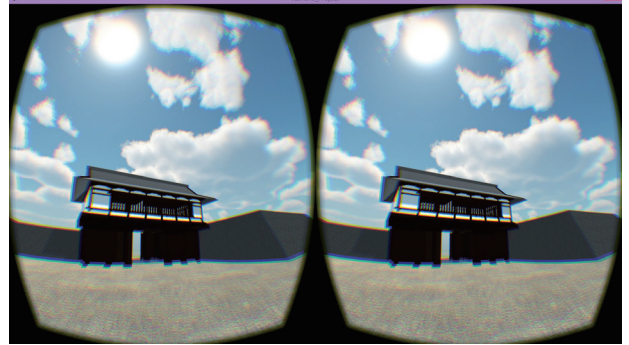


図10. 立体視用に左右ずらした視点で大手門を CG 再現した結果

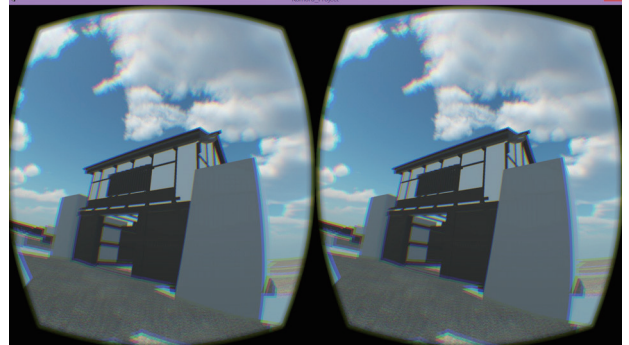


図11. 立体視用に左右ずらした視点で三之門を CG 再現した結果

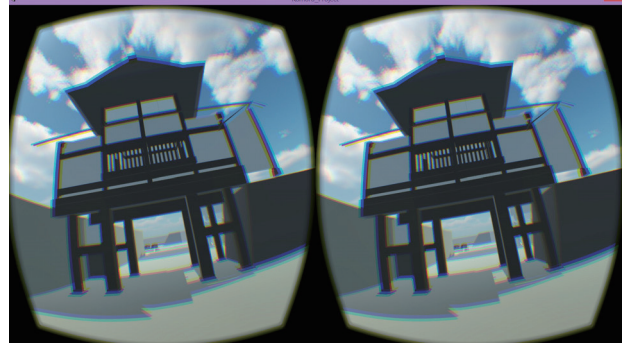


図12. 立体視用に左右ずらした視点で中仕切り門を CG 再現した結果

オフィス空間の印象に対する有機 EL 照明の影響

Influence of the OLED lighting on impression of the office space

坂野 要輔	Yosuke Sakano	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

キーワード: 印象評価, 有機 EL 照明, 因子分析.

1. はじめに

昨今, 有機 EL を用いた照明が開発されている. 白熱電球, 蛍光灯, LED に続く次世代照明として注目され, 有機 EL 照明 (OLED) と称される. OLED は, 従来の照明と異なり非常に薄くコンパクトであり, 水銀を用いないことから環境負荷も小さい. また, 発熱が少ないことから周囲の環境に影響しにくい, などの利点もある.

さらに OLED の光は太陽光に近く色の見え方が自然で, 紫外線や赤外線を含まないため絵画など美術品の退色を防ぐ効果が期待される. そのため実際に美術館や博物館等で活躍が見込まれている. この赤外線や紫外線を含まないという利点は人に対しても同様で, 目や肌にやさしく, 色の見え方が太陽光下に近いことから OLED は人にやさしい照明と謳われている. しかしながら, その「やさしい」という項目について, なかなか実験的に証明されることはなかった. 横山ら¹⁾は, リビングルームを模擬した模型空間を用いて, OLED と LED による空間印象に与える影響を調査した. 因子分析の結果, “活動性”, “快適性”, “作業性” の三つの因子が得られた. 中でも OLED は “快適性” に秀でることが示唆された. これは OLED 照明の分光分布との関係から, 模型内に置かれた家具の色の影響に起因すると考えられた.

主たる照明空間としては, リビングなどの空間とならび, オフィス空間は長時間の滞在が想定される. 快適性が高く, 疲労度がオフィス空間においても少ないのであれば, OLED はオフィス空間にも適していると言えるが, 両空間では内装や置

かれているオブジェクト等などが大きく異なる.

そのため, 実際に OLED で照らされた空間を呈示し, その印象を心理物理的応答として得る実験はまだあまり行われていない.

以上を踏まえ, 本研究ではオフィス空間の模型を作成し, 以下の2つを目的として実験を行った.

- (1)有機 EL 照明と LED 照明を用いて, それぞれの照明がオフィス空間印象に与える影響を調べる
- (2)オフィス空間内に含まれる色みを変化させたことによる印象に与える影響を調べる

2. 実験 1

2.1 実験環境・方法

2.1.1 実験環境

実験は暗室内に設置した2つの小さなボックス(以下, 模型ボックス)を用いて行われた. 模型ボックスの寸法は 380mm × 280mm × 185mm であった. 一方の模型ボックスの天井に OLED パネル, 他方には LED パネルを設置した. 照明パネルは模型ボックスの天井部に4枚設置した. 模型ボックスの外観を図1に示す.



図1 模型ボックス外観(実験1)

模型ボックス内には、被験者視点から見て左奥にロッカーを5基、中央に机5台と椅子5脚、右壁にブラインドが配置された。それぞれのモデルのスケールは1/12であった。床に木目調の壁紙、壁面にモルタル調の壁紙を貼りつけた。天井にもモルタル調の壁紙を貼り付け、4ヶ所に90mm×50mmの穴をあけた。この穴が照明として作用する。

2.1.2 照明パネル

異なる光源でも、色度を統一して実験を行うためRGBのLEDの強度を自在にコントロールできるカスタムLED照明パネル(RGBLED)を作成した。

OLED照明パネルはLumiotec株式会社製のOLED照明パネル(P07B0507W-A14A, 4000K, 145mm×145mm)であった。各照明パネルを図2に示す

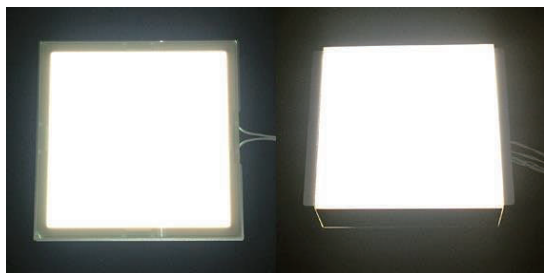


図2 照明パネル(左:OLED, 右:RGBLED)

2.1.3 実験条件

光源として前述したOLEDおよびRGBLEDの2種類を用いた。また、実験時の模型ボックス内の照度は、各光源で模型中央の机上照度が750lxになるよう色度は照度と同じく模型中央の机上において一致させ、(x, y)=(0.377, 0.399)であった。分光分布を図3に示す。

2.1.4 評価項目

実験に使用した評価項目を表1に示す。

これらの形容詞は先行研究¹⁾を参考にオフィス向けに作成した。

2.1.5 視覚的評価スケールVAS

本研究では評価値の記入に視覚的評価スケール:VASを用いている。VAS(visual analog scale)は主に数値化しにくい痛みの程度を視覚的に測る指標として使用される。形容詞の印象がどれほど感じたかを記入し、右端からの距離を測定し0から100の101段階で読み取り評価値とする。記入例を図4に示す。図4での評価値は40となる。

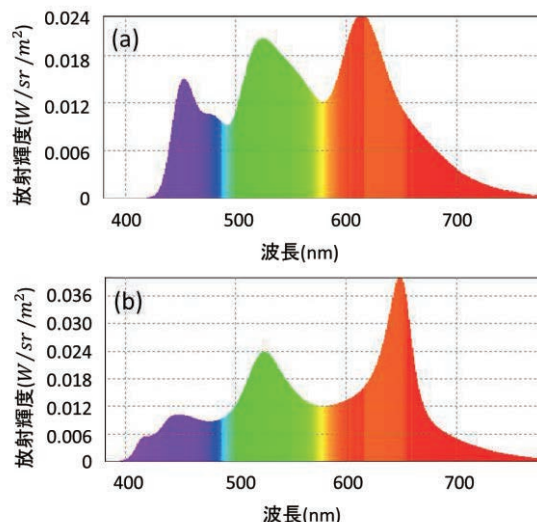


図3 分光分布(a)OLED, (b)RGBLED

表1 実験で用いた形容詞

落ち着いた	やわらかい	広々とした	整った
くつろぎやすい	潤いがある	集中できる	静かな
自然な	軽快な	作業しやすい	鮮やかな
暖かい	明るい	開放的な	派手な
安心な	活気のある	やさしい	まぶしい

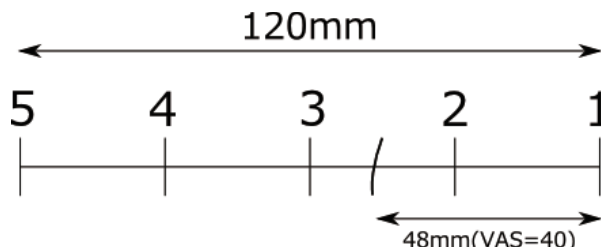


図4 視覚的評価スケール:VAS

2.1.4 実験手順

実験の手順は以下の通りである。

- (1) 暗室内にて、いずれかの光源で照らされた模型空間を見ながら3分間順応
- (2) 模型空間の印象を形容詞対20項目についてVASで用紙に記入
- (3) 他方の照明ブースに移動

各被験者は各光源を3回繰り返して観察し、印象評価を行った。2種類の順番は被験者に選択させ、観察している光源についての教示は与えなかった。

2.1.5 被験者

被験者は 10 名の日本人 (20 代男性 5 名, 20 代女性 5 名) で, いずれも色覚正常であった. また実験に関してナイブであった.

2.2 実験結果

図 5 に, 全項目についての, 全被験者の評価値の平均を示す. OLED と LED との間に有意差は確認できなかった.

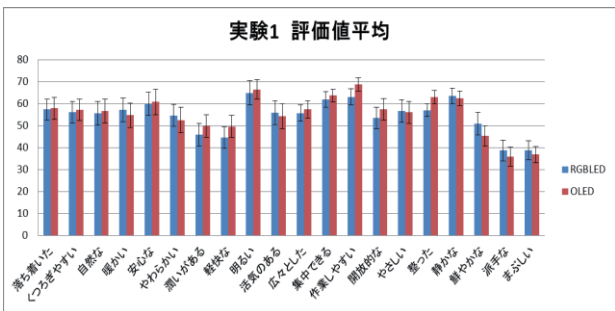


図 5 実験 1 全被験者の評価値平均

3. 実験 2

3.1 実験環境・方法

実験 2 では模型ボックスの床にグレーのフェルト生地を貼り, ブラインドを白色にすることで色味を極力排除し実験を行った. 照明は実験 1 と同じだった中央の机上における色度は(x, y)=(0.377, 0.399)であり, ほぼ実験 1 と同等であった.

被験者や手順, その他の条件は実験 1 と同様であった.

3.2 実験結果

図 6 に, 全項目についての, 全被験者の評価値の平均を示す. OLED と LED との間に有意差は確認できなかった.

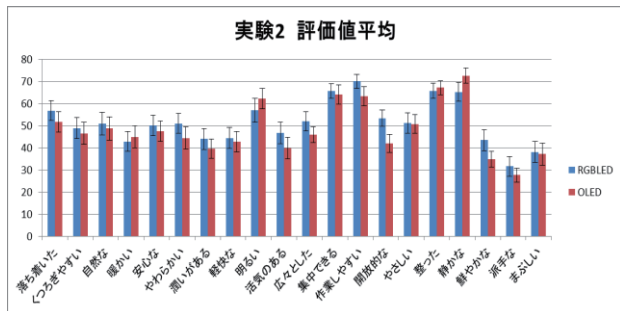


図 6 実験 2 全被験者の評価値平均

4. 分析

4.1 因子分析

得られた 20 項目の評価値から本照明条件による共通因子を抽出するために, 最尤法によって因子分析した.

また, 因子パターン行列を単純構造に近づけ, 各因子の特徴を明確化するためバリマックス回転を施し, 因子負荷量と照明別の因子得点を求めた. 実験の因子負荷行列を表 2 に示す.

因子負荷量の絶対値が 1 に近いほど因子と項目の結びつきが強い. 明瞭化のため各形容詞で因子負荷量の絶対値が最大である箇所を赤線で囲った. その結果実験 1 では 3 つの因子が抽出された. 第 1 因子の主な要素は, "落ち着いた" "安心な" 等, リラックスさせるような形容詞を含むことから, "快適性" と名付ける.

第 2 因子の主な要素は, "派手な" "活気のある" 等, 活動的な形容詞を含むことから, "活動性" と名付ける.

第 3 因子の主な要素は, "集中できる" "作業しやすい" 等, 作業効率を向上させるような形容詞を含むことから"作業性" と名付ける.

また, 各因子の因子得点の平均を図 7 に示す.

表 2 因子負荷行列

	1	2	3
安心な	0.89	0.35	0.10
やさしい	0.88	0.25	0.07
やさしい	0.87	0.29	0.11
くつろぎやすい	0.86	0.29	0.04
落ち着いた	0.85	0.27	0.15
暖かい	0.84	0.31	0.04
自然な	0.79	0.42	0.27
派手な	0.15	0.84	0.01
鮮やかな	0.38	0.79	0.02
まぶしい	0.09	0.77	-0.11
活気のある	0.44	0.75	0.21
明るい	0.30	0.75	0.19
潤いがある	0.49	0.75	0.16
軽快な	0.40	0.74	0.21
広々とした	0.35	0.47	0.16
開放的な	0.34	0.42	0.24
集中できる	0.16	0.09	0.95
作業しやすい	0.17	0.07	0.91
整った	-0.06	0.19	0.54
静かな	0.29	-0.23	0.34
因子寄与率	31.73	26.66	12.56
累積因子寄与率	31.73	58.40	70.95

4.2 分散分析

因子分析で求めた因子得点を用いて分散分析を行った. その結果どの因子でも LED と OLED との間に有意差は確認できなかった(p<0.05)が, 被験者間で有意差が確認された(p<0.001). そのた

め、本実験では被験者の個人差が非常に大きいものであることがわかる。

また、快適性因子と活動性因子で実験1と実験2との間に有意差が確認された($p < 0.05$)。図7より、快適性因子と活動性因子のどちらでも実験1の方が実験2より高い値であることがわかる。

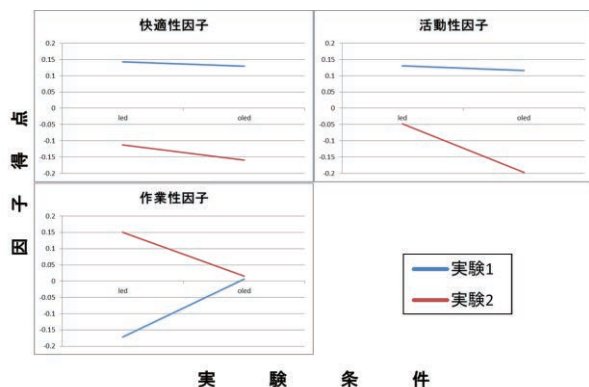


図7 各因子の因子得点の平均値

5. 考察

分散分析の結果、本研究では照明条件による有意差は確認できなかった。

しかし、快適性因子と活動性因子で実験2より実験1の方が高い値を示した。これにより、色みのない空間より色みのある空間の方が快適性と活動性に優れると示唆された。

平手ら²⁾の研究によると淡い黄色は快適性が高く、精神性疲労を低減する傾向が見られるとある。この結果は本研究の色みのある空間の方が色みのない空間より快適性と活動性に優れるという結果と一致する。

その要因として実験1と実験2で机上の色度はほぼ同等であったものの、実験2床面がグレーであったのに対し、実験1では色の淡い木目調のシートであったため、実験1の方が淡い黄色の空間として知覚された可能性があげられる。

また、本研究では、横山ら¹⁾の研究のように照明間での差が確認できなかった。その要因として、横山ら¹⁾の研究ではリビング空間を模擬したのに対し、本研究ではオフィス空間を模擬したため、相対的に色みが小さかったことが考えられる。そのため、照明間の差を明確にするためには空間内に含まれる色みを大きくすることが必要であると考えられる。

6. まとめ

照明のオフィス空間印象に対する影響を調査するために、オフィス模型空間を用いて印象評価実験を行った。因子分析の結果、“快適性”、“活動性”、“作業性”の3因子が抽出された。

分散分析の結果より、照明条件間での差は確認できなかったが、快適性と活動性において色みの無い空間よりも色みのある空間の方が優れることが確認された。

また、今後の課題として、照明間の差を確認するために、より多くの色みを含む空間を用いる必要がある。

今回は模型空間を用い、被験者は模型空間を外から観察したが、実空間であれば被験者は照明光の下にいる状態にいる。その照明光との関係が異なるため、実空間では本実験で獲得された結果がそのまま当てはまらない可能性がある。そのため、実空間での印象を評価することも必要であると考えられる。

参考文献

- 1) R. Yokoyama, Y. Kawashima, T. Nagai, T. Ishida, and Y. Yamauchi, “IMPRESSION OF THE SPACE UNDER THE FLAT TYPE LIGHTING – COMPARISON BETWEEN OLED AND LED–” ACA2013 Asia Color Association Conference, Thai, 2013.
- 2) 平手 小太郎, 宗方 淳, 吉澤 望, 江 欣宸, 李 東起, “LED 照明環境における光色のあり方に関する基礎的研究”, 住宅総合研究財団研究論文集, 36, pp.305-316(2009)

イラストキャラクターの髪色印象の回帰分析とその応用

Regression analysis of hair color of character with impression and its application

土居元紀	Motonori Doi	大阪電気通信大学	Osaka Electro-communication University
井上 拓	Taku Inoue	大阪電気通信大学	Osaka Electro-communication University
折立純平	Junpei Oritate	大阪電気通信大学	Osaka Electro-communication University
酒井英樹	Hideki Sakai	大阪市立大学 大学院	Osaka City University, Graduate School
小森政嗣	Masashi Komori	大阪電気通信大学	Osaka Electro-communication University

Keywords: イラスト, 髪色, 印象, 回帰分析, 画像合成.

1. はじめに

イラストやアニメーションでは人物キャラクターの髪色に現実では見かけることのない独特で多様な色を用いることがある。髪色は、キャラクターの個性に大きく影響すると考えられる。写真の人物の髪色を変化させて特徴的かどうかを調査して解析した研究例はある[1]が、イラストやアニメーションで表現される多様な髪色がどのような性格印象を与えるか調査することは重要である。また、近年イラスト作成はインターネットでアマチュアも参加できる環境が進んだこともあり、多くの人が行っている。人物の性格設定から髪の色を提案できれば、イラスト作成に役立つと考えられる。

筆者らは以前髪の色とキャラクターの性格印象の関連についてアンケートに基づき調査した[2]。この調査において髪色が与える性格印象の傾向が明らかになった。しかし、画像群から性格印象に合う画像を抽出し、順位付けしてもらうという調査方法だったため、調査結果の解析が難しかった。また、髪色だけでなく髪型や目つきも考慮したため解析が複雑となった。よって今回、解析の容易さを考慮して、提示画像の種類を減らし、それぞれの提示画像について性格印象に関する5段階評価をするよう調査方法を変更した。そして、調査結果に対して髪色を目的変数、印象を説明変数として回帰分析を行った。さらに、回帰分析で得られた回帰直線を用いることにより、各性格印象の度合いから、適した髪色を提示する方法を提案する。

2. 髪色と印象の調査

髪色と印象の調査はパーソナルコンピュータのモニタ上にイラストを提示して、25名(男性15名, 女性10名)の実験参加者にその髪色に対する性格印象4項目の一致度を最高「5」で最低「1」の5段階で評価してもらった。イラストは男女それぞれ、髪型2種類(ショート, ロング)、色10色(白, 黒, 赤, 茶, 黄, 緑, 水, 青, 紫, 桃)の各要素を変化させた組み合わせ40種類である。図1に画像の一部を示す。性格印象については、性格を5類型に分類したYG(矢田部ギルフォード)性格検査[3,4]を参考に「熱血」「クール」「優しい」「ユニーク(個性的)」の4種類とした。YG性格検査における平均型は考慮しなかった。

調査の結果、髪色毎に性格印象との関連がわかった。熱血度数が最も高かったのは性別や髪の長さによって左右されることなく赤色の髪だった。クール度数は黒や白, あるいは青や水色の寒色系において高い傾向があった。優しい度数は黒や茶および緑で高かった。ユニーク度数は桃色が高かった。これらの結果は、キャラクターの性別や髪型によりやや傾向が異なる場合があった。また、前回の調査同様、実験参加者の性別により傾向が異なる場合があった。



図1 キャラクター画像の一部

3. 髪色と性格印象の重回帰分析

調査の結果を分析するために、キャラクターの性別、髪型ごとに、髪色を目的変数、印象を説明変数として回帰分析を行った。髪色を目的変数とするにあたり、どのように数値化するかを検討した。いくつかの表色系での回帰分析試行の結果及びキャラクター作成における色選択の便宜を考慮して Adobe Photoshop での Lab の各値を用いることを決定した。

重回帰分析の結果得られた各 Lab 値に対する性格印象の係数および切片を表 1 に示す。なお、重相関係数は最大で 0.53、最小で 0.21 だった。同じ性別でも髪型によって大きく係数の傾向が異なることがわかった。

4. 性格印象の度合いによる髪色の提示

回帰直線の式に各性格印象の度数を代入することにより、適した髪色の Lab 値を提示することができる。男性ショートの場合の式を以下に示す。なお、式中 x_1, x_2, x_3, x_4 はそれぞれ熱血、クール、優しい、ユニークの度数を示す。

$$\begin{aligned} L &= -0.82x_1 + 0.55x_2 - 138x_3 + 6.42x_4 + 44.14 \\ a &= 9.31x_1 - 5.16x_2 - 7.82x_3 + 3.43x_4 + 17.55 \\ b &= 10.19x_1 - 6.76x_2 - 6.02x_3 + 3.24x_4 + 18.95 \end{aligned} \quad (1)$$

各度数の組み合わせを{熱血, クール, 優しい, ユニーク}としたとき, {5,1,1,1}, {1,5,1,1}, {1,1,5,1}, {1,1,1,5}として推定した髪色のイラストを図 2(a)に示す。アンケートの傾向をほぼ反映した髪色となった。

また、女性ロングについて各度数の組み合わせを, {5,1,1,1}, {5,1,3,1}, {5,1,1,3}として推定した髪色のイラストを図 2(b)に示す。熱血に他の性格印象を加えることで異なる髪色を推定できた。

5. まとめ

イラストのキャラクターの髪色と性格印象について調査し、「熱血」、「クール」、「優しい」、「ユニーク」それぞれの性格印象と髪色の関係を回帰分析により解析した。また、回帰分析で得られた回帰直線を用いて、性格印象の度合いに対応した髪色を提示する方法を提案し、実際にいくつかの度数の組み合わせに対する髪色を生成した。

謝辞

アンケート調査用のキャラクター画像を作成

頂き、また評価実験にもご協力頂きました、森美咲さんに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 小松 佐穂子, 箱田 裕司: 髪の色が人物印象に与える効果: 平凡な顔と個性的な顔における違い, 電子情報通信学会技術報告HIP2001-68 (2001) 7-12
- 2) 土居 元紀, 森 美咲, 酒井 英樹: アニメーションキャラクターの髪色の与える性格印象, 日本色彩学会第45回全国大会発表論文集 (2014) 252-253
- 3) 矢田部 達郎: 性格自己診断検査の作製, 京大文学部研究紀要 3 (1954) 71-167
- 4) 中井 節雄: 人事検査法: Y-G性格検査・キャッセル知能検査・クレペリン作業検査応用実務手引, 竹井機器工業 (1978) 92-93

表 1 重回帰分析による回帰直線の係数と切片

性別 髪型	色	熱血	クール	優しい	ユニーク	切片
男性 ショート	L	-0.82	0.55	-1.38	6.42	44.14
	a	9.31	-5.16	-7.82	3.43	17.55
	b	10.19	-6.76	-6.02	3.24	18.95
男性 ロング	L	-2.78	-0.84	0.09	7.12	47.74
	a	11.00	-3.80	-8.37	5.07	9.20
	b	5.30	-13.00	-4.70	2.80	53.65
女性 ショート	L	-5.38	-1.16	-2.49	6.75	63.40
	a	15.73	-1.78	-4.67	3.20	-11.79
	b	5.58	-9.02	-10.66	2.70	58.98
女性 ロング	L	-3.47	-0.34	-1.09	8.35	46.84
	a	13.13	-3.57	-5.98	1.52	11.62
	b	7.85	-6.86	-12.87	1.91	60.67



{5,1,1,1} {1,5,1,1} {1,1,5,1} {1,1,1,5}
(a) 男性ショート



{5,1,1,1} {5,1,3,1} {5,1,1,3}
(b) 女性ロング

図2 推定した髪色のキャラクター画像
{熱血, クール, 優しい, ユニーク}

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

Development of D-up viewer for correct color perception in an interior space

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 Univ. of Tech.	Thanyaburi, Thailand
Kamron Yongsue		Rajamangala Univ. of Tech.	Thanyaburi, Thailand

Keywords : 色恒常性, D-up viewer, 室内空間

1. はじめに

雑誌やカタログの中で見た商品の色彩を実空間の中で見た時に異なる色彩に感じることがある。この現象は、ヒトの目がもつ色の恒常性という仕組みによるもので、照明条件や周辺刺激に応じて対象物の色の見えが自動的に補正されて知覚されるために起こると考えられている。

先行研究¹⁾では、被験者がのぞき穴を通じて片目で正面に置かれた室内画像（印刷物）を見ると、あたかも三次元の実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 を作成し、その使用有無によって印刷物の色の見えが変化することを確認した。今回は図1のような車室内画像を印刷物ではなくディスプレイ上に表示させ、D-up viewer の使用有無による明るさの見えの差を比較し D-up viewer の利活用性を検討した。



図1 車室内空間の写真画像

2. D-up viewer の作成

ディスプレイに表示した室内画像を3次的にリアルに知覚でき、実際にその空間の中のように感じられる D-up viewer を作成した（図2）。D-up viewer はのぞき穴を通じて正面に置かれた写真画像を観察する箱型の装置である。内側は光沢のない黒い壁で覆われており、ディスプレイのフレームを含めて、画像以外のものは見えない設計になってい

る。今回は、図1の車室内空間の見えを再現できるように視距離や視野角を計算し、ディスプレイ（EIZO, FlexScan2100, 21.3インチ）の大きさに合わせて装置を設計した（図3）。輝度計（コニカミノルタ製, LS-110）で画面上5点の輝度を測定し均一性を確認した上で、実際の車室内空間の輝度値に近づけるように調節した。完成した D-up viewer を通して片目で車室内画像を観察したところ、実際に後部座席に乗車して眺めているように知覚されることが確認できた。D-up viewer を使わずにディスプレイを観察した場合より、立体的な空間を感じることができる。

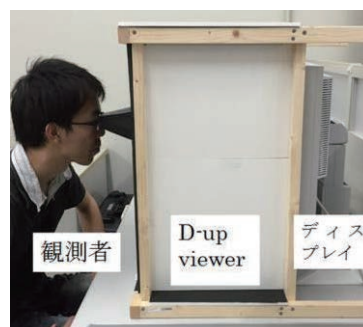


図2 作成した D-up viewer

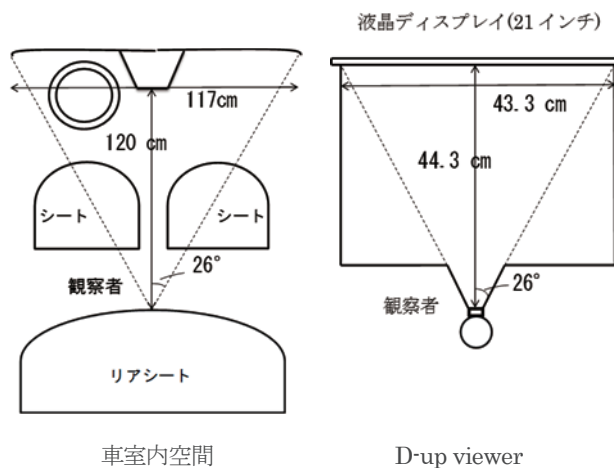


図3 視距離と視野角

3. 色の見えの測定実験

3. 1. 実験方法

D-up viewerの有無による色の見えの違いを比較するにあたり、今回はまず明るさの見えに注目することにした。対象とする室内画像としては図1の車室内空間の画像を用い、明るさの見えを比較する観察ポイントとして、異なる材質や色を持つ7点を選定した(図4)。被験者はまずD-up viewerを通して観察した時に各点において感じられる白味量と黒味量を合計100%になるように回答した。次にD-up viewerを通して観察される明るさを基準としD-up viewerを使用せずに観察される明るさを5段階(暗い、やや暗い、同じ、やや明るい、明るい)で判断した。試行回数は5回、各点の回答順はランダムとし、被験者は色覚異常のない3人で実施した。

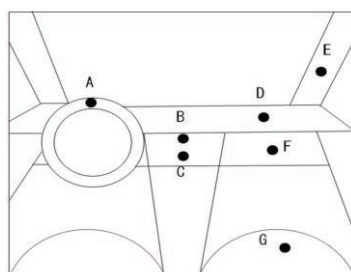


図4 観察ポイント

3. 2. 実験結果

以降では被験者3人の結果の平均を示す。図5は観察ポイントA~Gに対してD-up viewer使用時に感じられた白味量をまとめた結果である。黒味量も同時に回答してもらったが、合計100%で両者連動しているためここでは白味量の結果のみを示す。図からAとDは暗い素材、E~Gは明るい素材として見えていることがわかる。また、図6はD-up viewer使用時の見えを基準にした時の未使用時の明るさの見え(相対差)を示している。D-up viewer使用時の明るさの見えを0とした時、ほとんどの観測ポイントにおいて未使用時はほぼ同じか暗くなる方へ感じている様子が読み取れる。

図5~6の結果を合わせると、白味が低い素材(A, D: 暗い色の樹脂部品)では、D-up viewerの有無によりほとんど見えの差がないのに対し、白味の高い素材(E: 明るい色の樹脂部品, F, G: 明るい色の布部品, B: メタリック塗装された樹脂部品)ではD-up viewerを通した方がより明るく感じる傾向があることがわかる。なお、Cはハザードランプのボタンで鮮やかな赤色であるが、D-up viewerの有無により明暗差が最も大きく感じられることもわかった。

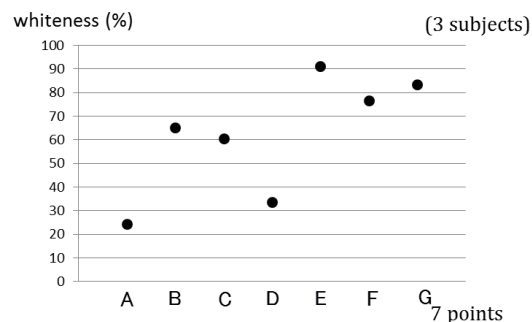


図5 D-up viewer 使用時の白味量の測定結果

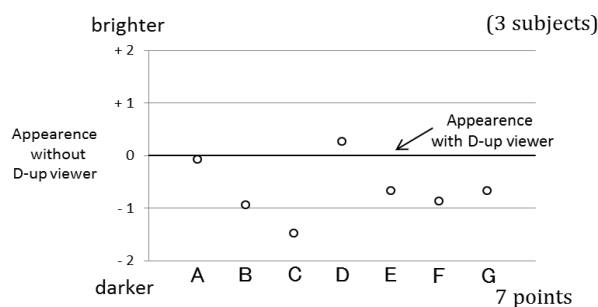


図6 D-up viewer 有無による明暗差の測定結果

4. まとめ

ディスプレイに表示した室内空間の写真画像を観察することができるD-up viewerを作成し、3次元空間としてリアルに感じられることを確認できた。また、車室内空間の画像を対象にD-up viewerの使用有無による明るさの見えの差を測定した結果、白味が高い素材に対してD-up viewer使用時の方がより明るく感じられ、特に色味の高い鮮やかな素材において最も差がひらくことがわかった。これは、製品を実空間で見るとオンラインカタログで見るとで明るさの見えに差が出るケースに相当する。例えば、車のショールームで内装のバリエーションをすべて現物で確認することは難しいため、ディスプレイ表示された画像とD-up viewerとを使ってリアルな見えを確認できるようになれば便利で顧客満足度の向上にも繋がる。今後は、見えの差が生じる条件をさらに詳しく検証していくとともに、D-up viewerの小型化・簡易化についても取り組む予定である。

参考文献

- 1) 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.

PCCS 表色系の iPad ディスプレイ上における RGB 値の視感測色

A study of visual measurement of PCCS's RGB value on iPad display

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

色彩をテーマとして科学的な研究を行う上では、色の再現性は非常に重要な点である。しかし、多数の色を調色し、作成するにはかなりのコストが必要となる。近年はディスプレイの技術発展なども進み、電子媒体上での色再現も可能となったが、その一方でディスプレイの性能差などもあり、画一的な測色値などが無いのが現状である。そこで本研究ではデバイスを限定した上で、カラーカードの視感測色を試みることを目的とした。

2. 方法

色刺激: Practical Color Co-ordinate System (PCCS)における 12 トーン(vivid:v, bright:b, strong:s, deep:dp, light:lt, soft:sf, dull:d, dark:dk, pale:p, light grayish:ltg, grayish:g, dark grayish:dkg)×12 色相(2R, 4rO, 6yO, 8Y, 10YG, 12G, 14BG, 16gB, 18B, 20V, 22P, 24RP)の有彩色 144 色および無彩色 9 色(Bk, 2.5Gy, 3.5Gy, 4.5Gy, 5.5Gy, 6.5Gy, 7.5Gy, 8.5Gy, W)の全 153 色を用いた。

上記の 153 色のカラーカード(PCCS ハーモニックカード 201: 日本色彩研究所株式会社)を 3 cm×3 cm の大きさで 9 cm×9 cm の白色の色上質紙を台紙の中央に貼り付けた(図 1)。

ディスプレイ: iPad Air(apple)を使用した。性能については 2,048 × 1,536 ピクセル解像度、264 ppi であった。実験時には画面の輝度設定は最大値で固定とした。

照明環境: 暗室内に設置した光源装置 (Macbeth Judge 2) における D65 光源を用いた。

測色方法: iPad air については sRGB 値で色管理を行っているため、スライドの操作によって sRGB 値を変化させることができるアプリケーションを作成した。画面上の色の大きさについてはカラーカードと同様に 3 cm×3 cm とした(図 2)。

提示方法: iPad は台座を設置し、床面からの角度は 70 度とした。画面上部の色提示位置と並行と

なる左側にカラーカードを設置した。

観察者は椅子に座り、画面から約 50 cm の位置から画面およびカラーカードを観察した。

確信度評価: 測色結果についてどの程度自身をもって色を再現できたかを、「全くできない」から「完全にできた」までの 10 段階で評価を行った。

色彩に対する能力: 観察者ごとの色彩能力を測定する為、色彩能力テスター (日本色彩研究所株式会社)によって測定を行った。HVC 識別テスト、3 点識別テスト、目測補完テストを用いた。複数段階あるテストについては初級のみを使用した。

観察者: 6 名の大学生 (平均 20.7±0.8 歳、男女比 2:4) 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。

3. 結果

実験結果は sRGB 値であるため、RGB 値に置き換えた上で XYZ 表色系に変換し、その後 L*a*b* 表色系に変換を行った(表 1)。それぞれの変換については次式(式 1~式 3)を用いた。sRGB 値から L*a*b* 表色系は各被験者ごとに行った後に L*a*b* 値のそれぞれの値の平均値を求めた(表 1)。

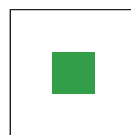


図 1. カラーカード刺激例



図 2. 測色 iPad アプリケーション画面

また、表1には $L^*a^*b^*$ の平均から再度 sRGB 値に逆変換を行った値を示す。

既存の値との比較の為、「デジタル色彩マニュアル(2004), 財団法人日本色彩研究所, pp. 229 (以

sRGB から RGB への置き換え (式1)

※sR を例として示す。sG および sB も同様の計算を用いた

$$\frac{sR}{255} > 0.0392156 \quad / \quad \frac{sR}{255} \leq 0.0392156$$

$$\left[\frac{sR}{255} + 0.055 \right]^{2.4} \quad \frac{sR}{12.92} \quad \text{式(1.1)} \quad \text{式(1.2)}$$

RGB から XYZ への変換 (式2)

$$\begin{bmatrix} X_{D65} \\ Y_{D65} \\ Z_{D65} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \text{式(2)}$$

XYZ から $L^*a^*b^*$ への変換 (式3)

$$\frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \quad / \quad \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856$$

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad \text{式(3.1.1)} \quad L^* = 903.29 \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \quad \text{式(3.1.2)}$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad \text{式(3.2)}$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \quad \text{式(3.3)}$$

D65 White: $X_n = 95.0450$ / $Y_n = 100$ / $Z_n = 108.8917$

metric Chroma (C^*_{ab}) および色相角 (h_{ab}) (式4)

$$C^*_{ab} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{式(4.1)}$$

$$h_{ab} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{式(4.2)}$$

色差 ΔE^*_{ab} および明度差: ΔL^* 、彩度差 ΔC^*_{ab} 、色相差 ΔH^*_{ab} (式5)

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{式(5.1)}$$

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2 \quad \text{式(5.2)}$$

$$\Delta C^*_{ab} = C^*_{ab1} - C^*_{ab2} \quad \text{式(5.3)}$$

$$\Delta H^*_{ab} = \sqrt{(\Delta E^*_{ab})^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*_{ab})^2} \quad \text{式(5.4)}$$

$$\Delta E^*_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C^*_{ab}}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H^*_{ab}}{k_H S_H} \right)^2} \quad \text{式(5.5)}$$

$S_L = 1$ / $S_C = 1 + 0.045 C^*_{ab}$ / $S_H = 1 + 0.0145 C^*_{ab}$

$k_L = k_C = k_H = 1$

下 DCM と表記)」に掲載されている sRGB 値を用いた。DCM の値も同様の式を用いて $L^*a^*b^*$ 値に置き換えた(表2)。それぞれの色差を検討するため、式4を用いて metric Chroma である $[C^*_{ab}]$ 、色相角として $[h_{ab}]$ を求めた後、式5を用いて $[\Delta L^*]$ (明度差)、 $[\Delta C^*_{ab}]$ (彩度差)、 $[\Delta H^*_{ab}]$ (色相差)、 $[\Delta E^*_{94}]$ (色差) を求めた(表3)。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1に示した。

4. 考察

L^* 値 a^* 値 b^* 値のバラつき : 実験結果における $L^*a^*b^*$ 値の標準偏差に着目すると、 L^* 値のバラつきは小さく、 a^* 値、 b^* 値のバラつきは色によって大きいものと小さいのが見られた。特に、v トーンでは a^* 値、 b^* 値ともに 20V が最も大きな値を示し、その他のトーンでも a^* 値については dp、dk などバラつきが大きかった。各色相に着目すると、 a^* 値においては 20V、22P、18P などと青系、紫系の色のバラつきが大きく、 b^* 値では 2R、8Y、6yO などの赤系、黄色系の色のバラつきが大きい傾向が示された(表1)。

確信度評価 : 確信度は高彩度系 (v、s、dp) の 14BG、16gB が低い傾向が示された。しかし、これらの色は実験結果における $L^*a^*b^*$ 値の標準偏差や実験結果と DCM との色差で著しく大きな値を示しているわけではないことから、心理的な影響であると考えられる(表1)。

色差 : クロマを表す C^*_{ab} の差に着目すると、全体的に正の値を示した。色差の計算過程では[実験結果 - DCM]としているため、DCM と比較して彩度は上がっていると考えられる。また、全体的な傾向としては 14BG~22P で彩度がマイナスになるトーンが多いことから、暖色系の色はよりあざやかに感じていると考えられる。色差である ΔE^*_{94} では、全体的な傾向として 2R、4rO、6yO などの暖色系の色の値が大きい傾向がみられた。また、無彩色では、黒を除いては白に近づくほど色差が大きくなる傾向がみられた。ただ、無彩色の中では黒が最も色が大きいことが示された。

参考文献

- 財団法人日本色彩研究所編(2004)、デジタル色彩マニュアル、日本色彩研究所
- 藤野真(2009)、プリンタでの色変換処理とカラーマネージメントワークフロー、日本写真学会誌、72(2)、pp. 72-77
- 篠田博之 藤枝一郎(2007)、色彩工学入門 定量的な色の理解と活用、森北出版株式会社

表1. 実験結果における L*a*b*値の平均値、L*a*b*値の平均値から sRGB 値への逆変換値および確信度評価平均値

色名	L*	a*	b*	sR	sG	sB	確信度評価	色名	L*	a*	b*	sR	sG	sB	確信度評価
v2	48.56 (2.30)	68.28 (4.87)	33.89 (13.52)	221.82	37.97	62.69	8.17 (1.17)	d2	46.70 (3.34)	31.46 (3.96)	16.19 (1.79)	165.99	88.29	85.13	6.67 (1.97)
v4	57.83 (3.43)	58.25 (3.97)	65.17 (5.28)	243.72	85.47	14.28	8.17 (0.75)	d4	50.92 (3.03)	29.52 (2.39)	23.43 (2.60)	177.83	100.10	82.91	7.33 (1.37)
v6	70.97 (2.16)	28.91 (3.09)	68.22 (6.77)	247.83	150.80	39.17	8.33 (1.03)	d6	54.12 (2.87)	17.98 (2.48)	38.30 (7.18)	175.48	116.29	63.15	8.33 (0.75)
v8	80.69 (2.49)	6.81 (2.36)	80.11 (3.19)	247.96	192.47	20.95	8.33 (1.03)	d8	62.56 (3.17)	-0.14 (1.98)	44.05 (10.69)	174.54	149.16	70.93	7.67 (1.37)
v10	74.83 (3.98)	-26.65 (6.61)	71.41 (5.72)	172.80	195.07	27.99	7.50 (1.05)	d10	54.93 (2.85)	-13.42 (2.89)	36.95 (6.53)	129.62	136.54	65.31	7.17 (1.83)
v12	58.47 (2.56)	-50.47 (3.58)	24.94 (3.59)	17.79	161.06	94.71	7.67 (1.37)	d12	52.04 (2.71)	-27.17 (4.45)	14.72 (3.09)	80.30	135.91	98.03	6.67 (1.21)
v14	48.09 (4.78)	-35.11 (2.91)	2.36 (1.78)	1.29	129.18	109.19	4.50 (2.43)	d14	46.10 (3.82)	-25.14 (4.58)	-0.39 (1.29)	49.66	120.57	109.12	8.33 (1.21)
v16	49.38 (3.13)	-20.14 (3.07)	-2.93 (3.30)	1.76	128.48	153.82	4.00 (1.67)	d16	42.02 (4.35)	-14.35 (2.04)	-13.03 (2.00)	50.38	106.78	120.05	7.67 (1.63)
v18	39.45 (3.14)	3.86 (5.28)	-42.99 (4.19)	13.98	94.97	163.11	6.50 (1.52)	d18	34.45 (4.57)	-5.33 (1.48)	-20.54 (3.80)	43.20	85.08	113.31	7.50 (1.05)
v20	33.53 (3.31)	34.29 (17.46)	-51.79 (14.11)	79.86	62.24	162.13	7.00 (0.89)	d20	35.45 (2.17)	11.15 (3.16)	-19.08 (1.85)	85.63	78.73	113.83	7.00 (1.79)
v22	31.55 (4.37)	48.22 (9.99)	-34.17 (8.48)	119.95	36.98	128.65	7.83 (1.47)	d22	33.00 (3.66)	23.40 (2.13)	-11.68 (2.66)	105.25	64.00	96.42	7.67 (0.82)
v24	39.81 (3.56)	59.73 (5.12)	-4.35 (5.05)	174.69	32.94	102.82	7.67 (2.07)	d24	38.47 (4.05)	30.82 (2.43)	-0.04 (2.63)	136.00	69.76	91.63	7.17 (0.98)
b2	63.15 (3.36)	57.94 (6.97)	26.63 (2.20)	253.68	102.78	108.95	7.50 (1.05)	dk2	24.65 (3.88)	30.24 (4.14)	13.21 (7.73)	102.80	36.27	40.16	7.00 (1.79)
b4	64.86 (2.63)	47.93 (3.26)	47.08 (5.92)	250.63	117.85	75.10	7.67 (0.82)	dk4	28.89 (2.19)	29.66 (4.20)	28.87 (7.95)	116.73	46.15	24.34	8.00 (1.10)
b6	73.81 (1.81)	27.82 (3.29)	67.85 (9.50)	255.26	159.25	48.64	7.83 (1.17)	dk6	35.24 (1.95)	14.19 (1.51)	30.92 (8.78)	116.00	73.23	32.93	7.50 (1.52)
b8	83.54 (3.76)	0.72 (2.33)	79.95 (7.49)	247.26	204.13	33.43	7.67 (1.51)	dk8	44.62 (3.65)	1.24 (1.08)	40.61 (7.42)	126.02	103.07	34.11	7.50 (1.05)
b10	77.33 (3.72)	-22.22 (3.84)	65.78 (9.80)	186.46	199.96	56.96	7.83 (1.17)	dk10	35.11 (2.56)	-13.96 (3.44)	32.20 (5.71)	76.45	87.62	27.73	7.67 (1.63)
b12	67.44 (4.44)	-48.85 (3.72)	25.68 (2.38)	66.73	185.20	115.90	8.33 (1.03)	dk12	30.94 (3.80)	-22.59 (5.07)	12.12 (5.00)	37.71	81.52	53.18	7.83 (1.47)
b14	62.55 (2.82)	-40.10 (4.78)	2.13 (3.85)	35.38	169.61	146.30	7.17 (1.60)	dk14	29.04 (3.41)	-19.39 (2.22)	-1.08 (3.57)	22.67	76.51	69.60	7.50 (1.05)
b16	60.81 (5.51)	-25.58 (5.34)	-21.83 (4.79)	20.26	160.78	184.30	6.83 (1.60)	dk16	28.33 (3.11)	-15.05 (3.88)	-9.65 (3.35)	16.33	73.81	81.21	7.50 (1.52)
b18	48.49 (3.69)	-3.90 (4.58)	-36.08 (3.89)	45.10	120.26	175.83	6.83 (1.83)	dk18	20.02 (6.39)	6.99 (11.75)	-21.27 (3.62)	39.48	47.44	80.38	6.83 (2.04)
b20	48.80 (2.96)	23.93 (5.98)	-40.47 (7.25)	117.60	105.06	184.69	6.50 (1.87)	dk20	20.93 (2.02)	7.09 (9.23)	-20.22 (2.44)	42.46	48.39	80.06	7.33 (1.21)
b22	49.33 (3.42)	38.72 (5.99)	-24.95 (6.51)	161.41	92.26	160.13	7.83 (0.98)	dk22	18.20 (4.96)	25.11 (6.81)	-14.39 (5.04)	69.47	29.26	65.54	7.83 (1.17)
b24	59.05 (3.89)	53.92 (2.92)	2.88 (3.49)	227.34	98.47	139.17	7.33 (1.75)	dk24	21.75 (6.90)	31.96 (7.14)	-5.72 (5.98)	91.06	29.03	61.34	7.50 (1.38)
s2	48.46 (5.02)	62.04 (8.98)	30.94 (7.53)	213.48	52.93	66.83	6.33 (1.86)	p2	90.80 (0.96)	9.39 (2.81)	7.08 (1.27)	252.45	222.16	215.51	7.83 (1.47)
s4	52.71 (2.01)	59.01 (1.69)	53.79 (6.34)	216.81	81.51	31.72	7.67 (0.52)	p4	92.05 (1.10)	7.13 (1.73)	10.46 (2.82)	254.32	226.95	212.54	7.17 (2.23)
s6	68.56 (1.95)	31.44 (4.15)	66.14 (4.55)	243.40	142.43	38.67	7.83 (1.17)	p6	89.65 (3.55)	6.37 (1.35)	17.36 (3.84)	250.59	220.20	192.71	7.50 (1.64)
s8	77.57 (2.47)	3.06 (3.32)	71.49 (8.69)	230.81	186.52	44.44	8.17 (0.98)	p8	90.92 (2.24)	0.07 (1.85)	19.91 (3.34)	244.34	227.58	191.08	6.67 (2.42)
s10	67.91 (3.84)	-21.12 (3.66)	58.63 (6.20)	159.30	173.86	49.36	7.17 (1.47)	p10	93.37 (2.14)	-6.27 (1.24)	20.39 (3.00)	239.67	238.33	196.64	6.67 (1.37)
s12	51.26 (3.13)	-45.76 (3.76)	27.73 (7.35)	29.04	140.01	72.22	7.17 (1.17)	p12	91.85 (4.34)	-12.96 (1.77)	8.60 (3.37)	212.24	238.50	214.73	6.67 (2.42)
s14	50.11 (3.68)	-34.56 (2.66)	0.73 (3.69)	12.14	134.36	117.00	5.17 (2.64)	p14	88.90 (4.39)	-12.97 (0.80)	3.07 (1.38)	198.69	230.47	216.97	6.67 (1.03)
s16	46.17 (1.87)	-17.53 (2.63)	-20.79 (2.39)	22.29	119.13	143.51	4.67 (2.16)	p16	90.23 (4.47)	-9.06 (1.82)	-1.92 (1.65)	205.96	232.42	230.29	6.83 (1.83)
s18	37.47 (1.76)	0.94 (2.72)	-37.67 (2.18)	18.33	91.07	148.95	6.33 (2.25)	p18	84.99 (4.33)	-3.03 (2.32)	-3.83 (1.58)	202.44	214.29	219.26	7.00 (1.55)
s20	32.95 (4.88)	27.36 (4.77)	-39.28 (3.73)	84.51	64.39	140.09	7.17 (1.47)	p20	84.71 (2.20)	2.24 (1.06)	-2.43 (1.78)	213.76	210.28	216.05	6.83 (1.72)
s22	35.56 (3.76)	39.15 (5.29)	-26.41 (4.34)	123.86	57.64	126.44	7.17 (1.72)	p22	83.24 (7.47)	5.65 (1.47)	0.59 (1.38)	218.80	203.83	206.41	7.33 (1.03)
s24	40.33 (4.68)	52.64 (5.18)	-1.15 (4.63)	168.66	48.52	98.75	6.83 (1.94)	p24	89.20 (3.48)	6.79 (2.47)	3.66 (0.98)	240.39	219.58	217.39	6.33 (1.63)
dp2	38.11 (5.45)	56.74 (5.74)	25.19 (7.28)	174.02	29.38	52.59	7.50 (0.84)	ltg2	77.76 (4.43)	8.55 (1.30)	8.95 (3.64)	214.84	186.30	176.03	6.67 (1.75)
dp4	41.33 (4.91)	47.46 (3.85)	41.83 (8.10)	175.55	55.71	29.83	8.00 (1.41)	ltg4	73.98 (5.45)	10.17 (1.52)	11.81 (3.21)	208.81	174.79	160.73	6.00 (1.79)
dp6	53.99 (4.88)	23.54 (2.66)	56.26 (5.19)	186.13	111.37	22.33	7.50 (1.22)	ltg6	76.49 (3.86)	6.16 (1.73)	18.93 (2.97)	213.25	183.72	154.20	7.00 (1.90)
dp8	62.35 (4.00)	3.24 (2.71)	59.93 (7.38)	183.11	146.21	32.73	8.00 (1.10)	ltg8	78.08 (2.76)	-0.24 (2.13)	21.30 (3.16)	207.91	191.82	153.72	7.50 (1.64)
dp10	53.86 (3.84)	-16.28 (6.33)	44.46 (8.38)	124.67	134.92	46.95	7.33 (1.21)	ltg10	78.67 (1.29)	-7.22 (2.17)	19.36 (4.09)	195.57	197.58	158.61	7.67 (1.97)
dp12	42.34 (3.22)	-39.89 (2.49)	23.22 (7.12)	18.69	115.00	59.65	6.50 (1.22)	ltg12	76.84 (3.93)	-13.12 (4.64)	8.12 (1.50)	170.13	196.36	174.27	6.67 (2.07)
dp14	40.14 (3.26)	-28.05 (2.46)	1.71 (9.96)	23.16	106.42	91.03	4.67 (2.66)	ltg14	72.12 (4.74)	-14.94 (3.22)	2.31 (3.18)	147.95	184.69	172.09	8.33 (1.37)
dp16	36.95 (1.51)	-17.19 (2.10)	-16.48 (3.41)	1.47	95.70	112.85	6.17 (2.40)	ltg16	72.22 (3.70)	-11.91 (3.12)	-0.96 (2.69)	151.54	183.62	178.38	7.33 (1.97)
dp18	29.90 (2.89)	2.48 (3.82)	-33.20 (2.33)	19.31	72.11	122.04	6.83 (2.04)	ltg18	65.91 (4.30)	-2.34 (2.38)	-5.02 (1.97)	151.02	161.79	168.94	7.67 (0.82)
dp20	23.82 (5.90)	25.68 (9.04)	-34.93 (5.57)	64.25	44.34	109.65	6.17 (2.40)	ltg20	67.61 (2.06)	1.91 (1.31)	-4.40 (2.56)	164.49	163.87	172.54	7.83 (1.47)
dp22	26.66 (1.80)	40.76 (5.38)	-23.86 (5.15)	104.59	32.74	100.08	7.83 (1.17)	ltg22	63.74 (5.02)	7.33 (0.87)	-1.27 (2.42)	166.76	150.15	156.82	7.00 (1.67)
dp24	31.13 (2.65)	45.82 (2.61)	-3.66 (7.05)	133.27	33.46	80.36	7.83 (0.41)	ltg24	72.53 (7.73)	9.50 (1.74)	2.71 (1.87)	197.57	171.94	173.32	6.17 (2.40)
lt2	77.35 (2.21)	29.69 (2.76)	19.44 (5.50)	254.31	169.50	156.65	8.50 (1.05)	g2	42.14 (2.82)	9.19 (1.84)	7.17 (4.21)	118.79	93.85	88.06	7.00 (2.19)
lt4	79.54 (3.49)	24.47 (4.46)	23.21 (4.47)	254.43	179.24	155.24	7.17 (1.72)	g4	40.80 (2.53)	10.86 (2.03)	8.70 (2.98)	118.61	89.49	82.44	7.67 (2.07)
lt6	84.33 (1.96)	11.84 (2.34)	34.47 (6.38)	253.42	200.76	145.99	7.00 (1.10)	g6	47.29 (2.02)	5.06 (2.53)	12.56 (4.23)	128.54	108.58	91.36	6.33 (2.42)
lt8	88.17 (2.89)	-0.18 (2.02)	46.84 (3.87)	249.98	218.60	131.06	6.67 (1.63)	g8	43.78 (5.19)	-0.24 (2.92)	14.60 (2.32)	112.31	102.76	79.36	7.50 (1.76)
lt10	88.37 (3.88)	-14.26 (2.44)	40.34 (5.34)	222.27	227.59	143.76	7.33 (1.21)	g10	45.98 (3.82)	-6.21 (3.81)	14.38 (3.27)	107.90	111.24	84.72	7.17 (1.47)
lt12	83.52 (2.96)	-33.05 (6.66)	18.95 (5.45)	152.67	224.25	171.33	7.83 (1.33)	g12	40.46 (5.02)	-12.48 (3.36)	9.60 (6.40)	79.98	100.74	79.35	7.33 (0.52)
lt14	80.42 (4.61)	-27.82 (2.58)	2.59 (3.39)	138.61	213.97	193.76	7.00 (2.61)	g14	39.34 (3.01)	-12.08 (4.87)	2.62 (3.20)	72.11	98.19	88.06	7.33 (1.03)
lt16	74.30 (2.75)	-20.59 (2.57)	-10.25 (4.07)	123.28	194.33	200.74	7.83 (1.47)	g16	41.05 (4.57)	-8.25 (2.60)	-4.29 (1.42)	77.14	101.08	103.51	7.17 (1.72)
lt18	63.79 (4.87)	-2.74 (3.41)	-20.61 (2.71)	126.29	157.63	190.79	7.00 (1.67)	g18	35.81 (3.04)	-2.22 (2.14)	-4.61 (2.73)	76.43	85.60	91.43	7.00 (2.45)
lt20	67.01 (3.13)	9.90 (2.56)	-21.05 (3.17)	162.02	158.89	200.83	8.17 (1.47)	g20	35.89 (4.23)	3.67 (1.90)	-6.45 (1.42)	85.54	82.93	94.70	7.50 (1.22)
lt22	65.79 (5.93)	19.96 (1.15)	-10.40 (3.10)	187.37	148.03	178.83	7.83 (1.17)	g22	34.71 (2.30)	9.10 (2.06)	-2.88 (2.01)	94.19	76.85	86.39	7.00 (2.68)
lt24	71.95 (1.74)	27.77 (1.79)	4.95 (2.74)	227.93	157.42	168.41	7.33 (0.52)	g24	40.09 (4.40)	9.24 (1.63)	5.07 (2.18)	112.53	89.00	86.57	6.50 (1.76)
sf2	63.74 (2.27)	34.19 (2.08)	18.59 (3.66)												

表 2. DCM における L*a*b*値の平均値、L*a*b*値の平均値から sRGB 値への逆変換値および確信度評価平均値

	L*	a*	b*	sR	sG	sB		L*	a*	b*	sR	sG	sB		L*	a*	b*	sR	sG	sB		L*	a*	b*	sR	sG	sB
v2	46.06	62.22	25.09	205	45	71	lt2	75.82	26.88	12.56	242	168	165	p2	85.52	5.71	2.61	227	210	209	W	95.15	0.01	0.00	241	241	241
v4	56.17	52.33	56.65	230	89	34	lt4	80.34	22.50	21.74	253	183	160	p4	85.64	5.94	5.48	230	210	204	Gy8.5	85.27	0.01	0.00	213	213	213
v6	70.52	23.08	73.76	239	154	11	lt6	85.50	10.49	32.93	254	205	152	p6	90.17	3.16	12.63	243	224	203	Gy7.5	75.88	0.01	0.00	187	187	187
v8	79.81	-1.14	81.16	233	195	0	lt8	90.24	-4.27	44.51	248	227	141	p8	90.21	-1.95	16.25	236	227	196	Gy6.5	65.87	0.01	0.00	160	160	160
v10	71.21	-24.22	72.37	167	184	0	lt10	85.53	-14.97	38.91	212	220	139	p10	90.26	-6.85	16.74	227	230	195	Gy5.5	55.93	0.01	0.00	134	134	134
v12	55.76	-48.02	22.28	15	153	93	lt12	80.65	-27.97	14.60	153	214	172	p12	85.71	-12.71	6.80	194	221	201	Gy4.5	46.03	0.00	0.00	109	109	109
v14	49.77	-32.64	-3.29	3	133	123	lt14	76.29	-26.32	-2.02	125	202	191	p14	85.70	-11.88	-0.11	189	221	214	Gy3.5	35.72	0.00	0.00	84	84	84
v16	44.64	-16.50	-22.87	6	115	143	lt16	71.13	-16.57	-14.62	119	184	200	p16	85.61	-6.31	-4.95	196	218	223	Gy2.5	25.32	0.00	0.00	60	60	60
v18	38.87	5.21	-43.85	16	93	163	lt18	66.28	-4.16	-20.25	130	165	197	p18	80.46	-1.65	-5.66	191	201	210	Bk	15.16	0.00	0.00	38	38	38
v20	36.12	25.67	-45.11	80	74	158	lt20	66.18	7.61	-20.24	156	158	197	p20	80.46	1.74	-5.60	198	199	210							
v22	35.88	43.02	-31.80	126	55	136	lt22	66.11	17.26	-13.45	181	151	185	p22	80.39	4.42	-3.50	205	197	206							
v24	40.35	55.09	-5.65	170	45	106	lt24	70.71	24.46	-0.10	216	157	174	p24	85.48	5.87	-0.11	225	210	214							
b2	60.69	50.68	22.23	235	105	110	sf2	60.88	27.35	12.00	199	128	127	ltg2	70.89	7.06	3.15	189	169	168							
b4	66.00	43.02	44.16	247	126	83	sf4	66.10	24.66	23.41	215	143	120	ltg4	70.91	6.81	6.52	191	169	162							
b6	75.66	21.53	67.82	252	169	53	sf6	70.74	12.80	37.56	216	163	105	ltg6	75.90	3.83	11.60	203	184	166							
b8	85.55	-3.00	77.72	247	212	49	sf8	75.80	-2.65	43.16	208	186	106	ltg8	75.93	-1.46	15.34	196	187	159							
b10	76.10	-23.25	69.00	182	197	43	sf10	70.81	-14.24	36.78	171	179	105	ltg10	76.03	-6.24	14.82	187	190	160							
b12	66.48	-47.10	22.73	66	182	119	sf12	66.36	-26.91	13.09	116	174	137	ltg12	71.02	-12.13	6.31	155	180	162							
b14	61.34	-35.63	-4.53	35	165	155	sf14	61.33	-26.04	-3.27	83	161	153	ltg14	71.02	-11.21	-0.87	150	180	175							
b16	56.61	-21.68	-22.43	31	148	174	sf16	56.65	-15.97	-15.39	80	145	162	ltg16	71.03	-6.82	-5.22	155	178	183							
b18	51.27	-4.62	-39.31	37	128	189	sf18	51.11	-3.08	-21.49	91	125	158	ltg18	66.16	-1.26	-6.91	152	162	173							
b20	51.08	17.03	-37.06	114	115	185	sf20	50.89	8.59	-21.08	117	118	157	ltg20	66.21	2.37	-6.21	160	160	172							
b22	50.80	34.32	-25.56	158	100	165	sf22	50.91	18.70	-14.39	142	111	146	ltg22	66.25	5.70	-4.41	168	158	169							
b24	56.10	44.93	-1.74	204	101	139	sf24	56.20	25.90	-0.83	177	118	137	ltg24	70.76	6.84	0.17	186	169	173							
s2	46.06	53.65	22.26	194	61	75	d2	46.26	29.62	12.54	161	89	90	g2	40.62	9.83	3.74	114	90	90							
s4	50.63	44.45	44.82	201	84	45	d4	50.91	25.88	23.82	173	103	82	g4	40.59	9.42	6.79	115	90	85							
s6	66.05	22.25	67.93	223	143	21	d6	56.28	14.74	37.80	177	124	69	g6	46.29	5.30	11.94	126	106	90							
s8	76.02	-1.55	77.28	220	185	6	d8	61.15	-0.99	43.25	169	146	69	g8	46.26	-0.46	14.15	118	109	86							
s10	66.35	-22.08	64.88	155	170	23	d10	56.47	-14.41	36.95	132	141	69	g10	46.31	-5.89	12.30	108	112	89							
s12	51.31	-44.42	19.65	14	140	87	d12	51.10	-25.73	12.27	79	133	100	g12	40.91	-10.07	5.00	82	101	88							
s14	46.01	-29.02	-4.11	17	122	115	d14	46.57	-25.12	-4.41	42	122	117	g14	40.81	-9.71	-1.91	76	101	99							
s16	43.25	-15.78	-20.22	25	111	135	d16	38.12	-10.09	-20.86	35	96	123	g16	40.86	-6.68	-6.10	78	100	106							
s18	37.24	1.95	-37.45	26	90	148	d18	36.15	-2.25	-23.87	50	88	123	g18	36.08	-1.07	-8.94	75	86	99							
s20	36.13	21.86	-40.27	80	76	150	d20	36.15	10.77	-23.10	82	81	122	g20	35.97	4.32	-9.67	84	83	100							
s22	35.81	37.77	-28.26	121	60	130	d22	35.94	21.22	-16.38	106	73	111	g22	35.91	9.07	-7.15	94	80	96							
s24	40.41	46.67	-4.50	160	58	104	d24	40.71	27.78	-1.95	137	78	100	g24	40.61	10.25	-0.61	112	90	97							
dp2	35.80	54.16	19.63	163	28	56	dk2	25.68	29.41	7.32	103	40	51	dkg2	20.17	8.86	1.32	62	44	47							
dp4	40.48	43.34	40.95	168	59	29	dk4	30.46	26.78	20.05	115	52	41	dkg4	20.34	7.47	4.33	62	45	43							
dp6	51.82	22.08	58.63	178	107	3	dk6	36.06	14.25	34.48	119	75	28	dkg6	25.94	3.91	8.33	72	59	49							
dp8	61.13	-0.22	63.23	175	145	14	dk8	40.70	0.57	38.08	114	94	30	dkg8	25.97	-0.06	9.59	67	61	47							
dp10	56.34	-20.62	58.52	128	143	9	dk10	36.29	-12.89	31.98	81	90	31	dkg10	26.00	-4.02	7.57	60	63	50							
dp12	40.84	-38.77	17.60	0	111	66	dk12	30.69	-22.52	9.36	34	81	57	dkg12	20.24	-5.32	2.53	42	51	45							
dp14	38.56	-25.54	-5.52	0	102	99	dk14	25.92	-18.24	-4.70	7	69	68	dkg14	20.12	-5.40	-1.79	38	51	51							
dp16	31.79	-13.60	-17.66	0	82	102	dk16	26.17	-12.06	-14.14	7	68	83	dkg16	20.30	-3.97	-4.93	38	51	56							
dp18	24.17	5.41	-34.78	0	58	110	dk18	20.33	-0.66	-21.91	16	51	81	dkg18	16.25	-0.55	-7.63	33	41	51							
dp20	25.89	23.90	-38.86	60	51	121	dk20	20.32	10.87	-20.44	48	45	79	dkg20	15.93	4.61	-8.76	40	38	52							
dp22	25.78	37.16	-27.25	95	36	103	dk22	20.25	18.79	-14.31	66	39	70	dkg22	15.94	8.14	-6.55	47	36	49							
dp24	30.11	47.38	-6.97	131	28	83	dk24	25.76	26.51	-4.86	95	44	69	dkg24	20.05	8.75	-1.64	60	44	51							

※括弧内の値は標準偏差を示す

表 3. 実験結果と DCM 間の色差

	ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}		ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}		ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}		ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}		ΔE^*_{94}	ΔL^*	ΔC^*_{94}	ΔH^*_{94}
v2	8.6322	2.5049	9.1389	5.5410	lt2	6.5068	1.5259	5.8187	4.6197	p2	7.1068	5.2810	5.4787	1.8657	W	4.3306	3.1136	3.4586	0.3222					
v4	7.3440	1.6627	10.2823	1.3502	lt4	2.3617	-0.8050	2.4405	0.3076	p4	7.7734	6.4099	4.5742	2.2987	Gy8.5	6.6764	6.2721	2.5291	0.2810					
v6	7.6538	0.8444	-3.1916	7.3837	lt6	2.2413	-1.1770	1.8866	0.7928	p6	4.7119	-0.5185	5.4779	1.6575	Gy7.5	4.7182	4.2194	2.3153	0.2487					
v8	7.2544	0.8744	-0.7731	7.9855	lt8	4.8730	-2.0695	2.1275	4.2029	p8	3.8002	0.7141	3.5393	2.2162	Gy6.5	4.3892	4.3458	0.6248	0.1001					
v10	4.4111	3.6185	-0.0925	2.6167	lt10	3.2388	2.8437	1.0944	1.1663	p10	4.5464	3.1142	3.2422	1.7664	Gy5.5	1.5148	1.3463	0.7090	0.1001					
v12	4.1936	2.708																						

カラー高分子有機EL照明パネルの発光特性

Luminescence properties of color polymer organic light emitting diodes lighting

赤津 光俊 Mitsutoshi Akatsu 住友化学株式会社 Sumitomo Chemical Co.,Ltd.
 土田 良彦 Yoshihiko Tsuchida 住友化学株式会社 Sumitomo Chemical Co.,Ltd.
 中野 由子 Yuko Nakano 住友化学株式会社 Sumitomo Chemical Co.,Ltd.

Keywords: 高分子有機EL, インクジェット法, デュアルカラー, 発光スペクトル

1. はじめに

有機エレクトロルミネッセンス(EL)は、①面発光光源で目に優しい ②薄くて軽い ③フレキシブル化可能といった特徴が挙げられ、次世代照明として各社で開発が進んでいる。また、近年、有機ELはスマートフォンへの搭載や有機ELテレビの登場によって身近な存在となっている。

有機ELデバイスは、大きく分けて薄膜を真空蒸着で形成する蒸着型と、溶液からの塗布で形成する塗布型とに大別される。低分子を用いた蒸着型は、1987年にEastman Kodak社のC. W. Tangらによって高効率で発光する有機EL素子が報告された。¹⁾ 高分子を用いた塗布型は、1989年にCambridge大学のBurroughsらによって報告され、²⁾ 住友化学においてもほぼ同時期に共役系高分子を用いた材料開発に着手した。³⁾ 高分子有機ELは、低分子有機ELと比べ、設計時に発光性、電子輸送性、正孔輸送性など複数の機能を持たせることにより構造をシンプルにすることができる。また、適切な側鎖を選択することで有機溶媒に対する可溶性を付与することができ、印刷技術を用いて安価に製造することが可能となる。

今回、上記の高分子有機EL照明パネルの多彩な色表現性・面発光性・塗布プロセス適応性などの従来照明とは異なった特徴を生かしたデザイン照明を開発した。印刷技術としてインクジェット法を採用することにより、複数のインクを同一パネル内に自由な形状に塗布することを可能にした。また、複数の色のインクを任意の比率で混ぜ合わせることによって、多様な発光色が再現可能となる。さらに、有機ELデバイスは、自発光の面光源で且つ、発光スペク

トルが無機LEDに比べブロードであることから、目に優しい発光・発色といわれている。

本研究では、当社で新規に開発した高分子有機EL照明パネルの発光に関する技術検討と特性を評価した。

2. インクジェット法によるデザイン照明パネルの製造技術開発

高分子発光材料がインク化塗布可能である特徴を活かし、インクジェットを用いた技術開発を進め、単一電源を用いて、電極分離なしに、塗り分けのみで2色の同時発光を行う、デュアルカラー(2色塗分け)有機EL照明パネルを開発した。この特長を実現するために以下の技術検討をおこなった。

(1) 輝度/色バランスの調整方法の確立

図1に異なった電気特性を持つ2種類の発光材料の膜厚によるI-V特性、輝度バランスを示す。異なった電気特性を持つ2種の発光材料の抵抗値が同一となるように相対膜厚を調整し、その後、絶対膜厚を調整することで、輝度/色のバランスをコントロールすることを可能にした。

(2) シャープな輪郭形成技術の確立

図2に2種の発光材料の粘度の違いによる境界の視認性の差を示す。◎は、境界での輝線、暗線が小さく、○は、境界での輝線、暗線が十分ではなく、△は、境界での輝線、暗線が大きい結果となった。これより、2色の境界部をよりシャープに出すため、双方のインク粘度を調整し、インクの流動を抑え、境界部での膜厚変動を抑制することにより実現した。

これらの技術を確立することで、膜厚制御により同一輝度での2色発光が可能となり、境界部の非発光領域を抑制し、シャープな発光を得ることが可能となった。

3. 高分子有機ELパネルの発光特性

図3にパネルの発光スペクトルを示す。インク化の過程で色調整が可能のため、白色(5000K/3000K)、橙色、黄色、紫色など多彩な発光色を容易に製作することが可能である。また面発光光源の特長に加えて、有機物からの発光スペクトルは広い波長領域を示していることから、柔らかい目にやさしい光であることがわかる。

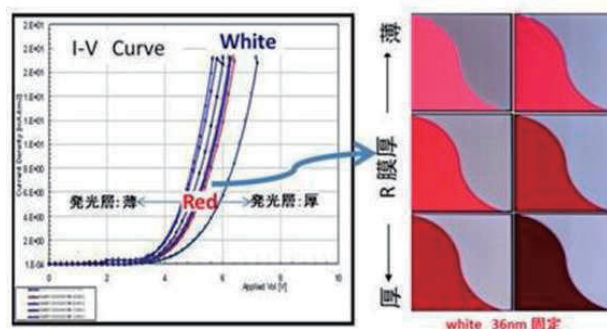


図1 デュアルカラーの膜厚による輝度制御

4. 纏め

今回、高分子有機EL照明パネルの特長を活かしたシンプルな構造で多彩な色表現が可能な、従来照明とは異なったデザイン照明を開発した。

今後、高分子有機EL照明パネルの面光源で且つ、発光スペクトルがブロードである目に優しい発光・発色を活かしたサイネージ等の新規用途について開発を検討する。

参考文献

- 1) C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett., 51, 913, (1987)
- 2) J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackay, R. H. Friend, P. L. Burns, and A. B. Holmes, Nature, 347, 539 (1990)
- 3) 大西敏博、中野強、土居秀二、野口公信：特開平 3-244630

	発光領域 (背景部) 青色インク			発光領域 (丸部) 黄色インク			境界の視認性
	濃度	粘度	塗布直後の膜厚	濃度	粘度	塗布直後の膜厚	
実施例 1	1.0%	8cp	2.4μm	0.7%	5cp	4.5μm	◎
参考例 1	1.0%	8cp	2.4μm	0.7%	5cp	6.8μm	○
参考例 2	1.0%	8cp	4.8μm	0.7%	5cp	9.1μm	△

図2 2色のインク粘度調整することによる境界の視認性

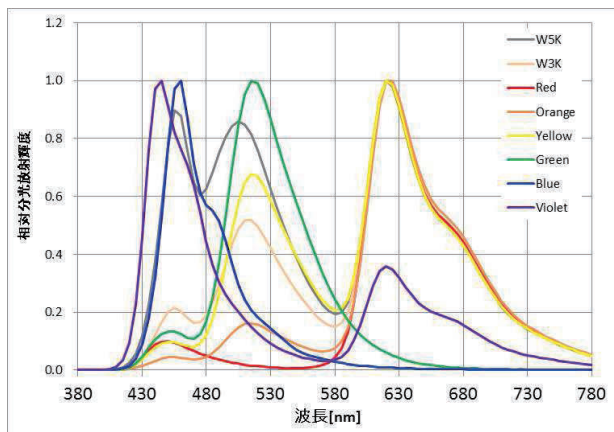


図3 高分子有機ELパネルの各色の発光スペクトル分布

有機 EL 照明パネル色度の角度依存性に対する知覚特性 -連続的色度変化知覚に影響するパラメータの調査-

Perception of angle dependent color change for OLED lighting panels - Parameters that affect the perception on a continuous change of chromaticity-

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 照明は従来の照明と異なる「面発光」「薄型」「フレキシブル」「低発熱」「環境に優しい」といった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⁾. これは薄膜の干渉性を有することに起因し, 観察角度によって色度が連続的に変化する特性である. 一般的に, 照明は観察角度に依存せずに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. そのため照明の実用化に際する性能評価において, 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「人間の知覚特性」を反映して指標化することが望ましいと考えられるが, 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と考えられるが, 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提示し, 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. これらの条件が連続的色

度変化の知覚に影響する場合, これらの条件を含んだ色度変化刺激を用いて知覚特性を調査する必要がある.

このことから本研究では, 角度依存性による「連続的色度変化」に対する知覚特性の研究を進め, 角度変化に起因する色度変化の, どのようなパラメータが知覚に影響するのかを明らかにすることを目的とした.

2. 実験

角度依存性による連続的色度変化のパラメータの影響を調査するため, 「時間的色度変化」と「コントローラ操作による色度変化」の2つの色度変化手法, 「角度変化に伴う輝度変化」の有無, 「パネルの可視面積変化」の有無を組み合わせ, 5つの条件を用意した. それぞれの条件で, 色度変化方向の異なる8刺激の色度変化知覚量を, ディスプレイ上で主観評価実験を行うことで比較し, 条件の違いによる知覚変化を調査した.

2. 1 刺激

作成した OLED 模擬刺激及び各角度における輝度情報を図 1, 2 に示す. 使用色空間は CIELAB を採用し, 基準白色(観察角度 0 度)は OLED 照明パネル(Lumiotec 社製 OLED P-07 基準:L = 170, x = 0.377, y = 0.373, Xw = 171.8, Yw = 170, Zw = 113.9)とした. 各刺激はパネル観察角度 0 度(パネルを正面から見た時)の色度が原点となっており, そこから 90 度(-90 度)までの色度変化軌跡を示している. 輝度値は, 輝度変化無しの条件において 164cd/m² 固定, 輝度変化有りの条件では, 実際のパネルの各観察角度における輝度値を, 最大輝度 170 cd/m² になるようスケールした.

呈示刺激の形状は、面積変化無しするとき視野角4.5度の正方形刺激、面積変化有りするとき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。

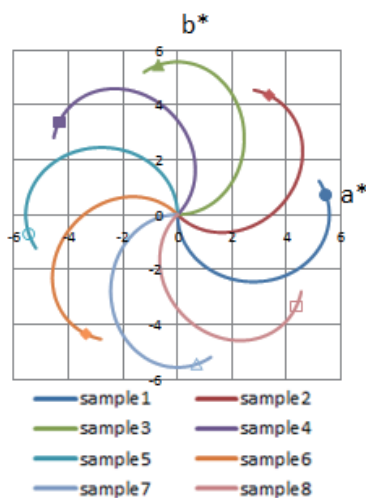


図1 刺激色度

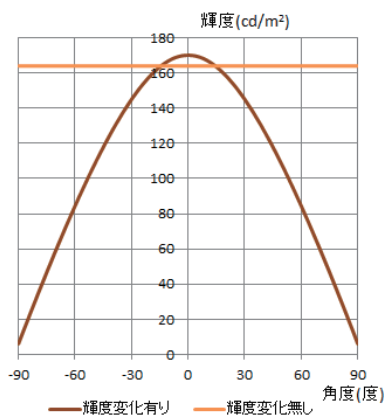


図2 各角度における輝度値

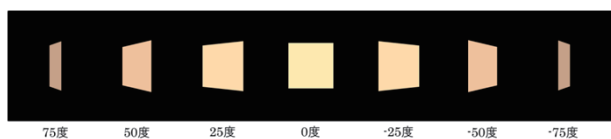


図3 可視面積変化

「時間的色度変化」の刺激は、0度(原点)から90度(端点)までを約5秒間かけて変化する動画刺激である。「コントローラ操作による色度変化」では、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。また刺激観察時間に制限は設けなかった。

色度変化手法、パラメータの組み合わせから、

- a) 時間的色度変化—色度のみ変化。
- b) コントローラによる変化—色度のみ変化。
- c) コントローラによる変化—色度,面積変化。
- d) コントローラによる変化—色度,輝度変化。
- e) コントローラによる変化—色度,輝度,面積変化。の5条件を用意した。

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、キャリブレーション済みの液晶ディスプレイ(EIZO ColorEdge CX240)、及びキーボードが設置されている。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。端末に備わっている方位センサの値を利用し、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。

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「一対比較法」を用いた。被験者はブース内で照明に5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継時比較の形で呈示された、2つのサンプルの色度変化を観察し、前後の刺激でどちらの連続的な色度変化が大きいかと知覚されたかを、指定のキー入力で応答する。呈示される刺激の組み合わせ及び前後の順番はランダムであり、8つの刺激から2つを選択する組み合わせ ${}_8C_2=28$ 通りを、それぞれ5回繰り返して比較し1セットとした、5つの条件で2セット行い一人計280応答を得た。

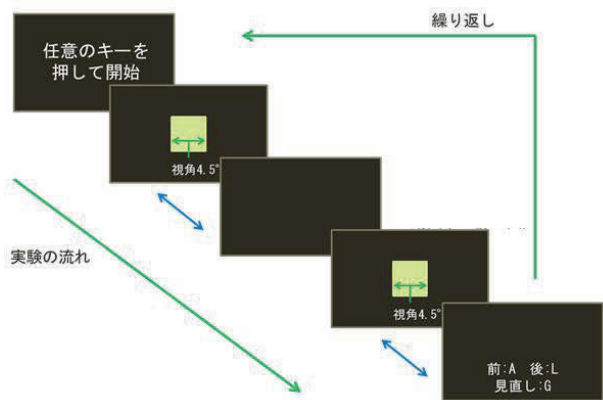


図4 実験の流れ

3. 結果

一対比較により得た 8 つの刺激の勝率(色度変化をより大きく知覚した確率)から z-score を算出し、各条件における各刺激の色度変化の知覚の大きさを数値化した。被験者 K.T の結果を表 1、図 5 に示す。これは各刺激の z-score とそれをレーダーグラフで表したものであり、値が大きいくほど色変化を大きく知覚したことを示す。

表 1 z-score

K.T	a)	b)	c)	d)	e)
sample1	0.328727	0.650543	0.517471	-0.26921	-0.14724
sample2	-0.72833	-0.1715	0.028452	-0.00741	0.58366
sample3	-0.40652	-0.4623	-0.97443	0.612609	0.193583
sample4	0.540586	0.442878	0.002073	1.179119	0.736241
sample5	0.57111	0.907744	1.088581	1.149001	1.153195
sample6	0.249792	0.095138	0.941336	0.364889	0.509564
sample7	-0.29563	-0.98554	-0.57902	-1.25321	-1.45397
sample8	-0.25973	-0.47697	-1.02446	-1.77578	-1.57503

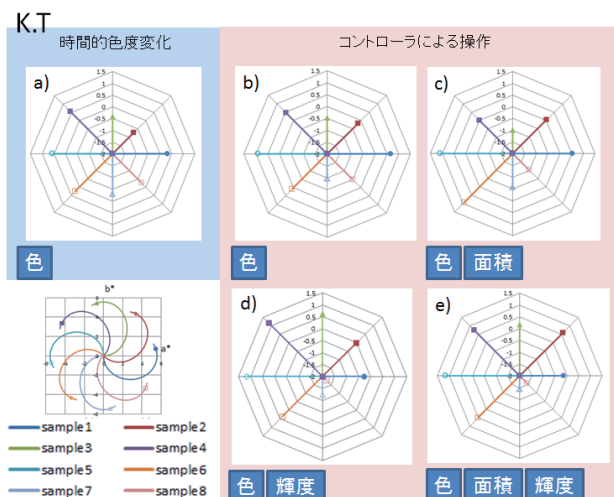


図5 z-score

結果から、全ての条件において-a*方向への色度変化の大きい刺激が知覚されやすい傾向が見られた。

色度変化手法の影響を調査するため、「時間的色度変化」と「コントローラによる変化」の手法のみ異なる 2 つの条件 a) と b) を比較した。図 6 は a), b) 条件における z-score と条件間の z-score(+2.326348) の比率である。(2.326348 : z-score の取り得る最低値)

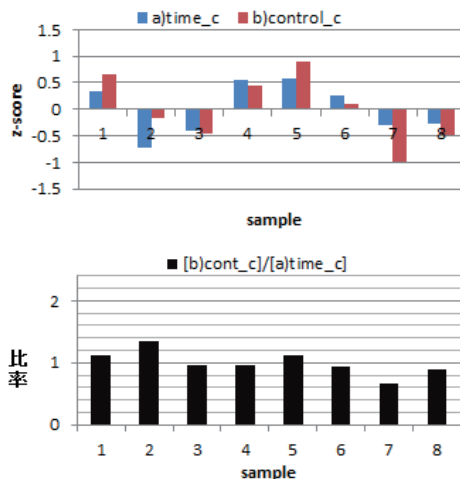


図6 条件 a), b)比較

これより、「コントローラによる色度変化」条件では「時間的色度変化」条件に対し、有意ではないが sample1,2,5 の色度変化を大きく知覚し、sample7,8 の色度変化を、小さく知覚していた。

次に角度変化に伴う輝度変化の有無の影響を調査するため、このパラメータのみ異なる条件 b) と d), 条件 c) と e) を比較した。これを図 7 に示す。

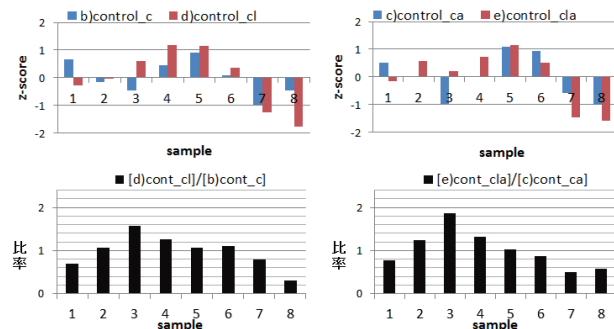


図7 条件 b), d), 条件 c), e)比較

これより、条件 b)d)の比較から「輝度変化有り」の条件では、「輝度変化無し」の条件に対し、sample3,4 の色度変化を大きく知覚し、sample7,8 の色度変化を小さく知覚していた。また、条件 c),e)の比較においてもほぼ同様の結果が得られた。唯一、条件 b), d)間の sample8 においてのみ有意に値が変化していた。

次に角度変化に伴う可視面積変化の有無の影響を調査するため、このパラメータのみが異なる条件 b) と c), 条件 d) と e) を比較した。これを図 8 に示す。

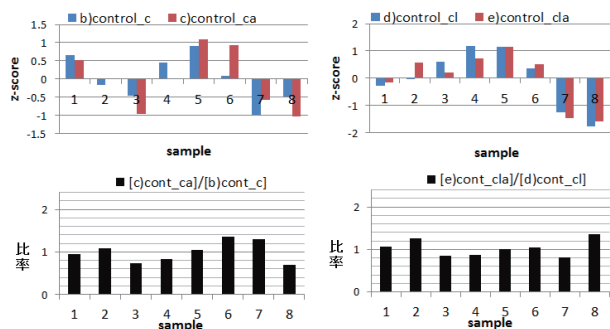


図 8 条件 b), c), 条件 d), e) 比較

これより、条件 b), c) の比較から「可視面積変化有り」の条件では、「可視面積変化無し」の条件に対し、有意ではないが sample 2, 6 の色度変化を大きく知覚し、sample 3, 4 の色度変化を小さく知覚していた。また、条件 d), e) の比較においてもほぼ同様の結果が得られたが、sample 7, 8 では 2 組間で逆の傾向を示した。

最後に、4 人の被験者間の色度変化手法の影響を比較した。4 人の条件 a), b) の比較結果を図 9 に示す。

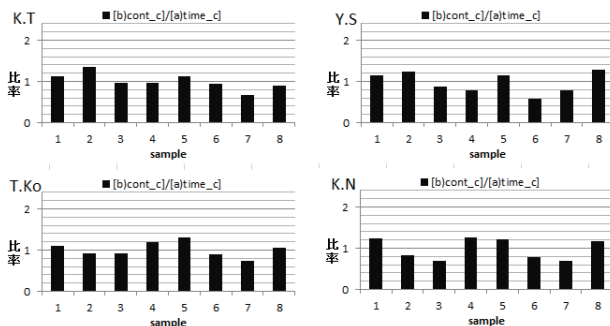


図 9 条件 a), b) の被験者間比較

これより、 a^*b^* 軸方向に色度変化量の大きい sample 1, 3, 5, 7 に着目すると、条件 b) では条件 a) に対し、 a^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化を大きく知覚し、 b^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化量を小さく知覚している傾向が全ての被験者に見られた。

4. 考察

「時間的色度変化」「コントローラによる色度変化」の 2 つの色度変化手法、角度変化に伴う「輝度変化」と「可視面積変化」について、これらの

パラメータによる連続的色度変化の知覚への影響は、一部を除いて刺激の知覚しやすさに対し有意に表れなかった。しかし、K.T における、「輝度変化」の有無のみが異なる 2 組の条件間比較、「可視面積変化」の有無のみが異なる 2 組の条件間比較、及び被験者 4 人の「色度変化手法」のみが異なる条件間比較内で、同様の傾向を示していた。これは各パラメータが固有の影響を知覚に与えていることを示しているといえる。つまりは、角度依存性における連続的色度変化の知覚特性を求めるにあたっては、これらのパラメータを考慮する必要があることが示唆された。

5. 結論および今後の課題

角度依存性における連続的色度変化を模擬した刺激を用い、色度変化手法と色度変化に伴う輝度変化・可視面積変化の影響を調査するため主観評価実験を行った。その結果、「コントローラによる色度変化」条件における連続的色度変化の知覚は、従来の「時間的色度変化」条件に比べ、 a^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化を大きく知覚し、 b^* 軸方向に変化量の大きい刺激に対し色度変化量を小さく知覚する傾向が見られた。また輝度変化の有無、及び面積変化の有無のそれぞれの条件間では、知覚への影響に同様の傾向が見られた。よって、有意ではないが、これらのパラメータの影響を確認できた。すなわち、角度依存性の定量化のための主観評価実験において、「色度変化手法」「輝度変化」「可視面積変化」を考慮する必要があることが示唆された。しかしこれらのパラメータによる影響によって、今回作成した模擬刺激が、実際のパネルの角度依存性による連続的色度変化に、より近い評価ができる刺激となったのか明らかになっていない。そこで、いくつかの実際のパネルと、そのパネルの各パラメータを可能な限り模擬した刺激、時間的色度変化の刺激の 3 つを主観評価・比較する必要がある。それにより、模擬刺激によって、実際のパネル評価に近い評価ができているのかを検証できると考える。

- 1) Kido, J., Kimura, M and Nagai, K. 1995. Multilayer: White Light-Emitting Organic Electroluminescent Device., *Science*, 267 no. 5202, 1332.
- 2) Yamauchi, Y., Itayama, T., and Hirasawa, M., "Perception of the color change of temporally modulated stimuli", CIC20, Los Angeles, 2012, 11.

画像の類似性に関する研究

A Study on Image Similarity Based on Color Characteristics

畑田 明信 Akinobu Hatada 神奈川大学大学院人 間科学研究科 Graduate School of Human Sciences Kanagawa University

Keywords: 画像, 画像検索, 画像類似性, 減色.

1. 研究の背景

都市部における建造物の外観はしばしば論争の域を超え、訴訟の原因となる。近年の事例では、漫画家樫原かずお氏の自宅外観を巡って東京地裁で争われた。古くは東京都バスの外観を企業広告のスペースに充てる、所謂ラッピングバスについても都市景観を損なうとして議論的になったこともある。

これは法令制度上の問題に帰着するのであれば、大きな問題にはならないのであろうが、実際に繰り返し似たような問題を巡って争いが繰り返されるのを見ていると、如何に人間の感性に依拠する問題とはいえ、何らかの評価を実施できる手立ての必要性を感じる。

技術論的には、都市景観を撮影したデジタル画像データを受け取って、何らかの評価値を計算して報告するマシンの開発ということになる。工学的にはこのようなシステムの開発は難しくないが、計算した評価値の妥当性がどうかということになると、工学的な視点だけで判断することはできない。元より、人間の主観的判断を冷静に理解可能な指標で表現してみせるところにこの試みの価値があると考えられるからである。

筆者らはこれまで、色彩をベースとしたデータを利用した画像の評価値に基づく画像検索システムを試作しながら(Hatada,2014 など)、画像の特徴量について考察を続けてきた。類似度を表現できる画像の特徴量は、その画像の評価値として利用できるのではないかと考えたからである。

本報告では、画像の類似度について、異なる2枚の都市景観画像を提示したときに人間が答えた類似度のデータと、計算機で類似度を計算する際に利用される指標との比較を基に、人間が画像(この場合は都市景観)の類似度をどのように判断しているかを考察するものである。

2. 実験の機材と方法

神奈川大学人間科学部の学部生諸君に協力を得て、パソコン上に2枚の画像を表示したあと、それら2枚の画像の類似度を1(似ていない)~5(似ている)の5段階評価で答えるという実験を行った。実験に利用した機材は、一般的なWindows搭載パソコンであり、専用のソフトウェアを開発して画像の表示、類似度の回答、データの記録を行った。提示する画像は、世界各国の都市で撮影した都市景観画像約300枚であり、どの2枚を表示するかはランダムに選択を行った。

実験の際には、画像の提示条件を揃えるため、実験会場の照明はつけ、必ずカーテンは閉めることとした。また、画像の提示時間は1秒程度に統一した。実験協力参加者は21名であった。

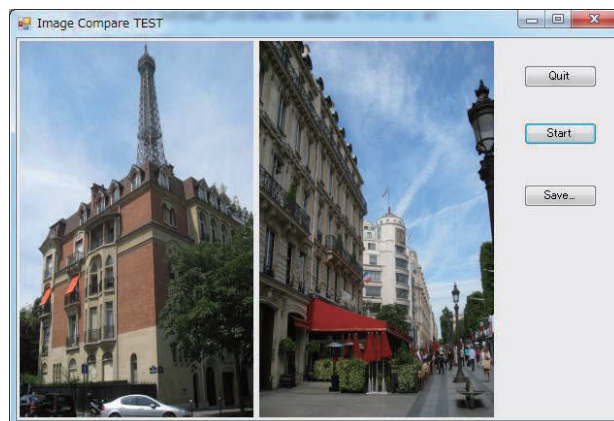


図1 実験ソフトウェアの動作画面

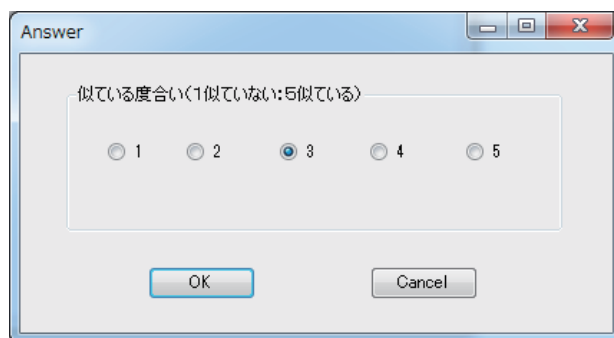


図2 実験ソフトの回答画面

3. 実験結果

収集したデータは、3,656 試行分となった。類似度毎のデータ頻度は表 1 の通りである。最も多い回答は 2 枚の画像は似ているとも似ていないとも、どちらともいえないを表す「3」となった。

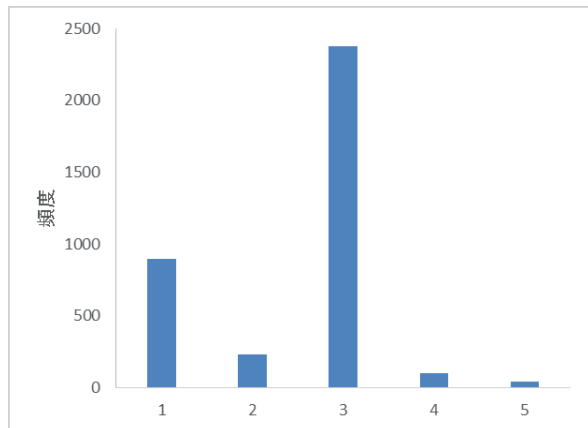


図 3 類似度別の回答頻度

4. 考察

この実験で収集したデータと、これまでに作成してきた画像特徴量を表すデータとの比較を行った。まず、画像領域（クラスタ）をベースに計算した類似度(Hatada,2015)との比較を行うと、図 4 のようになる。グラフの横軸は、前節までに報告した実験で利用した画像の類似度であり、グラフは、同じ組の画像を比較した場合の計算上の類似度の平均値である。

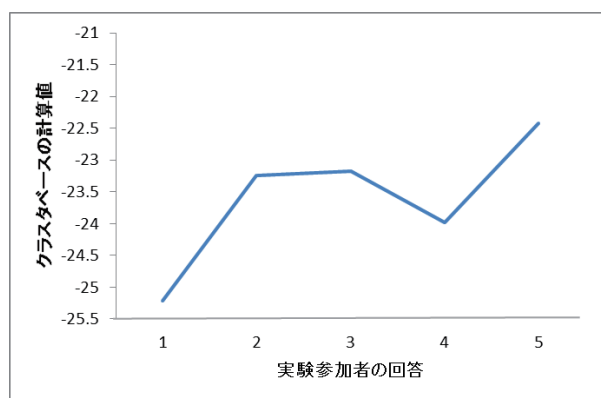


図 4 クラスタをベースに計算した類似度との比較

次に画像を縦横 3 分割(全体では九分割)した領域の各色の比較をベースに計算した類似度との比較では図 5 のようになる。

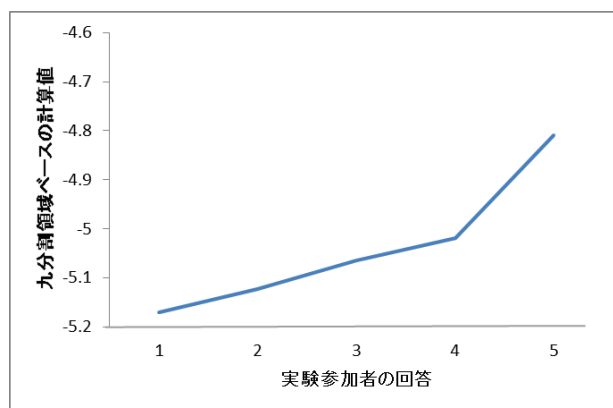


図 5 九分割した領域の色をベースに計算した類似度との比較

何れの場合も、人間の実験参加者による評価値と大まかには相関しているように見える。ただし、計算による評価値は最大値が 1 になるように正規化したものの、大変微少な値が多数報告されるので、対数尺度に変換を行ってグラフ作成を行っている。回帰分析などによる相関の確認には向かないものと思われる。

人間の評価による類似度という観点からは、「全く似ていない」と「似ている」まで、最も広く類似度の空間を俯瞰する視点からの実験（評価）となった。

これに対し、クラスタや機械的に分割した領域の色をベースにした類似度の比較とで見ると、最も似ている指標 5 は指標 4 から大きく立ち上がる傾向を見せている。

このことから、人間は画像の類似性を判断する場合には、よく似た画像同士を比較する場合と、それ以外では異なる類似度指標を用いている可能性が指摘できるものはないだろうか。

参考文献

- 1) Hatada A, Image comparing by color information, ACA2014 Proceedings(2014), 140-143.
- 2) Hatada A, Image and Color Space Clustering for Image Search, AIC2015 Tokyo Book of Abstract (2015), 109.

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

Development of Color Image Recording System by Digital Camera with Acrylic Spherical Dome

伊與田浩志	Hiroyuki Iyota	大阪市立大学	Osaka City University
酒井 英樹	Hideki Sakai	大阪市立大学	Osaka City University
高山 正宏	Masahiro Takayama	大阪市立大学	Osaka City University
仲森 裕司	Yuji Nakamori	大阪市立大学	Osaka City University

Keywords: 食品加工, 完全拡散光, 高演色 LED.

1. はじめに

食品や農産物の色情報は、鮮度や味のほか、テクスチャ等の物理的な性質とも関わりが深く、加工業者あるいは消費者にとって、品質を判断するための重要な判断材料になる。そのため、例えば食品加工工場では、食品毎に適した色票を作成し、目視により実物と比較しながら評価・管理する方法が用いられている。あるいは、調理現場においては調理中の食品を目視により確認することにより、火加減や調理時間が決定される。このような目視による人為的な作業では、食品の色やその分布、光沢、質感等から食品の状態を判断できるが、熟練が必要で個人差も生じる。

一方、食品品質の評価・管理において、色情報をカラー画像として記録し、工場ごとの品質比較、あるいは画像情報に基づいた品質評価法の確立が現場ニーズとして求められている。そのため、できる限り人の視認状態に近い2次元画像として、かつ、再現性のある記録方法とそのための装置開発が求められている。そこで発表者らは簡便な画像の記録装置としてデジタルカメラを用い、アクリル製の白色ドーム内部で、色票とともに食品等の製品を撮影する方法の提案と装置開発を行ってきた⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。ドーム内で撮影することで、撮影時の照明条件を再現性のあるものにする事、完全拡散光により凹凸を有する材料でも陰影の少ない撮影画像を簡便に得ることができる。

本報告では、従来よりも可搬性の高い装置への改良を目指し、新たに小型の白色アクリルドームとともに高演色 LED ランプを光源として用い、装置試作と精度評価を行った。また、今回新たに24色の色票により画像色調の補正を行った。また、実際の食品を用いた撮影試験を試みた。

2. 実験装置及び方法

(1) 実験装置

図1に、実験に使用した装置の一例を示す。白色塗料で内面を塗装したアクリル製ドーム内中心付近のテーブル上に食品等（撮影対象物）を置き、上部に開けられた孔からデジタルカメラにより撮影を行う。テーブルの下面に光源を設置することで、積分球を模した球状のドーム内の拡散光源下で色調補正用色票と共に撮影を行う。

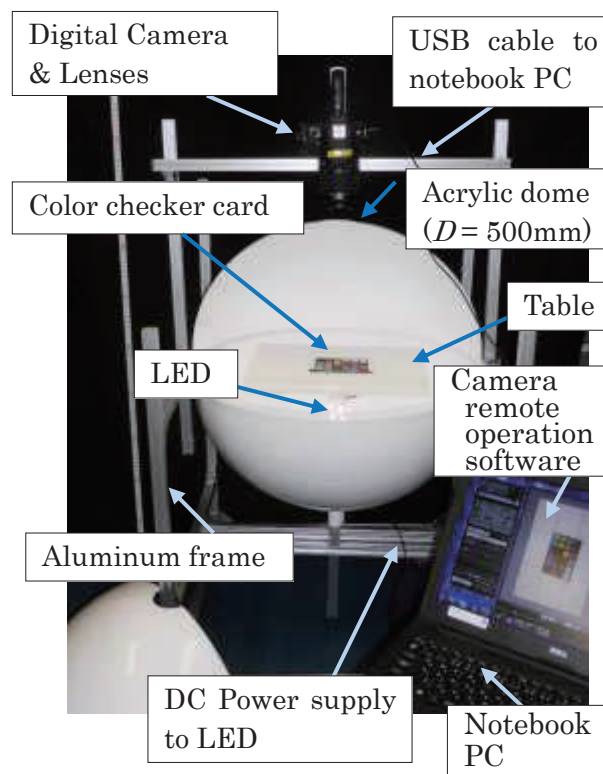


Fig.1 Photo-dome image recording system (Acrylic spherical dome in diameter of 500 mm with Digital camera Canon EOS kiss X7 and high color rendering type LED)

既報では光源として蛍光灯（色比較・検査用 D65 蛍光ランプ，色温度 6500K，Ra98）を用い直径 600mm のドームを用いていたが，本報告では従来よりも可搬性の高い装置にするために，新たに直径 500 mm のドームと高演色 LED ランプを用いた装置を試作し撮影実験を行った。

(2) 光源

省エネルギー型の光源として LED が普及する中で種々の高演色 LED ランプが販売されている。本研究では，比較的入手が簡単な 3 種類の高演色 LED を用いて実験を行った。図 2 にドーム内で分光放射照度計 (Konica Minolta CL-500A) で分光強度分布を測定した結果と，各 LED ランプの仕様（カタログ値）を示す。

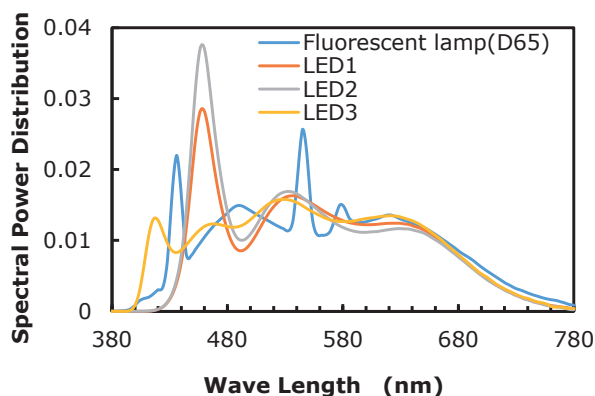


Fig.2 The SPDs of the 3 types of LEDs and fluorescent lamp (D65) measured in inside of the Acrylic spherical dome. The spectral power distributions are normalized as illuminance is equalized.

仕様（カタログ値）

LED 1 テープ型（1 m, 30 素子）

色温度 6000K, Ra93, 12V 14.4W (汎用電源)

LED 2 テープ型（1 m, 30 素子）

色温度 5000K, Ra95, 12V 14.4W (汎用電源)

LED 3 リング型（直径約 100 mm, 18 素子）

色温度 5000K, Ra98, 24V 5.7W (専用電源)

(3) 撮影手順と画像処理方法

LED ランプに直流電源を接続し照度が安定するまで約 15 分程度待機する。デジタルカメラ (Canon EOS Kiss X7) を所定の位置に取り付けた後，テーブル (300 mm × 225mm) 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，L*値 94.4 標準偏差 0.25(6 か所)) を置き，被写界深度を深くするためにできる限り F 値が大きくなるように絞った状態にし，更に適切な撮影領域 (230 mm × 160 mm) になるようレンズ (EF-S18-55 (F3.5-5.6) IS STM (Φ58)) のズーム及びフォーカスを調整する。次に，PC によりシャッター速度をマニュアル操作により調整する。また，記録形式は Raw モードに設定する。

撮影手順として，まずホワイトバランスシートを撮影し，次に，図 3 (b) に示すように，色調補正用色票（写真左上，ColorChecker パスポート (X-Rite inc.)）とともに，対象物となる食品等（写真右下）を撮影する。本解析では，色の精度を確認するために，紙皿上に 24 色の色票を対象物として撮影した。記録された画像データは，PC 上で非圧縮 TIFF 画像に変換して以降の画像処理を行った。なお，Raw モードでの記録画像の画素数は 5184 × 3456 pixels であるが，処理時間の短縮のために 800 × 533 pixels に縮小した。

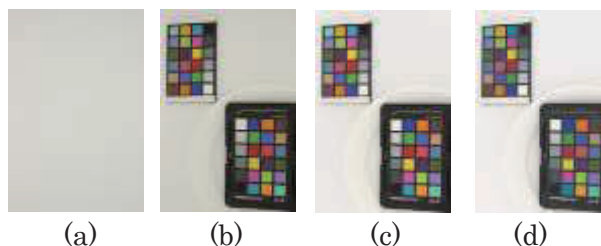


Fig.3 Recorded white balance sheet image (a), original object image (b), and corrected images after shading correction (c) and both shading and 24 color correction (d).

画像処理方法は，シェーディング補正と色調補正の 2 段階で行う。ホワイトバランスシート画像 (a) を用いてシェーディング補正係数を算出し，試料撮影画像 (b) に適用することで，カメラ光学系の周辺減光分を補正した画像 (c) を得る。なお，シェーディング補正後の画像 (c) に記録された各画素の RGB を以下，RGB 値（記録値）と表記し，D65 光源下で測色値が正確に定義された sRGB 値と区別する。

次に，RGB 値を sRGB 値に変換する方法（色調補正）であるが，本報告では，カメラ・レンズ系を，予め校正するのではなく，sRGB 色空間での sRGB 値（真の値）が正確に分かっている色調補正用色票を，試料に併置して同時撮影しておき，色調補正用色票の sRGB 値と実際に撮影された RGB 値の差異を手がかりとして，撮影画像ごと

に色調補正を行う方法を採用している。

具体的には、撮影画像の各画素の RGB 値（記録値）に対して、同じ撮影画像内の色調補正用色票 24 色の RGB 値（記録値）からもっとも RGB 値が近い 3 色を求め、その 3 色の sRGB 値（真の値）を RGB 値の差異に応じて、重み付け平均をとったものを、それぞれの画素の sRGB 値（補正值）とする。

つまり、近隣色 3 色を用いた内挿線形補間である。ただし、色調補正用色票 24 色の色域（図 4 の点線で囲まれた領域）は、sRGB 色空間（実線で囲まれた三角形の領域）よりも狭いため、標準色票の色域外では、外挿補間となる。）

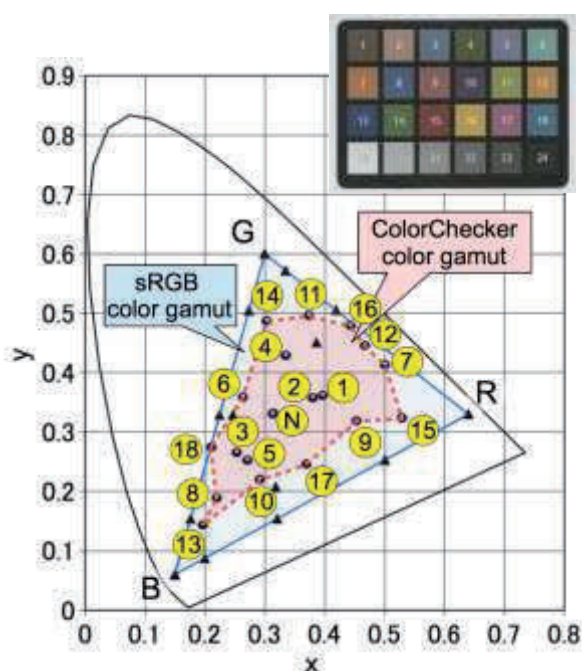


Fig 4. sRGB and ColorChecker Color Gamuts in the CIE 1931 xy Chromaticity Diagram ⁽⁴⁾

以上の 2 段階の補正を行うことで、各画素が測色値を有する色補正画像図 3(d) が得られる。これらの画像処理には、Python により独自にプログラミングしたソフトウェアを用いた。PC が一連の画像処理に要する時間は、1 画像で約 2 分間であった。

本報告では、sRGB 値をさらに、より一般的な表色系である $L^*a^*b^*$ 値に変換した上で、色差に基づく測定精度の検証を行った。

測定精度の確認の際は、紙皿上（右下）の色票の各色の中心付近 300 画素程度の平均値を求め、色調補正用色票の規格値と比較した。各 LED ランプの撮影条件を以下に示す。

LED 1 2030 lx 1/6 s (F25, ISO400)
LED 2 1860 lx 1/5 s (F25, ISO400)
LED 3 413 lx 1/2 s (F20, ISO400)

3. 実験結果

(1) 色票の用いた測定精度の確認

24 色の色別に、画像から得られた $L^*a^*b^*$ の値、色調補正用色票の規格値との差の測定結果例 (LED 1, LED 3) を表 1, 表 2 にそれぞれ示す。

Table 1 Color difference of 24 colors (LED 1)

No.	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
1	34.2	11.9	13.1	3.9	-0.1	0.6	3.9
2	62.8	12.3	18.1	2.8	1.4	-1.3	3.4
3	48.3	-1.3	-20.3	2.3	1.7	-1.3	3.1
4	41.1	-17.4	22.9	1.9	1.6	-2.5	3.5
5	53.5	12.4	-25.2	2.2	0.4	0.1	2.3
6	70.3	-30.9	1.1	0.7	0.3	0.4	0.9
7	60.4	30.9	58.0	0.7	-2.7	-1.9	3.4
8	39.7	18.4	-41.0	1.4	-1.0	-0.9	1.9
9	50.2	41.2	14.5	1.1	0.9	0.4	1.5
10	30.4	23.9	-22.1	0.7	0.5	0.0	0.8
11	71.6	-28.9	57.6	0.3	0.7	-0.7	1.0
12	70.9	11.3	65.3	0.2	1.3	-0.4	1.4
13	28.7	21.9	-46.6	1.7	4.6	-3.1	5.8
14	55.5	-41.5	32.9	-0.4	1.4	-0.6	1.6
15	40.3	48.1	25.2	1.1	1.2	-0.5	1.7
16	79.8	-4.6	76.7	0.9	1.0	0.8	1.6
17	50.8	48.5	-15.1	0.3	-0.3	-0.2	0.5
18	51.0	-20.3	-22.2	0.1	0.5	-1.1	1.3
19	95.4	-0.1	0.5	0.4	-0.1	0.0	0.4
20	80.9	-0.1	0.1	-0.3	0.2	-0.1	0.3
21	65.9	-0.7	0.2	0.0	0.7	-0.2	0.7
22	50.6	-1.0	0.6	0.6	0.8	-0.1	1.0
23	35.7	-1.1	-0.4	0.5	1.1	0.4	1.2
24	21.0	-0.4	-0.1	0.7	0.4	0.1	0.8
Average							1.8

Table 2 Color difference of 24 colors (LED 3)

No.	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*_{ab}
1	34.5	12.4	12.7	3.5	-0.6	0.9	3.7
2	62.7	12.3	18.5	3.0	1.4	-1.6	3.7
3	48.3	-0.6	-20.5	2.3	1.0	-1.1	2.8
4	40.8	-17.2	23.5	2.2	1.4	-3.1	4.0
5	53.2	12.7	-25.0	2.5	0.1	-0.2	2.5
6	69.8	-30.3	0.6	1.2	-0.4	0.9	1.6
7	60.6	30.5	57.7	0.6	-2.4	-1.5	2.9
8	39.6	17.6	-41.4	1.5	-0.2	-0.5	1.6
9	50.1	41.0	14.2	1.3	1.1	0.7	1.8
10	29.9	23.9	-22.0	1.2	0.4	-0.1	1.3
11	71.1	-28.7	57.5	0.8	0.6	-0.5	1.1
12	70.3	11.3	65.6	0.7	1.3	-0.7	1.6
13	28.3	23.9	-48.5	2.1	2.5	-1.2	3.5
14	55.2	-41.0	32.0	-0.1	0.9	0.3	0.9
15	40.2	48.7	25.6	1.2	0.6	-0.9	1.6
16	79.3	-4.8	76.1	1.4	1.1	1.5	2.3
17	50.4	48.6	-15.0	0.7	-0.5	-0.2	0.9
18	50.9	-20.2	-22.1	0.3	0.5	-1.2	1.4
19	95.5	0.0	0.7	0.3	-0.1	-0.2	0.4
20	80.7	-0.3	0.2	-0.1	0.3	-0.2	0.4
21	65.5	-0.8	0.3	0.3	0.8	-0.4	0.9
22	49.9	-1.2	0.7	1.3	1.0	-0.1	1.6
23	35.1	-1.5	0.0	1.0	1.5	0.0	1.8
24	20.1	-0.5	0.4	1.6	0.5	-0.4	1.7
Average							1.9

LED 1 の最大の ΔE^*_{ab} ($=\{(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2\}^{0.5}$) は 5.8 (No.13, Blue) で, LED 3 は 4.0 (No.4, foliage) であった.

(2) 食品を対象とした測定実験

食品の例として, 4 種類の市販の菓子をを用いて撮影を行った結果を図 5 に示す. また, 表 3 には, 三刺激値タイプの色彩計 (コニカミノルタ製, CR-13, 測定径 8 mm) を用いて測定した結果とあわせて $L^*a^*b^*$ 値を示す. L^* 値の色彩計とデジタルカメラによる測定値の差は, 試料(3)のベーカドチョコを除いて良い一致を示した. 試料(3)は, 大きな穴を複数有しており, 裏側からの光が穴を通して手前側に到達 (透過) するような状態のものであり, 色彩計による測定の際, 白い紙の上に置いたことから, L^* 値が実際よりも大きく測定された可能性がある. また, b^* 値では色彩計と画像から得られた値に 10 程度の差が見られた. これらは, 測定時の光源及び受光角度等の投受光条件の差異や, 色調補正用色票 24 色の色補正方法などの影響が考えられる. なお, 色彩計で色調補正用色票 24 色の値を測定したところ, 規格値との差 ΔE^*_{ab} は 24 色平均で約 6 であった.



Fig.5 Recorded food color image

Table 3 Measured values

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*_{ab}
(1)ビスケット	66.8	9.8	34.9	
(色彩計*)	62.9	14.1	31.3	6.8
(2)チョコクッキー	49.6	12.1	31.3	
(色彩計*)	49.8	8.4	18.4	13.4
(3)ベーカドチョコ	28.5	14.5	14.8	
(色彩計*)	42.0	6.6	6.1	17.9
(4)ミニパン	48.7	19.9	38.4	
(色彩計*)	47.3	13.3	19.2	20.4
*3刺激値タイプ			平均	14.6

色彩計では, 測定対象物に光の透過性あるいは色分布, 表面に多くの凹凸を有する加工食品等の色測定には馴染みにくい場合がある. 一方, デジ

タルカメラを用いる本方法は原理的に完全な拡散光は実現しにくく, 拡散光がドーム内に置かれる物体色により影響を受ける可能性がある等の課題も残る. しかし, 調理後の食品等を, 実際の目視の色情報に近い条件下で二次元画像として色情報を記録できる. 更に対象となる食品色に適した色調補正用色票を導入して色調補正を行うことなどの応用ができることから, 特に食品用の二次元色情報を簡便に記録できる装置として有用性が高いと考えられる. 引き続き, 光の透過性や光沢を有する材料の測定試験や誤差要因の検証を進めている.

4. まとめ

高演色 LED ランプを光源とし, 白色の亚克力製ドーム内での拡散反射光下において, デジタル一眼レフカメラにより対象物の色情報を 2 次元で記録するための可搬式装置を製作した. 直径 500 mm の試作ドーム装置内で色調補正用色票を用いて色の測定精度を調べた結果, 色差 2 以下で色を測定できることを示した. また, 凹凸が少なく光の透過性が小さいクッキーとパンを試料とした場合, 画像より得られた L^* 値と色彩計で測定した値の差は 4 以下であった.

謝辞

本研究の一部は, 2015 年度飯島藤十郎記念食品科学振興財団の補助を得た. ここに記して謝意を表す.

参考文献

- 1) 伊與田他: デジタルカメラを用いた食品の焼き色評価装置の開発, 日本食品工学会誌, 11(4), 2010, 203-213
- 2) H. Iyota. *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), 2013, 939-947
- 3) A. Kagimoto. *et al.*: Color Measurement of Meat in Cooking under LED Lightings with Different Spectral Distributions, Proc. of AIC2015, 2015, 877-880
- 4) H. Sakai, *et al.*: Accuracy of color measurement by using digital cameras and the standard color chart, Proc. of ACA2013, 2013, 248-251

色彩画像の感性評価によるベンチマーク画像の調査

Investigating of benchmark image for color enhancement for color deficiency using KANSEI evaluation

後藤 拓 Taku Goto 宇都宮大学大学院 Graduate school, Utsunomiya University
 石川 智治 Tomoharu Ishikawa 宇都宮大学大学院 Graduate school, Utsunomiya University
 浅田 一憲 Kazunori Asada
 阿山 みよし Miyoshi Ayama 宇都宮大学大学院 Graduate school, Utsunomiya University

Keywords:色度強調, ベンチマーク画像.

1. はじめに

L 及び M 錐体の視物質の分光感度の類似またはどちらかの欠損のために、一般人とは異なる色覚を持つ色弱者は全国で約300万人いると言われている[1]. 色弱者の好ましき等の感性に適応した色彩画像を表示できるディスプレイはあまり存在せず、先行研究では色弱者に好ましい色度強調を検討した[2]. また一般色覚者でも携帯電話等の小さい画面サイズなどの場合、彩度強調した方がより好ましく見えることが分かっている[3]. しかし、好ましい色度強調は個人によって異なる. そこで本研究では、多様な色覚者の感性に適応できるカラーカスタマイゼーションを目指し、個人に適した色度強調の方向と度合いを決めるのに最適なベンチマーク画像の調査を行う. 先行研究[4]では、一般的に使用される iPad 上で動作する色変換ソフトを開発し、ベンチマーク画像とその調査手法について実験を行ったが、最適な画像を絞りこめなかった. 本研究では高色域ディスプレイを用いて自然画像を色度強調し、ベンチマーク画像の調査を行う.

2. 実験概要

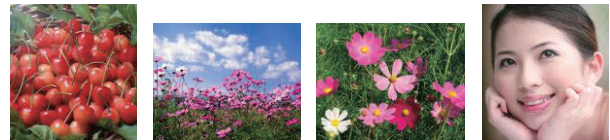
2.1 色度強調変換

画像の色度強調には陳らの研究[2]で用いた望月・趙らの色度強調法[5]を用いた. 色度強調は P 型変換, D 型変換, 及び Mix 型変換の 3 種とし、これらを色度強調度 $\omega = -0.2, 0.0, 0.2, 0.4, 0.6$ の 5 段階で調整した. 色の見えモデルにおいて、 $\omega = \omega_P + \omega_D$ であり、P 型変換は $\omega_D = 0$, D 型変換は $\omega_P = 0$, Mix 変換は $\omega_P : \omega_D = 1 : 1$ として計算した. ただし、 $\omega = 0.0$ は原画像に等しいため、原画像と同じとする.

2.2 実験刺激

本実験で用いるベンチマーク画像の候補は図 1 に示す 4 種類の画像とした. また P 型変換, D 型変換, Mix 変換を 5 段階の色度強調度 (-0.2, 0.0,

0.2, 0.4, 0.6) で適用したベンチマーク画像候補を用意した.



(a) さくらんぼ (b) コスモス (c) 空なしコスモス (d) 人物

図 1 ベンチマーク画像の候補

またこれらの画像以外に 300 枚の自然画像を用意した.

2.3 実験環境

本実験では外光の影響を受けないよう暗幕で囲んだ実験ブース内で実験を行った. 視距離はディスプレイの正面から水平方向に 120cm とし、照明は D65 蛍光灯を用いて、ディスプレイ中心付近の水平照度を約 50lx とした. ディスプレイは高色域である Samsung 社製 SyncMaster XL24 を用い、デジタル信号で入力した.

2.4 実験手順

実験は実験 1 と実験 2 の 2 段階に分けて行った. 実験 1 の流れを図 2 に示す. 実験 1 は各ベンチマーク画像候補において、それぞれの被験者がどの色度強調を最も好ましく感じたかを調査するための実験である. 実験は 4 種のベンチマーク画像候補ごとに行った. 色度の異なるベンチマーク画像候補を 2 枚ずつ被験者に呈示し、すべての画像において、被験者は「色として好ましい方を選択して下さい。」の質問に従って画像の選択を行い、これを 156 試行した. このとき被験者は画像の注目点を指示されるので、これに従って感性評価を行った. 同様の実験を 4 種のベンチマーク画像候補で行い、ここで決定した各被験者及び画像ごとの最も好ましい色度強調変換を実験 2 で用いた.

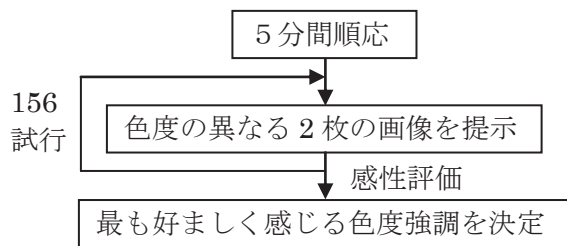


図2 実験1のフローチャート

実験2は図3に示す手順で行う。実験2は実験1で得られたベンチマーク画像候補ごとの最も好ましい色度強調変換を300枚の自然画像に適用し評価する。同じ自然画像について、色度強調画像と原画像を2枚同時に呈示し、被験者は「色として好ましい方を選択して下さい。」の質問に従い、画像の選択を行った。これを300枚の自然画像でそれぞれ試行した。この実験によって、実験1で最も好ましいと回答された色度が様々なシーンの画像において有効かどうかを調査した。なお、実験1及び2のすべての試行において、画像の呈示前後に灰色画面を3秒間表示した。

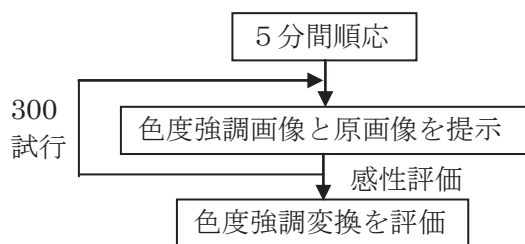


図3 実験2のフローチャート

2. 5 被験者

本実験における被験者は、一般色覚者5名とD型色覚者5名の計10名である。

3. 実験結果

実験結果を図4に示す。図4は300枚の自然画像において色度強調画像と原画像を比較して、色度強調画像の方が好ましいとした回答をカウントして平均化し、ベンチマーク画像候補ごとに示したものである。

一般色覚者においては、空なしコスモスで色度調整した場合が最も回答数が多く、次点で人物の画像が多い。これは、実験1でより自然に近い色で調整されたためであると考えられる。D型色覚者においては、さくらんぼ、空なしコスモス、人物の画像で色度調整した場合にほぼ同数の回答数を示したが、コスモス画像における回答数だけが少なかった。これは、コスモス画像は色の情報量が最も多く、色の評価が難しかったためである

と推測できる。

以上の結果から、空なしコスモス画像がより自然な色に近い色で調整しやすく、一般色覚者とD型色覚者にとって色度の調整に有効な画像であることが明らかとなった。

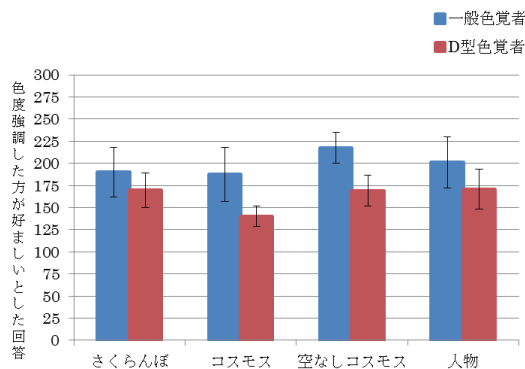


図4 自然画像における色度強調の評価

4. おわりに

本研究では一般色覚者とD型色覚者に対して色彩画像の感性評価実験を行い、空なしコスモス画像が最適な色度強調の方向と度合いを決めるためのベンチマーク画像に適していることを明らかにした。今後はP型色覚者に対しても同様の実験を行い、より多くの色覚者に対して有効なベンチマーク画像を調査することを目指す。

参考文献

- 1) 岡部正隆, 伊藤啓, 橋本知子, “ユニバーサルデザインにおける色覚バリアフリーへの提言”, 色覚バリアフリーセミナー, 2003.8.
- 2) Yi-Chun Chen, Yunge Guan, Tomoharu Ishikawa, Hiroaki Eto, Takehiro Nakatsue, Jinhui Chao, Miyoshi Ayama “Preference for Color Enhanced Images Assessed by color deficiencies”, Color Research & Application, DOI: 10.1002/col.21795, 2013.2.
- 3) 阿山みよし, 白川俊之, 清水智弘, 小黒久史, 郭素梅, 佐藤美恵, 江田哲也, 石川智治, 春日正男, “色彩画像の感性的評価-画像サイズ, 明度コントラストおよび彩度の影響”, 感性工学, vol.9, No.2, pp.453-463, 2010.2.
- 4) 後藤拓, 石川智治, 浅田一憲, 阿山みよし, “色覚バリアフリーを目指した感性的色変換ソフトの基礎的研究”, 第15回感性工学会大会, 2013.9
- 5) Rika Mochizuki, Tatsuya Nakamura, Jinhui Chao, Reiner Lenz, “Color-weak correction by discrimination threshold matching”, Proceedings of CGIV2008, 4th European Conference on Color in Graphics, Imaging, and Vision, pp.208-213, 2008.6

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

Relationship between Color and Form Features of Waterscape Drawings and Drawer's Personality

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

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、これまでは制作者自身が語る水イメージの表現内容について定性的に議論されるに止まるが多かった。

発表者の一人は、以前、「水のある風景を自由に描く」という課題画（以下、水景画）と描画者のパーソナリティ特性との関連について検討を行った。その際、描画後質問紙の回答によって描かれた水をモチーフ（海、川、雨、など）別に分類し、YG 性格検査の結果との関連を分析したところ、海描画群に比べ雨描画群において O 尺度（客観的でないこと）の得点が高いことが明らかになった。また、描画における「流れの有無」と「動きの有無」を取り上げて分析した結果、流れがある群で O 尺度得点が高く、動きのある群で Ag 尺度（愛想の悪いこと；攻撃的）と S 尺度（社会的外向）の得点が高い結果となった。

本研究では、さらに詳細な描画情報として水景画の色彩情報・形態情報を計測し、描画者のパーソナリティ特性との関係を検討する。本来、無色透明である水をどのように彩色するかということは、描画者のパーソナリティ特性を探る有効な手がかりになると考えられた。

2. 方法

(1) 調査対象者

大学生 80 名（男性 31 名、女性 49 名；平均年齢 20.3 歳、SD 0.62）が参加した。

(2) 手続き

20～30 名の集団にて、「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 16 色のクレヨンを用いた。実施時期は 2007 年 5 月であった。2 ヶ月後、集団で YG（矢田部ギルフォード）性格検査を実施した。

(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²⁾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*)、平均クロマ (Ave-C*)、平均色相角 (Ave-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)、エントロピー (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、

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。

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° 、 90° および 135° 方向の各値を求め、これら 4 方向の平均値を $d=1$ に対する形態情報量とした。

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)、協調的でないこと (非協調的; 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。ついで、対象者ごとの尺度得点と水景画 (原画像、水画像) の色彩情報量、形態情報量との相関を算出した。

3. 結果

(1) 原画像

80 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 尺度得点との相関を求めたが、いずれの変数間にも有意な相関は認められなかった。「水のある風景」といっても、そのモチーフは海、湖、池、川、滝、雨、生活水 (流し、金魚鉢など) と多様であり、それに応じて、水が描かれる面積や水以外の描画対象物の種類も大きく変わる。描画者のパーソナリティ特性との関係が見出せなかったことの主たる原因は、この変動要因にあると思われる。

(2) 水画像

ついで、水画像について同様の分析を試みた。ここでは、水描画部がまったく彩色されていない 1 枚と雨をモチーフとする 4 枚を除外した 75 枚を分析対象とした。雨の絵を除いたのは、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。

表 1 に変数間の相関を示す。Ave-L* と Ag、R に負相関、Ave-C* と Ag、R に正相関、Ave-h と C、Ag に負相関、ASM と C に負相関、CON と Ag に正相関、ENT と C、Ag に正相関が認められた。C (回帰性傾向; 気分の変化)、Ag (愛想の悪いこと; 攻撃的)、R (のんきさ) が各種画像指標と関連を示したが、これら 3 尺度は相互に正相関をもつ (C-Ag: $r=.418$, Ag-R: $r=.620$, R-C: $r=.291$)。画像指標との関連がもっとも明確なのは Ag であり、Ag 尺度得点が高いほど L* が低く、C* が高く、h が低く (負値を取りやすい)、CON と ENT が高い。つまり、「愛想の悪い (攻撃的な)」者ほど、水を青で濃く塗り (そのため明度は低く、

表 1 変数間の相関 (■ $p<.01$, □ $p<.05$)

	L*	C*	h	ASM	CON	COR	ENT
D	-.023	-.091	-.153	-.119	.053	-.114	.143
C	-.178	.154	-.265	-.254	.176	.075	.329
I	.004	-.010	-.028	.004	-.047	-.143	-.088
N	-.140	.097	-.196	-.066	.101	-.168	.099
O	.073	-.042	-.144	-.127	.017	.085	.110
Co	-.042	-.028	-.143	-.105	-.058	.041	.051
Ag	-.306	.285	-.391	-.203	.235	.099	.324
G	-.132	.136	-.114	-.017	.034	.133	.039
R	-.303	.235	-.171	-.099	.178	.181	.205
T	.005	.018	.141	.109	.108	.197	.024
A	-.104	.145	-.226	-.075	.041	.081	.138
S	-.128	.193	-.219	-.036	.131	.118	.147

彩度は高くなる)、画像テクスチャの局所的コントラストやランダム性が高くなる傾向を示している。

4. 考察

YG 性格検査の Ag (愛想の悪いこと; 攻撃的) 尺度と水画像の色彩情報・形態情報との関連が見出されたが、これをどう解釈したらよいだろうか。

Ag 尺度を構成する質問項目には、一般的な意味での攻撃性を連想させにくい項目も含まれる。「愛想の悪いこと」というネガティブな尺度名に反し、「平凡に暮らすより何か変わったことがしたい」、「色々な世間の活動がしてみたい」など、むしろポジティブな活動性を伺わせる項目もある。したがって、「水を (青で) 濃く塗り」こと自体を攻撃的行為と見るのは短絡的であろう。

八木 (1989) は、Ag 尺度高得点者の長所として積極的、主体的、意欲的といった特徴を挙げている³⁾。また、Ag 尺度と正相関した R 尺度 (のんきさ) の高得点者の長所として行動的、決断力を指摘している。これらの尺度得点の高い者は、このような性格特性から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結果と解釈できるかもしれない。しかし、もちろんこれは一つの仮説に過ぎず、その検証は今後の課題である。

Ag 尺度・R 尺度の低得点者と高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、

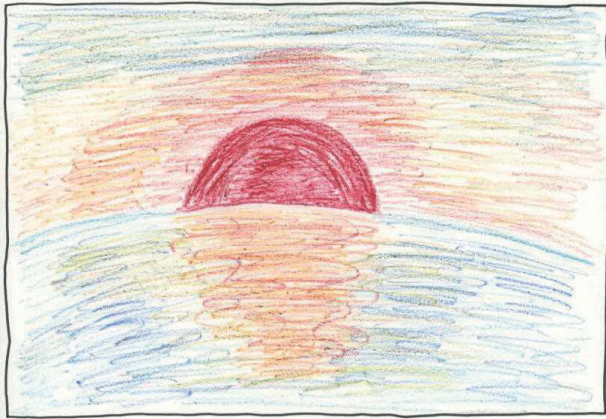


図1 模写画1

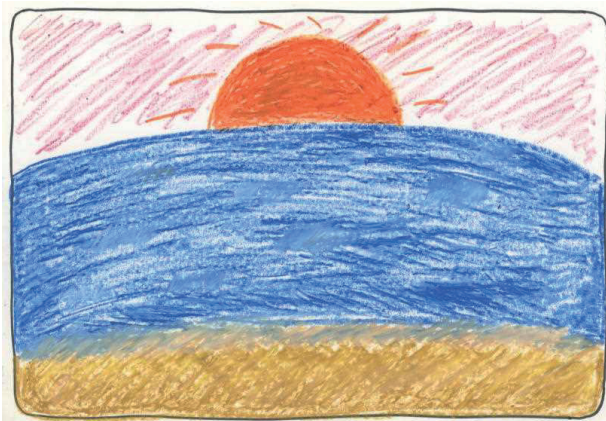


図2 模写画2

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 Ag 得点・R 得点^{注3)}ならびに画像指標の値は表2の通りである(ただし、画像指標は掲載画全体でなく水画像の測定値)。両画とも海に沈む夕日を描いたもので構図も似ているが、水の塗り方の違いがよく表れている。

5. まとめと今後の課題

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 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、一つの可能性として積極性や決断力の高さが背景にあると考えられた。

表2 サンプル画描画者の Ag・R 得点と画像指標

	図1	図2
Ag 尺度得点	2	19
R 尺度得点	8	18
Ave-L*	86.4	64.5
Ave-C*	9.6	31.2
Ave-h	58.4	-87.8
ASM	0.003953	0.000823
CON	31.55902	78.79569
COR	0.708418	0.749042
ENT	6.094096	7.308675

風景構成法をはじめとする描画療法における彩色過程の研究では、これまで塗り残しや色選択(特に不自然な彩色)、重色(重ね塗り)などの情報については分析対象とされてきたが、色の濃淡や塗り方の質については、評価が主観的になるという理由から意図的に分析対象から外されることが多かった⁴⁾。本研究では、客観的な色彩情報量、形態情報量を求めることでこのハードルをクリアし、描画を対象とした心理アセスメント研究に新しい切り口を示したといえる。今後は、結果の解釈がやや曖昧になる YG 性格検査に代わる検査を用いるなどして、さらに研究を展開していきたい。

参考文献

- 1) 三宅理子 (2009) 「水のある風景」の描画と Y-G 性格検査との関連. 島根大学教育学部紀要, **43**, 79-85.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 松井華子・千秋佳世・古川裕之 (2012) 風景構成法における彩色過程の基礎的研究 彩色指標作成の試み. 箱庭療法学研究, **25**, 103-110.

注3) 尺度得点の範囲はいずれも 0~20 である。

白磁の照明光色の違いによる色知覚と印象評価

Evaluation of Appearance of White Porcelains under Different Colors of Light

徳永留美	Rumi Tokunaga	立命館大学	Ritsumeikan University
田口 肇	Hajime Taguchi	京都市産業技術研究所	Kyoto Municipal Institute of Industrial Technology and Culture
岡崎友紀	Yuki Okazaki	京都市産業技術研究所	Kyoto Municipal Institute of Industrial Technology and Culture
前崎信也	Shinya Maezaki	京都女子大学	Kyoto Women's University
篠田博之	Hiroyuki Shinoda	立命館大学	Ritsumeikan University

Keywords: 白磁, 白色知覚, 印象評価, 質感.

1. はじめに

日本の磁器生産の歴史は 17 世紀に始まり, 現代においては食器や花瓶といった日用品から, 磚子やタイルなどの工業品まで我々の生活に欠かせない素材である. 磁器は, 白く硬い磁土が透明のガラス質の釉薬で覆われているものであるが, 表面の色に関しては, 素材の色によってその白色にかなりの幅がある. そして, その白色の種類によって製品の評価が変わることは, 一般的にはあまり知られていない. 国内で製造販売されている磁器の白色は, 長年陶磁器業界に携わり歴史的知識も豊富な専門家によって決められている. しかし, その白色が私たちにとってどのような白色であるのかについては明らかではない. また, 私たちの日常生活の環境光は, 蝋燭から LED の光へと変容してきた. この歴史的な変化を経験していることをふまえると, 白色と判断される色も時代に応じて常に変化していると考えられる. 近年, 様々な照明光色の下で白磁を観察する機会が増えているが, それに伴う表面の白色度合いの知覚や, 白色の違いと価値や質感の評価などについての定量的な研究は実施されていない. そこで本研究では, 照明光や素材の違いが, 白磁の表面の色知覚や印象評価に与える影響について検討した.

2. 実験

2.1 実験刺激と実験条件

実験刺激は, 一辺が 3cm の正方形で, 中央が上部に向かってやや丸みを帯びた凸型の白磁である. 素地は, 上石, 柿谷上石, 特上磁器, 木山陶石, SP-4, ニューボーン酸化土, 香田磁器, 花岡陶土の 8 種類を用いた. これらに異なる 2 種類の厚みの釉薬を塗

り, 酸化または還元によって焼成した. 白磁と見た目が似ている赤土を素地とした陶器を 1 個追加し, 全部で 65 個の実験刺激に対して実験を実施した.

実験の照明条件は 2 通りであった. 照明 A の色度は $(x, y) = (0.48, 0.43)$, 照明 D の色度は $(x, y) = (0.37, 0.39)$ で, 両者ともに水平面照度は 400 (lux) であった. 図 1 は, 照明 A と D により照明された白色板 (×) と 65 個の白磁 (○) の色度図 (CIE1931) である. 実験の際, 白磁は, 天井が白色アクリル板で覆われた灰色の刺激箱の中に呈示された. 刺激箱の大きさは, 幅が 90cm, 奥行きが 60cm, 高さが 60cm であった.

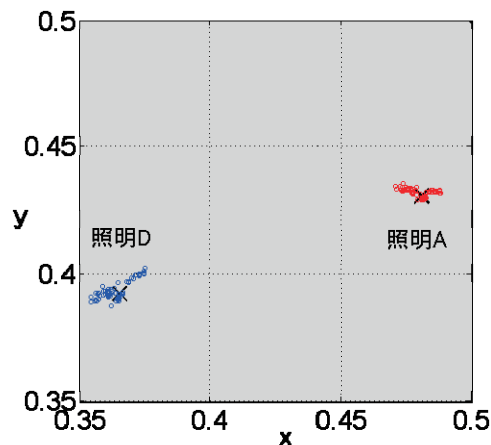


図 1 照明 A と照明 D における白磁の色度

2.2 被験者のタスクと被験者

被験者のタスクは, 実験者から指示される言葉に対して, その見えが該当する上位 3 個の白磁を順位を付けて選択することであった. 指示される言葉は, 49 の形容詞などの印象についての言葉と 11 色の基本色名¹⁾であった.

被験者は, 白磁について知識や興味を持たない学部生 4 名の初心者と, 職業として白磁の製作や管理に携わったことのある 4 名の熟練者の合計 8 名であ

った。全被験者において、石原色票と D15 テストにおいて色覚テストを実施し、色覚正常であった。

3. 結果

照明 A と照明 D において、白磁の見えるの色には「白色」とは思えないほどの大きなばらつきがあり、全ての被験者において基本色名の 11 色を選ぶことが可能であった。このことは、実際に白磁がいろいろな色に見えていることを示唆している。

照明 A の下における質感に関する印象についての結果を図 2 に示す。横軸は熟練者の選択した白磁の x 座標で、縦軸は初心者の選択した白磁の x 座標である。中央のひし形(◆)は、白色板の測色値である。アスタリスク(*)は、熟練者と初心者の各々の被験者の平均値からなる座標を示しており、番号は、表 1 の質感に関する言葉と対応している。プロット群の中央にある直線は、結果の回帰直線である。結果から、対角線上にプロットされている「潤った」(#2)や「滑らか」(#3), 「柔らかい」(#14)は、熟練者と初心者において同じ色度の白磁を選択したことを示している。一方、「光沢のある」(#1)や「輝いている」(#11), 「透き通った」(#7)は、熟練者が初心者よりも物理的により赤い色を選択し、「濁った」(#12)や「くすんでいる」(#16)は、初心者が熟練者よりも物理的により赤い色を選択している。このことは、透明感に関して色度が影響しており、初心者と熟練者で印象が異なることを示唆している。

表 1 質感に関する印象について

1 光沢のある	2 潤った	3 滑らか	4 光沢のない
5 乾燥した	6 粗い	7 透き通った	8 重い
9 固い	10 丈夫な	11 輝いている	12 濁った
13 軽い	14 柔らかい	15 もろい	16 くすんでいる

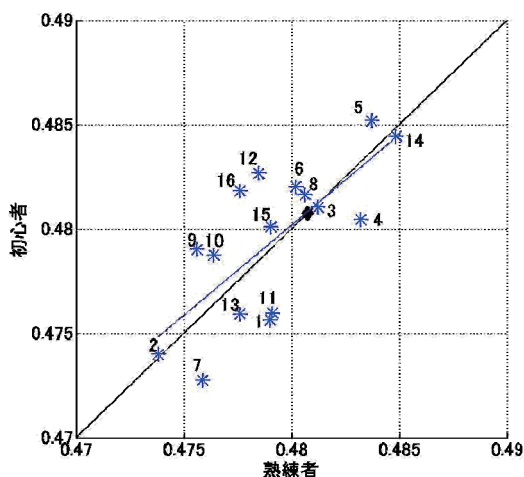


図 2 照明 A の条件において熟練者と初心者が選択した白磁の x 色度の比較

図 3 は、照明 A と照明 D において選択された色度の残差の比較を示す。横軸が図 2 に示される照明 A 条件における結果から得られた残差で、縦軸が図 2 と同様に求めた照明 D 条件における残差である。図中の番号は、表 1 の言葉と対応している。図の中央部分において照明光色や被験者の影響がないことを意味し、第 1 象限のプロットは、照明光色の違いにかかわらず熟練者が初心者よりも物理的に白い色を、初心者がより赤い色を選択したことを意味し、第 3 象限は、熟練者が初心者よりも物理的により赤い色を、初心者がより白い色を選択したことを意味する。

「柔らかい」(#14) が中央にあるが、この質感の印象が照明光色と被験者の違いに影響されないことを示している。第 1 と 3 象限に「透き通った」(#7) や「にごった」(#12) など透明感に関する対義語があり、選択した色は異なるが、初心者と熟練者において何らかの判断基準があると考えられる。

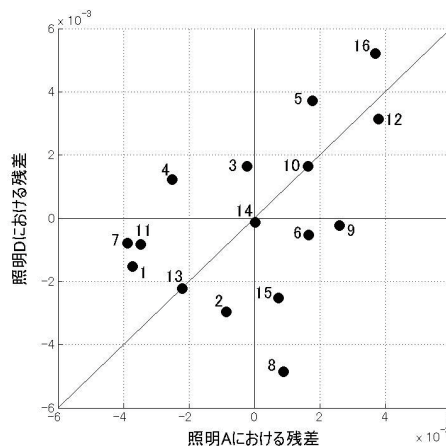


図 3 照明 A と照明 D における残差の比較

4. まとめ

白磁は、基本色名で表現できるほど多彩であることが示された。白磁の印象は、照明光色の違いにより変化し、初心者と熟練者が同じ印象を持っていても選択する色度が異なることが示された。特に「柔らかい」という印象に関しては、白磁の熟練者²⁾などが表面の見えるを表現する際に用いている表現であり、照明光色に関係なく熟練者と初心者に共通した印象である事が示された。

参考文献

- 1) B. Berlin and P. Kay: Basic Color Terms, Their Universality and Evolution, University of California Press (1969)14-44
- 2) 臼井一元:白磁:愛でる・使う・遊ぶ, 平凡社 (2002)30-43

異なる2色の色パネルの位置関係が刺激全体の誘目性に与える影響

Influence to visibility of entire pattern by position of two differently colored panels

中矢 竜太 Ryota Nakaya 高知工科大学大学院 Graduate School, Kochi University of Technology
 根岸 一平 Ippei Negishi 高知工科大学 Kochi University of Technology
 篠森 敬三 Keizo Shinomori 高知工科大学 Kochi University of Technology

Keywords: 全体印象, 誘目性, 色配置, 色組合せ.

1. はじめに

何かかに注意を向ける際の判断には、対象の持つ「誘目性」が大きく関わっている。誘目性とは、本研究では「対象が持つ人の注意を引きつける度合いである」と定義する。その性質から誘目性は注意喚起を必要とする現場や集客を狙った商業広告等の様々な場面において利用されている。

誘目性は、主に色彩による影響を強く受け、明度や彩度が高いほど強い誘目性を示すといった色の特徴による一定の法則性が存在することが先行研究によって示されている[1-6]。一方で、対象の形状・大きさ・位置関係等の要因も誘目性に影響を与えており、これらの要因の相互関係によって対象における誘目性の度合いが決定されると考えられる。しかし、色彩のみが寄与する場合の法則性とは異なり、その他の要因に関する機序は、いまだ明確ではなく総合的な先行研究も行われていない。その理由として、複数の刺激を用いて誘目性の機序を求めることが困難であり、複数の要因が影響する刺激についての定義も曖昧で有ることが挙げられる。

解決への道筋として、刺激要因を限定した上で、個々に誘目性に与える影響を検証し、それぞれの要因毎の定義を定めることが考えられる。我々は現在、物体全体における色刺激とその位置関係に着目して研究を行っており、先行研究[4-6]では正方形の灰色パネル(7枚)とある1色の色パネル(2枚)から成る正方形図形を刺激とした。色パネルの配置が異なるそれらの図形を一对比較によって測定して誘目性に与える影響について検討した。

本研究では、先行研究で刺激図形内において同色であった2枚の色パネルを、異なる色として「正方形図形パターン全体における色刺激の位置と色の組み合わせ」が誘目性に与える影響について測定した。

2. 実験手法

(1) 設備

本実験は暗室内(図1)に設置された刺激呈示用のディスプレイと応答用のテンキーを用いて行い、著者と被験者の間には遮光板を設置した。実験中はディスプレイの正面に座り、事前に暗順応を待った上で事件を開始した。

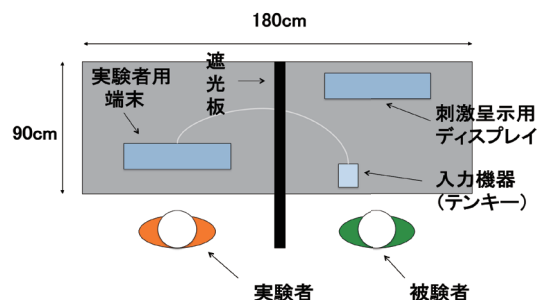


図1: 実験設備

(2) 実験刺激

本実験では、灰色背景色で着色された7枚のパネルと異なる刺激色で着色された2枚の色パネルから成る3x3の正方形の図形を刺激図形として黒色背景上に水平配置して呈示した(図2)。

刺激色には、誘目性が高いことが先行研究で示された赤色の他に、青、緑を加えた3色を用いて実験を行い、刺激色と灰色背景色は測光によって等輝度になるようにRGB値を調整した。各刺激色の設定値は(表1)に示す。



図2: 呈示刺激の例(赤&青)

表 1: 刺激色の設定値

	灰色	赤色	青色	緑
(R, G, B) =	(158,158,158)	(255,105,105)	(0,166,221)	(0,188,110)
L =	24.6	24.7	24.3	24.8
x =	0.29	0.50	0.18	0.25
y =	0.29	0.32	0.19	0.46

刺激図形は色パネルの位置および色の配置が異なる 39 種類を作成して、(赤&青)、(青&緑)、(緑&赤)のそれぞれ色の組み合わせの異なる 3 通りを用意した。先行研究[4-6]と同様に、色パネルの位置関係に基づき刺激図形を 4 カテゴリに分類して検証に用いた(図 3)。各カテゴリは、カテゴリ 1: 2 枚の色パネルが 1 辺を共有して左右もしくは上下に隣接している配置関係、カテゴリ 2: 2 枚の色パネルが 1 つの頂点を共有して斜めに隣接している配置関係、カテゴリ 3: 2 枚の色パネルが隣接せずかつ同一の行または列上に存在する配置関係、カテゴリ 4: 2 枚の色パネルが隣接せずかつ同一の行または列上に存在しない配置関係、である。

本実験では、色パネルの位置関係が同一な刺激図形において刺激色の配置の違いが誘目性に与える影響について検証するために、左右対称の刺激図形に関しては位置関係に限って誘目性に与える影響に大きな差は生じないと仮定した上で、左右対称の刺激図形で色の配置が入れ替わるように設定して両者の選択率を比較した。

(3) 測定手法

被験者の暗順応を待った上で実験を開始した。実験では、ランダムに選出された 2 種類の刺激図形を被験者に呈示した。被験者は、直感的に目立つと感じた刺激図形を選択して応答を行った。この際、直前に呈示した刺激図形による残像や判断への影響を避けるために、刺激図形の呈示位置は毎回少しずつ変えて呈示した。

一連の試行を同一の刺激図形を除く全ての組み合わせによる一対比較が終了するまで続けた。実験は色の組み合わせの異なる 3 通りの実験刺激を用いて各色 3 回ずつ行った。呈示する刺激図形や色の組み合わせの順序は被験者毎にランダムに変更した。

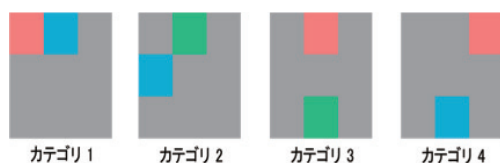


図 3: カテゴリに属する刺激図形の例

3. 結果と考察

本研究では、ある刺激図形が一対比較法によって選択された確率を、その図形の選択率として誘目性の度合いを判断する基準とした。各パターンの選択率を求めた後、パターン全体およびカテゴリ間の順位付けを行い、それを基にパターン順位と色パネルの配置的特徴、左右対称の刺激図形における刺激色の位置関係について検討を行った。

各刺激色の全ての組み合わせにおいてカテゴリ 1, 2 に属する刺激図形が高い選択率を示し(図 4, 5)、カテゴリ間比較において選択率に有意差が見られた($p < 0.05$)。カテゴリ 1 の選択率について、刺激図形内の色パネルを同一色にして行った先行研究[4-5]では、カテゴリ 1 が最も低い選択率を示していた(図 5)。この際、同一色であるために辺で接することによって刺激図形の境界が曖昧になり、長方形単体刺激とみなしたことにより誘目性に抑制方向の影響が生じたと結論付けた。これに対して今回の実験では辺で接していても異なる刺激色によって 2 つの色パネルを認識することができたため、抑制的影響を避けられたと考えられる。その一方で、(青&緑)の色組み合わせでは、刺激図形の順位にばらつきが見られた。青と緑の間では赤との間ほどの色合いの違いを感じられず、被験者や刺激図形によっては先行研究と同様に 1 図形(長方形)とみなす抑制的影響が生じたと考えられる。これら結果は、物体全体における刺激は単体刺激より複数刺激であるほうが誘目性に与える影響が大きいとした先行研究の結論を支持する。

このように今回の実験結果では、選択率順位においてカテゴリ 1 が選択率上位となったことから、選択率上位のカテゴリ 1, 2 と下位のカテゴリ 3, 4 とのパターン特徴の相違点は、2 つの色パネル間の距離(辺や点で接する、あるいは距離がある)である(上位と下位のそれぞれ 2 カテゴリ間の選択率の差は有意($p < 0.05$))。つまり、パネルの色差により異なる刺激と認識できる状況では、パネル同士が近傍にあれば、誘目性が高くなる傾向にある。

左右対称となる 2 つの刺激図形の選択率を比較した結果は、(赤&青)、(緑&赤)の組み合わせでは、刺激図形の中心および中心軸(中心行もしくは中心列)に赤色パネルが位置する場合に選択率で常に優位にあることが示された(表 2)。一方、(青&緑)ではどちらかの色に偏るような特徴は見られなかった。これに関して、先ほどの 2 色の色合いに注目した考察を踏まえて、中心および中心軸に位置する色刺激と他の色刺激との色差が左右対称図形の選択率に関係していると予想し、3

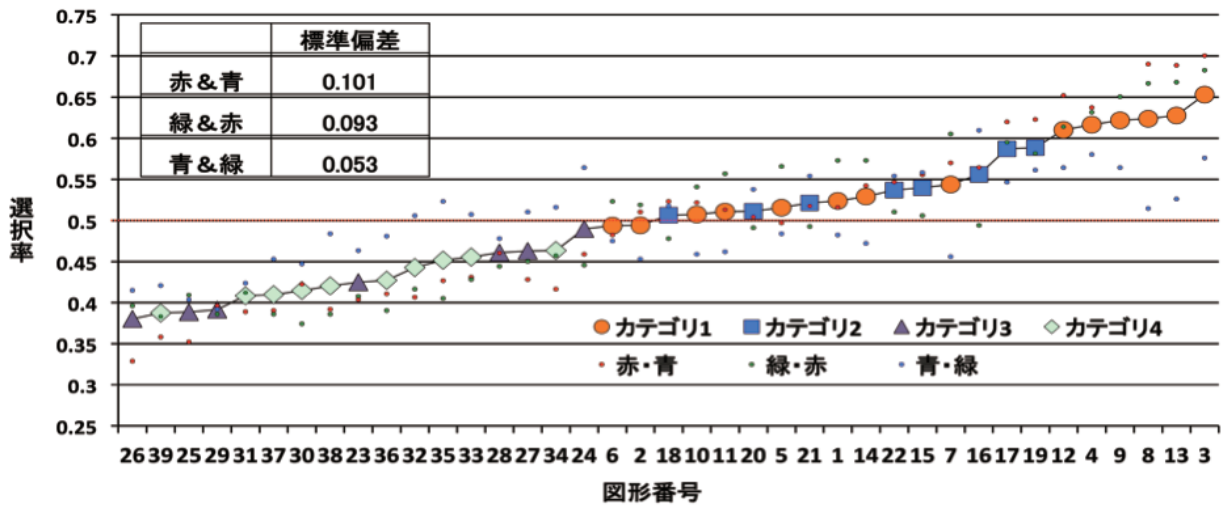


図4：各図形の選択率順位

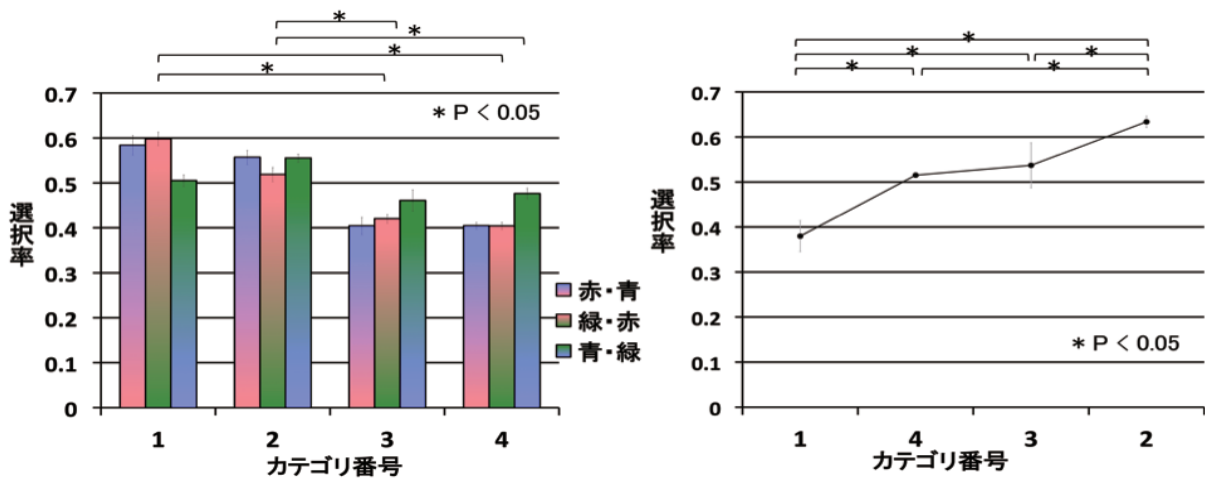


図5：カテゴリの選択率順位（左：本実験, 右：先行研究[5]）

つの刺激色と灰色背景色間の色差を CIE1976 $L^*u^*v^*$ 色差式を用いて検証した。その結果、灰色背景色に対して赤色が最も大きい色差を示した(図6)。また3色間においては(赤&青)、(緑&赤)が比較的高い色差を示し、(青&緑)は他と比べて低い色差であった。これらのことから、本実験における赤色のように他の色と比較して色差が大きい色刺激が、パターン全体のどの位置にあるかということが、誘目性に大きく影響していると考えられる。

刺激図形全体の選択率順位において、色の組み合わせ毎の選択率に注目すると、赤色を含む組み合わせは選択率の上位と下位で選択率に大きな

表2：左右対称における中心および中心軸に位置する色パネルの刺激色（左側：選択率上位）

赤&青				緑&赤				青&緑						
No	選択率	中心軸	No	選択率	No	選択率	No	選択率	No	選択率	No	選択率		
1	0.516	赤	2	0.510	1	0.573	赤	2	0.519	1	0.482	緑	2	0.453
3	0.700	赤	4	0.637	3	0.682	赤	4	0.631	4	0.580	青	3	0.576
5	0.497	赤	6	0.482	5	0.565	赤	6	0.523	5	0.483	緑	6	0.475
7	0.570	赤	10	0.521	7	0.605	赤	10	0.540	10	0.459	青	7	0.456
8	0.690	赤	9	0.650	8	0.666	赤	9	0.650	9	0.564	青	8	0.514
14	0.542	赤	11	0.513	14	0.573	赤	11	0.557	14	0.472	緑	11	0.461
13	0.688	赤	12	0.652	13	0.668	赤	12	0.614	12	0.564	青	13	0.526
19	0.622	赤	16	0.564	19	0.581	赤	16	0.494	16	0.609	青	19	0.561
17	0.619	赤	22	0.546	17	0.595	赤	22	0.510	22	0.554	青	17	0.546
34	0.416	赤	32	0.406	34	0.457	赤	32	0.416	34	0.516	緑	32	0.505
33	0.431	赤	35	0.426	33	0.428	赤	35	0.404	35	0.523	青	33	0.507
36	0.410	赤	39	0.358	36	0.390	赤	39	0.383	36	0.480	緑	39	0.421
38	0.391	赤	37	0.390	38	0.385	赤	37	0.385	38	0.483	緑	37	0.453

差が見られる。一方で、(青&緑)は選択率の上位と下位で選択率にそれほど大きな差は無く、グラフ上では選択率の中心(0.5)に比較的寄った選択率になっていることが示された。3色の組み合わせそれぞれにおいて選択率の標準偏差を求めた結果でも、(赤&青)、(緑&赤)は(青&緑)の倍近くの値を示した(図4中の表)。このことから、色差が大きい場合はその刺激色の位置によって誘目性が大きく変化する一方で、本実験における(青&緑)のように刺激色間の色差が小さい場合には、位置関係による誘目性の差が生じにくいことが示唆される。

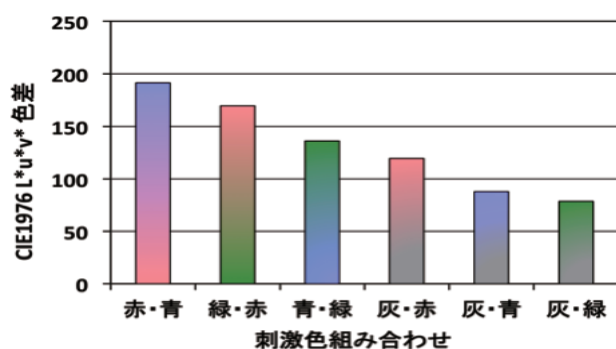


図6: 各刺激色と灰色背景色間の色差

4. 結論

本研究では、同色2枚の色刺激の位置関係が誘目性に与える影響に関する先行研究に対して、2色の異なる刺激色の組み合わせによる色刺激の位置と色の組み合わせが誘目性に与える影響について検証し、先行研究で結論付けた法則性と比較した。

結果により、異なる色刺激の場合はカテゴリ1, 2の選択率が比較的高いことが示された。カテゴリ1の高選択率は、先行研究とは大きく異なっており、異なる2色を用いることで、異なるパネル刺激と認識できるか否かによって位置関係の法則性に変化が生じるという新たな知見が得られた。一方で、カテゴリ2や、中心および中心軸が他の配色と色差の大きい色によって強く印象付けられる刺激図形の場合に、高い選択率を示す、といった先行研究で結論付けた位置関係の法則性と共通する結果も見られ、単色か複数色かの違いによらず誘目性に影響を与える特徴が存在することも示された。

謝辞 科学研究費(24300085)の支援を受けた。

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) 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) 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] 中矢竜太, 根岸一平, 篠森敬三: 色パネルの位置関係がパターン全体の誘目性に与える影響, Vision 27(1) (2015) 40.
- [5] R.Nakaya, I.Negishi and K.Shinomori: Influence of position of colored panels to entire pattern's visibility, Proc. AIC Color and Image (2015) 1164-1169.
- [6] 中矢竜太, 根岸一平, 篠森敬三: 刺激中の色パネルの位置と刺激全体の誘目性との関係性におけるパネル色の影響, Vision 27(3) (2015) 124.

多色配色に対する潜在的態度としての嗜好に関する実験的検討

Experimental Study on Color Preference as Implicit Attitude toward Color Combinations

村松 慶一	Keiichi MURAMATSU	埼玉大学 大学院理工学研究科	Saitama University
方 思源	Siyuan FANG	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: Color preference, Implicit attitude, Affect misattribution procedure.

1. はじめに

色彩に対する感情的反応は色彩感情と呼ばれ、Semantic Differential(SD)法を用いた主観評価によって測定される。色彩感情に関する研究の主な関心の一つは、その評価構造を明らかにすることである。色彩はデザインの重要な要素であるだけでなく、人間の生活において不可欠なものの属性である。その評価構造を明らかにすることは、魅力的なデザインを決定するというような工学的な応用のみならず、人間が物に対してどのような感情を抱くかという心の構造を理解するという上で重要である。

多色配色の色彩感情に関してはSD法を用いた印象評価から単色や二色配色と類似した評価構造が見出されている[1]だけでなく、単色および二色配色について得られている色彩感情の予測式に基づいて多色画像の色彩感情を推定する方法が提案されている[2]。その一方で、配色に対する色彩感情について、意識されない心的過程における審美的な評価がSD法などの主観評価と異なった傾向を示す可能性が示唆されている[3]。

心理学において、意識することのできる態度が顕在的態度と呼ばれるのに対して、意識することのできない態度は潜在的態度と呼ばれる。そこで、本研究では後者の測定法のひとつとして感情誤帰属手続き(Affect Misattribution Procedure; AMP)[4]による主観評価値を意識されない心的過程の審美的な評価として位置付けた上で、多色配色に対する意識されない心的過程における評価構造について検討を行う。具体的には、AMPを用いて先行研究[1]の多色配色に対する主観評価をSD法とAMPによって取得し、AMPの主観評価値と刺激を構成する色の特徴について検討する。

2. 実験

(1) 測定方法

AMPでは非常に短い時間にプライム刺激とターゲット刺激を連続して呈示し、後続のターゲット刺激に対する「好き」が「嫌い」の反応を取得する。この時、先行するプライム刺激の感情価がターゲット刺激に誤帰属されることを利用し、意識されない形でプライム刺激に対する評価が測定される。本研究では多色配色の画像をプライム刺激、曖昧図形をターゲット刺激とした。プライム刺激の多色配色については、先行研究[1]で用いられている16色配色の画像20枚を使用した。ターゲット刺激の曖昧図形としてイ音節文字を用いた。イ音節文字Unicodeフォント(Nuosu SIL)から100個のグリフを抽出し、実験参加者(大学生70名;男性27名,女性43名)に「好き」あるいは「嫌い」の二択で主観評価を行わせた。その結果から、「好き」の反応率が50%程度(48.57%~52.17%)である20個のイ音節文字を選定した。

(2) 手続き

刺激はリフレッシュレートが120Hzに設定された液晶ディスプレイ(BenQ製XL2420Z)の画面中心に200px(55.2mm)四方の大きさで呈示され、その制御にはPsychoPy(Version 1.81.03)が用いられた。実験参加者は液晶ディスプレイから約60cm離れて座り、AMPとSD法による主観評価を行った。まず、AMPとしてプライム刺激(75ms)、ブランク(125ms)、ターゲット刺激(100ms)の後にランダムドットパターンによるマスクと共に「好き」「嫌い」の回答が促された。刺激が呈示される順序は実験参加者ごとにランダムサイズされ計20試行が行われた。次に、SD法として先のプライム刺激と同じ多色配色が呈示され、「好き-嫌い」を7段階で回答した。呈示される順序はAMPと同じく実験参加者ごとにランダムサイズされ計20試行が行われた。実験参加者は大学生30名(男性22名,女性8名,平均年齢22.5歳)であった。

表1 AMP および SD 法による主観評価の平均値と標準偏差

ID	AMP		SD Method		ID	AMP		SD Method	
	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD
1	0.40	0.49	4.27	1.75	11	0.60	0.49	4.50	1.43
2	0.47	0.50	4.40	1.69	12	0.50	0.50	4.07	1.21
3	0.33	0.47	3.53	1.65	13	0.33	0.47	3.73	1.31
4	0.33	0.47	4.53	1.45	14	0.33	0.47	4.27	1.61
5	0.33	0.47	3.93	1.50	15	0.53	0.50	4.03	1.64
6	0.40	0.49	4.97	1.62	16	0.47	0.50	4.17	1.51
7	0.50	0.50	3.53	1.56	17	0.60	0.49	3.77	1.33
8	0.50	0.50	4.13	1.48	18	0.70	0.46	4.90	1.30
9	0.43	0.50	4.93	1.41	19	0.43	0.50	3.97	1.35
10	0.40	0.49	3.77	1.50	20	0.77	0.42	3.50	1.36

3. 結果と考察

得られた AMP と SD 法による主観評価の平均値と標準偏差を表1に示す. AMP は「好き」を1「嫌い」を0とし, SD 法では「好き」を7「嫌い」を1としている. これらの主観評価値を比較するため, 実験に用いた 20 枚の多色配色画像を「好き-嫌い」の主観評価値に基づいて SD 法高評価群(10 枚)と SD 法低評価群(10 枚)に分け, 平均値に差があるか検討した. Welch の t 検定を行った結果, それらの群間で SD 法の平均値には有意差($p < 0.001$)が認められたが, AMP の平均値には差は認められなかった. SD 法による主観評価値を基準とした群分けにおいて, AMP の主観評価に差がないことから, 「好き」あるいは「嫌い」という反応として測定される潜在的態度と, 「好き-嫌い」という尺度を用いて測定される顕在的態度が異なると考えることができる.

顕在的態度および潜在的態度として高評価あるいは低評価となる刺激の特徴を検討するために, AMP における「好き」あるいは「嫌い」の主観評価値に基づいて多色配色画像を AMP 高評価群(10 枚)と AMP 低評価群(10 枚)に分け, SD 法高評価群(10 枚)と SD 法低評価群(10 枚)と共に, 多色配色を構成する単色の CIELAB 色空間座標の度数分布を比較した. 測色には x-rite 製 i1 pro と HCFR Colormeter (Version 3.2.1)を用いて CIEXYZ 色空間座標(2 度視野, D65)を取得した. SD 法高評価群と低評価群(図 1)では a^* , b^* および C , h において顕著な差異があり, AMP 高評価群と低評価群(図 2)では主に L^* に差異が見られた. このことから, 顕在的態度と潜在的態度では評価に寄与する構成色が異なることが考えられる.

4. おわりに

本研究では AMP および SD 法を用いた実験を通して, 潜在的態度と顕在的態度としての多色配色に対する嗜好の違いについて検討した. これら二つの態度としての反応は明らかに異なり, それ

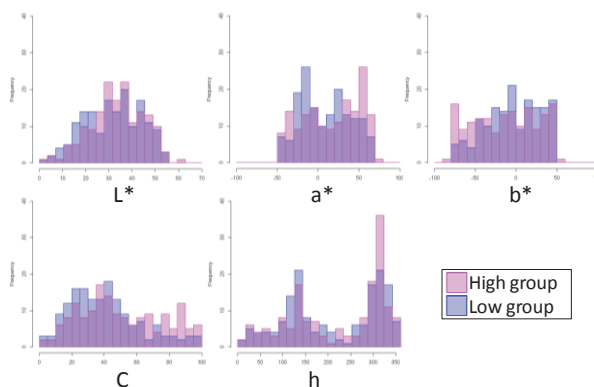


図1 SD 法高評価群および低評価群の度数分布

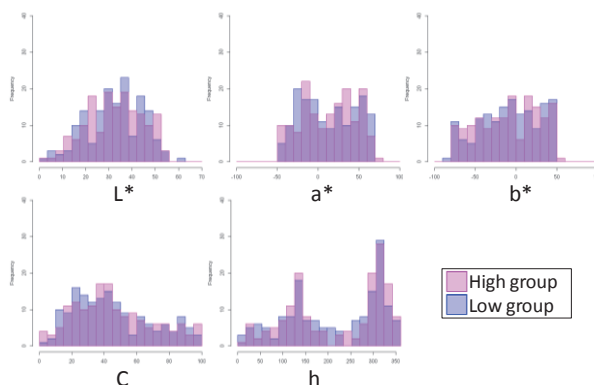


図2 AMP 高評価群および低評価群の度数分布

ぞれで高評価および低評価となる多色配色の構成色の特徴が明らかになった. ただし, SD 法高評価群と低評価群の差異に比べて, AMP 高評価群と低評価群の差異は小さいため, より詳細な検討が今後の課題である.

参考文献

[1] Fang, S., Muramatsu, K., Matsui, T.: Experimental study of aesthetic evaluation to multi-color stimuli using semantic differential method: Towards the construction of an artificial KANSEI system, Trans. Jpn. Soc. Kansei Eng. 14 (2015) 37-47
 [2] Solli, M., Lenz, R.: Color emotions for multi-colored images, Color Res. & Appl. 36 (2011) 210-221
 [3] 村松慶一, 戸川達男, 小島一晃, 松居辰則: 印象に関する知識記述のための感情誤帰属手続きを用いた特性の抽出, 日本感性工学会論文誌 10 (2011) 231-238
 [4] Payne, B.K., Cheng, S.M., Govorun O., Stewart B.D.: An Inkblot for Attitudes: Affect Misattribution as Implicit Measurement, J. Pers. Soc. Psychol. 89 (2005) 277-293

紙筆版 IAT を用いた色嗜好計測

Measurement of Color Preference Using Paper-and-Pencil Style Implicit Association 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, 潜在的連合テスト (IAT).

1. はじめに

色嗜好とは、色に対する好悪の意図的表出であり、各人における「色に対する態度」であると位置づけることができる。近年の態度に関する心理学的研究において、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事態が頻繁に生じることが実証的に示されてきている。我々はこの認識に鑑み、潜在的態度計測の代表的手法である潜在的連合テスト (Implicit Association Test; IAT) を用い、色に対する潜在的な嗜好の分析を行ってきている。

これまでの検討により、IATによる潜在的色嗜好の計測が安定的に可能であることを示すことに成功し、意図的な表明によらない色嗜好検討の基盤を得ることができた。しかしながら、前述の研究を含む通常の IAT 計測においては、PC を用いて多数回の反応時間計測を反復する個別の心理実験を行うことが必須であることから、多数の実験参加者からデータを得ることは現実問題として困難であり、現状では限定された人数の実験参加者のデータに基づく検討を余儀なくされている。しかしながら、色嗜好研究においては、ある時代における特定の集団における総体的な好みの傾向の分析を行うことも必要とされることがあり、大規模な対象者から嗜好データを収集することを可能とする研究手法を構築することが望まれる。そこで本研究では、大規模集団での潜在的態度の同時計測が比較的容易に実施可能であるとされる紙筆版 IAT (paper-and-pencil style IAT) の潜在的色嗜好計測への応用可能性を検討することとする。

2. 方法

潜在的色嗜好計測手法としての紙筆版 IAT の信頼性を検討するために、5 週間の間隔を開けて同一手続きに基づく反復計測が行われた (Test1 および Test2)。

紙筆版 IAT の計測において実験参加者が用いた IAT 用紙は、中央のターゲット語とその左右に配置されたチェックボックスから構成されていた。実際の IAT 用紙では、20 行 3 列からなる 60 語のターゲット語が 1 枚の用紙 (A4 版横向き) に配置され、実験参加者に提示された。ターゲット語は、快語 (平和, 真実など, 参加者に良い印象を与える言葉), 不快語 (戦争, 汚染などの参加者に良くない印象を与える言葉), 色ターゲット語 1 および色ターゲット語 2 のいずれかであった。色ターゲット語は、赤もしくは緑, 青もしくは黄, 白もしくは黒の色情報を示す単語であった。実験参加者は、ターゲット語が快語, 不快語, 色ターゲット 1, 2 の何れかであるかを判別し、IAT 用紙の各列の上部に示される手がかり表示に基づき、左もしくは右のチェックボックスにチェックマークを記入した。すなわち、実験参加者は、提示されたターゲット語が、快語であるのか不快語であるのか、色ターゲット 1 に対応する単語であるのか色ターゲット 2 に対応する単語であるのかという 2 種の判別課題を同時に行うこととなる。一枚の IAT 用紙においては、色ターゲット語 1, 2 は固定されていた。また、快語, 不快語は全 IAT 計測セッションにおいて同一のものを用いた。実験参加者は、一枚の IAT 用紙あたり 20 秒の制限時間内で、できるだけ早く、かつ正確にターゲット語の弁別を行い、チェックマークを記入することが求められた。

色ターゲットの提示様式として、色名条件と事物名条件の 2 条件を設定した。色名条件 (色名 IAT) では、漢字, ひらがな, カタカナを用いた色名表示により色ターゲットを示した (赤, あか, アカ

など). 事物名条件 (事物名 IAT) では, 実験参加者に色ターゲットを容易に想起させることのできる事物の名前を表記した. 事物名は, 本実験には参加しなかった 12 名を対象としたグループディスカッションによる事前の予備調査により, 各色から想起される日常環境で観察することのできる具体的事物として頻りに挙げられるもののうち, 極端に好悪の判断が偏らないものを選択した (赤: トマト, ポスト, りんご 緑: きゅうり, 芝生, 葉っぱ 等). Test1, Test2 における 2 回の IAT 測定において, 色名条件の計測を行った後に事物名条件の計測を行った. 両 Test における紙筆版 IAT の実施に先立ち, 実験参加者の顕在的色嗜好の計測を視覚的アナログスケール (Visual Analogue Scale; VAS) を用いて行った.

Test1 および Test2 の双方に参加した大学生 234 名の結果を分析の対象とした.

3. 結果と考察

紙筆版 IAT 測定においては, 「赤」, 「青」もしくは「白」と快語を対にした条件での反応語数から, 「緑」, 「黄」もしくは「黒」と快語を対にした場合の反応語数を減じた. さらに実験参加者の総体的な反応の速さの違いを平準化するために, 2 種の反応語数の差をその和で除した. 以降, この値を IAT 得点と呼ぶ. 正の IAT 得点は赤, 青もしくは白に対する潜在的嗜好を示し, 負の IAT 得点は緑, 黄, 黒への潜在的嗜好を示す. VAS 測定においては, 実験参加者が記入したスラッシュの位置に基づき 0 (嫌い) から 100 (好き) の間の値 (VAS 値) を得た後, IAT と同様に, 赤—緑, 青—黄, 白—黒間の相対的な嗜好度を示す指標を得るために, 赤, 青もしくは白に対する VAS 値から, 緑, 黄, 黒に対する VAS 値を減じ, その差分を 2 値の和で除した (VAS 得点).

表 1 に VAS 得点, 色名 IAT 得点, 事物名 IAT 得点の Test1-Test2 間の Pearson の積率相関係数を示す. VAS 得点の相関は, 0.69 から 0.75 と非常に高く, 5 週間の間隔をあけた反復に対し, VAS 計測が高い安定性を有していることを示している. IAT 得点においては, 相関係数が 0.36 から 0.46 となるなど, VAS 得点に比べると弱くはなるものも, 依然として有意な相関を示しており, 潜在的色嗜好の測度として, 紙筆版 IAT が一定程度の信頼性を有しているものと判断することができる.

表 2 に, 色嗜好に関する顕在測度 (VAS 得点) と潜在測度 (色名および事物名 IAT 得点) の間の相関を示す. 有彩反対色対間 (赤—緑, 青—黄) の相対的嗜好度を示す VAS 得点と IAT 得点の間には 0.28~0.37 と弱いながらも有意な相関が認められた. 筆者らのこれまでの検討においても, 有彩色の嗜好評価に際しては一貫して有意な顕在—潜在指標間相関が認められており, 潜在測度と顕在測度との間に共通する基盤が存在することが示唆される. 一方, 白—黒という無彩反対色対間の相対的嗜好に関しては, 相関係数が 0.03~0.15 と非常に低い値となり, 潜在的嗜好と顕在的嗜好の間の一貫性が認められなかった. この結果も, PC を用いた反応時間計測による IAT と同様のものではなかった. また, 色名 IAT 得点と事物名 IAT 得点の間の相関は, 0.28~0.34 と有意であった. 色名および事物名という異なる方式での色情報の提示によって, 実験参加者に色に関する同一の心的概念を想起させていたと考えることができる.

今回の検討で用いた紙筆版を含め, IAT は一般には二対の対立概念間の潜在的連合度を計測する手法である. 本実験で用いた赤—緑, 青—黄, 白—黒はいずれも最も基本的な有彩, 無彩反対色対ではあるが, 心的な対立概念と考えてよいか否かに関しては, 疑義が残る. 今後は, Go-NoGo Association Test などの, 単一概念に対し適用可能な潜在的態度測定手法を用い, 色に対する潜在的嗜好の検討を進める.

表 1 各色嗜好測度の Test1-Test2 間の相関

	赤—緑	青—黄	白—黒
VAS	0.69	0.75	0.73
色名 IAT	0.36	0.40	0.39
事物名 IAT	0.45	0.42	0.46

表 2 VAS-IAT 間相関

Test1	赤—緑	青—黄	白—黒
VAS-色名 IAT	0.37	0.32	0.15
VAS-事物名 IAT	0.32	0.37	0.11
色名-事物名	0.28	0.31	0.3
Test2	赤—緑	青—黄	白—黒
VAS-色名 IAT	0.36	0.28	0.06
VAS-事物名 IAT	0.29	0.32	-0.03
色名-事物名	0.32	0.34	0.29

色の注目度に対する光源の演色性・照度の影響

Relation of color rendering properties, illuminance and color attention

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

Keywords: 色の注目度, 誘目性, 演色性, 照度, LED.

1. はじめに

演色性の評価には観察サンプルの色相の影響が大きく、特に赤色など暖色系の観察サンプルの見えが重要である¹⁾。また色の目立ちに対する色相の影響も大きく、赤色はその他の色相に比べて目立ち、それは面積の大小の影響を受けないと報告されている²⁾。

筆者らは、主観評価に影響する色および目立つ色を「注目度が高い色」ととらえ、照度 (700 lx, 10 lx) および演色性 (Ra 19~ Ra 96) が異なる照明下の多色配色色票の注目度を評価し、赤色は照度の変化や演色性の違いによらず注目度が高いことを明らかにした³⁾。

本報告では、色の注目度評価の観察サンプルとして、多色配色色票の他にさまざまな色相を主要構成色とする絵画サンプルを用いて、照度および演色性が異なる照明下で色の注目度を評価し、前報³⁾の結果を検証した。

2. 実験

両眼隔壁方法により、左眼で観察する参照光源下のサンプルを基準に、右眼で観察するテスト光源下のサンプルを評価した。

被験者は正常色覚の女性 4 人 (24~42 歳)。

(1) 観察サンプル

左右ブースに多色配色色票および絵画サンプルを配置した (図 1)。

■多色配色色票: 彩度の異なる赤色-黄色-緑色-青色各 4 色の天然岩絵具および金箔 4 色の計 20 色。それぞれ檜板および和紙 (5×5 cm) に塗布または貼り、黒色ボード紙にランダム配置した (30×21 cm)。

■絵画サンプル: 赤色 (風景), 橙色 (室内), 黄色 (青果), 黄緑色 (風景), 緑色 (風景), 青色

(室内), 紫色 (風景) を主要色とした 7 サンプル, および人物画 1 サンプル (8.9×12.7 cm)。各サンプル画は白色厚紙 (無光沢) に印刷 (エプソン LP-S5000) し、黒色ボード紙に貼り付けた。

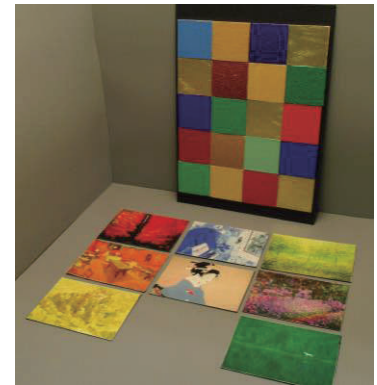


図 1 観察サンプル

(2) 照明条件

■光色: 電球色, 温白色

■光源: 参照光源: 色評価用蛍光ランプ (Ra 96)。テスト光源: Ra の異なる LED ランプおよび蛍光ランプ 8 種類 (表 1)。

■照度: 参照光源: 700 lx 固定, テスト光源: 700 lx, 10 lx

表 1 光源の特性

略称	テスト光源 (相関色温度)	Ra
FL-EDL	高演色形蛍光ランプ (3060K)	96
LED-ROGB	赤-橙-緑-青4色タイプ (3089K)	86
LED-BY	青色LED+黄色蛍光体タイプ (3060K)	84
LED-AGB	黄-緑-青3色タイプ (3143K)	84
6色LED	赤-橙-黄-緑-青緑-青6色タイプ (3077K)	82
LED-RAGB	赤-黄-緑-青4色タイプ (3101K)	83
FL-WW	一般形蛍光ランプ (3460K)	55
LED-RGB	赤-緑-青3色タイプ (3050K)	21

(3) 評価項目

以下の 5 問を質問した。

- ① 評価する際に注目した色票 (赤色, 黄色, 緑色, 青色, 金色の中から 1 色)
- ② 参照側と比べ最も変化して見える色票 (赤色, 黄色, 緑色, 青色, 金色の中から 1 色)

- ③評価する際に注目した絵画サンプル (3位まで)
- ④評価に影響しない絵画サンプル (1枚)
- ⑤参照側と比べ最も変化して見える絵画サンプル (1枚)

3. 結果

(1) 注目した色 (図2)

高照度 700 lx では、注目した色は観察サンプルの違いや光源に関係なく、傾向が極めて類似しており、全ての光源において赤色が最も注目した色として回答された。絵画サンプルについては、赤色を主要色とするサンプルの次に人物画や橙色の回答が多く、暖色系の色相の注目度が高い。

(2) 変化して見える色 (図3)

高照度 700 lx では、変化して見える色に対する被験者の回答は光源によって大きくばらつき、照明光の演色性の影響が認められた。

(3) 評価に影響しない絵画サンプル (図4)

高照度 700 lx では、評価に影響しない絵画サンプルの傾向は光源によらず類似しており、主に黄緑色、青色、緑色など寒色系の色相および黄色の回答が多い。

4. 考察

高照度 700 lx では、光源の違い、観察サンプルの違いによらず、最も注目された色が赤色や橙色であった。また評価に影響しない色は、黄緑色や青色、緑色であった。

この結果は低照度 10 lx 下でもほぼ同様であり、色彩印象の主観評価に影響する色相は赤色を中心とした暖色系の色相であった。すなわち、色の注目度は、照度による彩度低下 (Hunt 効果) とは無関係であることが明らかになった。

なお今回用いた光源 LED-RGB, LED-RAGB, LED-ROGB は、赤色を鮮やかに (高カラフルネス) 演色するが、その他の光源は赤色をくすませて (低カラフルネス) 演色する。すなわち、赤色が注目されたという結果は赤色の鮮やかさだけでは説明ができない。

詳細は発表時に報告する。

参考文献

1) M. S. Rea et al.: Color rendering: Beyond pride and prejudice, Color Res. Appl., 35-6, pp.401-409, (2010)
 2) 芦澤, 池田: 色の目立ちの面積効果, 色学誌, 18-3, pp.200-204, (1994)
 3) 中島, 潤田: 美術館・博物館における最適な照明・色彩環境の研究 (2) ~低照度下における色彩印象に対する赤色の影響~, 照学誌, 99-2, pp.74-82, (2015)

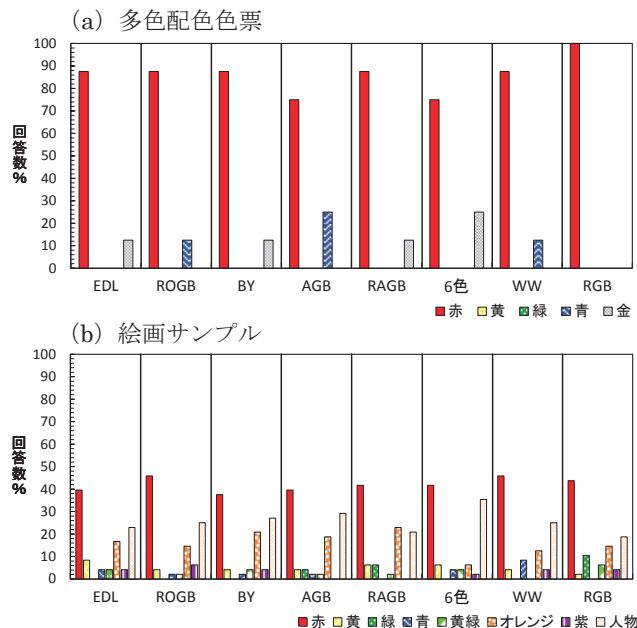


図2 色票及び絵に対する注目色 (700 lx)

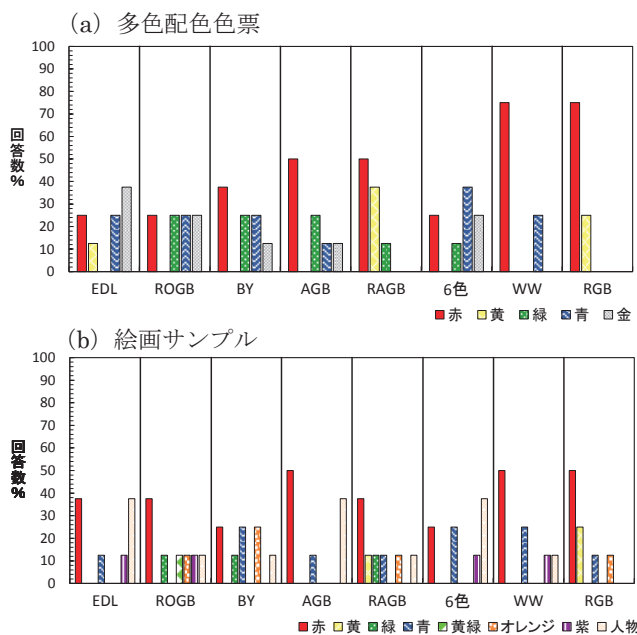


図3 多色配色色票および絵画サンプルに対する変化色 (700 lx)

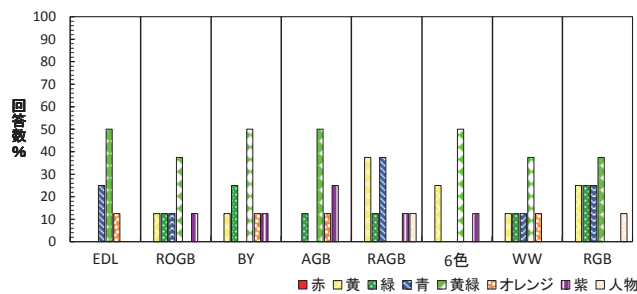


図4 評価に影響しない絵画サンプル (700 lx)

正対比文字と逆対比文字の可読性—反応時間を用いて—

Legibility of words in positive and negative contrast revealed in reaction time

三星宗雄 Muneo Mitsuboshi 神奈川大学人間科学部 Department of Human Sciences
Kanagawa University

野口由梨亜 Yuria Noguchi 神奈川大学大学院人間科学研究科 Graduate School of
Human Sciences Kanagawa University

Keywords: 正対比文字, 逆対比文字, 可読性, 反応時間, カラーユニバーサルデザイン

1. はじめに

新聞や雑誌, テレビの情報番組, さらにインターネットなど, 我々が情報を得る手段は実に様々である。

また表示方法も, 文字の色をカラフルにしたり太字にしたりと, 伝えたい情報を強調し読みやすくするための工夫, すなわち可読性を高めるための工夫が施される(藤井, 2013)。

こうした文字の可読性は視機能が低下した高齢者や色の見え方が他の多くの人と異なる非定型色覚者にとって大変重要である(青木, 2000; 野口, 2013)。

カラーユニバーサルデザインの1つの手だてとして, 野口(2013)は文字にハッチング(線状模様)を施すと, 非定型色覚者の文字認知に必要な時間(反応時間)が短縮されることを見出した。非定型色覚者にとっては文字の色と背景の色との組合せによっては文字が見えにくい状況となる。

可読性を高めるための方法の1つに, 文字の背景となる色(以下, 背景色)を通常とは異なるものにする方法がある。この方法は新聞で使用されることが多く, 黒の背景色と白色の文字による見出しは最も見かける例である。いわゆる白黒反転文字である。本論文では「文字の明度よりも, 背景の明度が高い組合せパターン」(白背景に黒文字)を正対比文字, その逆の組合せ(例 黒背景に白文字)を逆対比文字として定義する。

本研究では, 背景色に黒を使用した場合(逆対比条件)と, 通常目にしやすい白を使用した場合(正対比条件)とで可読性に違いがあるかどうかを, より客観的は指標, すなわちターゲットとなる文字を検出するのに要する時間(反応時間)を用いて検討した。

2. 方法

2.1 実験装置

本実験では, PC タキストスコープ (ITEM T.K.K 2280b 竹井機器工業株式会社) を使用した。なお PC タキストスコープは, OS に Windows7 を搭載したパーソナルコンピュータ (OPTIPLEX 990, Dell Inc.), 実験者操作用 (以下, メインディスプレイ) の 23 インチ液晶ディスプレイ (RDT233WLM 三菱電機株式会社), 刺激呈示用 (以下, サブディスプレイ) の 24 インチ液晶ディスプレイ (XL2420T, BenQ Co.Ltd.), 反応取得用の押しボタンスイッチ 2 つで構成されている。またサブディスプレイの画面表示面積は 531 × 299mm, リフレッシュレートは 120Hz であった。

2.2 刺激

本実験では黒または白の背景 (299 × 290mm) 上に 3 種類の文字 (高さ: 視角 2°), ひらがな (あ, い, う, え, お), カタカナ (ア, イ, ウ, エ, オ) およびアルファベット (A, B, C, D, E) を提示した。文字の種類ごとに 1 セッションとし, 各文字の種類の中の 1 文字をターゲット刺激とした。

これらの文字の色には赤, 黄, 緑, 青, 紫の有彩色と黒と白の無彩色の計 7 色を設定した。ただし背景色が黒の場合は文字色に黒を使用せず, また背景色が白の場合は文字色に白を使用しなかった。したがって刺激の合計は, 1 文字 (1 セッション) につき 2 種類の背景色と 6 種類の文字色で 216 個となった。また注視点は背景色を黒に設定した画像に, 白色の 2 つの十字図形を記したものととした (持続時間 1 秒)。図 2.1 は文字の種類がアルファベットの場合の, 刺激と注視点の時間-空間関係を示したものである。また表 2.1 はサブディスプレイに表示した際の 7 色の背景と文字の輝度と CIE の x, y 色度座標を示したものである (いずれもミノルタ色彩色差計 CS100 による測

定)。

表 2.1 の下段は下の(1)式によって求められた背景と文字の輝度コントラストである。ただし黒背景の時は黒文字を、黒背景の時は黒文字を除いたので、黒背景/黒文字と白背景/白文字の時のデータはない(計算上はどちらもコントラスト 0 である)。

$$C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \quad (1)$$

(ここで、C: 輝度コントラスト, L_{max}: 文字および背景のうちどちらか高い方の輝度, L_{min}: 同じくどちらか低い方の輝度)

なお刺激の作成には Az Painter 2, GIMP 2, Microsoft Office Picture Manager, Microsoft Word 2010 を使用し、本実験で用いた 7 色は Microsoft Word 2010 で「標準の色」に登録されたものを基準とした。

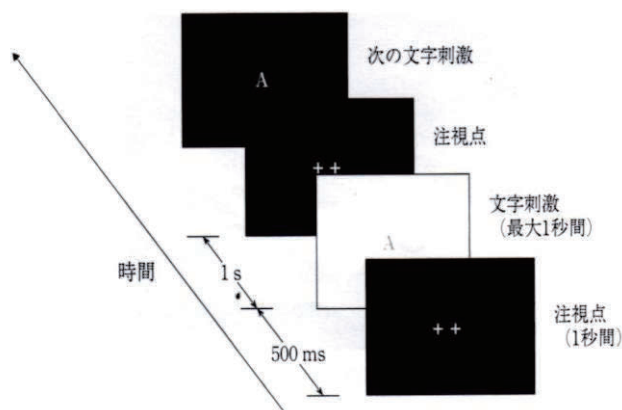


図 2.1 刺激の時間-空間関係

表 2.1 文字色および背景色の輝度, CIE x, y 色度座標および背景と文字との輝度コントラスト

	赤	黄	緑	青	紫	黒	白
輝度 (cd/m ²)	4.22	37.8	15.8	7.11	3.64	0.48	49.2
x 座標	0.597	0.363	0.263	0.189	0.25	0.317	0.292
y 座標	0.325	0.471	0.481	0.232	0.124	0.362	0.335
黒背景の時の輝度コントラスト	0.796	0.975	0.941	0.874	0.767	-	0.981
白背景の時の輝度コントラスト	0.842	0.131	0.514	0.747	0.862	0.981	-

2.3 実験参加者

神奈川大学の学生 16 名(男性 4 名, 女性 12 名,

平均年齢 20.75 歳) が実験に参加した。全実験参加者には謝礼が支払われた。

2.4 手続き

はじめに実験者は実験参加者に対し、ターゲットとなる刺激を指定した。この時ターゲット刺激は各文字の種類(ひらがな, カタカナ, アルファベット)の中の 1 つとし、背景色の違いや文字色の違いは考慮しないものとした。

次に実験参加者はサブディスプレイに表示される注視点に注目し、この注視点が消滅した後に表示される刺激が、先に指定されたターゲットであれば右側のボタンを、それ以外であれば左側のボタンをできる限り早く押す作業を行った。ただし刺激が呈示される時間は最大で 1 秒であり、その間に反応があればその時点で、また反応がなければ 1 秒経過した時点で注視点の画像に移行するように設定した。

このような作業をひらがなの刺激のみが表示されるセット、カタカナの刺激のみが表示されるセット、アルファベットの刺激のみが表示されるセットの合計 3 セットを 1 セッションとして行った。なおターゲットの指定は 1 セット終了するたびに行った。最後に実験に関する感想を、実験参加者からヒアリングして終了した。

なお本実験では本試行を行う前に、文字色が黒、もしくは白の刺激を用いた 10 個程度の練習試行を行った。またターゲットとなる刺激は実験参加者によってランダムに指定し、さらに先に記した 3 セットを行う順番も実験参加者ごとに変更した。

以上のセッションを一人の実験参加者に対し、1 日以上の間隔をあけて 2 回行った。ただし 2 回目の実験では、ターゲットを検出するボタンを左側にした。

3. 結果

表 3.1 に背景の色別の平均反応時間を示す。上述したように各条件における測定は計 2 回ずつ行ったが、1 秒以内に反応できなかった場合は外れ値としてデータから除外した。そうした外れ値は全体で 38 個であった(全データ数 576 個)。表 3.2 は背景色別に、文字の種類ごとの平均反応時間を示したものである。

3 要因の分散分析の結果、すべての要因で 5% 以下の危険率で有意な差は見られなかった(背景の色の要因に関しては 10% レベルで有意であった)。

表 3.1 各背景色における平均反応時間 (ms)

背景色	黒	白
平均反応時間 (ms)	492.23	485.91
標準偏差	54.00	56.59

表 3.2 各文字種における平均反応時間 (ms)

背景色	黒			白		
	ひらがな	カタカナ	アルファベット	ひらがな	カタカナ	アルファベット
平均反応時間 (ms)	493.89	488.27	495.19	494.30	480.14	484.57
標準偏差	53.99	61.33	69.54	66.91	55.52	62.75

表 3.3 実験参加者の内観報告

内容	意見数 (人)	内容	意見数 (人)
黒背景に黄文字が見やすい	6	黒背景に赤文字が見えにくい	1
赤文字が見やすい	2	青文字が見えにくい	3
緑文字が見やすい	2	紫文字が見えにくい	2
白背景に黄文字が見えにくい	7	緑文字が見えにくい	3
黒背景に青文字が見えにくい	2	黒背景が見やすい	4
白背景に黒文字は見やすい	5	紫文字が見やすい	2
黒背景に白文字は見やすい	5	赤文字が見にくい	2
黒背景に紫文字が見えにくい	2	黒背景に赤文字が見やすい	1
白背景が見やすい	3	黄色文字が見えにくい	1
白背景に明るい文字が見えにくい	1	白背景に青文字が見えにくい	1
黒背景に暗い文字が見えにくい	1	白背景に緑文字が見えにくい	2
		青文字が見やすい	1

表 3.3 は実験参加者の内観報告である。最も多かった報告は「白背景に黄色文字が見えにくい」であった。ついで「黒背景に黄色文字が見えやすい」、「白背景に黒文字は見えやすい」、「黒背景に白文字は見えやすい」と続く。これらはいわゆる色彩心理学の中の「色の明視性 (または可読性) の傾向と一致する (塚田, 1978)。

その中で注目すべき点は、互いに相反する報告が見られることである。「赤文字が見やすい」(2人) に対して「赤文字が見にくい」(2人)、「緑文字が見やすい」(2人) に対して「緑文字が見えにくい」(3人)、「紫文字が見やすい」に対して「紫文字が見えにくい」(2人) などである。

4. 考察

山根 (2010) は液晶テレビに映し出された、白、青、紺、黒の 4 種類の背景色に明度差と色差の異なる 5 種類の文字色を提示して、その文字の見やすさの許容度を評価させた。その結果、白と青の背景色において明度差と色差が大きいほど文字

を読むのに許容できる割合が増加すること、また紺と黒の背景色では、それらと最も明度差と色差が大きくなる色を文字に使用した時よりも、1, 2 段階明度差と色差が小さい色を使用した時の方が、見やすい文字として評価される傾向を示した。

また原・野口 (2004) は、ディスプレイに映し出された輝度が 65cd/m² の白の背景色に、背景色よりも輝度の低い有彩色を使用した 6 種類の文章の読みやすさを評価させる実験を行った。その結果、背景色と文字色の輝度 (明度) の対比が大きくなるほど、色相が可読性に及ぼす影響が小さくなることを示した。

紙媒体の刺激 (文書) においても文字と背景との輝度対比が「読みやすさ」の決定因子とする研究結果は多い (難波・原・野口, 2002; 大島・難波・原・野口, 2003)。

一方秋月・井上 (2004) によると、ランドルト視力を用いて、白背景でランドルト環の色を変えた場合および背景とランドルト環の色を同じにした場合のどちらの場合も、その輝度比が等しい無彩色の結果と等しくなることから、細部識別閾はほぼ文字と背景との輝度比によって決定されるとしている。

しかしこれらの結果は、各文字色の「見やすさ」が、「許容できる」、「ぎりぎり許容できる」、「許容できない」の 3 段階評価 (山根, 2010) および「読みやすさ」が「読めない」～「非常に読みやすい」までの 6 段階評価 (難波ら, 2002; 大島ら, 2003; 原・野口, 2004) から得られたもので、いずれも主観的評価実験である。

しかし本実験の結果は、そうしたイメージ、「見やすさ」(山根, 2010; 本実験)、「読みやすさ」(原・野口, 2004) は、実際の可読性と相関していない可能性があることを示した。

また本実験の結果は、そもそも刺激のコントラスト (文字と背景との間のコントラスト) は反応時間にあまり効果を及ぼさない可能性を示している。最近畑野 (2015) は、同じ PC タキストスコープを用いて、無彩色の背景上にさまざまな空間的な密度 (空間周波数) の黒の縞パターンを施した白のアルファベット文字 (W) および無地の W 字を提示し、その認知に要する反応時間を測定した。その際背景の無彩色の輝度を 4 段階に変え、そのアルファベット文字との間のコントラストの影響を検討した。コントラストは 35.7%, 73.7%, 86.3%, 99.1% の 4 段階であった。

その結果、文字に縞があるかないかは平均反応

時間に影響を及ぼさず、その上背景と文字とのコントラストにもほとんど依存しないことが明らかになった。しかしコントラストが0であれば、当然文字を読むことは不可能なので反応時間は $+\infty$ になる。したがって反応時間が刺激のコントラストから完全に独立であるわけではない。おそらくどこかに「閾値」のようなものがあるのではないかと推察される。

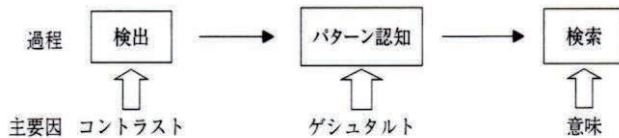


図4.1 文字認知の段階と反応時間に及ぼす主要因 (畑野、2015)

謝辞

本論文は2012年度三星卒研生の藤井紀代美の卒業論文を著者らの独自の視点に立って、あたらしくまとめ直したものである。本文中一部は本人の卒業論文からそのまま引用した。その部分ではできるだけ分かるようにした。この論文の発表に際し、データの使用を快諾してくれた藤井紀代美氏に心から御礼を申し上げる。

引用文献

- 秋月有紀・井上容子 (2004) 明視性等の、サインが備えるべき機能に対する色彩の影響 明視性評価法における色彩の取り扱いに関する考察, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 457-480.
- 原直也・野口太郎 (2004) 無彩色背景有彩色文書の文字の明度, 彩度, 色相が読みやすさと等価輝度対比に及ぼす影響, 照明学会誌 88, 11, 866-873.
- 畑野翔太 (2015) 縞パターンはターゲット刺激の認知を妨げるか? 2014年度神奈川大学大学院人間科学研究科修士論文.
- 藤井紀代美 (2013) 背景色と文字表記の組み合わせによる可読性の変化. 2012年度神奈川大学人間科学部卒業論文.
- 神作博・福本純一 (1972) 安全色彩の誘目性について 日本色彩学会誌 1.1,4-14.
- 難波一郎・原直也・野口太郎 (2002) 日本建築学会大会学術講演梗概集, 335-336.
- 三星宗雄 (2014) 『色彩の快: その心理と倫理』, 御茶の水書房.
- 野口由梨亜 (2013) 色覚障害者の文字認知におけ

るハッチングの効果—反応時間を用いた予備的実験の報告—, 神奈川大学人間科学部研究年報 7, 5-17.

大島寛之・難波一郎・原直也・野口太郎 (2003) 有彩色文書の明視性に関する研究 (その2) —無彩色背景における明視要素と等価輝度対比との関係—, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 93-96.

塚田敢 (1978) 『色彩の美学』, 紀伊国屋書店, pp.115-117.

山根信啓 (2010) 液晶テレビにおける視認性と可読性, 東芝レビュー65, 2, 11-14.

無彩色透明視の清澄感に対する輝度コントラスト要因の寄与

Contribution of Luminance Contrast to Perceptual Clarity in Transparency for Achromatic Stimuli

河合幸子 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

Graduate School of Science and Technology
Kyoto Institute of Technology

Keywords: 透明視, 清澄感, 白み, 黒み

1. はじめに

透明視現象は, Metelli¹⁾に代表されるように光学的要因から研究されてきたが, この要因のみではその見えの質的な特性を充分説明できないことが分かってきた. そこで透明視について光学的要因を操作しながら見えの特性との関係を解析する研究 (Anderson²⁾; Sign & Anderson³⁾; Kingdom⁴⁾) がされてきた. しかし, 透明視面が「澄んでいる」, あるいは, 「濁っている」といった透明視のモードに関する組織的な研究は行われていない. さらに, 透明視のタイプについて, 最近, Tsirlin et al.⁵⁾ は, Glass-transparency, Translucency, Pseudo-transparency の3つの種類に分けているが, 多くの研究は Translucency を対象としている. 本研究では Glass-transparency を対象として⁶⁾, 無彩色透明視のモード変化が刺激輝度条件 (透明視図形の重なり部分・透明視面), 背景条件 (白・黒・淡灰背景) によってどのように変わるか検証する. さらに, 無彩色透明視面の「色みの量」を測定し, 透明視モードの規定要因との関係性を解明する.

2. 実験

(1) 第 I 実験: 重なり部分 C と背景輝度の効果

①方法: 刺激図形を図 1 に示す. テスト刺激は (A, B, C) と背景 (D) で構成される. 輝度条件は, $A=30\text{cd/m}^2$, $B=70\text{cd/m}^2$ で重なり部分の輝度 C は $0.4\sim 130\text{cd/m}^2$ (11~12 段階) の間で変化させた. 背景 D は 3 種類 (白= 130cd/m^2 ; 淡灰= 50cd/m^2 ; 黒= 0.4cd/m^2) を用いた. テスト刺激は画面中央に提示した. 被験者 (4 名) には, テスト面 (A+C) の見えについて刺激図形下方の評価スケール (非常に澄んでいる (+4) ~ 非常に濁っている (-4)) 9 段階を用いて応答ボタンで答えることを求めた.

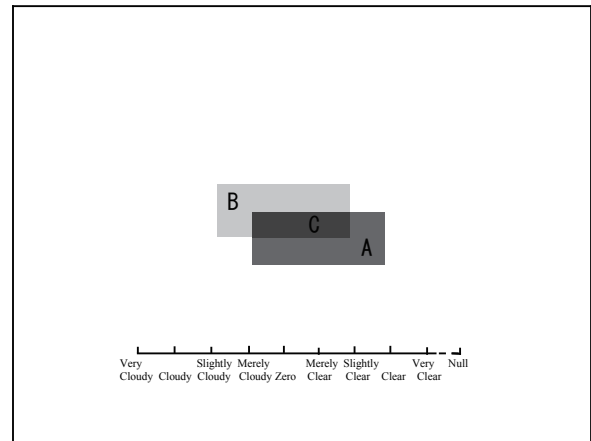


図 1. 実験 I の刺激配置と評価尺度

②結果: 図 2 は, 被験者 4 名についてテスト面 (A+C) の評価結果を重なり部分 (C) の輝度値の関数として, 白背景, 淡灰背景, 黒背景ごとに示したものである. C の輝度値変化範囲の中で, データがプロットされていない部分は透明視が成立しなかった, あるいは (B+C) 面が手前に知覚された領域である. 白背景では, C の輝度値が最も低い条件で評価値が +3 となり高い清澄感が得られている. C の輝度値が高くなるにつれて評価値は下がり清澄感が減少している. C の輝度値がテスト面の A よりわずかに高い値では, 評価値は個人差があるが -2~-3.5 となり強い濁り感が生じている. C の輝度値がさらに高くなるにつれて濁り感は減少している. これに対し淡灰・黒背景では評価値は, C の輝度値の増加と共に単調に上昇し, C の輝度値の低い領域では濁り感が, 高い領域では清澄感が得られている. 特に淡灰背景では輝度の増加による評価値の上昇はより急激であり, C の輝度値が A の輝度値近傍から B の輝度値寄りの間で透明視が成立しており, B の輝度値寄りでの高い清澄感が得られた.

したがって, 白背景では, 重なり部分 C の輝度が非重なり部分 ($A=30\text{cd/m}^2$, $B=70\text{cd/m}^2$) に比

べてより低いときほど澄んで見えており, 黒背景では, 非重なり部分に比べ C の輝度がより高いほど清澄感が増すと言える. これに対し淡灰背景では, C の輝度が A の近傍値と B の輝度値寄りの領域で (A+C) 面の透明視が成立し, A の輝度値近傍では濁り感があり, B の輝度値寄りになるほど澄んで見えている. そして, 3 背景共に重なり部分 C の輝度値が A の輝度値よりわずかに高めで最も強い濁り感が得られている. 以上のことから, 重なり図形に対する清澄感は, 背景の輝度条件によって大きく変化することが明らかになった.

(2) 第 II 実験 : テスト面 A と背景輝度の効果

①方法: 刺激図形は実験 I と同じである. テスト面の非重なり部分 (A) を $0.4 \sim 130 \text{cd/m}^2$ (11 段階) の間で変化させた. C の輝度値は実験 I の被験者ごとに最も高い清澄感が得られた値 (白背景: 3 名 = 0.4cd/m^2 , 1 名 = 8.6cd/m^2), (黒背景: 130cd/m^2), (淡灰背景: 2 名 = 51.8cd/m^2 , 2 名

= 60cd/m^2) を用いた. その他の刺激と手続きは実験 I と同じである.

結果: 図 3 は, 被験者 4 名についてテスト面 (A+C) の評価結果を A の輝度値の関数として, 白背景, 黒背景, 淡灰背景ごとに示したものである. A の輝度値変化範囲の中で, データがプロットされていない部分は透明視が成立しなかった, あるいは (B+C) 面が手前に知覚された領域である. 白背景では, A の輝度値が最も低い条件で評価値が -3 となり最も強い濁り感が得られている. A の輝度値が高くなるほど清澄感が増加し最大の評価値 +4 まで上昇した. 被験者 1 名は透明視成立の輝度幅が狭くなっているが, 4 名ともに同じ関数型になっていることが分かる. 黒背景では, A の輝度値が低い条件で評価値は最も高く +4 となり高い清澄感が得られている. A の輝度値が高くなるにつれて評価値は下がり清澄感が減少している. また, 淡灰背景では, A の輝度値が狭い範

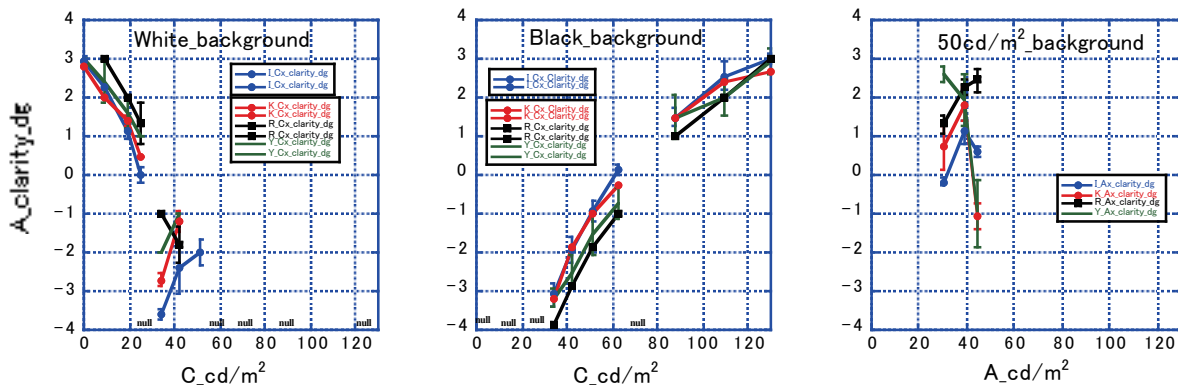


図 2. 清澄感に対する重なり部分 C と背景輝度の効果

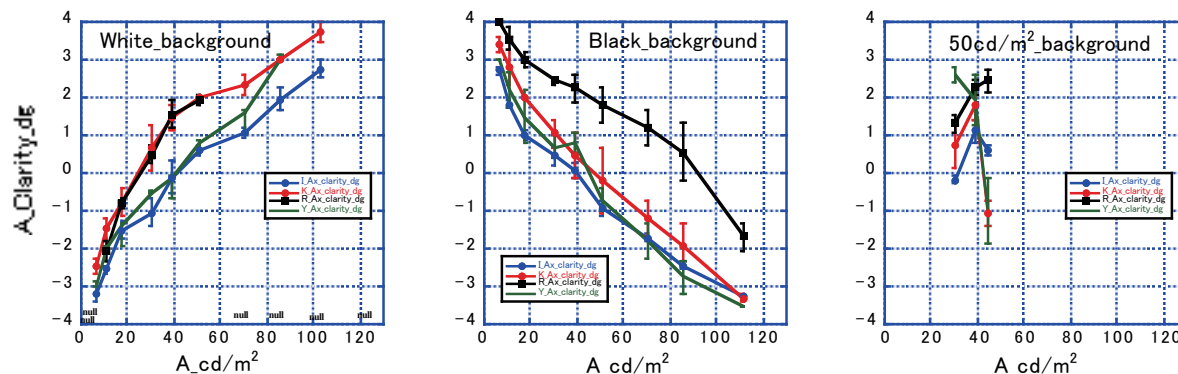


図 3. 清澄感に対するテスト面の A と背景輝度の効果

囲(30~44.5cd/m²)のみで透明視が成立し、被験者によって重なり部分Cの輝度値が異なるため結果の関数型は必ずしも一致していない。全体の特徴としては、Aの輝度値がBとCより低くBとCの輝度差が小さい条件のとき評価値はやや高くなる。Aの輝度値がさらに低くなりAとCの輝度差がより大きいとき、また逆にAとCの輝度差が小さいとき評価値は低く清澄感が減少している。

したがって、白背景では、テスト面のAが高輝度で背景輝度に近く、そして、重なり部分Cとの輝度差が大きいほど澄んで見えている。その逆に、Aが低輝度でCとの輝度差が小さいほど濁り感が得られている。黒背景では、Aが低輝度で背景輝度に近く、そして、Cとの輝度差が大きいほど澄んで見えている。その逆に、Aが高輝度でCとの輝度差が小さいほど強い濁り感が得られている。また、淡灰背景では、Aの輝度はBとCの輝度より低輝度でAとCの輝度差がやや大きいとき澄んで見えている。さらにAとCの輝度差が大きく、あるいは、小さくなると濁り感が得られている。以上のことから、重なり図形の見えのモードは、テスト面のAの輝度条件によっても大きく変化することが示された。さらに、Aの輝度の効果は、背景の輝度条件によって強く規定されることが明らかになった。

(3) 第Ⅲ実験：テスト面の色の量「白み・黒み」

①方法：刺激図形は実験Ⅰと同じである。輝度条件は実験Ⅱと同一とした。被験者(2名)に

は、テスト面(A+C)の見えについて、刺激図形下方の「色み」の評価スケール(どれくらい「白みがあるか」また、「黒みがあるか」)0~100%を用いて応答ボタンで答えることを求めた。黒背景では「白み」量、白背景では「黒み」量、淡灰背景では「白み」量、「黒み」量を測定した。

②結果：図4は、被験者2名についてテスト面(A+C)の色みの評価結果をAの輝度値の関数として示したものである。白背景では、テスト面のAの輝度値が低い条件で黒み量が多くなっている。ただし、黒み量100%はAとCの輝度値が等しく不透明面を知覚されていることを示している。Aの輝度値が高くなるほど黒み量が少なくなっている。黒背景では、Aの輝度値が低い条件では白み量が少なく、Aの輝度値が高くなるほど白み量が多くなっている。ただし、白み量100%はAとCの輝度値が等しく不透明面を知覚されていることを示している。淡灰背景では、Aの輝度値が低い条件で黒み量が多く白み量が少なくなっている。Aの輝度値が高い条件(AとCの輝度値が等しい51.8cd/m²,60cd/m²)で白み量が多く黒み量が少なくなっている。

したがって、AとCの輝度値の関係を考慮すると、白背景ではAの輝度値がCの低輝度度(0.4cd/m²)方向に低下するほど黒み量が増え、高輝度になるほど黒み量は減少する。黒背景ではAの輝度値がCの高輝度(130cd/m²)方向に上昇するほど白み量が増え、低輝度になるほど白み量は減少する。淡灰背景ではAと

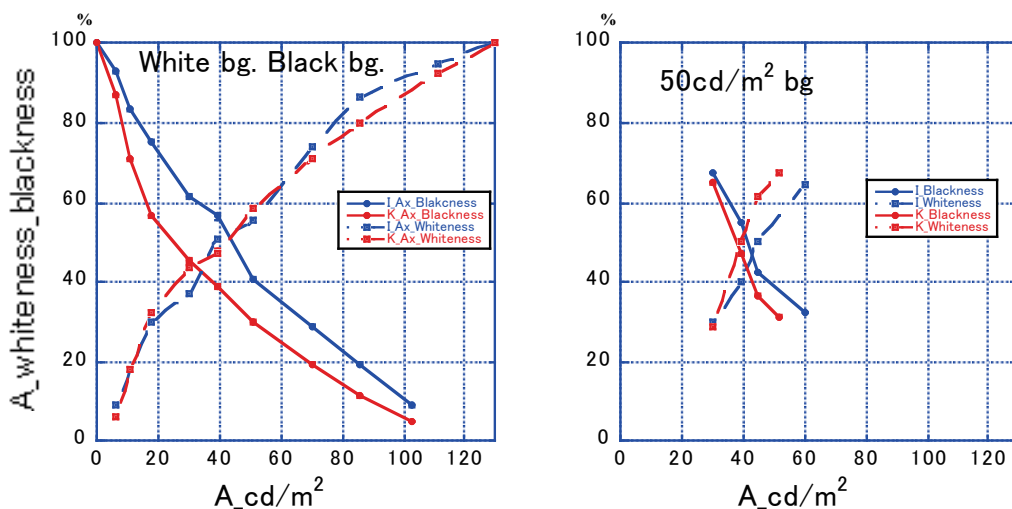


図4. 透明視面の「色みの量」

Cの輝度値(51.8cd/m², 60cd/m²)が等しいと白み量が多く黒み量が少なく,Aが低輝度では黒みが多く白みが少なくなるといえる。

3. 考察

本研究では,まず第I実験において,無彩色の重なり図形刺激に対する透明視の見えのモード(清澄感・濁り感)が,背景条件によってどのように変わるかを測定し,モードを規定する要因の解析を試みた.その結果,重なり図形を同一の条件とした場合でも,見えのモードは背景の輝度条件によって大きく変化し,重なり部分の輝度変化に対して,各背景条件で得られる清澄感・濁り感の評価関数は異なる形状を示すことが明らかになった。

白背景条件では,重なり部分(C)の輝度が非重なり部分(A)の輝度よりも低いほど高い清澄感が得られ,黒背景条件では,重なり部分の輝度が非重なり部分の輝度よりも高いほど高い清澄感が得られた. 淡灰背景では,重なり部分の輝度が背景輝度より高いほど高い清澄感が得られた.そして,白・黒・淡灰背景ともに,最大の濁り感,重なり部分の輝度値が透明視面よりわずかに高い条件で最大の濁り感が得られた.これらの結果は,重なり部分と背景との輝度コントラストが清澄感の規定要因の一つであり,コントラストが増すほど清澄感が増すと言える.しかし,淡灰背景の重なり部分の輝度は,白背景と黒背景で共通する輝度領域のみで透明視が成立し,その輝度は背景よりやや高い条件で清澄感が得られ,白背景・黒背景条件での輝度コントラスト条件とは異なる要因の寄与が示唆される。

第II実験では,非重なり部分の透明視面の輝度変化に対して,各背景条件で得られる清澄感・濁り感の評価関数が異なる形状を示すことが明らかになった。

白背景では,透明視面の非重なり部分の輝度が高く,低輝度の重なり部分と差分が大きいほど,また,白背景輝度と差分が小さいほど清澄度が高く,その逆の場合には濁り感が得られた.黒背景では,テスト刺激の非重なり部分の輝度値が低く高輝度の重なり部分との差分が大きいほど,また,黒背景輝度との差分が小さいほど清澄度が高く,その逆の場合には低い濁り感が得られた.淡灰背景では,透明視面の非重なり部分の輝度が,重なり部分と後方の非重なり部分の輝度差より低輝度の場

合に清澄感が得られ,重なり部分の輝度より低くあるいは高くなると濁り感が得られた.これらの結果から,透明視面と重なり部分の輝度コントラストが大きいこと,同時に白背景や黒背景と輝度コントラストが小さいことが清澄感を規定する第2要因といえる。

第III実験では,透明視面の色みの量を測定し,第II実験の結果との関係について検討した.白背景では,透明視面の非重なり部分が高輝度で黒み量が最少(第III実験)のとき最大の清澄度(第II実験)が得られ,また,最低輝度では黒み量が最大(第III実験)で最小の清澄度(第II実験)となった.黒背景では,透明視面の非重なり部分が低輝度で白み量が最少(第III実験)で高い清澄度(第II実験)が得られた.また,高輝度では白み量が最大(第III実験)で最小の清澄度(第II実験)となった.淡灰背景では透明視面の非重なり部分の輝度値は他の部分より低い,また,重なり部分に近似条件では黒み,白み量が増え(第III実験)濁り感(第II実験)をもたらす,両方の色みの量が少ない(第III実験)と清澄感(第II実験)が得られる.これらの結果から,白背景での黒み評価,黒背景での白み評価,淡灰背景での白み・黒み評価は,透明視面において少ないほど清澄度が高く,その逆に多いときには清澄度が低く濁り感が高くなることが示された.無彩色の色みの量と清澄感の関係は有彩色の場合と同じである⁶⁾

参考文献

- 1) Fabio Metelli. The Perception of Transparency. *Scientific American*. 1974, vol.230, no.4, p.91-98
- 2) Barton L. Anderson. A theory of illusory lightness and transparency in monocular and binocular images: the role of junction. *Perception*. 1997, vol.26, p.419-453
- 3) Manish Singh; Barton L. Anderson. Toward a Perceptual Theory of Transparency. *Psychological Review*, 2002, vol. 109, p.492-519
- 4) Frederick A. A. Kingdom. Lightness, brightness and transparency: A quarter century of new ideas, captivating demonstrations and unrelenting controversy. *Vision Research*. 2011, vol.51, p.652-673
- 5) Inna Tsirlin et al. Perceptual asymmetry reveals neural substrates underlying stereoscopic transparency. *Vision Research*. 2012 vol.54, p1-11
- 6) 河合幸子, 大谷芳夫, 透明視の清澄感に対する色情報と輝度情報の寄与, 日本色彩学会誌, 2014 vol.38, no.1 p.13-20

製品に望まれる感性品質の日タイ比較

A comparison on the desired image for products between Japanese and Thai people

森山 なな Nana Moriyama 名城大学 Meijo University
 秋田 昌也 Masaya Akita 名城大学 Meijo University
 Kamron Yongsue Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
 川澄 未来子 Mikiko Kawasumi 名城大学 Meijo University

Keywords: 感性品質, 製品, 色彩, 国際比較

1. はじめに

視覚的な嗜好, とりわけ色彩嗜好は, より魅力的な製品を生み出すための重要な要素の一つであり, その違いを分析・理解することは, 顧客に応じた製品設計・展開に役立つ¹⁾. 本研究では, 感性品質をより高める色彩条件を見出すための事前調査として, 製品に求められる感性品質について調査し, 日本人とタイ人の違いを比較した. なお, 対象は, 花, メタリック, 織物の3製品とした(図1).



図1 調査対象の3製品

2. 方法

調査に使う感性品質として, 「上質な」「清潔な」などの形容詞を日本語とタイ語で71選定した. また, 英語を介して日本語とタイ語でニュアンス

が変わらないよう留意し, どちらの言語を用いた調査にも英語を併記した. 今回は Web 上に調査サイトを立ち上げ, 3製品それぞれについて, 製品を選ぶ際に重視する形容詞を複数選択してもらうように設問を用意し(図2), オンライン調査を行った. 被験者として, 日本人とタイ人の大学生それぞれ100人の協力を得た(表1).

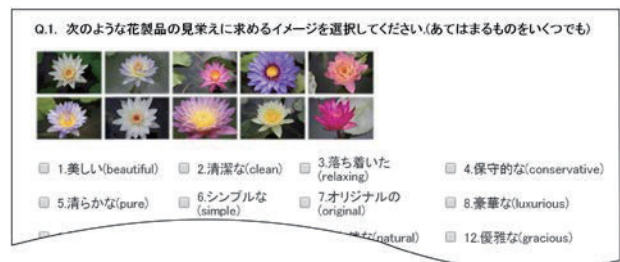


図2 オンライン調査の一部

表1 被験者

	男性 (人)	女性 (人)
日本人	50	50
タイ人	41	59

3. 結果

日本人に対する調査結果と, タイ人に対する調査結果を製品別に比較した. 40%以上の得票率が得られた形容詞をそれぞれ表2と表3に示す. 製品それぞれにおいて, 日本人とタイ人で共通点と相違点が見られた. 花製品については, 上位3語が日本人とタイ人で共通で「自然な」「美しい」「清らかな」であった. メタリック製品については, 日本人は「シンプルな」「清潔な」, タイ人は「便利な」「革新的な」が上位に入った. 織物製品については, 1位は共に「美しい」であったが, 日本人は次いで「古典的な」「上質な」, 対してタイ人は「洗練された」「ハンドメイドの」であった.

表 2 得票率 40%以上の形容詞(日本人)

花製品		メタリック製品		織物製品	
形容詞	%	形容詞	%	形容詞	%
美しい	81	シンプルな	80	美しい	58
自然な	59	メタリックな	63	古典的な	50
清らかな	53	清潔な	57	上質な	49
優雅な	49	スタイリッシュな	54	装飾的な	46
かわいい	46	クールな	53	ハンドメイドの	45
清潔な	45	高品質な	52	繊細な	45
繊細な	44	洗練された	49	オリジナルの	44
エレガントな	43	便利な	44		
落ち着いた	40	現代的な	41		
		スマートな	40		

表 3 得票率 40%以上の形容詞(タイ人)

花製品		メタリック製品		織物製品	
形容詞	%	形容詞	%	形容詞	%
自然な	83	メタリックな	84	美しい	86
美しい	73	便利な	55	洗練された	69
清らかな	57	革新的な	54	ハンドメイドの	58
マイルドな	53	派手な	44	女らしい	52
陽気な	49	上質な	42	ゴージャスな	47
楽しい	46	高品質な	41	保守的な	46
落ち着いた	43			繊細な	43
平和な	42			オリジナルの	42
花盛りの	42			高級な	41
				柔らかい	41

また、得票率の高い形容詞の位置づけを2次元空間上で比較するため、調査に使った形容詞を日本カラーデザイン研究所による言語イメージスケール²⁾³⁾上に重ね合わせて考察した。図3中の“elegant”“dynamic”などの語はイメージスケール内のグループの名称で、“1.beautiful”“10.refined”などの語は今回の調査に使った形容詞である。今回使った形容詞の中で言語イメージスケールにのっていないものは、どのグループに属するかわからないため、図3からは外してある。なお、形容詞の前についている番号については、調査用紙上での番号であり、言語イメージスケールとの関連性はない。

表2と表3の形容詞が複数含まれるグループに網掛けを施して比較したところ(図4)、日本人もタイ人も、それぞれの製品に対して似た方向性の形容詞群を重視していることがわかった。花製品について、日本人は“elegant”、タイ人は“casual”が加わっているものの、“natural”近辺のエリアが重視されているのは共通している。また、メタリック製品については、“modern”に加え、日本人は“chic”“cool/casual”を重視している傾向が明らかになった。織物製品については日本人もタイ人も共に“elegant”を重視していることがわかった。

以上をまとめると、花製品と織物製品に求められるイメージは、イメージスケール上でSOFT寄りに位置し、日本人は両者が重なっているのに対

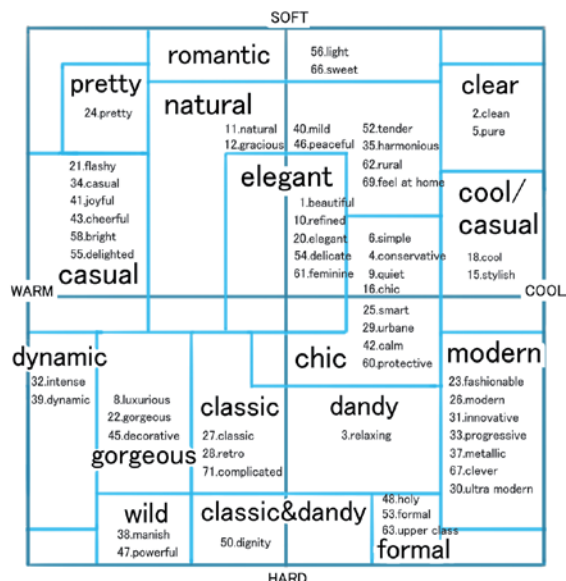


図 3 言語イメージスケールと使用した形容詞

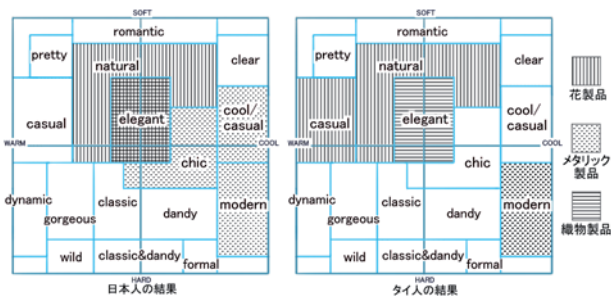


図 4 言語イメージスケール上での比較結果

し、タイ人は両者を区別し、花製品に対してよりWARMを求めている。メタリック製品については、COOL-HARDが中心となりつつも、日本人が求めるイメージはSOFT方向も含む広いエリアにまたがっている。

4. まとめ・今後

製品に求められる感性品質について、日本人とタイ人の間では一部が異なることが明らかとなった。今後は、上位の形容詞のいくつかに注目し、そのイメージを最大に引き出す色彩条件について調べていく予定である。

参考文献

1) Mikiko Kawasumi, et al : A study on silver metallic color preference, AIC 2015 TOKYO, pp.735-739, 2015
 2) 小林重順 : カラーイメージスケール, 日本カラーデザイン研究所, 1990
 3) 小林重順 : カラーシステム, 日本カラーデザイン研究所, 1999

質感嗜好と色彩嗜好の関連に関する研究

Study of the relationship between texture preference and color preference

稲葉 隆 Takashi Inaba

日本カラーデザイン研究所

Nippon Color & Design Research
Institute INC.

Keywords: 質感, テクスチャー, 色彩嗜好.

1. 研究の目的

工学・心理物理学・脳科学の研究者が連携した取り組みである新学術領域「質感脳情報学」にみられるように、現在、質感の科学的な解明が進んでいる。物体表面に関して言えば、質感知覚には視覚と触覚を中心とした複数のモダリティが関係している。本研究は、嗜好性という視点に立って質感の触覚的側面と色彩の視覚面側面との関係を探ろうとするものである。そのために質感嗜好の違いが色彩嗜好に影響するかどうかを検討することを目的とした。

2. 方法

(1) 調査方法

調査は、首都圏及び京阪地区在住の18歳以上の学生、20代・30代・40代・50代・60代の社会人男女、計880名を対象としたWebアンケートにより、2014年11、12月におこなった。なお、この調査はカラー・デザイン嗜好、生活意識等を調べるのが主目的のものであり、今回の分析対象設問はそれらの一部として設定したものであった。

(2) 刺激と手続き

提示した色彩刺激は色相と色調で整理した有彩色42色、無彩色4色、メタリック色2色の計48色の単色である(図1)。設問は「以下の48色のカラーの中から、お好きな色をお答えください。(いくつでも)」とし、嗜好色を複数選択させた。

質感の評価因子は光沢感・平滑感、凹凸感、柔軟感、温冷感、乾湿感などが先行研究により認められている(吉田,1976、永野・岡本・山田,2011)。そこで、それらを代表する質感評価語として「つやのある」「つやのない」「さらさらした」「しっとりした」「ふわふわした」「ごわごわした」などの22語を提示し、好きな質感にあてはまる言葉を複数選択させた(表1)。設問は「あなたが好きな質感(見た目と触り心地)にあてはまるものをお答え下さい。(いくつでも)」であった。

を複数選択させた(表1)。設問は「あなたが好きな質感(見た目と触り心地)にあてはまるものをお答え下さい。(いくつでも)」であった。

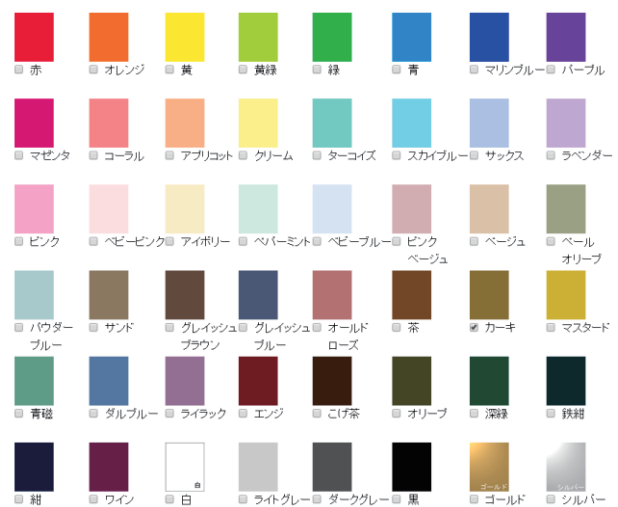


図1.提示色一覧

表1.質感評価語一覧

つやのある	なめらかな	やわらかい	すべすべした
つやのない	ざらざらした	かたい	きめ細かい
きらきらした	凸凹した	ふわふわした	荒い
透明な	乾いた	ごわごわした	ラフな
不透明な	さらさらした	あたたかい	
つるつとした	しっとりした	つめたい	

3. 結果

(1) 色彩と質感の嗜好度

色彩嗜好設問に関しては全調査対象者からの回答を得た。全体結果として嗜好色上位10色を図2に示す。色彩嗜好傾向としては、黒、白という無彩色及び、比較的彩度の高い有彩色が上位を占めており、若干寒色系に片寄りがみられる。次に、質感嗜好設問に関しては839名から回答を得た。嗜好質感の上位を図3に示す。特に「やわらかい」「なめらかな」は全体の5割弱にあたる高い嗜好率を示している。好まれやすい質感はソフ

トでクリアな感覚をもつものを中心になっていると言えよう。

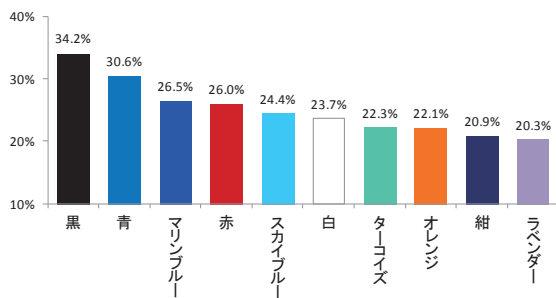


図 2.嗜好色上位 10 色

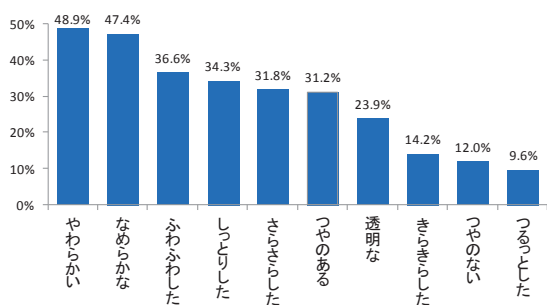


図 3.嗜好質感上位 10 語

(2) 質感嗜好による色彩嗜好の違い

「つやのある」質感を好む群と「つやのない」質感を好む群とで、48色の嗜好性に違いがあるかどうかの検定をおこなうと、両群の間で有意な差が認められた ($\chi^2(47, N=2746) = 81.616, p < .01$)。しかし、他の対照的な質感嗜好群間 (きめ細かい/ラフな、透明な/不透明な、さらさらした/しっとりした、すべすべした/ざらざらした、あたたかい/つめたい) では有意な差はみられなかった。

さらに、48色それぞれについて「つやのある」質感を好む群と「つやのない」質感を好む群とで選択率に有意な差があるかについて 2×2 の χ^2 検定をおこなった。その結果、両群間でシルバー ($\chi^2(1, N=359) = 4.054, p < .05$) とゴールド ($\chi^2(1, N=359) = 10.567, p < .01$) の嗜好率に有意な差が認められた。すなわち、メタリックカラーの嗜好率は「つやのある」質感を好む群の方が「つやのない」を好む群よりも高い。そして、非メタリック系カラーの中でも、スカイブルー ($\chi^2(1, N=359) = 81.616, p < .01$)、ピンク ($\chi^2(1, N=359) = 6.378, p < .05$)、青 ($\chi^2(1, N=359) = 3.890, p < .05$) についても嗜好率に有意な差が認められ、それらも「つやのある」質感を好む群の嗜好率が高いこ

とがわかった (図 4)。

さらに、青磁 ($\chi^2(1, N=359) = 6.378, p < .05$) とパールオーリーブ ($\chi^2(1, N=359) = 6.718, p < .01$) の嗜好率にも有意な差が認められ、これらの場合は「つやのない」質感を好む群の方が「つやのある」質感を好む群よりも好んでいた (図 5)。

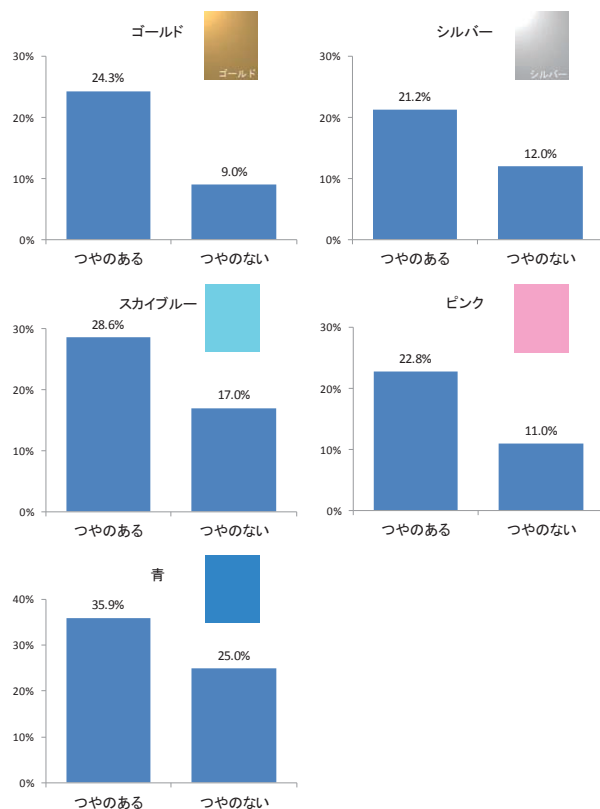


図 4. 「つやのある」を好む群が「つやのない」を好む群より有意に嗜好率が高い色彩 (数字は嗜好率)

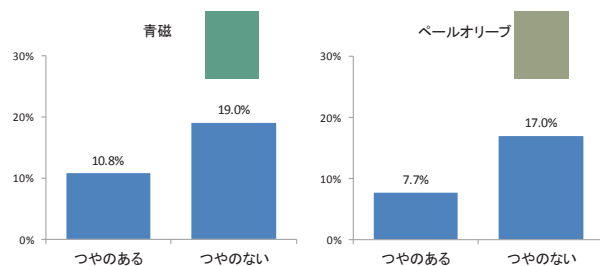


図 5. 「つやのない」を好む群が「つやのある」を好む群より有意に嗜好率が高い色彩 (数字は嗜好率)

両群で嗜好率に差がみられた青、ピンク、スカイブルー、青磁、パールオーリーブの RGB 値と $L^*a^*b^*$ 値を表 2 に、それぞれの彩度(C*)のグラフを図 5 に示す。

表 2.嗜好率に差の見られた色彩の RGB 値・L*a*b*値の一覧

	R	G	B	L*	a*	b*	C*
青	0	133	228	53	-3	-58	58.1
ピンク	255	172	202	79	34	-2	34.1
スカイブルー	125	209	233	79	-22	-20	29.7
青磁	94	156	131	60	-25	7	26.0
ペールオリーブ	159	165	127	67	-7	19	20.2

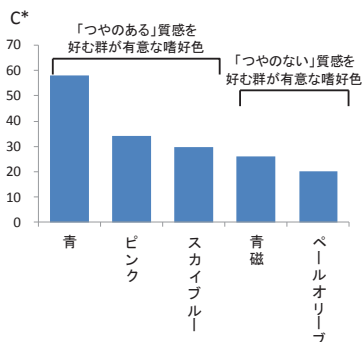


図 6.嗜好率に差の見られた色彩の彩度 (C*)

以上のように「つやのある」質感を好む群の嗜好色は彩度が高く、「つやのない」質感を好む群の嗜好色は彩度が低い傾向がみられる。言い換えると前者は澄んだ“清色”を好みやすく、後者はくすみのある“濁色”系を好みやすいと考えられる。

(3) 質感嗜好と色彩嗜好の関係

色彩嗜好度を行に、質感嗜好度を列としたマトリクス表 (度数) を作成し、この度数データを元に相関分析をおこなった。なお、解析にはエクセル統計 2012 を使用した。その結果、抽出された第 I 軸の寄与率は 37.4%、第 II 軸の寄与率は 16.1% となり、両軸での累積寄与率は 53.4% となった。

第 I 軸と第 II 軸を直交させた座標上に色彩をプロットしたものを図 7 に、質感をプロットしたものを図 8 に示す。紙面の都合上、それぞれ原点近くにプロットされるものの名称は省略した。

I 軸についてみると、色彩では一方向が澄んだ清色調、+方向がくすんだ濁色調のものがプロットされている。それに対して質感では一方向が光沢が高く平滑な印象、+方向が光沢が低く凹凸のある印象がプロットされている。II 軸をみると、一方向にメタリックカラーとはっきりとした印象の色彩、+方向にはソリッドカラーで比較的彩度が抑えめの色彩がプロットされている。質感では一方向がラフな触感、+方向がスムーズな触感といえよう。

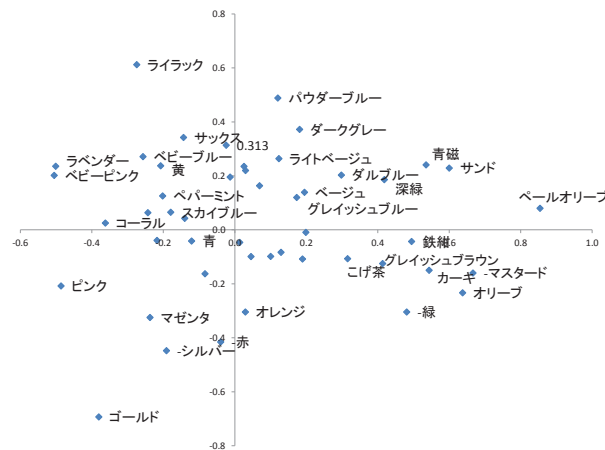


図 7.相関分析結果 (色彩)

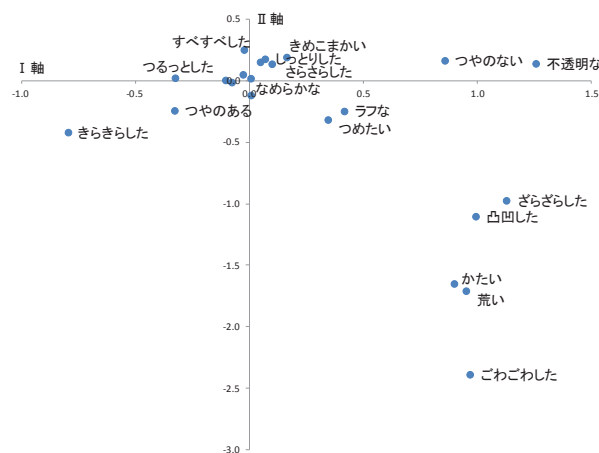


図 8.相関分析結果 (質感)

4. 考察

テクスチャーと色彩で構成される物の表面の質感は触覚だけでなく視覚によっても判断されるものである。触覚的な質感はテクスチャーが主として判断材料となるが、“視覚的触感”の評価対象にはテクスチャーの他に色彩も含まれる。たとえば同じテクスチャー表面でもそれを覆う色彩によって異なって見えることがある。これは色彩自体に質感的な効果があるからであると考えられる。このことを質感と色彩の嗜好性という視点から考察することが本研究の目指したところである。

対照的な質感評価語を好む 2 群間で嗜好色に有意な差があるかどうかを検討したところ、光沢感 (つやの有無) に関して違いがみられた。光沢感は触覚的な質感ではなく視覚的な質感であるので、同じく視覚的にとらえられる色彩との関連が強いことは予測できる。また、メタリック・カラ

一は色彩であるとともに強い光の反射により輝く質感をもつため、光沢感の印象がもたれるのは当然とも言える。しかし今回は、つやのある質感を好む群が比較的彩度の高い色調を選択し、つやのない質感を好む群が彩度の低い色調を好むことが明らかになった。つまり、つや（質感）と彩度（色彩）の関係の強さが嗜好性の面から示唆されたわけである。さらに、彩度の概念をともなわない無彩色についてもつやを好む群とそうではない群とで選択に有意な差があった。灰色は白と黒の混合であり、そのためくすんだ印象を与える。この“濁色”の感覚は低彩度色にも同様に感じられると言えよう。

また、質感嗜好と色彩嗜好相互の関連の一端がコレスポンデンス分析で明らかになった。そこで抽出されたⅠ軸×Ⅱ軸による座標平面の4象限について色彩嗜好と質感嗜好の傾向をまとめると図9のようになる。第1象限と第3象限の関係は光沢感（質感）とメタリック感及び彩度が関与しており、第2象限と第4象限の関係は平滑感（質感）と彩度（色彩）が関与していることがわかる。これらの点は色彩自体がもつ視覚的触感の性質のひとつであると考えられる。

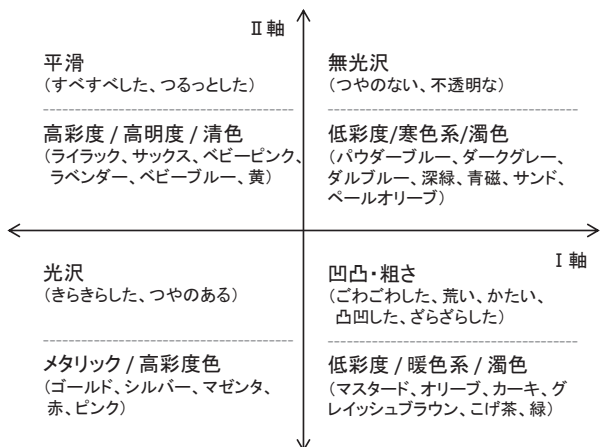


図9.Ⅰ軸×Ⅱ軸による4象限の色彩嗜好・質感嗜好の特徴

高い彩度をもつ有彩色や白・黒は澄んだ印象を与えやすい“清色”であり、低い彩度をもつ有彩色と白と黒を混合することで得られる灰色は濁りみのある印象を与えやすい“濁色”と言える。今回の調査結果から“清色”は高い光沢感や平らで滑らかなテクスチャーを想起させやすく、“濁色”は低い光沢感や凹凸があるざらざらしたテクスチャーを想起させやすいという関係があるこ

とが示唆された。

なお、本調査は Web アンケートであるため色彩はモニターを通じて提示し、質感はワードを提示しておこなった。今後、リアルなカラーサンプルを提示し、テクスチャーを実際に触って評価する手法により色彩と質感の嗜好性の関係、印象形成に対する相互作用について研究を進めることが必要である。

参考文献

- 1) 永野光・岡本正吾・山田陽滋：触覚的テクスチャーの材質感次元構成に関する研究動向 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 16(2011) 343-353
- 2) 吉田 正昭：心理学的にみた表面触覚の意味 精密機械 42(1976), 1096-1101

周囲環境が金色の知覚に与える影響について

An Influence of Surrounding Environment on Perception of "GOLD"

鄭 琦 Qi Zheng 千葉大学大学院
 平井 経太 Keita Hirai 千葉大学大学院
 星野 勝義 Katsuyoshi Hoshino 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
 Chiba University

Keywords: 金色知覚, 実物体, 拡散反射, 周囲環境, 心理物理評価

1. はじめに

金の材質からなる物体表面に対して, 我々は拡散反射特性を有する物体色とは異なる独特の金らしさを知覚する. 金色の知覚には光沢の影響が強く関係していることが知られており, 主に CG を用いて知覚メカニズムの解析が進められている[1][2]. しかし, 人間がどのように実物体の金色を知覚しているかは, 十分に調べられていない.

著者らは先行研究[3]において, 異なる金らしさを有する塗料サンプルを用いて, 実物体刺激の物理計測と心理物理実験を行い, 拡散反射領域の情報が, 金色知覚に強い影響を与えることを示した. 本稿では, 観察時の物体周囲の照明環境に着目し, 心理物理実験を通じて, 周囲環境が金色知覚に与える影響を考察する.

2. 実験方法

実験刺激を図 1 に示す. 実験には, 金メッキ物体に加えて, 文献[4]の方法によって生成された金属光沢を有する 2 種類の非金属塗料をガラスに塗布して用いた.

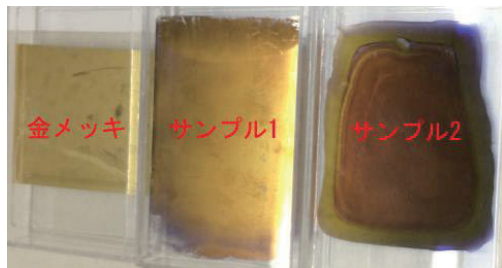


図 1 実験刺激サンプル

実験では, 刺激サンプル 3 種に対して, 照明 2 種(A 光および D65 光) および刺激サンプルに移りこむ周囲物体 2 種(黒紙および白紙)を組み合わせた 12 刺激を用いた. 図 2 に, 実験に用いた刺

激 12 種の物体表面および照明光の xy 色度を示す. 赤い枠は Okazawa らによって調べられた金色領域(光沢がある画像, 鏡面反射率 1.0)[1]を示す. 同じサンプルに対しても, 異なる照明光および映りこむ周囲物体の組み合わせによって, 色度が金色領域の内外に存在していることがわかる.

図 3(a)に, 実験環境を示す. 暗室に準備されたビューイングブース(Machbeth Judge II)の中に, 観察者に対して約 45 度の角度で刺激サンプルを設置した. また, サンプルに移りこむ周囲物体を, 右壁面に設置した. このとき, 観察者に対して, 鏡面反射は生じないように設置した.

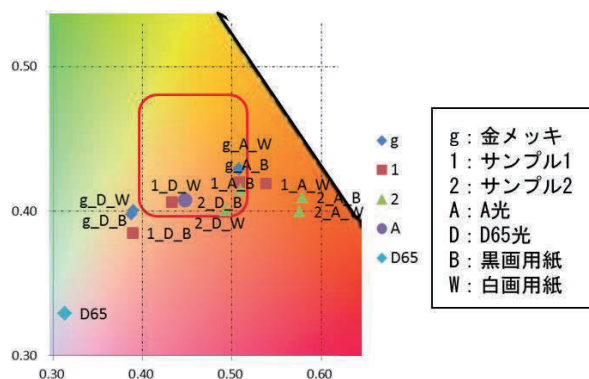


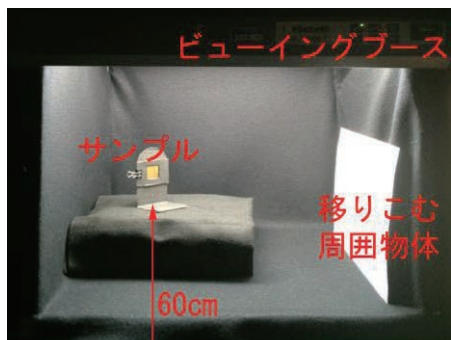
図 2 実験に用いた刺激の xy 色度

実験は, 2 種類の環境で, 以下に示す実験 1, 実験 2 の順番に行った. 被験者は 20 代から 40 代までの男女 8 名である.

実験 1 : 観察窓を通した評価実験

図 3(b)に実験環境を示す. 被験者は, ビューイングブースを覆った黒い壁面に開けた観察窓を通して, 提示された刺激の色を評価した. したがって, 被験者は, 照明光を知覚することができない. 被験者と観察窓の距離は 60cm であり, 観察窓は 2cm × 2cm (視野角 2°)とした. 被験者は, 各刺激に対する適切な色名を, Berlin & Kay の基本 11 色名に金色, 銀色, 銅色を加えた 14 色に対し

て、総和が100となるように点数化して評価した。実験では、再現性を検証するために、12刺激を各2回ランダムに提示し、計24刺激を評価した。



(a) 観察窓なし



(b) 観察窓あり

図3 実験環境

実験2：観察窓を通さない評価実験

図3(a)の実験環境を用いた。照明、実験刺激、被験者、評価方法ともに、実験1と同様である。観察窓がないため、被験者は照明光を知覚することができ、照明光を含めて刺激を観察することとなる。提示刺激と被験者の距離と視野角も、実験1と等しく設定した。

3. 実験結果

図4に、各刺激に対して、金色の色名に与えられた評価点の被験者平均と標準偏差を示す。図に示されるように、鏡面反射を含まない刺激に対しても、金色は知覚される結果となった。容易に想像できるように、金メッキが高い評価値を得た。しかしながら、塗料サンプルでも金色の色名は回答され、条件によっては金メッキよりも評価点平

均が高い結果となったことは興味深い。

表1に、被験者内の評価値偏差と被験者間の評価値偏差を示す。被験者内偏差は、それぞれ1回目と2回目の評価値の標準偏差に関して、12刺激の平均値を求め、さらに8人の平均を求めたものである。被験者間偏差は、各刺激に対する個人の2回の評価値の平均値を求め、それらの8人の標準偏差を求めて、12刺激の平均を求めたものである。表に示されるように、被験者間偏差と比較して、被験者内の色名評価は安定していることが確認できる。また、基本色名では、観察窓を通さない場合より、観察窓を通した場合に、双方の偏差は高い結果となったが、金属色の場合には結果が逆転した。これらの結果は、照明光を知覚できる環境では、安定して金属色を知覚していることを示唆している。

表1 左：被験者内偏差 右：被験者間偏差

	窓あり	窓なし		窓あり	窓なし
金	5.96	6.58	金	18.40	19.32
銀	3.39	4.19	銀	8.06	13.30
銅	5.70	6.48	銅	14.21	23.03
黄	4.06	1.56	黄	9.09	7.56
茶	5.16	3.85	茶	23.81	16.95
橙	3.33	2.29	橙	13.67	7.01
赤	1.30	1.15	赤	4.25	4.32
灰	2.34	1.38	灰	4.46	5.73
白	4.43	2.73	白	10.85	9.64
黒	2.92	3.14	黒	10.70	8.85
緑	0.05	0.00	緑	0.14	0.00
青	0.05	0.00	青	0.14	0.00
桃	0.42	0.31	桃	1.65	0.83
紫	0.52	0.00	紫	3.58	0.00
平均	2.83	2.41	平均	8.79	8.32

図4に示されるように、総じて、D65光源よりA光源の場合に、金色色名の回答が高かった。これは、D65光に比べて、A光の下での刺激の彩度が高いことが影響していると考えられる。図2の金色領域の中の刺激に対して、A光の下での刺激(g_A_B, g_A_W, 1_A_B)の金色評価点平均が高いが、D65光の場合(1_D_W, 2_D_B, 2_D_W)には評価点が低い。また、金色領域外の刺激の金色の色名の評価点平均は総じて低くなったが、金メッキの刺激が、条件によっては金色領域外でも評価点が高い結果となった(g_D_B)。これらの結果は、金色知覚には、表面の色度以外の要素も影響していることを示唆している。

化粧における色の濃さの許容範囲に関する検討

Study of permissible range at make-up's color density

好川 亜希子 Akiko Yoshikawa 早稲田大学大学院 Graduate School of Human Sciences,
人間科学研究科 Waseda University
若田 忠之 Tadayuki Wakata 早稲田大学 Faculty of Human Sciences,
人間科学学術院 Waseda University
齋藤 美穂 Miho Saito 早稲田大学 Faculty of Human Sciences,
人間科学学術院 Waseda University

Keywords: 化粧、濃度、濃度の許容

1. はじめに

口紅やアイシャドウなど、現在販売されている化粧品には、様々なカラーバリエーションが存在している。それらの中から選択され、身につけられた色やその濃度が、人が持つ外見の印象を左右する重要な要因となることは明らかであろう。

化粧についての研究は数多くされてきているが、どのような化粧の色や化粧の濃さが一般的に許容されるのかということが論文のテーマとして扱われていることはあまりない。そのため本研究では、一般的に許容される化粧の濃さを検討することを目的とする。また、アイシャドウに関しては化粧品として展開されている色が非常に多いため、本研究では化粧品の中でも比較的色の展開が少ないファンデーション、チーク、口紅の3種類を扱うものとする。

2. 方法

2-1. 画像刺激

女性の平均顔を作成し、その画像に Adobe Photoshop CC(Adobe)を使用してファンデーション、チーク、口紅の化粧を施した。3種類の化粧の濃さは、色の不透明度を調整して「濃度：0(化粧なし)」「濃度：低」「濃度：中」「濃度：高」の4パターンとし、それぞれの化粧の濃さを1つずつ組み合わせると計64枚の刺激画像を作成した。不透明度の設定は、ファンデーションは低:6%、中:13%、高:20%、チークと口紅は低:10%、中:20%、高:30%を用いた。

ファンデーション、チーク、口紅の各色については、化粧品の口コミサイトである@COSMEを参照し、それぞれの化粧品の人気ランキングで1位(2015年7月20日付)となっていた化粧品の色サンプルからRGB値を計測したものを使用し

た(ファンデーション:R240・G199・B182、チーク:R235・G85・B184、口紅:R227・G57・B125)。用いた刺激の一覧を巻末資料1に示す。

2-2. 被験者

20名の男女(平均21.7歳、男女比1:1)が参加した。

2-3. 手続き

iPad air(apple)を使用して、作成した64枚の画像をランダムに被験者に提示し、それぞれについて化粧の濃さ(7段階:1.とても薄い、2.薄い、3.少し薄い、4.普通、5.少し濃い、6.濃い、7.とても濃い)および化粧としての許容の可否(許容できる/許容できない)について回答を求めた。

3. 結果

3-1. クラスタ分析

64枚の刺激画像の化粧の濃さの評価における平均値を用いたクラスタ分析(平方ユークリッ

表1.クラスタ分析結果(括弧内は許容度の平均値を示す)

クラスタ1(平均許容:7%)				クラスタ2(平均許容:26%)				クラスタ3(平均許容:51%)			
58:Fh	Cm	Rl	5%	45:Fm	Ch	Rn	40%	29:Fl	Ch	Rn	50%
60:Fh	Cm	Rh	20%	46:Fm	Ch	Rl	35%	41:Fm	Cm	Rn	80%
57:Fh	Cm	Rn	0%	52:Fh	Cn	Rh	40%	14:Fm	Ch	Rl	30%
59:Fh	Cm	Rm	5%	47:Fm	Ch	Rm	40%	16:Fm	Ch	Rh	60%
56:Fh	Cl	Rh	25%	50:Fh	Cn	Rl	20%	31:Fl	Ch	Rm	30%
64:Fh	Ch	Rh	5%	48:Fm	Ch	Rh	35%	13:Fm	Ch	Rn	50%
62:Fh	Ch	Rl	0%	51:Fh	Cn	Rm	35%	33:Fm	Cn	Rn	70%
63:Fh	Ch	Rm	0%	55:Fh	Cl	Rm	10%	32:Fl	Ch	Rh	35%
61:Fh	Ch	Rn	0%	53:Fh	Cl	Rn	0%				
				49:Fh	Cn	Rn	5%				
				54:Fh	Cl	Rl	30%				
クラスタ4(平均許容:93%)				クラスタ5(平均許容:100%)				クラスタ6(平均許容:90%)			
35:Fm	Cn	Rm	100%	10:Fm	Cm	Rl	100%	02:Fm	Cn	Rl	75%
37:Fm	Cl	Rn	100%	23:Fl	Cl	Rm	100%	05:Fm	Cl	Rn	85%
43:Fm	Cm	Rm	100%	09:Fm	Cm	Rn	100%	01:Fm	Cn	Rn	70%
38:Fm	Cl	Rl	95%	24:Fl	Cl	Rh	100%	07:Fm	Cl	Rm	85%
39:Fm	Cl	Rm	95%	12:Fm	Cm	Rh	100%	17:Fl	Cn	Rn	100%
28:Fl	Cm	Rh	100%	20:Fl	Cn	Rh	100%	06:Fm	Cl	Rl	80%
27:Fl	Cm	Rm	100%	25:Fl	Cm	Rn	100%	21:Fl	Cl	Rn	100%
34:Fm	Cn	Rl	100%	26:Fl	Cm	Rl	100%	22:Fl	Cl	Rl	100%
36:Fm	Cn	Rh	100%	11:Fm	Cm	Rm	100%	04:Fm	Cn	Rh	95%
40:Fm	Cl	Rh	100%					08:Fm	Cl	Rh	90%
15:Fm	Ch	Rm	75%					03:Fm	Cn	Rm	85%
42:Fm	Cm	Rl	100%					19:Fl	Cn	Rm	100%
44:Fm	Cm	Rh	100%					18:Fl	Cn	Rl	100%
30:Fl	Ch	Rl	40%								

数字は刺激番号

大文字はF:ファンデーション、C:チーク、R:口紅

小文字はh:高い、m:中程度、l:低い、n:なし

ド距離、グループ内平均連結法)を行った結果、6つのクラスターが得られた(表 1)。また、クラスターごとの許容の可否については男女別に平均の選択率を集計したものを表 2 に示す。

表 2. クラスター別、許容の可否(男女ごと集計)

	女性	男性
クラスター1	13%	0%
クラスター2	20%	33%
クラスター3	71%	30%
クラスター4	94%	93%
クラスター5	100%	100%
クラスター6	87%	92%

3-2. 分散分析

各刺激の平均値を男女別に集計したものを図 I に示す。化粧の種類および性別間の差異を検討する為、2 要因(64×2)の分散分析を行った。その結果、性別の主効果は見られなかった。化粧の主効果 ($F_{(63,1134)} = 166.900, p < .000$) および交互作用 ($F_{(63,1134)} = 7.377, p < .000$) において有意差が認められた為、それぞれ多重比較を行った。

3-3. 重回帰分析

ファンデーション、チーク、口紅という 3 種類の化粧自体が、化粧の濃さ認識に与える影響を調べるために重回帰分析を行った。従属変数として濃さの評価を設定し、独立変数としては刺激の化粧の濃さを「なし:0, 低い:1, 中程度:2, 高い:3」と間隔尺度に置き換えて設定した。その結果以下のような回帰式が得られた。

$$Y = 1.162X_1 + .570X_2 + .025X_3 + 1.127 (R^2 = .732)$$

※X₁:ファンデーション、X₂:チーク、X₃:口紅

下線は係数の t 検定結果が有意であることを示す

4. 考察

4-1. クラスターごとの濃さの評価および化粧方法の傾向

各クラスターの濃さおよび化粧の傾向に着目すると、クラスター1は「とても濃い」と評価された。構成する刺激については、ファンデーションは高のみ、チークは高および中、口紅は全種類が含まれていた。クラスター2は「少し濃い～濃い」と評価された。構成する刺激については、ファンデーションは高、中で構成され、チークは高が中心となり一部で低、なしも見られた。口紅は全種類が含まれていた。クラスター3は「普通」と評価された。ファンデーションは中を中心として、低、なしであった。チークは高が中心であり、

1 つだけ中が見られた。口紅は全種類が含まれていた。クラスター4は「やや薄い」評価であった。構成する刺激は、ファンデーションは中、低、なしであり、チーク、口紅は全種類が含まれていた。クラスター5については「薄い」という評価であった。構成する刺激は、ファンデーションは低もしくはなし、チークは高が中心となり低、なし、口紅は全種類が含まれていた。クラスター6は「とても薄い」と評価され、構成する刺激はファンデーションはなしが中心となり、低で構成されチークは低およびなし、口紅は全種類が含まれていた。

クラスター1については、化粧方法の 3 種類全ての濃度が高である刺激番号 64 も含まれていることから、「濃い」と評価されている群であった。分散分析の結果では、刺激番号 64 に着目すると、刺激番号 61 以外の全ての刺激との間で有意差は見られなかった。刺激番号 61 についてはファンデーション、チークが高、口紅はなしの条件であり、もっとも「濃い」と評価される結果となった。

また、クラスター6は化粧をしていない刺激(刺激番号 01)を含んでおり、濃さの評価についての分散分析の結果クラスターを構成する刺激内には有意差は見られなかった。構成する刺激の内容に着目するとファンデーションはなしもしくは低であり、チークは低いから部分的には中まで、口紅についてはなしから高まで偏りなく含まれていた(図 1)。

4-2. クラスターごとの化粧の濃さの推移

クラスターごとの化粧の濃さの推移については、クラスター1 からクラスター6 に従って「とても濃い」評価から「とても薄い」評価へと変化する傾向が見られた。また、許容の可否についても、同様にクラスター1 からクラスター6 に従って変化する傾向が示された(図 1)。両者の関係性を表す為濃さの評価の平均値と、許容の可否の回答率の間の相関係数を算出したところ、高い相関関係が認められた($r = -0.866$)。このことから、化粧が濃くなるにつれて「許容できない」と回答されることが示された。各クラスターの個別の刺激に着目すると、濃さの評価が薄い方向に 2 番目のクラスター5 が 100%と、全ての被験者に許容されたが、化粧をしていない刺激を含み、最も薄い評価であるクラスター6 については許容の可否が 90%となっている。また、中程度より薄めであるクラスター4 は 93%であり、普通と評価されるクラスター3 は 51%と大きく値が落ちることから、

化粧の許容については薄ければ薄いほど良いわけではなく、ある程度の濃さも必要であることが示された(表 1)。

ここで特徴的なのは「普通」と評価されているクラスター3 は許容の可否が約半数である点である。しかし、「普通」の評価について全体では約50%であったが、男女での違いに着目すると、男女別の平均選択率では、女性は71%、男性は30%であった。また、濃さの評価についても分散分析における交互作用の多重比較の結果から、9 刺激中5 刺激で男女差が見られた(表 2、図 1)。

濃さの評価における男女差については、クラスター6 の「とても濃い」刺激においては差は少ないが、全体的な傾向として、「とても濃い」から「普通」にかけては男性のほうがより“濃く”評価し、「普通」から「とても薄い」刺激まででは、女性のほうが“濃く”評価する傾向が見られた。この点から、男性は濃い刺激はより濃く、薄い刺激はより薄く評価する傾向があると考えられる。

4.3. 各化粧方法が濃さの印象に与える影響

化粧の濃さに影響を与える要素としては、回帰分析の結果および平均値の傾向から、ファンデーションが最も影響が強く、濃さのレベルが上がるほど、化粧の濃さの印象に関与し、口紅の濃さについては影響がみられないと考えられる。この点については、各クラスターを構成する刺激を見ても、ファンデーションの濃度は段階的に変化して

いて、全ての濃度が含まれていたことから裏付けられる。

4.4. 本研究の課題

本研究には複雑であることを理由に目元の化粧を除外した。目元は化粧のバリエーションも多く、多くの女性が化粧に力を入れる部位であり、つけまつげやマスカラなどはより長く見せる技術が進んでいることから、今後の検討課題として挙げられる。また、今回用いたファンデーション、チーク、口紅についても、カラーバリエーションなどを増やしより詳細に検討する予定である。

5. 結論

ファンデーション、チーク、口紅の組み合わせによる化粧の濃さについては、6 つのグループに分けられることが示され、その濃さの印象にはファンデーションの濃さが大きく関連していることが示された。また、口紅の濃さは、相対的には印象との関連が少ないことが示された。化粧の許容については、濃いものは許容されず、適度に薄く化粧をしている場合に最も許容される傾向が見られた。

また、濃さや許容の判断には男女差が存在し、男性は濃い刺激はより濃く、薄い刺激はより薄く評価する傾向が見られた。さらに、普通の評価である化粧については、女性は許容できるが男性は許容できない傾向が見られた。

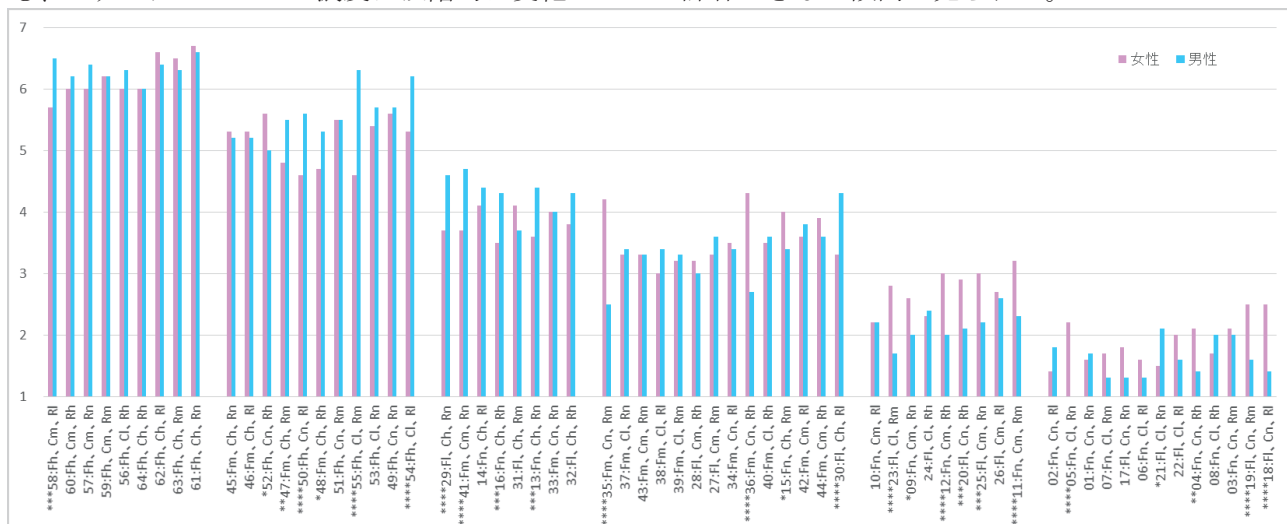


図 1. クラスター別濃さの評価平均値(男女ごとに集計)

数字は刺激番号

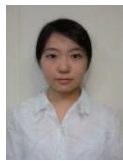
大文字は F:ファンデーション、C:チーク、R:口紅

小文字は h:高い、m:中程度、l:低い、n:なし

また、*は分散分析の交互作用における、化粧の種類ごとの男女の単純主効果の多重比較結果を示す

*:p<.05, **:p<.01, ***:p<.005, ****:p<.001

巻末資料:刺激一覧



01:Fn, Cn, Rn



02:Fn, Cn, Rl



03:Fn, Cn, Rm



04:Fn, Cn, Rh



05:Fn, Cl, Rn



06:Fn, Cl, Rm



07:Fn, Cl, Rh



08:Fn, Cl, Rh



09:Fn, Cm, Rn



10:Fn, Cm, Rl



11:Fn, Cm, Rm



12:Fn, Cm, Rh



13:Fn, Ch, Rn



14:Fn, Ch, Rm



15:Fn, Ch, Rm



16:Fn, Ch, Rh



17:Fl, Cn, Rn



18:Fl, Cn, Rl



19:Fl, Cn, Rm



20:Fl, Cn, Rh



21:Fh, Cl, Rn



22:Fl, Cl, Rl



23:Fl, Cl, Rm



24:Fl, Cl, Rh



25:Fl, Cm, Rn



26:Fl, Cm, Rl



27:Fl, Cm, Rm



28:Fh, Cn, Rh



29:Fl, Ch, Rn



30:Fl, Ch, Rl



31:Fl, Ch, Rm



32:Fl, Ch, Rh



33:Fm, Cn, Rn



34:Fm, Cn, Rl



35:Fm, Cn, Rm



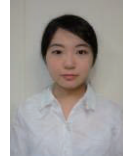
36:Fm, Cn, Rh



37:Fm, Cl, Rn



38:Fm, Cl, Rl



39:Fm, Cl, Rm



40:Fm, Cl, Rh



41:Fm, Cm, Rn



42:Fm, Cm, Rl



43:Fm, Cm, Rm



44:Fm, Cm, Rh



45:Fm, Ch, Rn



46:Fm, Ch, Rl



47:Fm, Ch, Rm



48:Fm, Ch, Rh



49:Fh, Cn, Rn



50:Fh, Cn, Rl



51:Fh, Cn, Rm



52:Fh, Cn, Rh



53:Fh, Cl, Rn



54:Fh, Cl, Rl



55:Fh, Cl, Rm



56:Fh, Cl, Rh



57:Fh, Cm, Rn



58:Fh, Cm, Rl



59:Fh, Cm, Rm



60:Fh, Cm, Rh



61:Fh, Ch, Rn



62:Fh, Ch, Rl



63:Fh, Ch, Rm



64:Fh, Ch, Rh

数字は刺激番号

大文字は F:ファンデーション、C:チーク、R:口紅

小文字は h:高い、m:中程度、l:低い、n:なし

照明・観察条件に着目した「化粧感」に関する特徴評価： 自然さ演出ファンデーションの設計・開発

Skin Appearance with Heavily Makeup Impression: Evaluation on the Effect of Illumination and Observation Condition for Designing Foundation Providing Natural Skin Impression

五十嵐 崇訓
黒谷 成幸
度会 悦子
矢後 祐子

Takanori Igarashi
Nariyuki Kurotani
Etsuko Watarai
Yuko Yago

花王株式会社
花王株式会社
花王株式会社
花王株式会社

Kao Corporation
Kao Corporation
Kao Corporation
Kao Corporation

Keywords: ファンデーション, 環境, 照明・観察角, 化粧塗布膜, 表面形状

るファンデーション製剤を選定し効果を評価。本発表では, 上記 3 つの結果を通して, 環境と肌のアピランスの関係性を考察する。

1. はじめに

代表的なメイクアップ製品であるファンデーションでは, これを肌に塗布した際にその化粧の質感が素肌のように自然であることが望まれている。しかし, ファンデーションの処方設計や使用方法上の課題に由来して, その化粧肌に強い化粧感が生じることがしばしば生じる。典型的な事例として不自然に顔が白く見える現象(「白浮き」)が挙げられる。

実空間では肌を含む物体のアピランスは照明・観察環境によって変化する。そのため, アピランスの研究において環境の効果は重要な要素である [1]。例えば, 照明色や照明方位は照明場を決定する基本パラメータであり [2], 同じ化粧肌でもこれらのパラメータが異なる環境では化粧感の度合いも変化することが予想される。照明・観察環境は実世界では様々なパターンがあるため, これらを全て再現してアピランスを評価は困難である。よって, アピランス評価の現実的なアプローチの一つとして, 光源・観察環境を決定するパラメータごとに, これらが化粧感を誘起する原因としてどのような寄与があるかを把握することが有効である [3]。

以上の背景に基づいて, 本研究では特に照明・観察環境を規定する重要なパラメータである方位の効果をとり上げ, 白浮きを対象として 3 つの検討を行った:

- (1) 様々な方位から照明した化粧前後の顔画像を複数方位から撮影し, 取得顔画像の定性的な比較から白浮きする顔の方位に関わる特徴を把握;
- (2) 上記結果に基づいて, 白浮きに伴う課題を抑制する化粧膜の状態を光学的視点に立って設計;
- (3) 上記設計に基づいて, 目的となる膜を具現化する

2. Multi-angle Image Capturing System を用いた素顔と化粧顔の評価

独自開発した顔画像撮影装置 (Multi-angle Image Capturing System : MICS) を用いて, 100 名の日本人女性を対象に, 様々な角度での照明下のファンデーション塗布前後の顔を異なる角度から撮影し, 化粧前後でのアピランスの違いを評価した。MICS (図 1) は 40 台のハロゲンライトと 20 台の CCD カメラを 15 度おきに球面座標系に沿って配置した撮影装置であり, これを用いて多照明下の多視点顔画像が取得できる [4]。

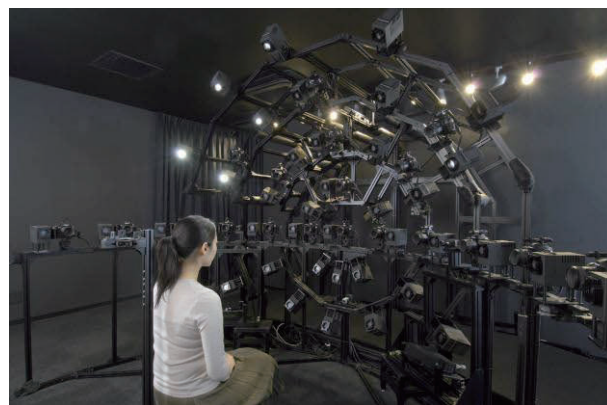


図 1 Multi-angle Image Capturing System

図 2a, b に素顔と, 白浮きが生じた典型的な化粧顔の多視点多照明画像 (角度抜粋) をそれぞれ示す。この例にも見られるように, 白浮きが強くかつ比較的マットな質感の化粧顔では, 多くの場合次の 2 つの傾向が確認された:

- ・ 顔正面から照明した顔は, 顔正面方位からの観察では素顔より化粧顔の方が白くなる傾向がある;
- ・ 照明と観察方位がともに大きい高角度条件では化

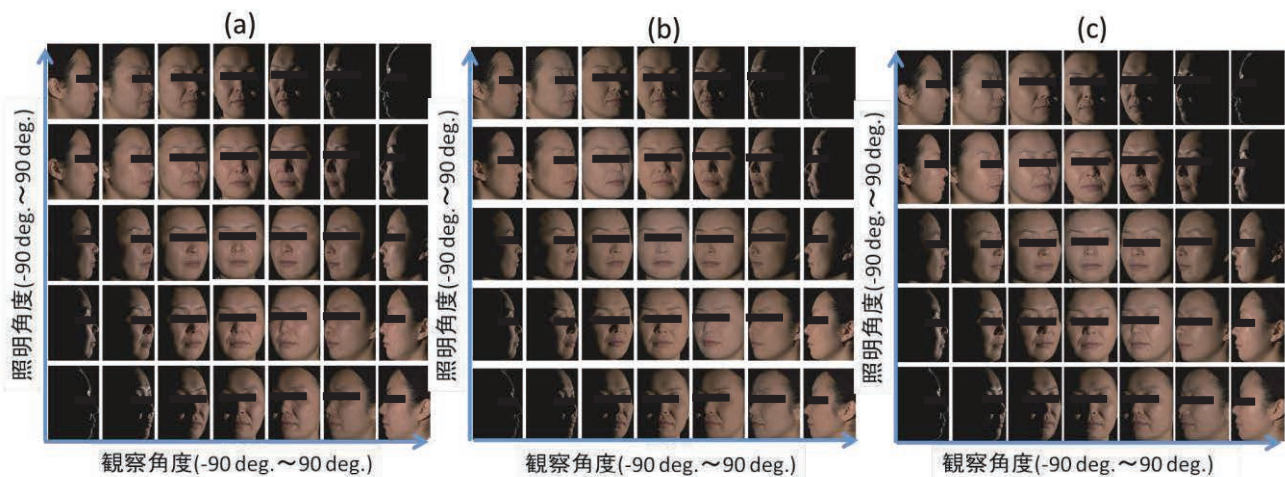


図2 素顔と化粧顔の多視点多照明顔画像。(a)素顔 (b)不自然な化粧顔 (c)ナチュラルな印象の化粧顔

粧顔の方が反射強度の低下が生じ暗くなる。

以上の結果は、白浮きする化粧は正面方位での反射率が高いため「白く」感じられるが、側面光の多い場合は観察方位によっては暗く沈んで感じられる（白いが明るく感じられない）可能性を示す。

3. 反射の角度特性と化粧塗布膜の表面形状の関係性

図2bに見られた高角域における化粧肌の反射強度の急速な低下は、肌上に形成される化粧膜の表面状態と関連していると予想される。そこで、この予想を検証するため、表面形状をマイクロファセットとしてモデル化し表面反射の角度特性を記述するTorrance-Sparrowモデル[5]を用いて、反射の角度特性と表面ラフネスの関連性を考察した。その結果、ラフネスが大きい表面では、光の入射角と受光角がともに大きくなるにつれ反射強度が急速に低下する傾向にあることがわかった。また、この傾向は程度の差はあるが、表面の屈折率によらず確認された。

シミュレーションで予想された以上の結果を確認するため、ファンデーションに頻繁に利用される板状の粉体（マイカ）をラフネスを変えて塗布した膜を作製し、その塗布膜の反射強度の角度特性を計測した。その結果、入射角と受光角がともに大きくなるほど、ラフネスが高い塗布膜では反射強度の低下が生じることが確認された。この結果は、シミュレーションで得られた傾向と一致しており、化粧塗布膜の平滑性が図2bにある化粧肌の方位に関わる反射特性と関連すると考えられた。

4. 適切な製剤の選定と評価

以上の検討結果は、塗布の仕方によらず平滑な化粧膜を肌上に形成するファンデーションが、方位に関わる化粧肌のアピアランス上の不具合を抑制することに有効であることを示す。そこで、平滑な化粧膜を形成

しやすいファンデーションの探索を行った。その結果、例えば固形形態をしたファンデーションとしては、「パウダージェル」と名付けた高含油固形ファンデーション[6]や、弱い圧力で容易に肌上に平滑膜を作る有機粉体[7]を配合したファンデーションは、塗布法の依存度が小さく平滑な化粧膜を形成しやすい傾向にあった（なお、従来タイプの製剤系のファンデーションは、形成する塗布膜の平滑さ度合いには処方による差があり、好ましい状態の化粧膜を形成できるものも存在することも確認した）。

最後にこれらの比較的平滑な塗布膜を形成する製剤を塗布した化粧顔をMICSにより撮影し、反射の角度特性に改善が見られたか検証した。図2cはこのような製剤を塗布した化粧肌の一例であるが、正面照明・観察条件における顔の白浮きが抑制され、一方、高角域での反射強度が増大することで従来タイプよりも素肌の場合に近づき、期待した効果が得られていることがわかった。

6. まとめ

照明・観察環境により肌のアピアランスは変化することを想定して、これらの環境を決めるパラメータの一つである照明・観察の「方位」の観点から、白浮きを感じる化粧肌の特徴を評価した。その結果、白浮きする化粧肌は正面からの照明・観察方位では素肌より白く見えるが、側面からの照明下では暗く沈んで見ることが示された。また、光学シミュレーションや検証実験を通して、この反射角度特性の原因が化粧膜の平滑性と関連していることを示した。これらの評価結果は自然さを演出するファンデーションの設計開発を行う上で有用な知見と考えている。

参考文献

- [1] J.J. Gibson: The Perception of the Visual World, Houghton Mifflin, Boston, (1950)
- [2] E.H. Adelson, J.R. Bergen: The Plenoptic Function and the Elements of the Early Vision, Computational Models of Visual Processing, Eds M. Landy and J.A. Movshon, MIT Press, Cambridge (1991) 3-20
- [3] 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
- [4] 五十嵐崇訓 他: 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
- [5] K.E. Torrance, E.M. Sparrow: Theory for Off-Specular Reflection from Roughened Surfaces, J. Opt. Soc. Am., 57 (1967) 1105-1112
- [6] 五十嵐崇訓 他: 化粧塗布膜の表面形状制御による化粧仕上がり設計, 色材協会創立 85 周年記念会議予稿集, 2A08, 2013
- [7] 五十嵐崇訓: 化粧塗布膜の表面形状制御による化粧仕上がり設計, 色材研究発表会予稿集, 24A18, 2014

言葉の選択に見る男女の肌の心的イメージ

Differences on Mental Imagery of Skin Color between Genders: Patterns of Word Choice in Expression of the Shade

山田雅子 Masako YAMADA

埼玉女子短期大学

Saitama Women's Junior College

Keywords: 肌, イメージ, 性差, ジェンダー.

1. はじめに

実際の肌の色には性差がある。この事実は種々の実測研究によっても示されている^{1,2)}。だが、色票選択により若年の日本人に抱かれる男女の肌の心的イメージ(心の中に抱く像)を捉えた研究では、明度・彩度の方向こそ現実と一致するものの、色相については男性の方が女性よりも黄み寄り、女性の方が男性よりも赤み寄りとなる傾向が見られ、実際の性差とは真逆となることが報告された³⁾。本研究においては言葉の面から男女の肌の心的イメージを探り、両者の比較を図った。

2. 方法

2.1 対象者

関東在住の日本人女子短期大学生 82 名
(平均年齢 18.96 歳、標準偏差 0.90)

2.2 調査項目

以下の 6 種の肌について、自分の考えに最も近い明るさと色みを選択肢の中から回答させた。

- (1) (2) 自分自身の現在/理想の肌の色
- (3) (4) 平均的な男性/女性の肌の色
- (5) (6) 理想的な男性/女性の肌の色

尚、明るさの選択肢は「非常に色黒/色黒/やや色黒/中庸/やや色白/色白/非常に色白」、色みの選択肢は「非常に赤み/赤み/やや赤み/中庸/やや黄み/黄み/非常に黄み」とした(各 7 段階)。

3 結果および考察

3.1 全体の傾向

各肌について選択された度数を集計した結果、次の Figure 1-1 および 1-2 が得られた。明るさについては、いずれの項目についても色黒や色白等、方向性が比較的明瞭に捉えられたが、一方の色みについては、調査対象の肌の設定を問わず過半数が「中庸」を選択したことが特徴と言える。

自身の肌の色について、現在の心的イメージと理想との間で χ^2 検定を行ったところ、明るさ、色み共

に、その選択の偏りは 0.1%水準で有意であった。当該偏りは、現在の肌の心的イメージに比して理想の方が色白で赤み寄りであったことを示す。

また、先の集計結果に基づき相関分析を行った結果、5 軸が抽出された。第 1 軸を縦軸、第 2 軸を横軸に配し、各要素のスコアを Figure 2 として図示した。尚、第 1 軸と第 2 軸の累積寄与率は 84.6%である。

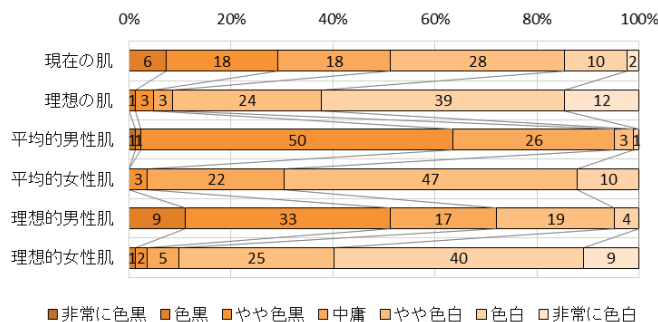


Figure 1-1 各設定に対する肌の明るさの選択結果

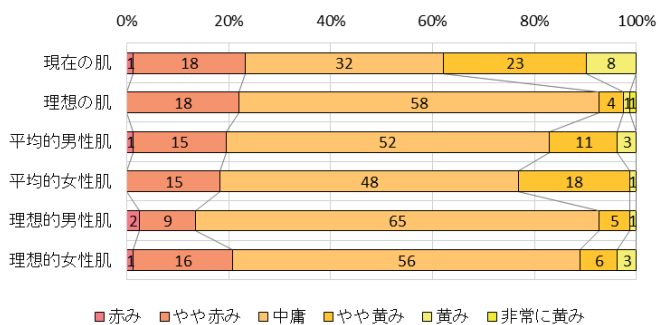


Figure 1-2 各設定に対する肌の色みの選択結果

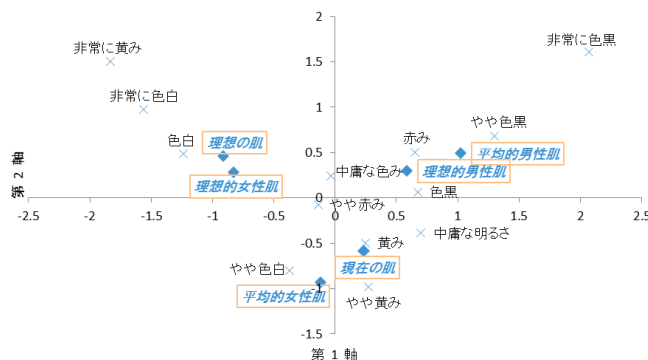


Figure 2 コレスポネンス分析による各要素の布置

自身の理想の肌と理想的な女性の肌は同じ象限にあり、自他の区別なく似通った心的イメージが抱かれていることが窺われる。また、男性の肌の平均と理想は非常に近く、異性である男性に対して心的イメージの細分化は進んでいないことが推測される。

3.2 男女の心的イメージの比較

男女の肌の心的イメージに注目し、平均的な男性の肌と女性の肌、理想的な男性の肌と女性の肌との間で χ^2 検定を行った結果、明るさについては、いずれの組み合わせについても有意な偏りが見られ(全て0.1%水準)、男性に対して女性よりも色黒寄りとの心的イメージが抱かれていることが判明した。当該結果は、色票が用いられた先行研究^[4]の結果および実際の性差^[1,2]と同様の傾向である。しかしながら、他方の色みにおいては、平均的、理想的共、有意な偏りは認められず、先行研究のように男性が黄み寄りで女性が赤み寄りといった明瞭な傾向は捉えられなかった。この結果を受け、対象の違い(男性か女性か)と肌の心的イメージの変化に着目し、該当するデータを抽出した上でマクネマー検定を行った。抽出結果はTable 1に示す通りである。尚、本集計にあたっては、「非常に色黒」から「やや色黒」までを色黒寄りの選択として解釈し、他の色白、赤み、黄みについても同様にまとめ、集計し直した。

Table 1 対象(男女)の変化と肌の心的イメージの変化

	平均肌	理想肌
男性=色黒寄り/女性=色白寄り	40	36
男性=色白寄り/女性=色黒寄り	0	0
男性=赤み寄り/女性=黄み寄り	5	3
男性=黄み寄り/女性=赤み寄り	4	2

肌の色の明るさの偏りについては、平均的、理想的を問わず0.1%水準で有意であり、男性には色黒、女性には色白の心的イメージが持たれていることが改めて明瞭になった。しかし色みについては、いずれも有意ではなく、明るさのようなはっきりした方向性は持たれていないという結果を再確認した。言語ラベルによる概念固定の効果を考えれば、色票選択よりも言葉のカテゴリ選択の方が、より厳密さを求められると想像される。本研究の結果から推測される限りでは、男女の肌の色みについては言語化して意識されることが少なく、色黒・色白といった明るさ程には絶対的な方向性を持たないと考えられる。

3.3 自己の肌の色に対する認識による分析

自己の肌に対する認識によって、自身の肌の記憶色や一般的に好ましい肌の色の認識に違いがあるとの研究結果がある^[4]。男女の心的イメージの持ち方の規則性を更に探るため、自己の肌に対する認識によって対象者を群分けし、群間比較を行った。第一

に、自己の肌の色に対して色黒寄りとの認識を持つ群(24名/以降、色黒群)と色白寄りとの認識を持つ群(40名/以降、色白群)、第二に、自己の肌に対して赤み寄りとの認識を持つ群(19名/以降、赤み群)と黄み寄りとの認識を持つ群(31名/以降、黄み群)とで傾向を比べた。各群が持つ方向性について特に確認するため、本分析では、「中庸」を境に、「色黒寄り(非常に色黒~やや色黒)」、「色白寄り(非常に色白~やや色白)」もしくは「赤み寄り(非常に赤み~やや赤み)」、「黄み寄り(非常に黄み~やや黄み)」の3カテゴリに集計し直し、得られた度数に対して χ^2 検定を行った(2群×3カテゴリ)。各偏りの分析結果はTable 2の通りである。

現在の自身の肌を色黒寄りと捉える色黒群は、平均的な女性の肌の色を色白寄りに回答する傾向が捉えられた(5%水準)。色黒群は、女性全般に比べて自分自身は肌の色が黒いとの認識が強いことが窺われる。また同群では、理想的な女性の肌の色みとして赤み寄りを選択する傾向が比較的強く、色白群による同選択が「中庸」に集中することとは異なる傾向が見られた(5%水準)。更に、自身の肌の色を黄み寄りと捉える黄み群は、理想的な男性の肌の色として色黒寄りの肌を選択する一方、赤み群では、色白寄りにも選択が広がる傾向にあることが分かった(10%水準)。また、平均的な女性の肌の色みとして、黄み群はより黄み寄りを選択する傾向が捉えられた(10%水準)。本調査の対象者は全て女性であるため、平均的な女性の肌の代表として自分自身の肌の色を据えていることも推測される。

本研究では、男女の肌の色みに関して色票を用いた先行研究の結果をそのまま再確認することはできなかったが、自己の肌が一つの基準となり、相対的に同性や異性の他者の肌が見えられている可能性が示唆された。色票と言語的カテゴリとの間の直接的な比較も今後取り組んでいくべき課題と言える。

Table 2 各群における χ^2 検定結果

		平均肌		理想肌	
		男性	女性	男性	女性
色黒群・色白群間比較	明るさ	n.s.	*	n.s.	n.s.
	色み	n.s.	n.s.	n.s.	*
赤み群・黄み群間比較	明るさ	n.s.	n.s.	†	n.s.
	色み	n.s.	†	n.s.	n.s.

※ † p<.10, *p<.05

引用文献

- [1] 山田雅子: 膚色における性差—自己の肌の概念色と実際の色—. 埼玉女子短期大学研究紀要, 19 (2008) 249-261.
- [2] 道江砂江子ら: 日本人男女における加齢に伴う皮膚色の变化. 実践女子大学生生活科学部紀要, 37 (2000) 101-105.
- [3] 山田雅子: 肌色の記憶色における特徴抽出. 埼玉女子短期大学研究紀要, 22 (2010) 41-53.
- [4] 鈴木恒男: 好ましい肌色を規定する要因の解析—記憶構造からのアプローチ—. 日本色彩学会誌, 21(1) (1997) 25-33.

既存の色票集を応用した色彩資料の制作

Making of Color Materials by Application of Existing Color Charts

永田泰弘	Yasuhiro Nagata	日本カラートップ研究所	Nihon Color Top Laboratory
野坂瑛子	Eiko Nosaka	日本カラートップ研究所	Nihon Color Top Laboratory
吉澤陽介	Yosuke Yoshizawa	千葉大学	Chiba University
長谷川博士	Hiroshi Hasegawa	ウツフィーチョ コローレ	Ufficio Colore

Keywords: 既存色票集、マンセル表記、色名、色彩基準、色の感情効果

1. はじめに

本発表の趣旨は、容易に入手できる既製品の色票集を応用して、特定のテーマをもつ少数の色彩資料を制作する方法を提案するものである。主に使用した既存の色票集は「日本塗料工業会塗料用標準色ポケット版」であり、採用の理由は、マンセル値既知の正確な色度の塗装色票集であり、使用頻度を重視した600色以上の色数も適当で、耐久性に優れ、低価格で入手が簡単であり、発刊以来60年以上の実績と、2年毎に30万部以上発行されている安定性を評価して選定した。

2. 制作したテーマ

制作例は、試作中のものを含み「東京都景観計画色彩基準色票集」、「カラーイメージナビ色票集」、「系統色名・慣用色名色票集」、「中国語色名色票集」、「イタリア語色名色票集」、「日中伊色名色票集」などである。景観色彩基準は自治体毎に定めているために色彩基準の見える化を実現するため、少数だが有用であるといえる。色彩の心理作用と色票を対応させることはカラーデザインを客観化するための道具を提供することに繋がる。各国語別に色名を共通の色票と対応させることにより、各国語の色票集の数が増えていけば、相互比較が出来て国際的な広がり期待出来る。

3. 景観計画色彩基準のための色票集

多くの自治体が、個々に景観計画を策定しており、その中にマンセル値を用いた建築物等の外装の色彩を制限した色彩基準をもっており「色彩表」の形で公表している。東京都の場合は6分類の景観基本軸に対し合計20区分の色彩範囲、2分類の景観形成徒区別地区に対し22区分の色彩範囲、

一般地域に対し9区分の色彩範囲、4分類の大規模建築物等に対し合計19区分の色彩範囲を規定している。この複雑な色彩基準をビジュアルに表現出来る色票集を制作することが出来た。

4. カラーイメージのための色票集

評価が難しい個々の色に対して人が感じるカラーイメージを、ビジュアルに伝えることができれば、カラーデザイン等の作業に役立つと考え、長い経験を基礎にして、624色の色を対象に記号化した色票集を制作した。

5. 色名のための色票集

各色名には、その色名の領域があり、広がりにはまちまちである。一方、同じ色を複数の名前でも表現することも事実である。色名の対し色を表現する方法ではなく、逆に色票に対し色名を表現する方法により色票集を制作した。色票に共通性をもたせ各国語別に色名を共通の色票と対応させることにより、各国語の色票集の数が増えていけば、相互比較が出来て国際的な広がり期待出来る。二カ国の色名を併記すれば日中色名辞典のようなものができ、三カ国、四カ国と増やすことも可能である。

6. 制作の方法

既存の色票集として主に使用したのは、「2015年H版塗料標準色(ポケット版)」であるが、Colormony発行の「CHROMARHYTHM Thousand Color Collection」等もマンセル値の再現精度や頁の形等から応用が可能であった。制作方法は予め印刷しておいた台紙に既存色票集の頁を外して糊で貼付けるだけであり、少数の制作に適している。既存色票集の頁をそのまま貼るために台紙はA4の縦使いとし、1頁に色票集の1頁を貼るか、2頁を貼るかは、組合せる文字量により選択するとよい。

7. 制作例の紹介

東京都 景観計画 色彩基準 色票集		凡例									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
YR 25		1 臨海景観基本軸 2 河川系景観基本軸 3 緑地系景観基本軸 4 文化財庭園等景観形成特別地区 5 水辺景観形成特別地区 6 一般地域の色彩 7 国会議事堂・庭園等周辺の大規模建築物 8 眺望配慮の水辺の大規模建築物 9 その他の区域の大規模建築物 10 景観形成特別地区内の屋外広告物									
↑ H19-90F 10YR9/3 [vp]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-85F 10YR8.5/3 [vp]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-80F 10YR8/3 [lg]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-70F 10YR7/3 [lg]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-60F 10YR6/3 [mg]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-50F 10YR5/3 [mg]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-40F 10YR4/3 [dg]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-40D 10YR4/2 [dg]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
マンセル値で発注しないようお願いします。											
YR~Y 26		1 臨海景観基本軸 2 河川系景観基本軸 3 緑地系景観基本軸 4 文化財庭園等景観形成特別地区 5 水辺景観形成特別地区 6 一般地域の色彩 7 国会議事堂・庭園等周辺の大規模建築物 8 眺望配慮の水辺の大規模建築物 9 その他の区域の大規模建築物 10 景観形成特別地区内の屋外広告物									
↑ H19-85L 10YR8.5/6 [pl]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-80L 10YR8/6 [pl]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-75L 10YR7.5/6 [sf]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-70L 10YR7/6 [sf]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H19-60T 10YR6/10 [dp]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H22-50P 2.5Y5/8 [dp]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H22-50H 2.5Y5/4 [dl]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
↑ H22-50F 2.5Y5/3 [mg]		♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥	♥
マンセル値で発注しないようお願いします。											

図1 東京都景観計画色彩基準色票集 (39頁中の1頁)

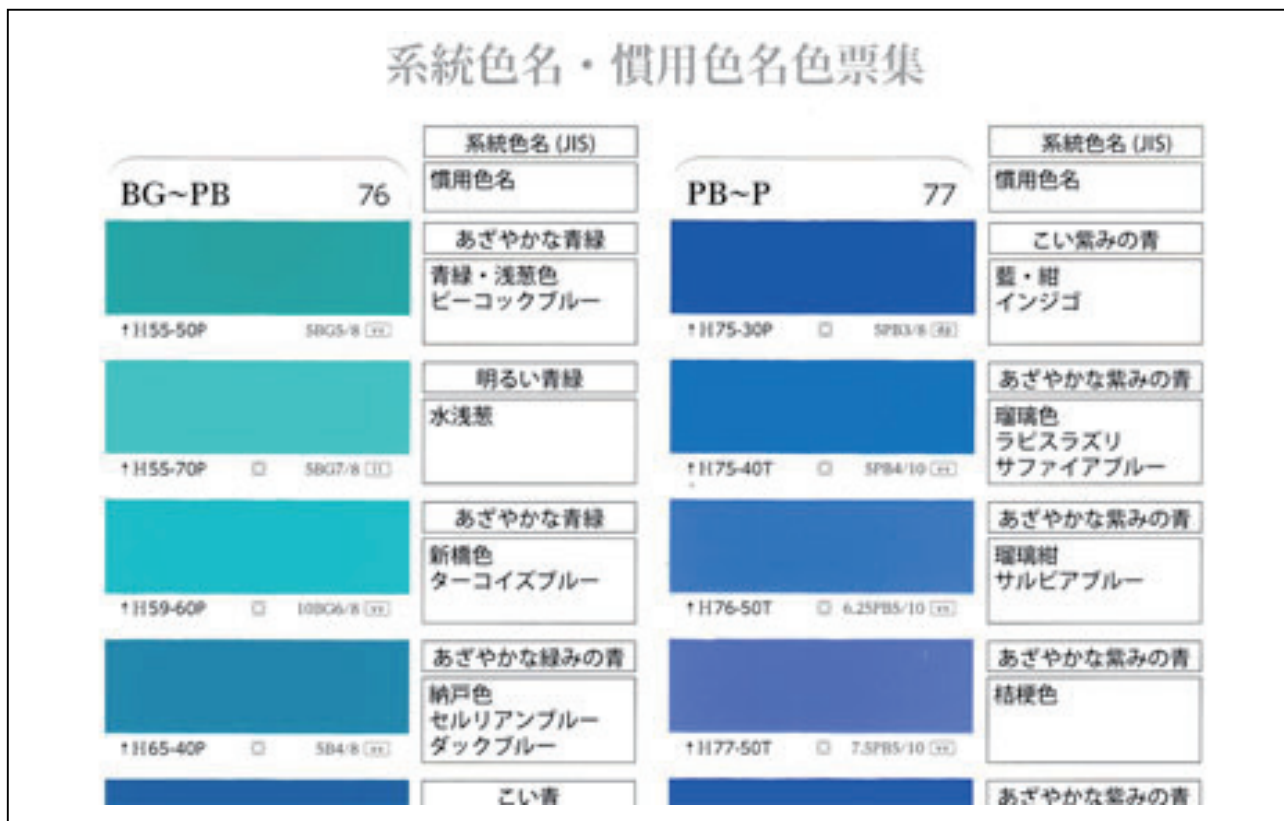


図2 系統色名・慣用色名色票集 (部分：上半頁)

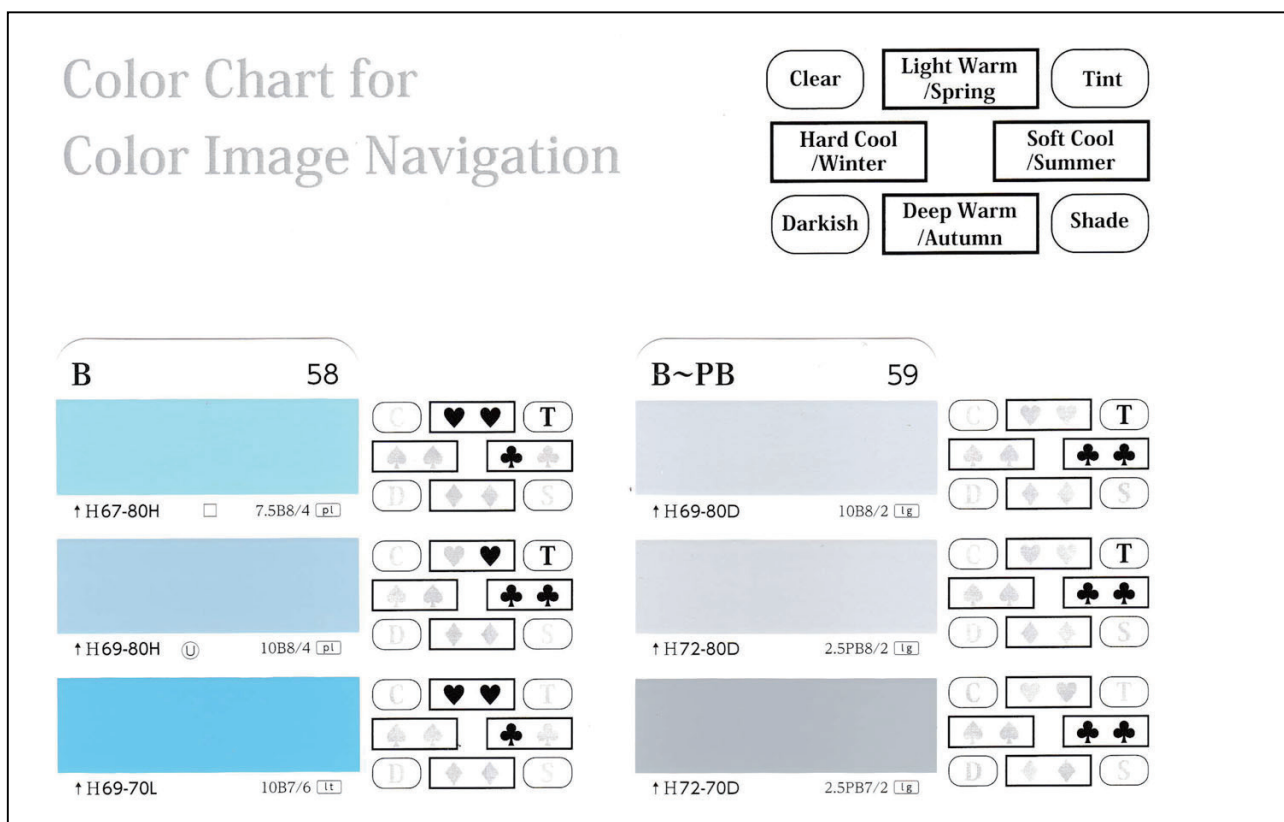


図3 カラーイメージナビ色票集 (部分：上半頁)

イタリア語

R 72	
	rosso di pomodoro
↑ H05-50V □ 5R5/12 [st]	
	rubino rosso di segnal
↑ H05-40V □ 5R4/12 [st]	
	rosso carminio
↑ H05-40X ☒ 5R4/14 [vv]	
	rosso sangue cremisi
↑ H05-30T ☒ 5R3/10 [dp]	
	lampone rosso cardinale
↑ H07-40X ☒☒ 7.5R4/14 [vv]	
	rosa robbia
↑ H07-40V ☒ 7.5R4/12 [dp]	
	vermiglione
↑ H08-50V Ⓛ☒ 8.75R5/12 [st]	
	scarlatto rosso fuoco
↑ H09-50X ☒☒ 10R5/14 [vv]	

マンセル値で発注しないようお願いします。 日本塗料工業会 2015年H版 塗料用標準色使用

- ① rosso di pomodoro：トマトの赤。
- ② rubino：宝石のルビーの赤。rosso di segnale：信号灯の赤。
- ③ rosso：赤の中の赤。carminio：エンジ虫の色素による赤。
- ④ rosso sangue：血の赤。cremisi：エンジ虫による腸脂色。
- ⑤ lampone：木莓の赤。rosso cardinale：枢機卿の赤。
- ⑥ rosa robbia：茜色。
- ⑦ vermiglione：朱、朱色、水銀朱。
- ⑧ scarlatto：緋色。rosso fuoco：炎の赤。

図4 イタリア色名色票集 (部分)

日中伊色名色票集

PB~P 77	
	藍 (ai)・紺 (kon)・インジゴ (indigo) 蓝靛 (lan dian) indaco
↑ H75-30P ☒ 5PB3/8 [dp]	
	瑠璃色 (ru ri iro)・ラピスラズリ (lapis 青金石色 (qing jin shi se)・青玉 lapislazzuli・azzurro zaffiro
↑ H75-40T ☒ 5PB4/10 [vv]	
	瑠璃紺 (ru ri kon)・サルビアブルー (s: 淡群青 (dan qun qing) rosso di pomodoro
↑ H76-50T ☒ 6.25PB5/10 [vv]	
	桔梗色 (ki kyou iro) 桔梗色 (jie geng se) rosso di pomodoro
↑ H77-50T ☒ 7.5PB5/10 [vv]	
	群青色 (gun jou iro)・瑠璃色 (ru ri iro) 群青 (qun qing) oltremarino
↑ H77-40V Ⓛ☒ 7.5PB4/12 [vv]	
	杜若色 (kakitubata iro)・紺藍 (kon ai) 皇家藍 (huang jia lan) blu reale
↑ H77-30T ☒ 7.5PB3/10 [dp]	
	紫 (murasaki)・竜胆色 (rinn dou iro)・ 深紫色 (shen zi se) viola pensiero
↑ H79-40T ☒ 10PB4/10 [vv]	
	紫 (murasaki)・江戸紫 (e do murasaki) 紫色水晶色 (zi shui jing se) indaco
↑ H85-30P ☒ 5P3/8 [dp]	

図5 日中伊色名色票集 (部分)

参考文献

- 1) 東京都景観計画 (平成19年3月29日策定)
- 2) 色譜 中国科学院編譯委員会 科學出版社 1957
- 3) 中国色名綜覧 カラープランニングセンター 1979
- 4) 国際版色の手帖 小学館 1988
- 5) 新版色の手帖 小学館 1986
- 6) 日本の色・世界の色 永田泰弘 ナツメ社 2010
- 7) I COLORI PER LA CASA・Stephanie Hoppen, LOGOS
- 8) ENCICLOPEDIA degli SCHEMI di COLORE・Anna Starmer, IL CASTELLO
- 9) il DIZIONARIO DEI COLORI・Simona Fantetti e Claudia Petracchi, ZANICHELLI
- 10) IL COLORE NELL'ARRENDAMENTO・Kevin McCloud, LOGOS

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

Classifications and characteristics of four-season colors in NCS color space

高松 操
石上 桂子
乾 宏子
丸山 眞澄
市場 文規
高橋 晋也

Misao Takamatsu
Keiko Ishigami
Hiroko Inui
Masumi Maruyama
Takenori Ichiba
Shin'ya Takahashi

昭和女子大学
アトリエエクリュ
ルミエールカラーインスティテュート
Color Lab. for full Life
東海学園大学

(くらしの色彩研究会)

Keyword : パーソナルカラー, 4シーズン分類, NCS色空間, Blue-view, Yellow-view, 清色感, 濁色感, 明濁色

1. はじめに

パーソナルカラー診断では、似合う色の判別に主眼が置かれ、4シーズンカラーにて似合う色をクライアントに提案するというスタイルが主流である。しかしながら、その4シーズンの色は、団体やカラリストによって異なっているのが現状である。そこで、各シーズンに分類される色の特徴に規則性を見出せないかと考え、4シーズンカラーの色空間全体の中でのポジショニングの把握を試みた。

これまでドレープの特徴を色空間上で検討する研究発表はいくつかみられるが、色空間全体を分類把握する検討は見られない。本研究では、NCS色空間上で各色をパーソナルカラー4シーズンにより分類し、Hueごとの特徴やNuanceによる傾向の把握を目指した。

2. 調査・分類方法

実務経験15年以上の熟練カラリスト2名が個別に単独で分類を行った。カラーカードには、市場らりによるパーソナルカラーの色表示にNCS表色系が適しているという研究報告に基づき、「NCS INDEX 1950 Original」(1頁10色づつからなる短冊型色票)を用いた。各色票を観て、どのシーズンの色であるか判別した。作業詳細を表1に示す。

使用したカラーカードは、モノトーン19色に、40色相、全部で1950の色票からなる。各色相の色票数は色相によって異なり、少ない色相で約20色、多い色相では約60色である。少ない色相では、低彩度かつ低明度の領域が広く省略されているため、両隣の色相の同Nuanceの色票から推測した。今回分類を行ったのは、Y・R・B・Gを含む一つおきの20色相である。1回目の分

類判別後、判別に加える必要があると思われた色相を追加して分類を行った(表2)。

紫系の色相では、塗料色では再現が難しい高彩度の色票がないため、全体を捉えるため必要と思われた箇所については、染料色による色票「JCB Color Nav.」によって補填した。

表 1. 調査・分類作業の詳細

カラリスト	A	B
判別時間	約10時間(1日)	約7時間(1日) (記入者は別)
検証時間	約3時間	約5時間
照明条件	昼白色蛍光灯 1000lx以上	昼白色蛍光灯 1000lx以上
マスクの有無	判断に迷った際に使用	

表 2. 分類に用いた色相

1回目判別	G, G20Y, G40Y, G60Y, G80Y Y, Y20R, Y40R, Y60R, Y80R R, R20B, R40B, R60B, R80B B, B20G, B40G, B60G, B80G
追加判別・検証	G90Y, Y90R, B90G, G10Y

3. 結果

結果を見ると、2人のカラリストは独立に分類作業を行ったにもかかわらず、各シーズンの出現領域の傾向が(境界付近の違いはあるが)よく似ていることが分かった(図1)。

1) Nuanceの傾向

色相によって差はあるものの、各シーズンが出現する同一色相面にはNuanceによる傾向が観て取れる。s=5の明清色領域を中心に現れるのがスプリング。s=10の領域(この領域を「明濁色」と名付けた)はサマー。中間色はオータムが優勢となる。暗清色は優勢なのはオータムであるが、ウィンターに分類される色は主にこの領

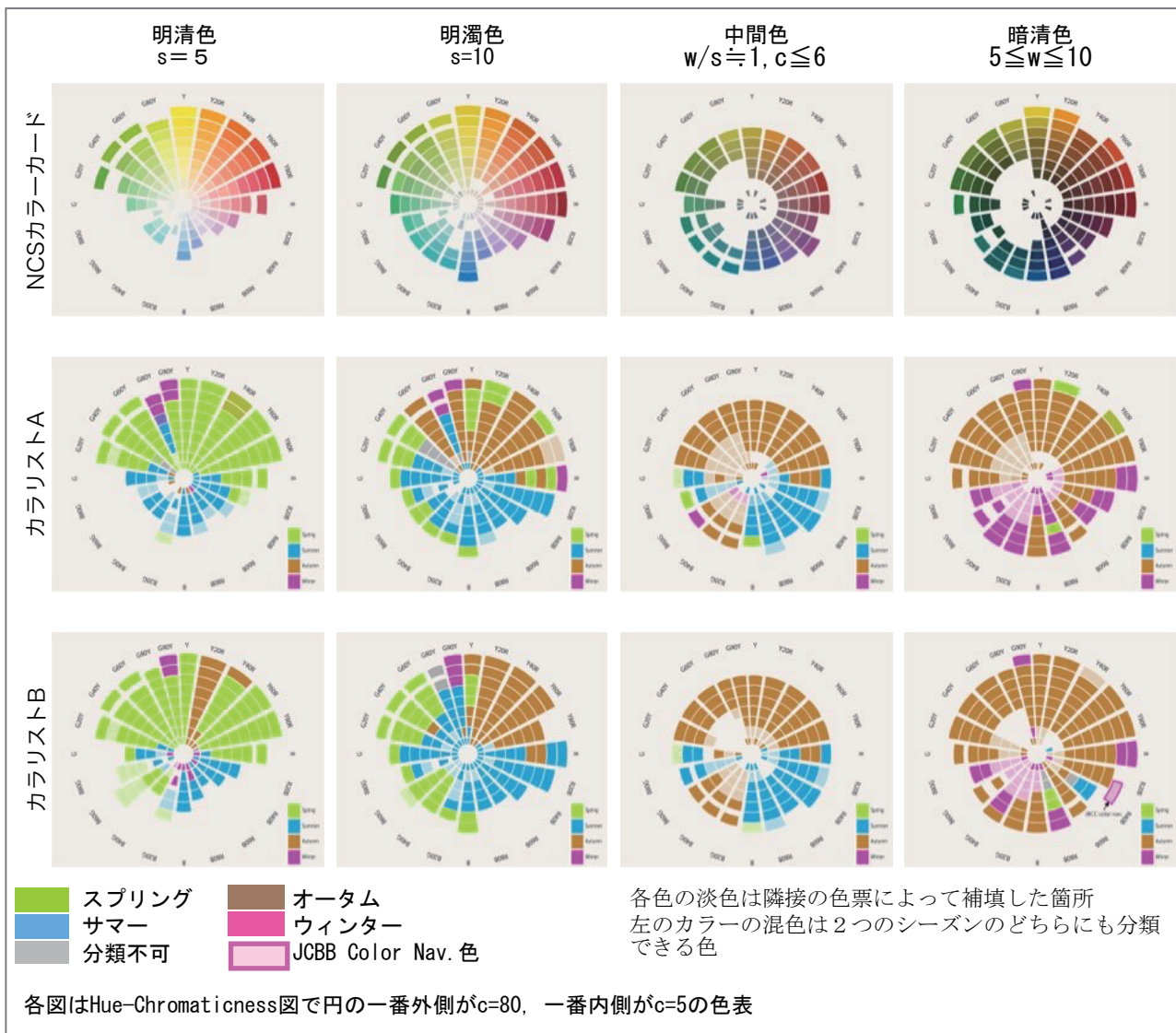


図1. フォーシーズン分類結果(4領域ごとに色相環状に表示)

域である(図2). 特徴が見やすいように, 分類結果を明清色(s=5), 明濁色(s=10), 中間色(w/s=1, c≤6), 暗清色(w≤10)ごとに色相環状に表示した(図1). また, 色相によって変遷していく等色相面図での分布傾向を図3に示した. c=5以下のoff Whiteからoff Neutralの領域については, 興味深い分布傾向が見られるが, 今回の報告では割愛する.

2) Hueの傾向

R, B, G付近を境にシーズンの分布が大きく変わる. Rでは図2に類似した分布となるが, これよりB方向になると, 低彩度の明濁色領域のサマーが明清色領域と中間色領域に迫り出していく. 明清色領域のスプリングはなくなり, オータムは中彩度の暗清色領域を中心とする濃色方向に後退し, クールグループが優勢になる. Bに

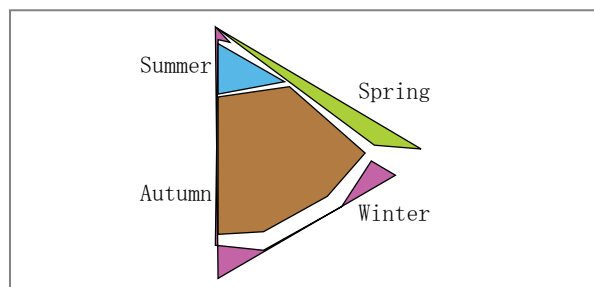


図2. 等色相面図上のフォーシーズンの分布傾向

なると, スプリングが比較的彩度の高い中間色の領域に出現する. B20G-B80Gは, スプリングの分布状況について, 2人のカラリストによる差が最も出た領域である. カラリストBは明清色領域を中心に, カラリストAは比較的彩度の高い中間色を中心にスプリングが出現する. オータムはサマーを低彩度の明濁色領域に押し戻すように領域を広げていく. Gになるとウィンターがなく

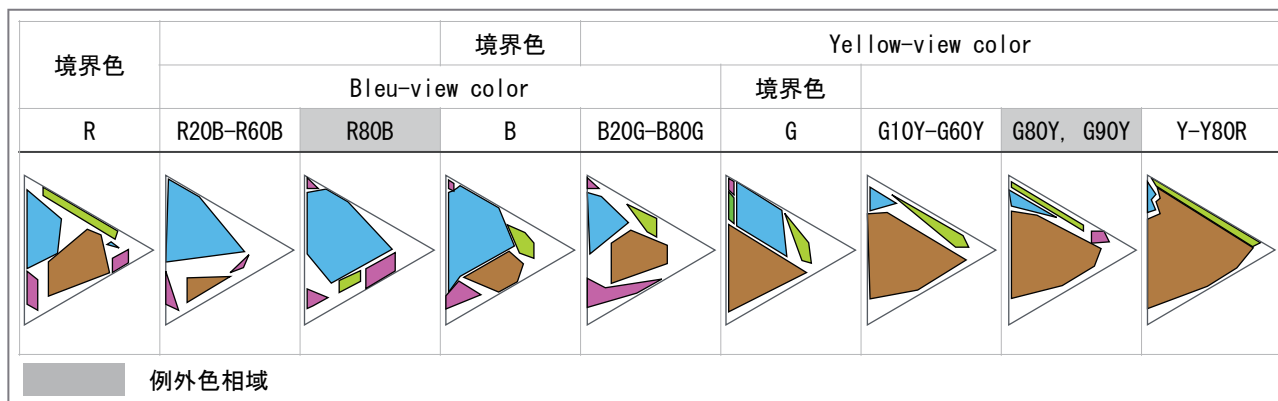


図3. 等色相面図におけるフォーシーズン分布の変遷

なり、暗青色は全てオータムとなる。またオータムは上方向にも領域を広げる。G20Y-Y60Rになると、明清色領域をスプリングが占領する。サマーは低彩度の明濁色領域のみになり、Y20R, Y40Rではなくなる。その分オータムの領域が広くなり、ウォームグループが優勢となっていく。Y80Rではサマーが再度、低彩度の明濁色領域を中心に出現し、Rでウィンターが高彩度と低彩度の暗青色領域に出現する(図3)。

3) 2つの例外な色

G80Y/G90Yの高彩度の明清色の領域にウィンターが出現する。また、R80Bの中彩度の暗青色の領域にスプリングが出現する。

4. 考察

2人のカラリストが色を4シーズンに分類した際の判断基準を表3に示す。この「黄み」/「青み」と清濁という2つの軸について考察する。

表3. フォーシーズン分類の判断基準

	黄み	青み
清色	スプリング	ウィンター
濁色	オータム	サマー

1) ビレンのウォームシェード/クールシェードとは異なるYellow-viewとBlue-view

ビレンは「朱色と緑みの青を寒暖の極点としてどの色相も朱色寄りの色は暖かい色、緑みの青寄りの色は冷たい色とする」と説き、それぞれをウォームシェード・クールシェードと称し、色彩調和を提案した²⁾。一般にパーソナルカラーではこの考え方が支持されていると言われ、スプリングとオータムがウォームシェード、サマーとウィンターがクールシェードに相当する。ウォームシェード/クールシェード=「黄み」/

「青み」と仮定するならば、今回の結果は必ずしもこれを支持しない。寒暖の極点はともかく、全ての色相の左右でウォームシェード/クールシェード=「黄み」/「青み」が出現するわけではない。むしろ等色相面図上の分布状況を色相環上に並べると、ある傾向が見て取れる。G-Y-Rの領域では「黄み」を感じるグループが優勢で、R-Bの領域では「青み」を感じるグループが優勢になる。B-Gの領域では、「黄み」グループと「青み」グループが共存し、カラリストによってスプリングの分類に差異が見られるなど、他の色相とは異なる様子が見て取れる。

黄色と橙・黄緑・そして青に黄を混ぜて作る緑の色味がある色は「黄」を感じる色相(Yellow-view colorと命名)であり、逆に、青と青みの緑、赤に青を混ぜてつくる紫の色味がある色は「青」を感じる色相(Blue-view colorと命名)である。つまりR, G, Bを境界とした時のR-Y-G-Bの領域の色相をYellow-view color, R-B-Gの領域の色をBlue-view colorと定義する(図4)。両方が重なるB20G-B80Gの領域は等色相面上での分布が複雑になり、カラリストによってYellow-view/Blue-viewの判断が分かれる色が存在する領域でもある。

2) Yellow-viewとBlue-viewに分ける色相以外のもう一つの要素

Yellow-view colorの色相でもNuanceによってはBlue-viewに感じる色が存在する。これはあたかもその色に青を少し混ぜたように見える色で、濁って感じるため、サマーと分類される。逆にBlue-view colorでもYellow-viewに感じる色が存在し、同じようにあたかも少量の黄を混ぜたように見える色でBlue-view colorの色相の中彩度の暗青色を中心とした濃色領域で起きる。この領域は暗青色であっても濁色に感じ、オータムに分類される(表4)。

3) 色彩学の清濁とは異なる「清濁」感

もう一つの軸，清濁について考察する．確かに，スプリングは明清色，ウィンターは暗清色を中心に出現する．またサマーは淡い濁色に，オータムは濃い濁色を中心に出現する．しかし，G-Y-Rの色相では暗清色がオータム，R-Bの色相では明清色がサマーに分類される．カラーカードを観察すると，Yellow-view colorの色相は黒が混ざると濁って見え，Blue-view colorの色相は白が混ざると濁って見える．そのことから先述のような分類になるのではないかと考えられる．

今回のこの分類作業により，濁色であっても清色に見える，あるいは，清色であっても濁色に見える色の存在を認識した．そこでここでは，色彩学での清色/濁色とは別に，感覚として澄んで見えることを「清色」感，濁って見えることを「濁色」感と表記する(表5)．

B-Gの色相では，スプリングが比較的高彩度の濁色(中間色)領域に出現するが，これらの色も濁色であるにも関わらず，「清色」感の色である．

従って，今回の調査によって判明した4シーズンの分類基準として，表3は表6のように書き換える事ができる．

4) 2つの例外の色群

G80Y/G90Yの高彩度の明清色の領域にはウィンターが出現する．この色は黄色に少量の青を混ぜたようにも感じるのでBlue-viewである．黄色に補色の青を混ぜたように見えるにもかかわらず、濁りを感じられない．また，R80Bの中彩度の暗清色の領域にスプリングが出現する．この色は黄が混ざったように見えるわけではないが，Yellow-viewグループのスプリングに分類される．これら例外色の「見え」は今後の検討課題とする．

参考文献

- 1) 市場 丈規 他: パーソナルカラー診断用ドレープに適した色表示空間, 日本色彩学会誌, V o 1 3 6 Supplement, (2010) p. 108-109
- 2) 福田 邦夫: 色彩科学選書 3 色彩調和論, 朝倉書店, (1996) P. 113-114

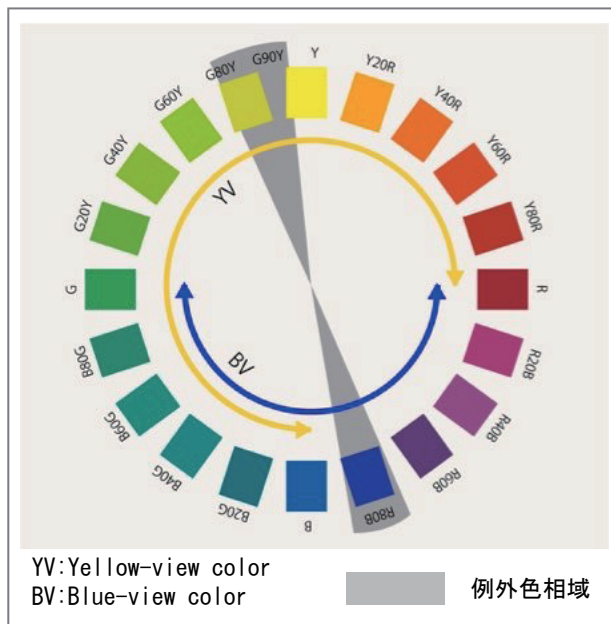


図4. Yellow-view colorとBlue-view colorの色相

表4. Yellow-viewとBlue-viewの色

Yellow-view	<ul style="list-style-type: none"> ・ 黄と黄を混ぜて作る色(橙・黄緑・緑・緑みの青) : B-G-Y-Rの色相 ・ Blue-view colorの色相でも黄を混ぜたように見える色 : R-Bの中彩度の暗清色と濃色寄りの中間色
Blue-view	<ul style="list-style-type: none"> ・ 青と青を混ぜて作る色(紫、青みの緑) : R-B-Gの色相 ・ Yellow-view colorの色相でも青を混ぜたように見える色 : Y20R, Y40Rを除くG-Y-Rの低彩度の明濁色付近の色 ・ G80Y, G90Yの高彩度明清色

表5. 「清色」感, 「濁色」感の色

	Yellow-view color	Blue-view color
「清色」感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 明清色(高彩度中心) ・ B-Gの高彩度の明濁色と中間色 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 暗清色(低彩度・高彩度中心)
「濁色」感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中間色(濃色中心) ・ 暗清色 ※黒が混ざると濁って見える 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中間色(淡色中心) ・ 明清色(低彩度中心) ※白が混ざると濁って見える ・ 暗清色の一部(中彩度中心)

表6. 調査によって判明したフォーシーズン分類の基準

	Yellow-view	Blue-view
「清色」感	スプリング	ウィンター
「濁色」感	オータム	サマー

画像視／実物視／接触による和服素材の印象の違い Impressions on kimono textiles by digital image view, actual view, and tactile feel

浅野 晃

Akira Asano

関西大学

Kansai University

廣田里紗

Risa Hirota

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: 複合感覚, 接触感, 電子商取引

(2) 官能検査の構成

1. はじめに

ウェブサービスを用いた電子商取引が、繊維製品に関しても大きく発展してきている。繊維製品の質感は、接触感に大きく依存しており¹⁾、ウェブサイトを通じて質感を表現し、インターネットで伝達することは、重要な問題である。本研究は、和服素材についての人の印象が、液晶ディスプレイで画像を見た場合・実物をテーブルに置いて見た場合・手で素材に触れた場合で、どのように異なるかを調べたものである。官能実験の結果、液晶ディスプレイで見た場合には、他の場合よりも「重い」「厚い」という印象を受けやすいことがわかった。このことは、ウェブサイトの画像では繊維製品の質感は十分には伝わらず、電子商取引においては何らかの方法で補う必要があることを示唆している。

2. 実験の方法

(1) 材料の作成

本研究では、和服素材の端切を寒色系3種・暖色系3種の計6枚用意した。図1に、6種類の布を示す。各布の大部分を占める色はそれぞれ「濃紺」「黒」「紫」「赤」「オレンジ」「白」である。これらの各々について、3種類の見方に対応する試料を作成した。液晶ディスプレイで表示する画像は、図2のように、LED照明2基を用いて撮影した。これらの画像は、周囲の影響を受けないよう、布地部分を切り抜いてディスプレイに表示した。使用したディスプレイは、EIZO ColorEdge CG276である。一方、実物視や接触のためには、これらの布地を白い厚紙に貼り付け、実験の際にテーブルの色の影響を受けにくいよう配慮した。

本研究では、画像視・実物視・接触の各々の場合で、各布の「重量感」「厚み」「高級感」「きめ細かさ」をSD法で測定した。回答は、各項目において「軽い-重い」「薄い-厚い」「普段使い-高級そう」「粗い-きめ細かい」の評価軸を提示し、5段階で回答を求めた。被験者は男性7人・女性9人で、いずれも20歳前後の学生であった。

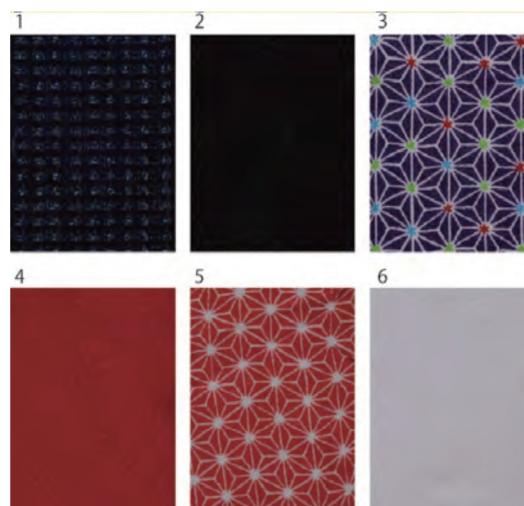


図1. 実験に用いた布の画像



図2. 撮影装置. 壁際のパネルに布を固定

(3) 実験の手順

1. 布の画像を液晶ディスプレイ上に1枚ずつ呈示し、被験者は、「重量感」「厚み」「高級感」「きめ細かさ」を5段階評価で回答する。布の画像は、図1の”1”から順に提示していく。
2. 被験者は、ディスプレイの前からテーブルに移動する。布の実物を、先ほど画像を呈示した順番とは逆順に1枚ずつ呈示し、被験者はそれを目視で確認して、同じ設問に回答する。
3. 布の実物を、手順2と同じ順番で再び1枚ずつ呈示し、今度は布に触れてから、同じ設問に対して回答する。提示順は手順2と同じである。

手順2, 3では、被験者が1枚の布についての回答を終えるまではその布を机に置いておき、回答が確認できた段階でその布を回収して、次の布を呈示した。この際、回答の制限時間は設定せず、被験者各自のペースにまかせた。なお、回答紙には、評価軸に当てはまらない率直な印象を答えてもらうための自由記述欄も設けた。

3. 実験結果と考察

図3に、「重量感」について、回答の平均を各布・各見方について示す。回答の数字が大きいほど「重い」、小さいほど「軽い」評価を示す。画像の場合のほうが「重い」と評価される傾向にあることがわかる。

図4は「厚み」の結果である。回答の数字が大きいほど「厚い」、小さいほど「薄い」評価を示す。「厚み」に関しても、「重量感」と同様に、画像で見たときのほうが「厚い」と感じられる傾向があることがわかる。

図5は、「高級感」の結果である。回答の数字が大きいほど「高級そう」、小さいほど「普段使い」評価を示す。4番の布は、画像視→実物視→接触の順に評価が低下している。この布については「重量感」「厚み」も同様の傾向を示していることから、それらが「高級感」の評価に影響していると考えられる。実際、自由記述欄には「触ってみると、意外と薄い」というコメントがあった。

また、「厚み」の結果と「高級感」の結果を比較すると、1番と6番の布の評価がちょうど逆で、1番は厚いと評価されて高級感は低く、逆に6番は薄いと評価されて高級感が高い。6番は白い布であり、薄いことがむしろ高級感につながっていると考えられる。

4. おわりに

和服素材を画像で見た場合・実物を見た場合・実物に触れた場合での印象の違いを調べた結果、画像で見た場合には実物よりも「厚く・重く」感じられる傾向があることがわかった。今回は小規模な実験であったが、今後様々な属性の被験者に対して傾向を調べる予定である。また、ディスプレイの特性との関係についても検討する必要がある。今回の結果は、電子商取引において質感を伝達するには、厚みや重量感の情報を伝えなければならないことを示唆している。現在、これを実現する方法を検討中である。

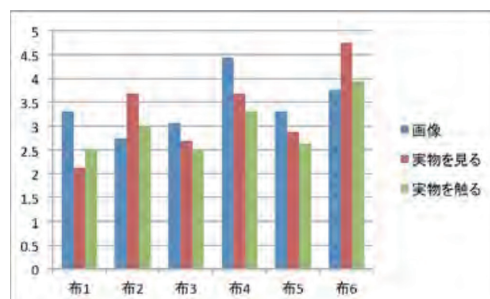


図3 「重量感」の評価結果

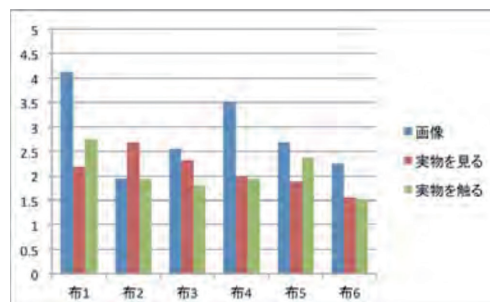


図4 「厚み」の評価結果

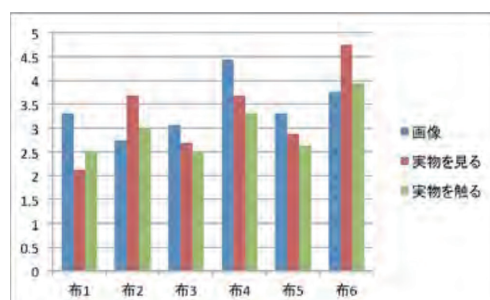


図5 「高級感」の評価結果

参考文献

- 1) 浅野千恵, 画像処理における布地の質感評価への新しいアプローチ, 繊維機械学会誌, Vol. 56, No. 6, pp. 254-262 (2003).

風景画像から取り出したグラデーションと色座標連続性

Landscape images make Gradation and continuous curve of Trichromatic value.

若井宏平 Kohei Wakai (株)クリイノ創研 Cre-Inno.inc

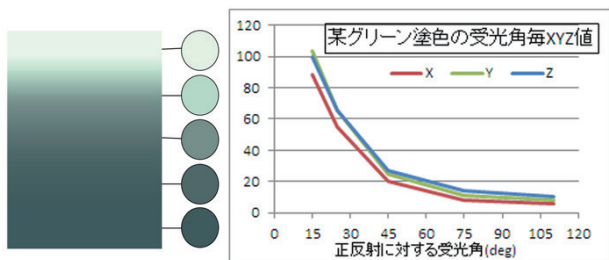
Keywords: 色彩応用, 景観, 調和, 数式表示

1. はじめに

自然の風景を見るとほっとする、都市にいと疲れる、くらくらする、逆に元気が出るなど、人が置かれた環境下でいくつかの感じ方をするが、今回は色座標の連続性を着目点に、画像を構成する色の評価を試みた。

2. 複数の色を発するもの

メタリックなどの自動車塗装色は、受光角度によって異なる色が得られる。(図1)



[図1: マルチアングル測色による角度-反射量]

同彩度の明度変化と単純に決めつけがちだが、複数観測される色座標は明暗や影を含め一つの連続した反射光量の変化によるものである。

一つの反射特性を持つ物体として認識しているのではないかと考えた。

3. 田園と都市の画像

青空と山と水の青、そして樹と田んぼの草の緑だけで構成されている田園風景の色をピックアップしてみると、それぞれを並べてみても自然なグラデーションを感じる。(図2)

新宿南口もは青・黄・赤・緑・オレンジと様々な看板が雑居ビルにかかっている。(図3)

複数の色相の異なる色を同時に見ると刺激が強いのは周知の事実である。人によっては疲れを感じる方もいらっしゃるかもしれない。

鎌倉には落ち着いた雰囲気のある邸宅が残っていて、壁と門と瓦で落ち着いた色を感じる。(図4)



[図2: 蓼科の田園風景 (写真提供: 林英光)]



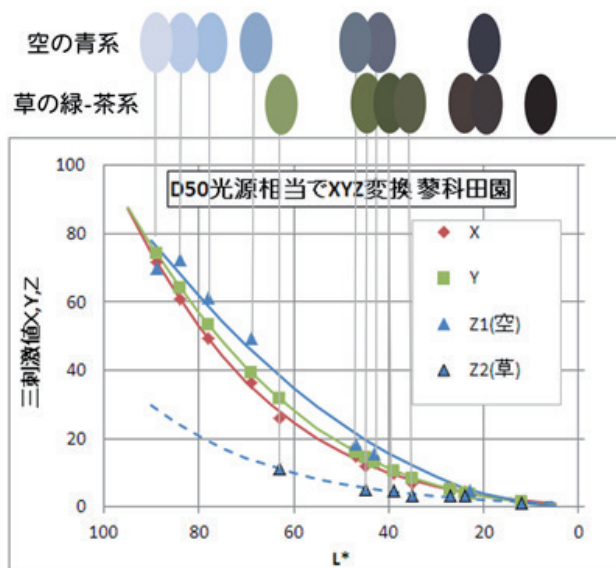
[図3: 新宿南口にて (筆者撮影)]



[図4: 北鎌倉邸宅のお正月 (筆者撮影)]

4. 三刺激値変換と田園画像の連続性

画像の色情報を得るには様々な手法が考えられるが、今回は便宜的に PhotoShop の Lab を $L^*a^*b^*$ とみなし D50 相当で XYZ に変換したもので試行することにし、横軸に L^* 、縦軸に XYZ をプロットしそれぞれの関係を確認した。(図5)



【図5：田園風景の色座標の並びと適合曲線】

明度 L^* 定義式 [$L^*=116*(Y/Y_0)^{1/3}-16$]にあるように、 Y は L^* に対し 3 乗の曲線を描く。

図2の田園風景では、 X は Y のやや下に若干曲りの大きな曲線1本に沿って並び、 Z は空と草で分ければ2本の曲線に沿って色を表す各座標が並んでいることがわかる。

近似式の作製は L^* 定義式に倣い、べき乗数を含む4つのパラメーターで定める近似式を使った。線との乖離平均は、 Y は 0、 X は 0.6、 Z (空成分)は 3.3 とやや大きい、 Z (草成分)は 0.5 と小さい。(表1)

$$Y = 100 * (([明度L^*]+16)/116)^3$$

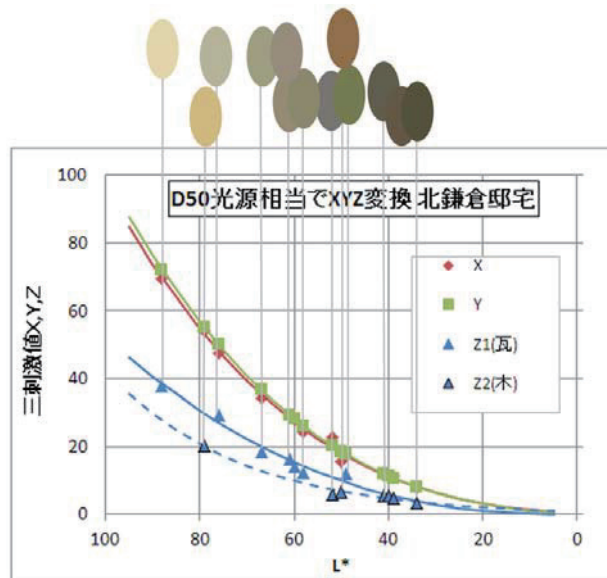
$$X, Z = K1 * (([明度L^*]+K2)/K3)^{K4}$$

	X	Y	Z1(空)	Z2(草)
ave(ABS)	0.6	0.0	3.3	0.5
最少2乗	3.17	0.00	9.73	1.34
K1	107.60	100.00	94.16	172.30
K2	56.35	16.00	0.00	597.49
K3	158.19	116.00	99.07	739.33
K4	4.79	3.00	1.98	24.25

【表1：田園風景の曲線係数と乖離量】

空の青と山影や水の青を同一傾向とみなすにはべき乗曲線は適さないのかもしれない。

図4の邸宅の風景も同様に XYZ 変換し、曲線に乗るか確認をしてみた。赤味をおびた茶色と緑の部分が乖離してはいるが、ほぼ線に乗っているとみなせる。



【図6：田園風景の色座標の並びと適合曲線】

	X	Y	Z1(瓦)	Z2(木)
ave(ABS)	0.9	0.0	1.5	0.6
最少2乗	4.67	0.00	4.49	2.06
K1	92.96	100.00	90.24	172.35
K2	19.51	16.00	0.00	592.53
K3	117.98	116.00	125.45	733.16
K4	3.12	3.00	2.41	24.61

【表2：北鎌倉邸宅の曲線係数と乖離量】

5. 都市画像の不連続性

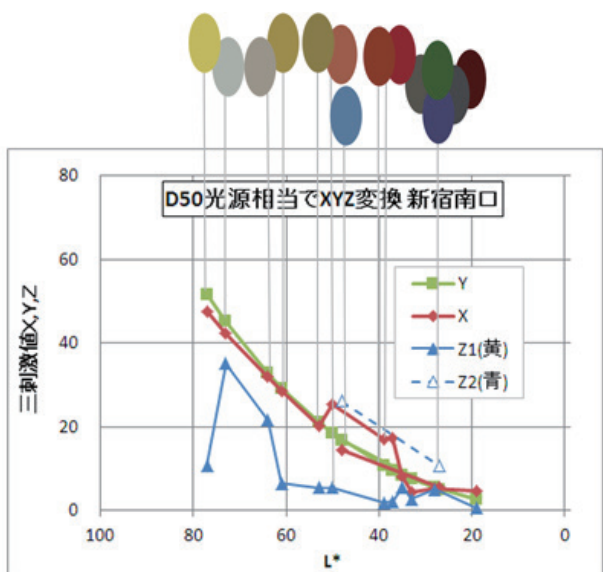
図3の新宿南口の画像の色は青・黄・赤・緑・オレンジと様々な看板があり、少ないチャンネルでは曲線と座標との乖離が大きく「ガタガタ」な線となる。(図7)

乖離平均は X で 2.5、 Z (青以外)で 4.7 となっている。青系は2点しか色をピックアップしていなかったため直線で結んだ形になり0になっている。(表3)

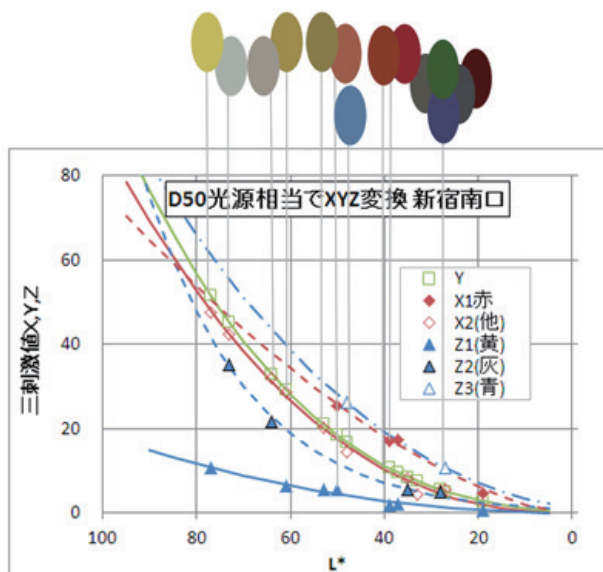
6. チャンネル増加による連続性改善

新宿南口の看板の色は、元々違う人工物であり、田や草や山影とは異なり一体に認識できるものとするのは無理があった。

ガタガタの線になるのを防ぐため、さらに分けて多くの線を定義した。



[図7：新宿南口の色座標のガタガタな並び]



[図8：新宿南口の色座標の並びと6つの曲線]

	X(他)	Y	Z1(黄)	Z2(青)
ave(ABS)	2.5	0.0	4.7	0.0
最少2乗	11.92	0.00	22.54	0.00
K1	67.12	100.00	81.06	91.21
K2	6.03	16.00	0.00	17.81
K3	98.17	116.00	127.16	112.48
K4	2.15	3.00	2.52	2.33

[表3：新宿南口の曲線係数と乖離量]

	X(赤)	X(他)	Y	Z1(黄赤)	Z2(灰)	Z3(青)
ave(ABS)	0.7	0.9	0.0	0.5	0.7	0.0
最少2乗	1.64	3.39	0.00	1.59	1.68	0.00
K1	74.78	96.71	100.00	63.22	187.02	91.21
K2	0.00	1.10	16.00	0.00	474.42	17.81
K3	98.74	104.86	116.00	183.35	585.17	112.48
K4	1.57	2.38	3.00	2.03	25.33	2.33

[表4：多チャンネル化し乖離を減らした例]

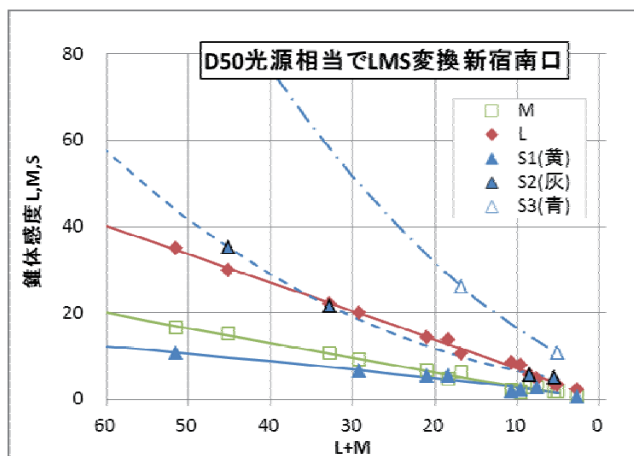
Xを1本→2本、Zを2本→3本と増やすことでスムーズな線を引くことができた。(図8)。線に対する乖離量も小さくなった。(表4)

7. 錐体分光感度 LMS への変換

XYZ から Smith and Pokorny の変換式を使って、新宿西口の色情報を錐体分光感度 LMS に変換した。

三刺激値ではXの乖離が大きく曲線を二本規定したのに対し、LとMでそれぞれ1本ずつの線に適合しているように見える。

また線の並びは直線に近くなっている。(図9) 付け加えると、線との乖離量も小さくなっている。(表5)



[図9：LMS 変換での色座標と5つの曲線]

8. 今後の予定

チャンネルを増やせば増やすほど線は増え、雑多になっていくのは、画像の印象を表す要因の一つになっているのだろうか。

今後は、チャンネルの多さもしくは乖離の少なさを心理評価と関連付けて、客観的な指標となるか検証してみたいと考えている。

	L	M	S1(黄)	S2(灰)	S3(青)
ave(ABS)	0.5	0.5	0.5	0.1	0.0
最少2乗	2.38	2.38	1.63	0.36	0.00
K1	37.70	43.99	34.20	100.66	127.49
K2	0.00	0.01	0.00	35.06	15.14
K3	56.36	125.64	201.56	115.15	71.57
K4	0.97	1.07	0.84	2.91	1.96

[表5：LMS 変換での曲線係数と乖離量]

[参考文献]

1) 若井：日本の色彩環境の基本－美しい日本の色彩環境を創る研究会 色材と色彩環 測色値と色彩. 日本色彩学会誌, 2015, vol139. no3, pp. 134

女性の若年時と高齢時の適合服装色の差異

Differences in Suitable Colors of Clothes for both Young and Elderly Women

石原久代 Hisayo Ishihara 名古屋学芸大学
伊東優里 Yuri Ito 名古屋学芸大学

Nagoya University of Arts and Sciences
Nagoya University of Arts and Sciences

Keywords: 適合服装色, 年齢差, SD法, 数量化

1. はじめに

日本の高齢化は進む一方であるが、そのような中で経済的にも余裕があり健康な高齢者も多い。高齢者にとって装いに関心を持つことは良い心理効果をもたらすことは多くの研究¹⁾で報告されている。しかし、アパレル市場では高齢者の衣服は若者用の商品に比べ、デザインや色数も少なく、さらに自他ともに高齢女性には派手な服装は似合わず、地味な色の服装が似合うという暗黙裡の意識が存在している。

加齢により適合服装色にどのような差異があるかは興味深いところであるが、これまでは同一人物の加齢状態を同時に再現することは難しい状況であった。しかし、顔面の加齢再現ソフト「oldify」が開発され、人物を固定して加齢状態を提示できるようになった。そこで、本研究では女性の適合服装色が若年時と高齢時でどのように異なるかについて「oldify」を用いて試作し、研究することにした。

2. 方法

2-1 若年女性の顔面イメージ評価

高齢時を検討するモデルを選出するために、まずイメージが異なる24名の若年女性の顔面写真を試料とし、これらの女性と面識のない40名の被験者(18~22歳)に提示し、既報²⁾の研究を参考にやさしい-きつい、積極的な-消極的な、陽気な-陰気な、男性的な-女性的な、上品な-下品な、大人っぽい-子供っぽい、奇抜な-平凡な、派手な-地味な、荒々しい-おとなしい、好感が持てる-好感が持てない、の10形容詞対を用いてSD法による5段階評定の官能検査を行った。その結果をもとにクラスター分析を行い、イメージの異なる代表的な3名を選出した。

2-2 年齢による服装色の適合性

2-1の実験により選出された3名の顔面写真

をアプリケーションソフト「oldify」によって図1に示したように老けさせる加工を施し、3名の加工前(若年)と加工後(高齢)の顔面イメージを先の実験と同様のSD法を用いて官能検査を行った。



図1 若年顔面と高齢顔面の試料

さらに、加工前(若年)と加工後(高齢)の顔面写真について服装コーディネートに3Dによってシミュレーションすることができるi-D Fit(株式会社テクノア)、とそれに連動して顔面の写真を読み込み、ボディや洋服と合成することができるi-D Faceを用いて8色(黒, 白, 高彩度赤・青, 高明度赤・青, 低明度赤・青)の服装と合成させ、計48試料を作成した。

実験は先の10形容詞対に着装イメージ評価に関連する「顔と服装色が合う-顔と服装色が合わない」を加えた11形容詞対を用いてSD法による5段階評定の官能検査を行った。実験試料は、液晶プロジェクターにより1試料ずつランダムに提示した。被験者は女子大学生70名である。また、各試料の見た目の年齢を問うアンケート調査を同時に行い、各試料の推定年齢平均値調べ、数値化I類を用いて視覚的な年齢評価に関する要因を検討した。

3. 結果および考察

3-1 若年女性の顔面イメージ評価

若年女性の顔面イメージ評価について主因子解法による因子分析を行った結果を表1に示した。固有値 1.0 以上で、活動性、やさしさ、品格の3因子が抽出され、その累積寄与率は 83.9%であった。活動性の因子には化粧の濃さが、やさしさの因子には肌の白さが、品格の因子には清楚でしっかりとした顔面が挙げられた。さらに、クラスター分析を行った結果、非類似度 10%で大きく3クラスターに分類されたことから、各クラスター内のイメージ平均に近い3名を高齢女性実験のモデルとした。

表1 若年女性顔面の因子分析結果

形容詞対	因子			共通性
	1	2	3	
陽気な—陰気な	.904	.096	.217	.873
派手な—地味な	.892	-.183	-.377	.971
積極的な—消極的な	.877	-.184	.411	.971
荒々しい—おとなしい	.838	-.526	-.085	.985
奇抜な—平凡な	.742	-.288	-.452	.837
やさしい—きつい	-.272	.878	.220	.893
男性的な—女性的な	.174	-.763	.140	.631
好感が持てる—好感が持てない	.135	.705	.553	.821
大人っぽい—子供っぽい	.049	-.013	.707	.503
上品な—下品な	-.218	.600	.707	.908
寄与率(%)	38.0	26.5	19.4	
累積寄与率(%)	38.0	64.5	83.9	

3-2 年齢による服装色の適合性

服装色の適合実験の結果、高彩度赤の服装色の試料では若年時と高齢加工後の印象の差が大きい傾向が見られた。高齢加工によってくすんだ肌の色に鮮やかな赤が服装色として合成されたことによって、彩度対比が表出し、肌の色がさらにくすんで見えたために高彩度赤の試料が高齢加工後にきつい印象や、下品な、好感が持てない、などの印象に繋がったと考えられる。また、若年において評価が高い人物ほど高齢になった時との差が大きい傾向が見られた。

また、着装イメージについて因子分析を行った結果、若年女性も高齢女性も活動性と評価性の2因子が抽出され、因子構造に両者の違いはなかった。活動性の因子には赤色の服装色が、評価性の因子には、顔面のみの印象の評価性の高い人物Cの高明度色と白の服装色が影響していると考えられる。因子構造が顔面のみのイメージより単純化した理由として、服装色のイメージの関与が大きく、顔面の細部から受ける印象が薄れたのではないかと考えられる。

さらに、各試料の視覚的な年齢を問うアンケートを行った結果、顔のみの試料よりも服装を合成した試料の方が若く評価された。各試料の平均値を算出した結果、表2に示したように、若年女性では高明度の赤、白、高彩度の赤などの明るい色が若く評価され、高齢女性では高彩度青が最も若く評価された。また高明度色と白は高齢女性でも若く評価される結果が得られた。逆に、黒や低明度色などの暗い色は若年女性も高齢女性も高齢に評価された。

表3に数量化I類により視覚的な年齢評価に関する要因の分析を行った結果を示した。着装者そのものの影響はいうまでもないが、服装色に着目すると、若く評価される色は高彩度青、白、高明度赤、高彩度赤で、高齢に評価される色は黒、低明度赤、低明度青、高明度青であった。

表2 服装色別年齢評価(歳)

若年平均		若	高齢平均	
高明度赤	27.69		↑	高彩度青
白	27.80		白	50.21
高彩度赤	27.82		高明度赤	50.39
高彩度青	28.10		高明度青	50.99
低明度青	28.74		高彩度赤	51.12
高明度青	28.80		低明度青	51.22
黒	29.10	↓	低明度赤	51.31
低明度赤	29.20		黒	53.96

表3 数量化I類分析結果

アイテム	カテゴリ	加工前(若年)		加工後(高齢)	
		カテゴリ数量	偏相関	カテゴリ数量	偏相関
着装者	人物A	7.612	0.992	2.861	0.936
	人物B	-3.271		-2.614	
	人物C	-4.341		0.111	
服装色	黒	0.690	0.645	1.148	0.630
	低明度赤	0.795		0.515	
	低明度青	0.338		0.425	
	高明度赤	-0.720		-0.404	
	高明度青	0.390		0.191	
	高彩度赤	-0.582		0.325	
	高彩度青	-0.310		-1.237	
白	-0.601	-0.580			
定数項		28.405		50.675	
重相関係数			0.992		0.938
重相関係数の2乗			0.984		0.880

4. 参考文献

- 1) 吉野鈴子他; 高齢者・障害者の日常生活動作対応衣服第2報ファッションショー向き高齢者衣服の企画, 大阪ソーシャルサービス研究 3(2003)
- 2) 石原久代他; 被服が対人認知に及ぼす影響, 名古屋女子大学紀要, 家政・自然編 41(1995)

洋裁教育にみる服装と色彩の表現

— 洋裁指導書『子供服の時代化』を中心に —

Expression of the Costume and Color in Dressmaking Education -Focusing on the Dressmaking Text Book for Teachers “Kodomofuku no Jidai ka”-

井澤尚子 Shoko Isawa

東京家政学院大学

Tokyo Kasei Gakuin University

Keywords : 洋裁教育, 色彩, 配色, 対比, 色彩感情

1. はじめに

衣生活において、家庭裁縫が主流であった明治・大正期の高等女学校裁縫教科書は、和裁の内容が大部分を占め、洋裁内容はほんの一部にしかみられない。大正末期になると裁縫教科書に子ども服を教材とした洋裁内容が増え、洋裁教育の体系化がみられるようになった¹⁾。また、大正期までの高等女学校裁縫教科書の洋裁内容に関しては、色彩の記述はみうけられない。

本研究はこれらの背景を踏まえ、昭和初期の洋裁指導書にみる服装と色彩の表現に着目し、文献の考察を目的とした。資料として、一般社会の女性、初等・中等教育裁縫科教師を対象に著された洋裁指導書『子供服の時代化』(成田順著、昭和7年)をとり上げた。

2. 洋裁指導書『子供服の時代化』²⁾について

(1) 著者「成田順」について

著者の成田順は、明治20(1887)年京都に生まれ、京都府師範学校女子部を経て、明治43(1910)年3月東京女子高等師範学校を卒業している。以後、東京女子高等師範学校附属小学校、高等女学校、女子高等師範学校、お茶の水女子大学に奉職し、昭和29(1954)年3月に定年退職。その後は文化女子大学に勤務し、その間13年間は学長としての重責を担った。

成田は、文部省から家事裁縫研究のためイギリス留学を命ぜられ、大正15(1926)年から2年間渡英した。さらに昭和4(1929)年7月1日付で、東京女子師範学校教授兼任督学官となり、裁縫科教授要目の改正にも携わっている³⁾。

(2) 『子供服の時代化』について

『子供服の時代化』は、昭和7(1932)年2月11日に大成書院より発行された、B5判、洋綴、

488頁(ほかに附録33頁)の著書である。

当時、時代化され洋装となった子供服を学校教育、家庭教育にとり入れる心がまえと方法、また、文部省の中等教員の検定受験にも役立つことを考えて、内容の選び方、記述の方法、図解表現の方法などにも意を用いている⁴⁾。

『子供服の時代化』の「第二章」に色彩の内容が記載されている。目次を次に記す。

第二章 参考資料

第二 服装と色彩の配合

1. 色彩の配合
2. 色彩の対比
3. 色彩と感情
4. 衣服の色の選択

頁数は10頁である。

3. 服装と色彩の配合

成田はこの時代(昭和初期)に、和装に於いても洋装に於いても、色彩の配合(配色)については、今後益々研究を要すべき問題であると考えている。「質素な服装でも配色上に注意すれば清楚優美なものとなりますが、美衣美服も配色上没常識のものは、ただ憎悪の念を増すばかりであります。」と著している。さらに、多くの人の研究の結果として、色彩の配合を参考として『子供服の時代化』に記載している。

(1) 色彩の配合

図1に「二色の配合の良否」を示す。これは、二色を同大に並べた配合の良否である。

「最良」であるのは、赤と青、橙と青、黄と紫、青と赤、青と橙、紫と黄。「良」であるのは、橙と緑、橙と紫、黄と青、緑と橙、青と黄、紫と橙。「不良」であるのは、赤と紫、橙と黄、橙と赤、黄と緑、黄と赤、黄と橙、緑と青、緑と黄、青と紫、青と緑、紫と青、紫と赤、があげられている。これについて、色彩感覚の差(色相差)の大なるものは快感、差の小なるものは一般に不良に感じ

るといっている。

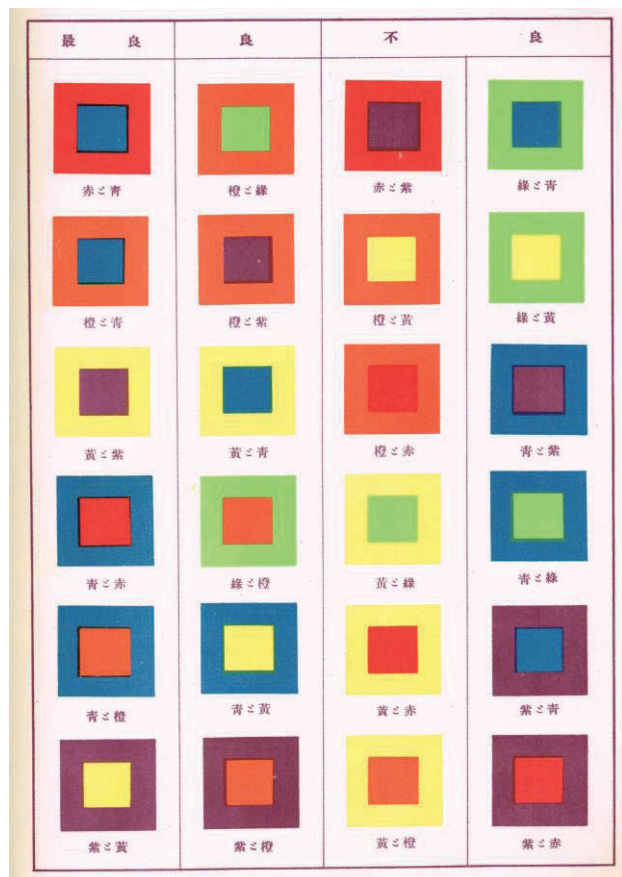


図1 二色の配合の良否

三色の配合では、紅・青・黄緑の三色、赤・青・黄の三色、赤紫・青緑・黄橙の三色、紫・青緑・黄の三色は良好である。

黄と白、紫と黒、中色と鼠のように、光度（明度）の接近した組み合わせはよくない。白・黒・鼠などがそれぞれ光度の差の大なる色彩と取り組めば、大概是良い配合となる。また不良の場合も、その状態に応じて白・黒・鼠のいずれかを中間に入れると、全体の配色は格段に良くなるといっている。

同色の配合も光度により（すなわち明暗により）、色度により（色の強弱により）色に対する感じが変わってくる。これは一般に上品な点が特徴であり、類の少ない配色であるといっている。

(2) 色彩の対比

成田は、色彩に生命を与えるものは、色彩の対比現象にあると述べている。

①**光度上の対比** 白と黒の対比は、光度上の両極端にある。婦人の礼装である白衿、紋付の黒は、白によってますます黒く、白は黒によってますます白く見える。また同じ光度の鼠色でも、白地の

上と黒地の上とを比較すると、前者は著しく光度を増して白く、後者は光度を減じて黒く見える。白は単独に見た場合より、黒と比較した場合の方がはっきりと白く最大光度に見え、黒も同様に真の黒に見える。

②**同時対比** 二色を隣接しておく、互いに相互の補色加わって鮮やかに見える。たとえば赤と青緑、橙と青、紫と緑も同様である。

③**継続対比** 甲の色をしばらく見たあと乙の色を見ると、乙の色は甲の色の補色を帯びて、元の色とはちがって見える。

実にこの対比現象は色彩の精華ともいべきで、これにより色彩の美はいっそう発揮される。それゆえ日々色彩を取扱う人はもちろん、日常生活においても、これら諸種の対比関係の基礎的知識を勉強し、色彩の選択に際しては正否を誤ることのないように注意すべきと述べている。

4. 色彩と感情

成田は、色は美を表すばかりでなく、感情も表すものであるといい、色彩感情にもふれている。たとえば、子供は主として赤から緑に至る積極的色彩を好み、年長者は緑から青を経て紫に至る消極的色彩を好むといっている。また男性は一般的に積極色を愛し、女性は消極色を愛する傾向がある。さらに、人によって感じ方はちがうが、一般的な色彩に対する感情の大体の傾向を、次のように挙げている。

- 赤 — 誠心、熱心、活気、愉快、焦燥、野蛮、幼稚な感、卑俗な感
- 橙 — 明るい華やかな感、少しの熱、嫉妬、嫌忌、疑惑、我儘
- 黄 — 明るい晴れやかな感、快活、猜疑、優柔、発展、希望
- 緑 — 明るいおちついた感、平和、親愛、公平、着実、成長
- 青 — おちついた静かな冷たい感、沈着、冷淡、神秘、陰鬱
- 紫 — おちついた静かな感、高貴、謹厳、優雅、温厚
- 白 — 活動、歓喜
- 黒 — 沈静、不安、悲哀

5. 衣服の色の選択

成田は、衣服の色の選択について次のように著している。

西洋人は髪の色と眼の色を基調として配色するが、日本人は顔の色を基にして選択するとよい。

子供服としては、一般的にうすいやわらかな感じと、明るい感じのする色、すなわち桃色、水色、クリームなどがよい。老年の婦人には、落ち着いた静かな、そして威厳を保つことのできる色、すなわち茶・鼠・青に近い緑など濃い色がよい。また、ふとった人にはほっそりと見せ得る黒味を帯びた色、黒味がかつた青・紫・緑などがよい。色が白く血色のよい晴れやかな顔の持ち主ならば白はよく似合う。

一般的に色の白い人にはどんな色でも大抵は似合うものであるが、われわれ黄色人種はこの点で苦心を要するのである。それゆえ私たちは、身だしなみとして薄化粧をして顔全体を引き立たせると、すなわち衣服と光度の対比効果から、好結果をもたらすことになるのである。

以上、ごく簡単に単純な色について述べたが、実際にはなかなか複雑である。わが国において一般に使用している衣料織物や染色術は非常に発達しており、色彩は複雑になっている。これを活かして用いることは、使用者が常に注意し心掛けなければならないことである。私どもは色合いや柄合いに注意して、常に高尚な趣味を養うと同時に、色の科学的な面も怠らず学ぶことが必要である。

なお常に自己の立場を考え、自己を忘れず、自己を基本として自分に似合う色の選択をすることが、衣服使用の目的・場所・時に合致する選択であるよう考えたいと結んでいる。

6. まとめ

『子供服の時代化』の“第二章 参考資料 第二 服装と色彩の配合”について、成田は「多くの人の研究の結果として」とのみ記し、色彩の配合を参考として著している。

後年、『続被服教育六十年の回顧』（成田順著、昭和50年）の中で、服装と色合いについて「この題目についての講演は、昭和のはじめ、今から五十年近くも前のものであるが、服装の研究には、色合いについての基礎がなければならないことを痛切に感じて一応まとめたものである・・・」⁵⁾と記している。なお、この著には“服装と色合い (一) (二) (三)”の口絵として図1 二色の配合の良否(色彩表)、パリー発行のスタイルブックの写真、米国の印刷物の写真が掲載されており、

いずれも今から約五十年ほども前の資料であると記されている。

このように、昭和初期に外国の資料を著書に使用しているのは、成田がイギリス留学時に諸外国を見聞したことも一因であろうと考える。

二色配合(配色)では、色彩感覚の差(色相差)の大なるものは快感、差の小なるものは一般に不良に感じるといっている。これについて「最良」「良」であるとされるのは、中差色相、対照色相、補色色相の調和であることがわかる。

さらに、成田は「色彩に生命を与えるものは、色彩の対比現象にある。」と述べているように、色彩の対比や色彩と感情にもふれ、肌の色に合わせ顔全体を引き立たせる服装色の選択、服種の特性を考慮した色彩の選択を勧めている。

これらのことから、当時、洋装化が進む中で、成田順が目指した洋裁知識・技術の普及には、服装と色彩の表現も大切な要因になり得ていたと考える。

今後は『子供服の時代化』には記載のない、これら資料の裏付けとなる色彩理論について、さらに研究を進めていきたい。

【参考文献・引用文献】

- 1)井澤尚子:子ども服の洋装化と女学校被服教育, 日本女子大学大学院家政学研究科通信教育課程家政学専攻修士論文(2015年3月)
- 2)成田順:子供服の時代化,大成書院,(1932)
- 3)成田順:被服教育六十年の回顧,(1974),61-86
- 4)成田順:被服教育六十年の回顧,(1974),169-170
- 5)成田順:続被服教育六十年の回顧,(1975),23
- 6)日本色彩学会編:新編 色彩科学ハンドブック(第2版),東京大学出版会,(1998)
- 7)東京商工会議所編:カラーコーディネーションの基礎 第3版 カラーコーディネーター検定試験 3級公式テキスト,東京商工会議所,(2009)

人工共感覚（数字に対する色イメージ）の記憶力に対する影響の定量的分析 Quantitative Analysis of Effects of “Artificial Synesthesia” on Memory Performance

吉川 花里 Hanari Yoshikawa 早稲田大学人間科学部 WASEDA university
方 思源 Siyuan Fang 早稲田大学大学院人間科学研究科 WASEDA university
松居 辰則 Tatsunori Matsui 早稲田大学人間科学学術院 WASEDA university

Keywords: 共感覚、記憶、人工共感覚、色イメージ

1. はじめに

1.1 背景

世間には文字や数字、音などに、自然と色や匂いを感じる人々が存在する。この現象を心理学用語で共感覚 (synesthesia) という。共感覚とは、ある一つの物理的刺激が感覚受容器に与えられたときに、本来起こる感覚だけでなく、それ以外の感覚も引き起こす現象である¹⁾。共感覚には文字に色を感じる色字共感覚、音に色を感じる色聴共感覚に関する研究は多く行われているが、匂いに色を感じる共感覚、文字に味を感じる共感覚、物に触ると味を感じる共感覚など、様々な共感覚が存在する。

文献 3)によれば、共感覚についての研究は約 200 年前から行われてきたが、感覚部位の間に共感覚特有の神経結合が存在するという仮説や、共感覚保持者は諸感覚を統合する TPj (側頭頭頂接合部) の抑制が少ないという仮説など諸説あるものの、未だに共感覚の発生メカニズムは明確になっていない。

1.2 目的

近来、共感覚に関する研究は多く為されてきた。しかし、その多くは「共感覚とはなにか」を追求する研究であり、共感覚という現象を「利用する」という研究は行われてこなかった。そこで、本研究では、文字や数字に色を知覚する色字共感覚の中でも、数字に色を知覚する共感覚に焦点を当てる。色字共感覚保持者は非共感覚保持者と比べ、記憶力が良いという研究⁴⁾がある。特に、本研究ではこの共感覚と記憶力のメカニズムを非共感覚保持者への応用を検討した。つまり、共感覚非保持者に共感覚そのものをもたせることは不可能だとしても、人工的に文字に色のイメージをもたせ、“共感覚のようなもの”を身につけさせることの可能性を検討した (以下、この“共感覚のようなもの”を「人工共感覚」と呼ぶ)。そして、この人工共感覚を身につけさせることにより、非共感覚保持者の記憶力の促進の可能性を実験的に検討した。ただし、本研究における記憶力とは、日常的な”記憶する”という行為と同一のストラテジーに人工共感覚を加え、再生課題における成績が上がるということを意図している。以上をまとめると、本研究の目的は、共感覚が記憶力を促進するという仮説を検証し、その成果を応用し、非共感覚保持者に人工共感覚を身につけさせ、記憶力を促進させる可能性を検討することにある。

1.3 先行研究

共感覚と記憶力に関する研究として、文献 4)は共感覚保持者の記憶力の良さについて脳科学の分野から研究している。この研究によると、共感覚保持者は短期記憶を得意とするという説と長期記憶を得意とするという説が存在するとしている。さらに、共感覚と記憶力に関して大規模な実験を行った文献 5)によると、共感覚保持者は短期記憶と長期記憶のどちらを得意とするかに違いはあまり見られないが、有意に非共感覚保持者よりも記憶力が良いことが明らかとなったとしている。

他にも、本研究に関連している研究としてストループ効果の研究がある。ストループ効果とは、文字の意味と文字色など、同時に目に入る二種類の情報が干渉し合う現象である。例えば、色名を答えさせる質問を行った場合、赤色で書かれた「あか」の色名を答えるより、黄色で書かれた「あか」を答える方が難しくなるという現象である。文献 6)によると、色字共感覚保持者はストループ効果による影響が非共感覚保持者よりも大きいという知見を報告している。具体的には、共感覚保持者と非共感覚保持者に黒字の文字、共感覚で感じる色をつけた文字、共感覚で感じる色とは一致しない色をつけた文字の 3 つの刺激を用意し暗記させる実験を行ったところ、非共感覚保持者には違いが見られなかったが、共感覚保持者は共感覚で感じる色とは一致しない色で覚えた際に大幅に覚えられなくなったという結果を報告している。

2. 実験

ここでは、非共感覚保持者の記憶力促進に人工共感覚が有効か否かを検証するための実験について述べる。

2.1 実験の手続き

今回は、数字に色のイメージをつける実験群と何も処理を施さない統制群に被験者を分け、数字列を暗記させ、得られたデータを統計解析し実験群と統制群を比較する実験をおこなった。本実験のフローを図 2.1 に示す。自作した実験群・統制群それぞれのソフトウェアを用い、その流れに沿って実験を実施した。この実験から得られたデータに統計処理を施し、非共感覚保持者の記憶力促進に人工共感覚が

有効であるかの検証をおこなった。

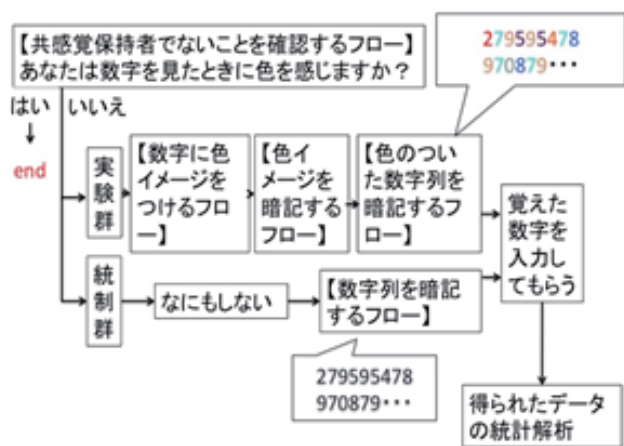


図 2.1 本実験のフロー

2.2 被験者

被験者は正常な色覚を持つ 19~25 歳の非共感覚保持者 28 名とした。本研究での非共感覚保持者の定義は、非共感覚保持者と共感覚保持者の記憶力の差を検証する実験を行った文献 6)を参考にし、『『あなたは数字を見たときに色を感じますか?』という問いかけに対し「いいえ」と回答した人』とした。実験群と統制群については男女を均等に配分し、実験群 18 名 (男 7 名、女 11 名)、統制群 17 名 (男 6 名、女 11 名) とした。

2.3 実験刺激

文献 6)を参考とし、0~9 の数字をランダムに並べた 30 桁、40 桁、50 桁の数字列を実験刺激として用いた。今回は実験群、統制群ともに、下記の数字列を用いた (図 2.2 を参照)。この数字列を黒い背景のディスプレイにそれぞれ 5 行で表示させ、被験者に暗記させた。

30桁	40桁	50桁
32474	52438	33119
39136	98649	50293
93553	06617	97256
34354	35957	45879
27041	00772	82326
74640	55421	43373
	88063	22707
	19877	83226
		41317
		01448

図 2.2 本実験で用いた数字列

2.4 実験設備

以上のような実験を行うにあたり、プログラミング言語の Python と Python のマルチタッチアプリケーション開発のための Kivy で実験ソフトウェアを構築した。

実験群には【数字に色イメージをつけるフロー】、

【色イメージを暗記するフロー】、【色のついた数字列を暗記するフロー】を行うソフトウェアを、統制群には【数字列を暗記するフロー】を行うソフトウェアを使い、その流れに沿って実験を実施した。

● 実験群ソフトウェア

【数字に色イメージをつけるフロー】 (図 2.3 参照)

数字に色イメージをつけるフローは 0~9 までの数字に被験者オリジナルの色をつけるフローになっている。最初の画面では数字に色イメージをつけるフロー全体の説明がされている。次へボタンを押すとカラーピッカーの使い方と実験上の注意点を説明する画面に移り変わる。実験上の注意点は、数字ごとに異なる色をつけてもらうこと、どうしても色が浮かばない場合のみイメージなしボタンを押してもらうことの 2 点である。スタートボタンを押すとメニュー画面に切り替わる。なお、上記 2 画面では実験者が被験者に口頭で説明を加える。メニュー画面には 0~9 までの数字ボタンがあり、数字ボタンを押すと、各数字に対する色選択画面が表示される。被験者が適切だと思う色をカラーピッカーで選択し、数字に色をつける。数字に対して色イメージが思い浮かばない場合はイメージなしボタンを押すとランダムに色がつく仕様になっている。適切な色を選択し決定ボタンを押すと、メニュー画面が表示され数字ボタンに色がつく。同様に 0~9 までの数字に色イメージをつけ、すべて色を決め終わったらメニュー画面の決定ボタンを押す。すると確認画面が表示されるので、色を付け直す場合はやりなおすボタン、この色で良い場合は決定ボタンを押す。



図 2.3 【実験群】数字に色イメージをつけるフロー

【色イメージを暗記するフロー】 (図 2.4 参照)

色イメージを暗記するフローは、数字に対してつけた色を暗記させるためのゲーム形式になっている。数字に色イメージをつけるフローの確認画面の決定ボタンを押すと、色暗記ゲームのスタート画面が表示される。色暗記ゲームについての説明文を読みゲームスタートボタンを押すと、数字に対しての自分がつけた色がどれであったか選ぶ問題画面に移行する。問題の対象となる数字はランダムに表示され、問題ごとにボタンの並びもランダムに入れ替えられる。問題の数字に対して被験者がつけた正しい色ボタンを押すと正解画面が表示され、正しくない色ボタンを押すとはずれ画面が表示される。数字に対する色がわからない場合はわからないボタンを押すとはずれ画面に移行す

る。はずれ画面には正解の色が提示されるようになっている。0~9の数字一つに対し3回正解するとゲームクリアとなる。



図 2.4 【実験群】色イメージを暗記するフロー

【色のついた数字列を暗記するフロー】(図 2.5 参照)
色のついた数字列を暗記するフローは 30 桁、40 桁、50 桁の数字列をそれぞれ 3 分間で暗記してもらうフローである。色イメージを暗記するフローのクリア画面の次へボタンを押すと、本実験のスタート画面が表示される。実験者に説明を受けながら教示を読みスタートボタンを押すと、まずは被験者の数字に対する色のついた数字列 50 桁が 5 行 10 列で表示されるので、数字列を暗記してもらう。3 分経つと自動的に入力フォームが表示されるので、フォームに暗記した数字列を入力してもらう。また 3 分経つと自動的に 40 桁の数字列の暗記画面に移り変わり、その後 3 分経つと入力画面が表示される。また 3 分経つと自動的に 50 桁の数字列の暗記画面に移り変わり、その後 3 分経つと入力画面が表示される。その後 3 分経つと自動的に実験終了画面に移り変わる仕様になっている。



図 2.5 【実験群】色のついた数字列を暗記するフロー

● 統制群ソフトウェア

【数字列を暗記するフロー】(図 2.6 参照)
ソフトウェアを起動すると本実験のスタート画面が表示される。説明文を読みスタートボタンを押すと色のついていない数字列 50 桁が 5 行 10 列で表示される。3 分経つと自動的に入力フォームが表示され、入力フォームに暗記し

た数字列を入力してもらう。また 3 分経つと自動的に 40 桁の数字列の暗記画面に移り変わり、その後 3 分経つと入力画面が表示される。また 3 分経つと自動的に 50 桁の数字列の暗記画面に移り変わり、その後 3 分経つと自動的に実験終了画面に移り変わる仕様になっている。

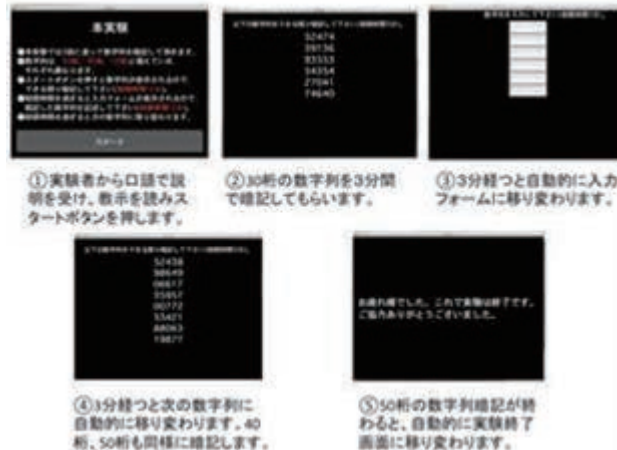


図 2.6 【統制群】数字列を暗記するフロー

2.5 測定するデータ

被験者が実験中に、実験ソフトウェアによって自動的に以下のデータを取得し、csv ファイルに書き込むようにした。

- 被験者の個人情報
実験前に氏名、年齢、性別、そろばんの経験、好きな色(実験群のみ)を聞き、実験後にどのように数字列を暗記したか口頭で聞くこととした。
- 被験者がつけた 0~9 に対する色
実験群における 0~9 それぞれの数字に対する色を RGBA で表記した。
- 数字に対する色イメージにおける不正解回数
実験群における色イメージを暗記するフローの 0~9 それぞれの数字に対する不正解回数を記録した。
- 被験者の解答
数字を暗記するフローにおける被験者の解答を記録した。

2.6 データ解析方法

実験群と統制群それぞれの解答の正答数を出し、「帰無仮説：実験群・統制群の条件と正答数は独立である」「対立仮説：実験群・統制群の条件と正答数は独立でない」とし、30 桁、40 桁、50 桁それぞれの数字列において一元配置の分散分析を行った。

3. 実験結果

ここでは、実験群・統制群の正答数の結果と実験群の数字に対する色イメージについて述べる。

3.1 実験群・統制群の正答数

30 桁、40 桁、50 桁ごとに、統制群と実験群の正

答数を、一元配置の分散分析を用いて検定した結果、30桁では有意差は見られなかったが ($F(1,33)=3.1034, p=0.08739>0.05$)、40桁及び50桁では有意差が認められた (40桁は $F(1,33)=4.3936, p=0.04382<0.05$ 、50桁は $F(1,33)=11.273, p=0.001994>0.05$)。

3.2 数字に対する色イメージ

実験群の【数字に色イメージをつけるフロー】でつけさせた被験者ごとの数字に対する色イメージを図3.1に示した。全体的にばらつきはあるが、0は白、1は赤など色の傾向が見られる数字もあった。



図3.1 実験群の数字に対する色イメージ

4. おわりに

4.1 本実験の成果

実験群・統制群の正答数について、30桁の数字列では有意差が出なかったものの、40桁・50桁の数字列の関しては、「実験群・統制群の条件と正答数は独立である」という帰無仮説を棄却でき、人工共感覚が非共感覚保持者に影響を与える可能性が統計学的に認められた。更に細かく見て行くと、40桁の数字列に関する実験群・統制群の正答率の差 ($p=0.04382<0.05$) よりも、50桁の数字列に関する実験群・統制群の正答率の差 ($p=0.001994>0.01$) の方がより明確な差があるという事が解析結果より判明した。以上より、数字桁が増加すればする程、人工共感覚による記憶力への影響がより顕著に見られるということが考えられる。

また、実験群の数字に対する色イメージにおいては、図3.1からもわかるように、「0」に白 (RGBA = 1.0, 1.0, 1.0, 1.0)、「1」に赤 (RGBA = 1.0, 0.1, 0.1, 1.0) という色イメージが比較的多くみられる。文献7)は共感覚保持者の数字に対する色の傾向を調べているが、この研究において、0と1に対してほとんどの被験者が無彩色を選択したため研究の対象から除外している。本実験では1には有色の色イメージが多く選択されたが、0と1については非共感覚保持者においても色のイメージに傾向があるのではないかと考えられる。

4.2 今後の計画

今後は更に被験者を増やし全体で60人のデータを集めた上で、再度解析を行う予定である。また、今回は実験群と統制群の正答数についてのみの定量的分析であったが、今後は被験者の数字に対する色イメージ、数字に対する色イメージにおける不正解回数、性別、年齢、好きな色など、測定したデータと併せて分析し、人工共感覚の記憶力への影響を考察していきたい。最終的には、本実験の結果を用いて、人工共感覚による記憶力への影響についての認知モデルを作成する予定である。

4.3 期待される成果

本研究は非共感覚者を対象とした人工共感覚の研究であるため、従来の共感覚者を対象とした研究とは異なる視点で共感覚にアプローチし、新たな発見に寄与できるのではないかと考えられる。

もし本研究の結果により、非共感覚保持者が人工共感覚で記憶力を促進できることが支持されれば、色字共感覚を利用した新しい記憶法・暗記法を提案できるものと考えられる。普通では暗記の難しい単調な数字の列も、人工共感覚を利用して暗記しやすくなる。より具体的には、日本史や世界史などの年号を、人工共感覚を使って暗記することが可能となる。また、日常生活においても、電話番号や友人の誕生日など、数字に関する情報も人工共感覚によって容易に記憶できるようになることが考えられる。

5. 参考文献

- 1) “共感覚”, 日本大百科全書(ニッポニカ), ジャパンナレッジ, 入手先 < <http://www.jkn21.com> > (参照 2015-03-29)
- 2) “共感覚”, 日本国語大辞典, ジャパンナレッジ, 入手先 < <http://www.jkn21.com> > (参照 2015-03-29)
- 3) Nunn, J.A., Gregory, L.J., Brammer, M., Williams, S.C., Parslow, D.M., Morgan, M.J., Morris, R.G., Bullmore, E.T., Baron-Cohen, S., and Gray, J.A.: Functional magnetic resonance imaging of synesthesia: activation of V4/V8 by spoken words, *Nature Neuroscience*, Vol.5, No.4, pp.371-375, (2002)
- 4) Rothen, N., Meier, B., and Ward, J.: Enhanced memory ability: Insights from synaesthesia, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Vol.36, No.8, pp.1952-1963, (2012)
- 5) Rothen, N., Meier, B., and Ward, J.: Grapheme-colour synaesthesia yields an ordinary rather than extraordinary memory advantage: Evidence from a group study, *Memory*, Vol.18, No.3, pp.258-264, (2010)
- 6) Smilek, D., Dixon, M.J., Cudahy, C., and Merikle, P.M.: Synesthetic Color Experiences Influence Memory, *Psychological Science*, Vol.13, No.6, pp.548-552, (2012)
- 7) Beeli, G., Esslen, M., and Jancke, L.: Frequency Correlates in Grapheme-Color Synaesthesia, *Psychological Science*, Vol.18, No.9, pp.788-792, (2007)

眼球内迷光の波長依存性

Wavelength Dependence of Intraocular Stray light

石井貴大	Takahiro Ishii	宇都宮大学	Utsunomiya University
田代知範	Tomonori Tashiro	宇都宮大学	Utsunomiya University
石川智治	Tomoharu Ishikawa	宇都宮大学	Utsunomiya University
大沼一彦	Kazuhiko Onuma	千葉大学	Chiba University
阿山みよし	Miyoshi Ayama	宇都宮大学	Utsunomiya University

Keywords: 眼球内迷光, Straylight parameters, 等価光幕輝度.

1. はじめに

眼球内迷光とは、眼球への入射光が生成する光幕のことであり、視認性の低下やグレアの増加など様々な傷害を生じさせる。迷光の主な発生源は、水晶体による前方散乱、眼底反射、強膜や虹彩からの透過光である。これらの総体である眼球内迷光を光学的手法で他覚的に測定することは非常に難しく、まだ研究段階である[1]。もし、眼球内迷光の正確な測定または推定が可能ならば、眼の疾患である白内障等の早期発見に繋がり予防医学的観点から重要である。本研究では、白色および有色LED ($\lambda_p = 630 \text{ nm}$, 533 nm , 444 nm) と視標を用いた心理物理学的手法により迷光の量を示す Straylight parameters を測定し、眼球内迷光の波長依存性を調査する。

2. Stray light parameters について

眼球内迷光の度合いを表す Stray light parameters は、以下の式(1)で表される[2]。

$$s(\theta) = \theta^2 \frac{L_{eq}(\theta)}{E_{glare}} \quad (1)$$

ここで、 E_{glare} は被験者の眼前照度 [lx]、 L_{eq} はグレア光源による眼球内迷光と等価になるような別光源による光幕の輝度 (等価光幕輝度) [cd/m^2]、 θ はグレア光と視線のなす角 [deg] である。本研究では、眼球内迷光推定実験としてこれらの値の測定を行い、 $s(\theta)$ の推定を行った。

3. 実験

本実験は、外部からの光の影響を受けないように暗幕で覆われた環境で行った。本手法では、以下の Step1 と Step2 により Stray light parameters を測定した。

3.1 Step1

Step1 では、グレア光源による眼球内迷光が生じた状態で被験者が判別できる最低コントラストの刺激を上下法により決定する。実験装置を Fig.1 に示す。ここでは、LED 光源がグレア光源である。被験者はあご台で微調整して視点位置を調整した後、5 分間の暗順応を行う。その後、実験者は刺激の呈示と LED 光源の点灯を 1 秒間行い、被験者は刺激の縞の向きを回答する。実験者は回答の正誤により刺激のコントラストを調整する。これを繰り返し、判別可能な最低コントラストの刺激を決定する。本実験では LED 光源設置視角 θ は 6° と 8° を採用した。また、LED 光源として白色、赤色 ($\lambda_p = 630 \text{ nm}$)、緑色 ($\lambda_p = 533 \text{ nm}$)、青色 ($\lambda_p = 444 \text{ nm}$) を用いた。

3.2 Step2

Step2 では、Step1 で眼球内に生じた迷光による光幕と等価となるような光幕の輝度 (等価光幕輝度) を測定する。実験装置を Fig. 2 に示す。光源には Step1 の LED 光源を用いて位置と向きを変えて設置する。刺激には Step1 で決定したコントラスト値の刺激を用いる。まず、実験者は刺激の呈示と LED 光源の点灯を行う。その後、被験者は、拡散光発生装置のハーフミラー部を覗き、LED 光源による光幕が発生した状態で刺激を観察する。実験者は回転式透過率可変 ND フィルタを回転させ、LED 光源による光幕の輝度を調節する。被験者が刺激を判別できなくなった時の輝度を等価光幕輝度 L_{eq} とした。

3.3 被験者

被験者は、白内障の二大要因である年齢と紫外線の影響を考慮し、日本人若年者 8 名、高齢者 1 名およびタイ人若年者 6 名、高齢者 1 名である。タイ人被験者は、他国での長期生活経験の無いタイ人を採用し、タイのバンコクで測定を行った。

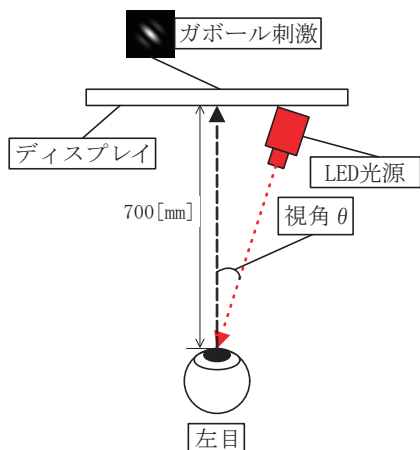


Fig.1 Setup of step1

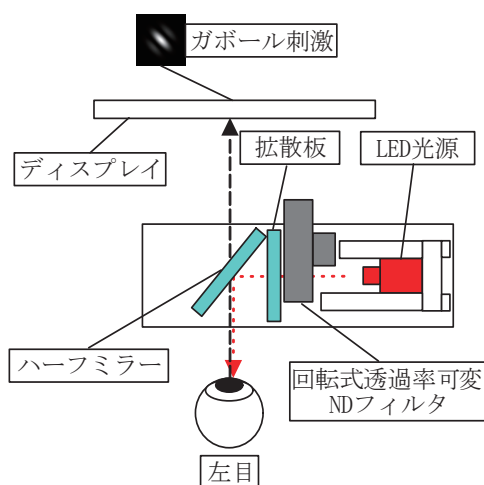


Fig.2 Setup of step2

なお、10代、20代の被験者を若年者、60代の被験者を高齢者とした。

4. 結果

実験結果を Fig.3 に示す。縦軸は Stralylight parameters の対数値(log(s)), 横軸は LED 光のピーク波長(青:444 nm, 緑:533 nm, 赤:630 nm)を表している。なお、白色 LED 光の結果は便宜上グラフの左端にプロットしている。エラーバーは標準偏差を表している。シンボルは各被験者の左目視角 6°, 左目視角 8°, 右目視角 6°, 右目視角 8° の 4 条件の被験者全員の平均値でプロットしている。Stralylight parameters の波長依存性に関して、日本・タイのどちらの被験者でも年齢に関わらず青色光における結果が他の LED 光(白、緑、赤)と比較して最も高い値となった。これは、レイリー散乱の影響を反映した結果であると言える。年齢の比較に関して、日本・タイどちらも若年者より高齢者の結果が高い値となることが明らかになった。これは、加齢による水晶

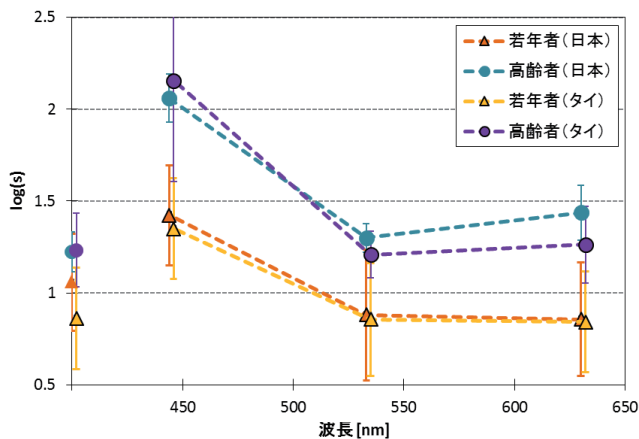


Fig.3 Results

体の白濁の影響を正しく反映した結果だと考えられる。日本人被験者とタイ人被験者の結果に有意な差は見られなかった。

5. まとめ

本研究では、LED 光と視標を用いた心理物理学的手法により眼球内迷光の度合いを表す Stray light parameters を測定した。3 種類の波長、および白色 LED 光の中で、青色光の結果が最も高い値になった。また、若年者と比べて高齢者の値が高くなった。これらは先行研究における結果と同様の傾向である[3]。本手法により眼球内迷光の定量的推定が可能と考えられる。

謝辞

本研究は、科学研究補助金・基盤研究(C)【課題番号 25390091】および宇都宮大学オブティクス教育研究センターの支援により実施された。また実験にはタイのチュラロンコン大学の Pontawee Punggrassamee 准教授および Pichayada Katemake 准教授に多大なる協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

[1] H. S. Ginis, G. M. Perez, J. M. Bueno, A. Pennos, and P. Artal, "Wavelength dependence of the ocular straylight", *Invest Ophthalmol Vis. Sci.*, 54(2013) No.5, 3702-3708.
 [2] Johannes J Vos : Reflection on glare, *Lighting Res. Technol.* 35,2 (2003) pp.163-176.
 [3] J.E. Coppin *et al.* / *Experimental Eye Research* 82 (2006) 688-692.

マルチスペクトルプロジェクタを用いた色覚検査手法の提案

Color Vision Test using Multi-spectral Projector

平井経太 Keita Hirai 千葉大学大学院
 武樋真也 Shinya Takehi 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: 色覚検査, 色覚障がい, 色弱模擬フィルタ, アノマロスコープ, マルチスペクトルプロジェクタ.

1. はじめに

ヒトは、視細胞に存在する LMS 錐体により色を知覚する。この錐体の欠損等により、特定の色の判別が困難になることを「色覚障がい」という。

色覚障がいかな否かを調べる方法として、色覚検査が挙げられる。色覚検査の代表的な手法としてとして、石原式検査表とアノマロスコープがあげられる。石原式検査表は、簡易な検査手法であるが、正常色覚者にも関わらず障がいの疑いがあると診断される可能性がある。アノマロスコープを用いた検査は正確であるとされているが、検査を受けられる機関が限られていることに加えて、検査に時間を要することが知られている。

本稿は、マルチスペクトルプロジェクタを用いることによって、アノマロスコープのような正確な診断を可能にするとともに、検査の手間が軽減される色覚検査手法を検討する。

2. 従来手法：アノマロスコープによる色覚検査

従来 of 代表的な検査手法として、石原式検査表、パネル D-15 テスト、アノマロスコープなどが挙げられる。特に、アノマロスコープは、現存しているいくつかの色覚検査の方法の中で唯一正確な診断を下すことができる検査機器とされている[1][2]。アノマロスコープの検査原理は、等色法検査である。赤色と緑色を混色させると黄色の刺激として知覚するが、この二つの光を混色させたものと黄色の単色光を等色させた際の混色の程度によって診断を下す検査方法である。診断対象は、1型2色覚、2型2色覚、1型3色覚、2型3色覚である。

本研究では、アノマロスコープに基づいた検査手法を提案する。ここでは、アノマロスコープの

検査原理について述べる。アノマロスコープで使用されている光は、波長が 546nm の緑色光、589nm の黄色光、671nm の赤色光の3種類である。このうち、緑色光と赤色光を混色することで黄色の刺激が生成され、混色刺激と黄色光の単色刺激を一致させることを目的としている。実際に検査を行う際は、図1に示すような円をおよそ 2° 視野で見せている。円の上半分が緑色光と赤色光を混ぜ合わせた混色領域であり、円の下半分が黄色の光のみの単色領域である。この2つの領域のうち、上半分に割り当てられている二種類の光源の混色割合を決めるメモリを「混色メモリ」と呼び、下半分の黄色の明るさを変化させるメモリを「単色メモリ」という。

混色メモリは 0~73 の範囲で表現される。このメモリ=0 は緑色光のみ、メモリ=73 は赤色光のみが出力されていることを示す。単色メモリは、黄色光の明るさを定めるものであり、メモリは 0~87 の範囲で表される。単色メモリが 0 の時に円の下半分は真っ暗となり、メモリが 87 の時に明るさが最大になる。検査の際は、検者が混色メモリを少しずつ変更させ、その度、被験者が単色メモリを動かすことで、等色と判断した単色メモリを決定する。その際、等色する点がなければそのまま混色メモリを変化させて、同様の過程を行う。このような手順を踏まえて、等色する点を探していき、図2のような検査用紙のグラフに、等色した際のメモリをプロットしていく。

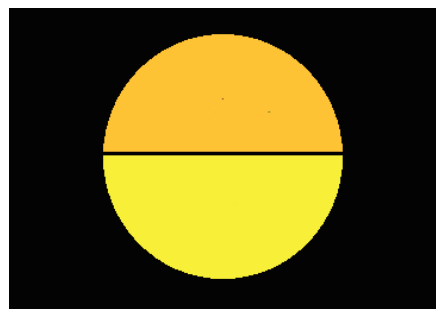


図1 アノマロスコープの検査刺激

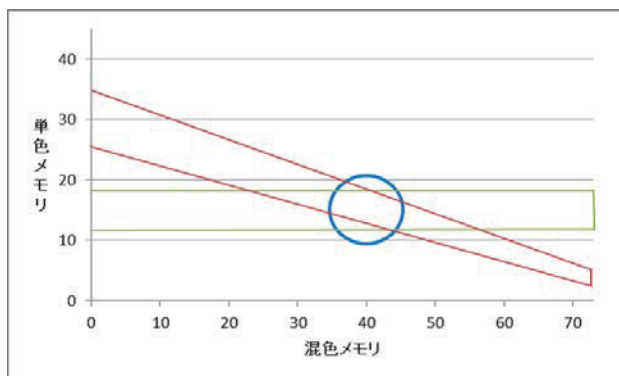


図2 アノマロスコープの検査グラフ

正常色覚者がこの検査を行うと、混色メモリが40付近の時に単色光の黄色に似た色相となり、単色メモリ15付近でその時の混色領域の明るさと似た明るさに知覚される。よって、図2の青円の領域に等色点が集まる場合は正常色覚と診断される。一方、赤いラインに沿って点がプロットされる場合は1型2色覚、緑のラインに添って点がプロットされる場合は2型3色覚と診断される。

3. 色覚検査システム

3. 1. 色覚検査の概要

従来のアノマロスコープによる検査手法では、1つの円刺激のみの提示であった。一方、提案する検査手法では、複数の円刺激を同時に投影する(図3)。これにより、複数刺激を同時に評価することが可能になり、検査を効率よく行うことが可能となる。混色メモリや単色メモリの変化は、円を構成する画像の画素値を変更することで可能となる。G光源とR光源に対応する画素値(輝度値)を増減することで、混色メモリの制御を可能にする。同様に、Y光源に対する画素値(輝度値)の増減により、単色メモリを制御する。

3. 2. 投影システム

本稿では、本研究室で開発したマルチスペク

トルプロジェクタ[3]を用いることで、アノマロスコープ検査の効率化を目指す。本プロジェクタは、プログラマブル分光光源(Optomatic Laboratories OL490)とDLP式プロジェクタ(DLP Lightcrafter)により構成されている。

OL490はピーク波長、波長幅、強度等を設定可能であり、またそれらを組み合わせた光源を設定できるプログラマブル光源である。波長分解能は380nm~780nmであり、出力光の強度は0%~100%の範囲で設定可能である。また、複数のスペクトル光を合成した波形を作成することや、複数の波形データを設定し、それらを最速80μ秒毎に切り替えることも可能である。DLP LightcrafterはDMD搭載型のプロジェクタである。DMDのサイズは608×684ピクセルであり、このミラーのON-OFFによってスクリーンへ投影するか否かを制御している。またこのON-OFFの切り替え頻度により出力する光の強度を調整することも可能である。

この2つの機器を利用することによって、マルチスペクトルプロジェクタは構築されている。DLP Lightcrafterは、本来、RGBのLED光源が搭載されているが、それらを除き、代わりにOL490を光源とした。DLP LightcrafterのDMDにてグレースケール画像を構成し、そこにOL490の光源を照射することによって、特定光源の単色画像を生成することが可能になる。また、DLP LightcrafterとOL490を同期させ、グレースケールと光源を対応させて高速に切り替えることによって、投影画像を多原色の画像として知覚することが可能となる。なお、プロジェクタ投影によるグレースケール画像は8bit深度、608×684ピクセルの画像を秒間に120枚切り替えることが可能である。また、投影バンド数は1,2,3,4,6を可能としているが、本研究では3バンド投影(R光, Y光, G光)を使用している。

上記のマルチスペクトルプロジェクタは、投影画像の各画素を分光的に制御することが可能で

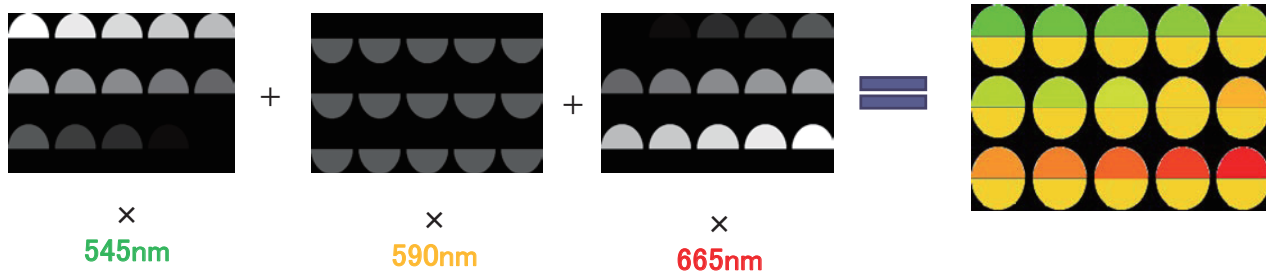


図3 提案色覚検査手法における刺激投影

ある。投影光は入力画像の画素値と光源の分光分布により決定する。入力光源は、アノマロスコープに基づいて、545nmのG光、590nmのY光、665nmのR光を設定しており、いずれも波長幅は5nmとした。プロジェクタへの入力画像は、図1と同様に、円上部と下部の画像である。G光とR光では円の上部のみ、Y光では円の下部のみを高速投影することによって、上部はGとRの混色、下部はYの単色として知覚される。図3に示さる通り、画素値をそれぞれ変更した円を複数同時に投影することにより、被験者は複数刺激を同時に評価することができる。

4. 視覚実験

4. 1. 実験方法

提案手法の有効性を評価するため、視覚実験を行った。投影環境は暗室で、スクリーンは白紙を使用した。プロジェクタからスクリーンの距離は15cm、投影画像のサイズは縦5.5cm、横9.5cmである(図4)。観察条件は、暗室、円一つの視野角がおおよそ2°となるように設定した。被験者は、21~22歳の男女6名で、全員正常色覚者である。検査する刺激は、混色メモリが0, 3, 6, ..., 42と31, 34, 37, ..., 73, 単色メモリが4, 8, 12, 14, 16, 20, 24, 28とした計240刺激である(図5, 図6)。被験者は、等色していると知覚した円を、全て回答した。なお、本実験は、検査の有意性を図るために行っており、検査時間の短縮とは直接的には結びついていないものである。

また、色弱模擬フィルタを用いた場合の実験も行った。色弱模擬フィルタは、(株)伊藤光学工業社のバリエーションパルンケーキP型(1型色覚)・D型(2型色覚)を用いた。

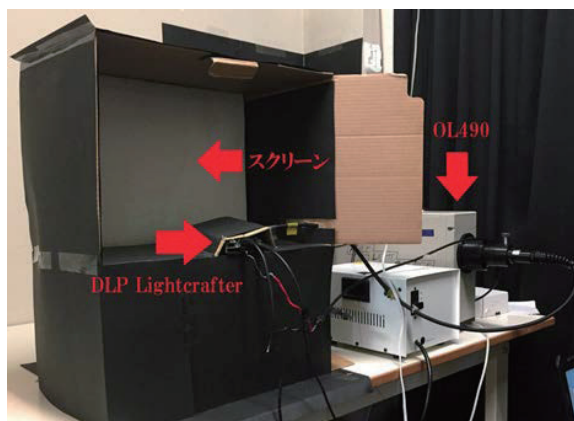


図4 投影実験の環境

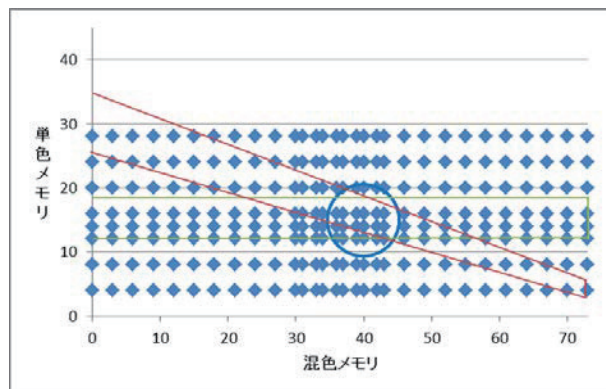
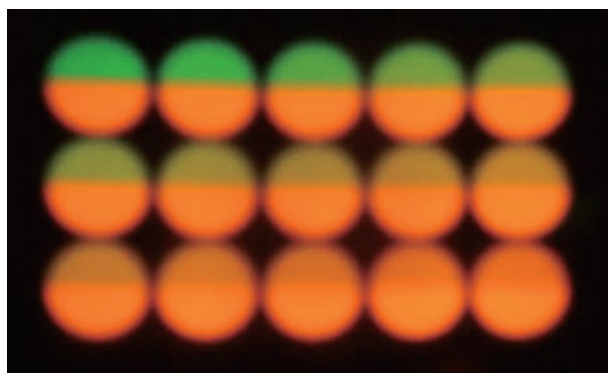
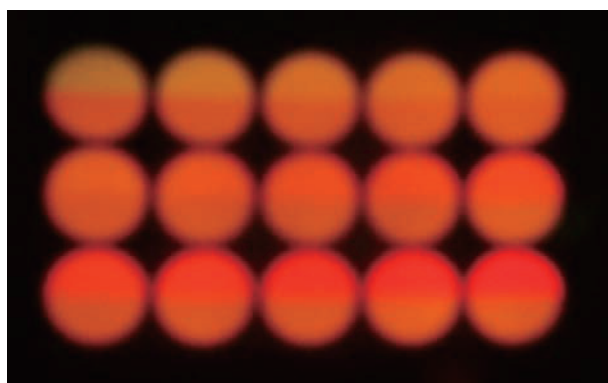


図5 投影刺激(計240刺激)の分布図



(a) 混色メモリ0~42, 単色メモリ30の投影



(b) 混色メモリ31~73, 単色メモリ16の投影

図6 実際の投影刺激画像の例。正常色覚者は(b)の上段右側から中段左側(混色メモリが40付近で、単色メモリが16)あたりで等色したと判断する。

4. 2. 実験結果と考察

実験の結果、被験者6名全員が混色メモリ40付近、単色メモリ15付近の円が同一色に見えると判断した。参考として、正常色覚者1名に対する実験の結果を図7に示す。これは、従来のアノマロスコープにおける正常色覚者の等色領域と一致しており、提案手法は正常色覚者の診断に利用できる可能性が示唆された。

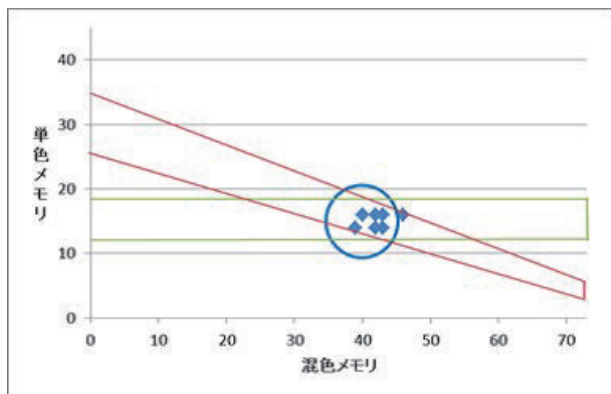


図7 被験者Aの実験結果

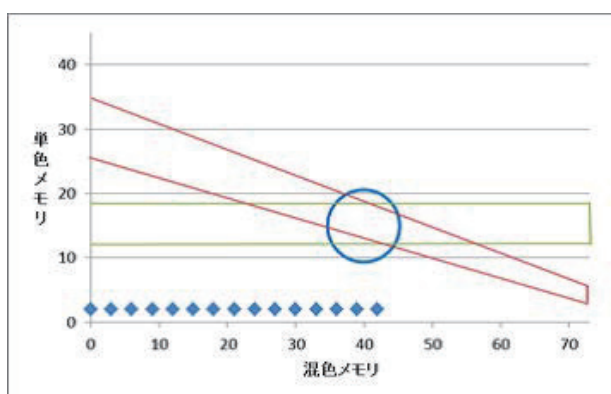


図8 被験者A(2型色弱模擬フィルタ着用時)の実験結果

また、色弱模擬フィルタを用いて同様の検査を行った結果を図8に示す。2型色覚模擬フィルタを用いた場合、本来ならば、図8の緑ライン内で等色したとの結果が望まれるが、全体的に単色メモリの値が低い刺激で等色したと回答された。また、1型色覚模擬フィルタを用いた結果は、ほぼ全ての被験者が等色する刺激がないと回答した。

この結果を考察するため、P型(1型)フィルタとD型(2型)フィルタの分光透過率を計測した。その結果、P型フィルタはR光が全てカットされるため、混色刺激の色度点はG光源のものと常に一致する。単色領域では正常時のY光源と同様の色度点となるため、色度が一致する刺激が存在しないために、回答がなかったと考えられる。

D型フィルタの場合、R光は全てカットされ、G光の輝度値は大きく低下した。そのため、ほとんど色としては知覚できず、単純にY単色との明るさ比較になったと考えられる。

5. まとめ

本研究では、マルチスペクトルプロジェクタを用いた色覚検査手法を検討した。実験結果より、構築したシステムによって、正常色覚者の診断が可能であることが示唆された。また、色弱模擬フィルタを用いた結果、期待された結果は得られなかった。しかしながら、色弱模擬フィルタの分光透過特性を考慮した場合、色覚障がい診断にも利用できる可能性を得た。

今後の課題としては、効率的な検査方法の考案が挙げられる。現段階では、検査の簡略化は示唆できたが、時間短縮のための画像提示順は考慮していない。今後は、時間短縮につながる画像提示順のアルゴリズムを考え、検査時間の短縮をはかりたい。

参考文献

- 1) I. Schmidt: Some Problems Related to Testing Color Vision with the Nagel Anomaloscope, *J. Opt. Soc. Am.*, 45, 7 (1955) 514-522.
- 2) M. Neitz et al.: Variety of genotypes in males diagnosed as dichromatic on a conventional clinical anomaloscope, *Visual Neuroscience*. 21, 3 (2004) 205-216.
- 3) K. Hirai, D. Irie and T. Horiuchi: Photometric and Geometric Measurements based on Multi-primary Image Projector, *Proc. CVCS* (2015).

条件等色を用いた個人の等色関数の検証

Examination of individual color matching function with metamerism

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: 条件等色, 等色関数, 異種メディア間等色, 色再現性

1. 研究背景

近年, 色再現技術の発展により従来よりも精密な色再現が可能になってきた. 特にディスプレイやプリンタ, デジタルカメラなどの色再現メディアにおいては, 扱うことのできる画素数やデータ量の増加により, 飛躍的な向上を遂げている. それに伴い, 異種メディア間の色再現が重要視されるようになった.

異なる分光分布を持った色刺激が特定の観察条件で等色することを条件等色という. 異種メディア間の等色は色再現技術の違いに伴い, 分光分布も異なるため, 条件等色によって成立しているといえる. しかし, 近年, 異種メディア間の色再現において, 測色値は一致しているが, 実際に人が観察したときの色の見えが一致しないという問題が報告されている^{(1),(2)}. この原因の一つとして, 測色値算出時に用いられる仮想的な色に対する感度と, 実在する観測者の感度が異なるということが挙げられる⁽³⁾. 測色値の算出には, 国際照明委員会 (CIE) が定めた人間の仮想的な色の見えを代表する CIE 標準観測者の光に対する感度関数が用いられており, 色再現メディアはその測色値をもとに色を出力する. そのため, 異種メディア間で同じ色を呈示したい場合, 測色値を一致させるように色再現が行われる. 実際の観測者においては, この感度関数が個人差によってばらつき, 結果として標準観測者の感度関数とは異なるために色の見えが一致しないと考えられる.

この感度関数は一般に等色関数と呼ばれている. 3つの原刺激 RGB を用いて可視光範囲の単波長を等色したときの各原刺激の割合の相対値であり, 色の見えの特性を表すとされる. CIE 標

準観測者の等色関数は 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, 正常色覚者の平均的な色の見えを表しているとされ, 色再現を行う様々な工業製品に適用されている.

しかし CIE 等色関数が必ずしも人間の平均的な色の見えを表しているわけではないという報告がされている⁽⁴⁾. 上記の異種メディア間等色の不一致に関して, Alfvén らはディスプレイと印刷物の間で等色実験を行い, 異なるメディアの色再現の不一致について等色関数の個人差が影響を及ぼしていると報告している⁽¹⁾. また Asano らは LED のような狭い分光分布を持った刺激に対して, 等色関数の個人差の影響が大きくなることを報告している⁽³⁾. 個人差の原因については, 黄斑色素濃度や水晶体の厚さ, 桿体の影響など様々な要因が考えられている^{(5),(6)}.

測色値を算出する際に, CIE 標準観測者の等色関数の代わりに個人の等色関数を用いれば, 個人の色の見えが反映されているため, 異種メディア等色の不一致を改善できる可能性がある. しかし, 等色関数の測定には大規模な装置が必要で, 時間もかかるため測定が困難とされている.

そこで, 我々は任意のスペクトル光を任意の強度で出力できるプログラマブル光源を用いて等色関数を簡易的に測定する環境を構築した⁽⁷⁾. しかし, 測定した等色関数が正しいかどうかの妥当性検証実験は行われていない. また, 実際に異種メディア間の測色値算出に個人の等色関数を適用した場合に, 補正した測色値が異種メディア間で一致するのか, 測定した個人の等色関数を用いた色補正の有用性についてはわかっていない. そこで, 今回の研究では色票とディスプレイを用いて条件等色を行い, 測定した等色関数の妥当性の検証実験を行った.

2. 実験方法

2.1 等色関数データ

今回の実験では、森島ら⁽⁷⁾が開発した等色関数測定装置によって計測した等色関数を用いた(図2.1, 2.2). CIEのものと比較して, 等色関数には個人差があることが確認できる.

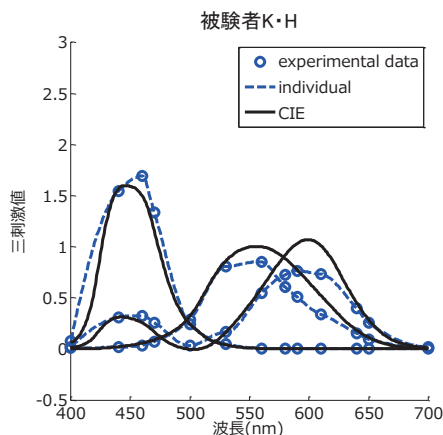


図 2.1 被験者 K・H の等色関数

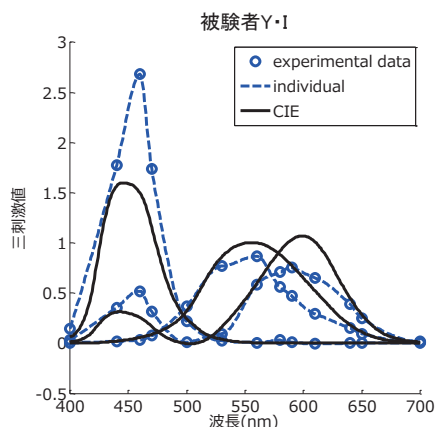


図 2.2 被験者 Y・I の等色関数

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。ブース内は蛍光灯によって一定照度で照明された。参照・テスト刺激の視野はそれぞれ 2° 視野で, 刺激間には 7° の間隔があった。被験者は左目に眼帯を着用し右目単眼で実験を行った。また顎台で頭を固定して実験を行った。

2.3 呈示刺激

参照刺激には色票, テスト刺激にはディスプレイ(Eizo ColorEdge CG223W)を用いた。被験者の視点からの刺激の見えを図 2.3 に示す。

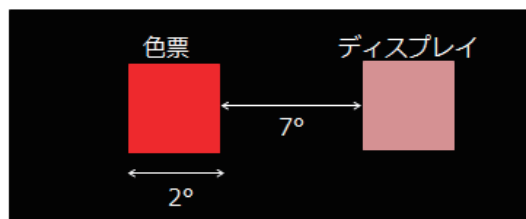


図 2.3 被験者の刺激の見え

2.4 タスク

被験者は実験環境に慣れるためブース内で3分間蛍光灯照明に順応した。その後, 参照刺激とテスト刺激が同時に呈示される。テスト刺激の開始色度点は参照刺激周辺の色度点からランダムに呈示された。観測者は参照刺激とテスト刺激の色の見えが一致するように, トラックボールを用いて $L^*u^*v^*$ 色空間で3次的にテスト刺激を調整した。7色について3回の試行を1セットとし, 日を分けて3セット行った。参照色7色 (Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow, Gray) の色度座標を図 2.4 に示す。

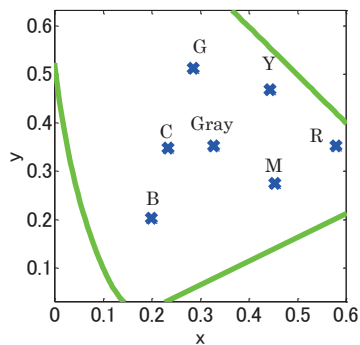


図 2.4 参照色の xy 色度座標

実験終了後, 放射輝度計 (TOPCON SR-3AR) により参照・テスト刺激の分光分布を測定した。

2.5 被験者

被験者には, 男性の2人が参加した。両者とも山形大学の学生(20代)で, 色覚が正常であることは石原式色覚検査表で確認した。

2.6 仮説に基づく結果の予測

本実験は, 異種メディア間の条件等色において, 個人の等色関数を用いた場合, CIE の等色関数を

用いた場合よりも色の不一致が改善されるという仮説のもとに行った。色の不一致の改善とは、具体的には参照刺激とテスト刺激の色差が小さくなることを意味する。色差は等色関数と分光分布の計算によって算出される三刺激値のユークリッド距離がどれだけあるかというものである。すなわち、算出された色差 ΔE の大小によって等色関数の効果を評価することができるはずである。本実験の仮説モデルを図 2.5 に示す。

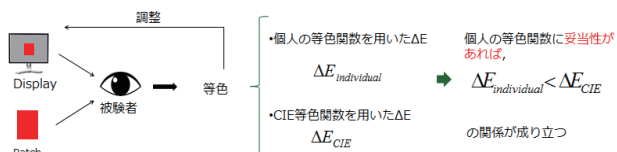


図 2.5 仮説モデル

3. 結果

色票とディスプレイの色差を図 3.1, 3.2 に示す。横軸は参照刺激の 7 色と平均色差で、青いバーが個人の等色関数で算出した色差、赤いバーが CIE の等色関数で算出した色差である。縦軸は色差 ΔE である。

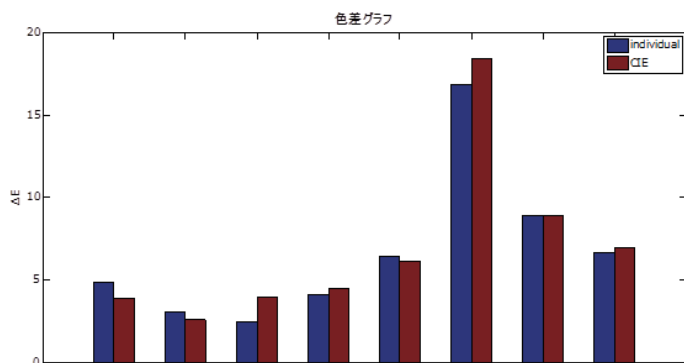


図 3.1 被験者 K・H の色差グラフ

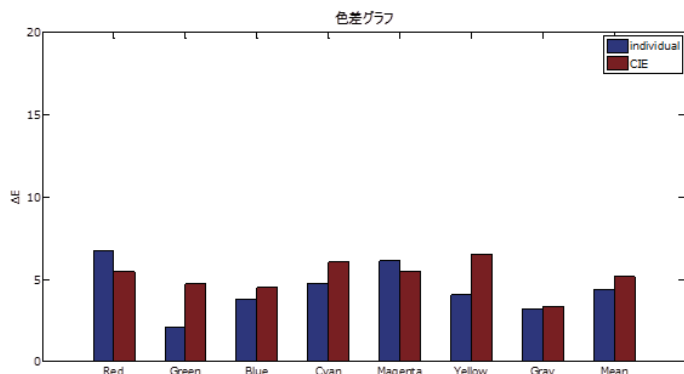


図 3.2 被験者 Y・I の色差グラフ

被験者 K・H は 7 色中 3 色で個人の等色関数を用

いた色差が小さくなり、平均でも個人の等色関数の色差が小さくなった。被験者 Y・I は 7 色中 5 色で色差が小さくなり、平均でも個人の等色関数の色差が小さくなった。

4. 考察

色差グラフの結果から個人の等色関数を用いた場合、平均して色差が小さくなる傾向が見られた。すなわち、今回測定した等色関数には妥当性があると考えられる。

Oicherman らは、異なる被験者間の色差は、色度ではなく明度によるものであり、不一致の改善における等色関数の影響は小さいと報告している²⁾。この報告を検証するため、本実験の結果を色度差と明度差に分けてグラフにしたものを図 4.1, 4.2 に示す。

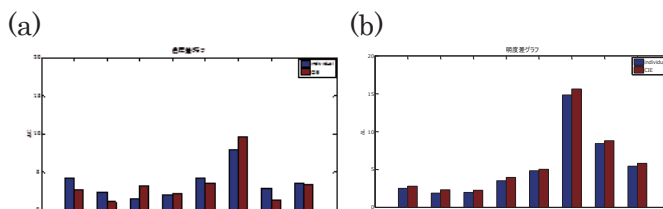


図 4.1 被験者 K・H の色度差(a)・明度差(b)

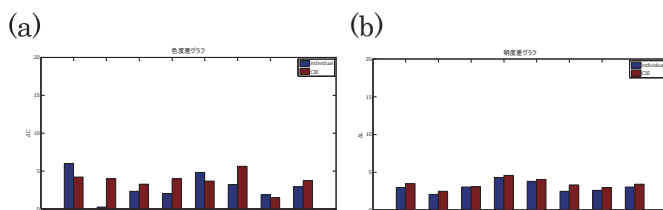


図 4.2 被験者 Y・I の色度差(a)・明度差(b)

図より、CIE 標準観測者と実際の観測者の間では明度差よりも色度差の方が大きく、Oicherman らの先行知見に反する結果となった。すなわち、等色関数が異種メディア間の等色に及ぼす影響は大きいといえる。

また、等色関数の違いによる色度のばらつきを見るために、 a^*b^* 平面に被験者のディスプレイによる等色結果をプロットし、95%信頼楕円を描いた(図 4.3, 4.4)。CIE 標準観測者が実際の観測者の色覚特性を代表していれば、2つの楕円の特性は一致するはずである。しかし、両被験者ともに、7色のうち、Blue と Yellow の 2色において信頼楕円の傾きが異なっていることが確認できる。また、図 3.1, 3.2, 4.1, 4.2 の Blue, Yellow における色差・色度差は両被験者ともに個人の等

色関数を用いた方が小さい. このことより, 異種メディアの等色において個人の等色関数が影響し, 色差が小さくする可能性がある.

補正は有用である可能性があることが示唆された.

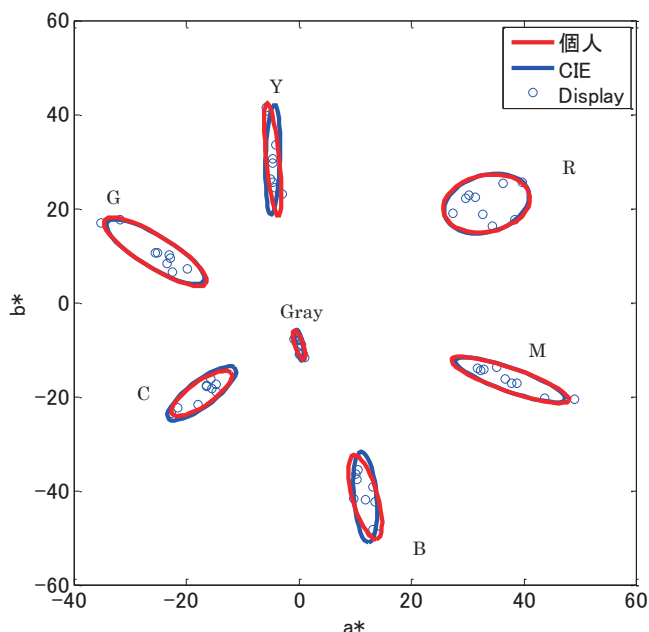


図 4.3 被験者 K・H のディスプレイ等色点と信頼楕円

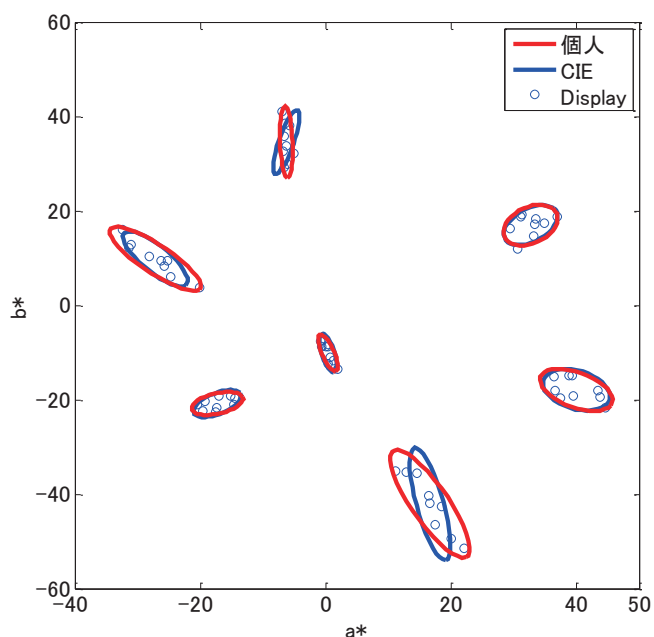


図 4.4 被験者 Y・I のディスプレイ等色点と信頼楕円

5. 結論

異種メディア間の等色には等色関数の違いが影響し, 個人の等色関数を適用すると色差が小さくなる傾向があった. また, 個人の等色関数への

6. 参考文献

- 1)Alfvin RA, Fairchild MD: Observer variability in metameric color matches using color reproduction media, COLOR research and application. 22 (1997) 174-188
- 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 (2008) 346-359
- 3)Asano Y, Fairchild MD, Blonde L, Morvan P: Color Matching Experiment for Highlighting Interobserver Variability, COLOR research and application. Early view (2015)
- 4)Shaw M, Fairchild MD: Evaluating the 1931 CIE Color Matching Function, COLOR research and application. 27 (2002) 316-329
- 5)Sarkar A, Autrusseau F, Vienot F, Le Callet P, Blonde L: From CIE 2006 physiological model to improved age dependent and average colorimetric observers, JOSA A. 28 (2011) 2033-2048
- 6)Welbourne LE, Thompson PG, Wade AR, et al: The distribution of unique green wavelength and its relationship to macular pigment density, JOURNAL OF VISION. 13 (2013)
- 7)Morishima N, Yamauchi Y: Effects of the bandwidth of the spectrum on the color matching function, ACA2014, Taipei, 2014

クレヨンの色使いから色覚特性の推定

Estimation of Colour Vision Type from Painting by Crayons

金田 恵梨子	Eriko Kanada	九州大学芸術工学部	School 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, 塗り絵, 幼児教育

1. はじめに

色覚異常をもつ人は、男性が約 5%、女性が約 0.2%の頻度であると言われている。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、色への認識が異なる場合がある。日本では、教育課程上、幼少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可能性がある。また、色覚異常は、進路や就職の際に障害になる場合があることから 2003 年に色覚検査の義務化が廃止となっている。その弊害として、色覚異常をもつ本人でさえ自分の色覚特性について知らずに生活し、進路選択の際に色覚異常のため進路変更を迫られることもあると報告されている。このような色覚異常をもつ人々が受ける不利益を回避するためには、前以て色覚検査を行えばよいが、前述したように色覚検査の義務化は廃止されている。また、幼児期の一般的な色覚からみたときの違和感のある色使いに対する揶揄などには対応できない。幼児や児童の絵画における色使いから、色覚特性を推定できれば、色覚異常による不利益に対し早期に対応できると思われる。

そこで、本研究では、幼児の色使いから色覚特性を推定するために、クレヨンによる塗り絵を想定した色覚異常の色使いのデータベースを作成することを目的とした。

2. 実験

(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 280lx で机を照らし環境で行われた。机は、灰色 (マンセル N5 相当) の紙で覆われていた。

図 1 に作成した塗り絵の図案を示す。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、正常者では色のばらつきが小さく、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。

クレヨンは、サクラクレヨンふとまき 20 色を使用した。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。

(2) 実験方法

被験者に、塗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。そのとき被験者には、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指示した。「おに」の図案は、被験者の好きな色で自由に塗ってもらった。各被験者は 1 つの図案に対し、ランダムな順番で 3 試行の塗り絵を行った。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 6 名、1 型異常三色覚 3 名 (強度 2 名, 弱度 1 名)、2 型異常三色覚 4 名 (強度 2 名, 弱度 2 名) の大学生が参加した。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。

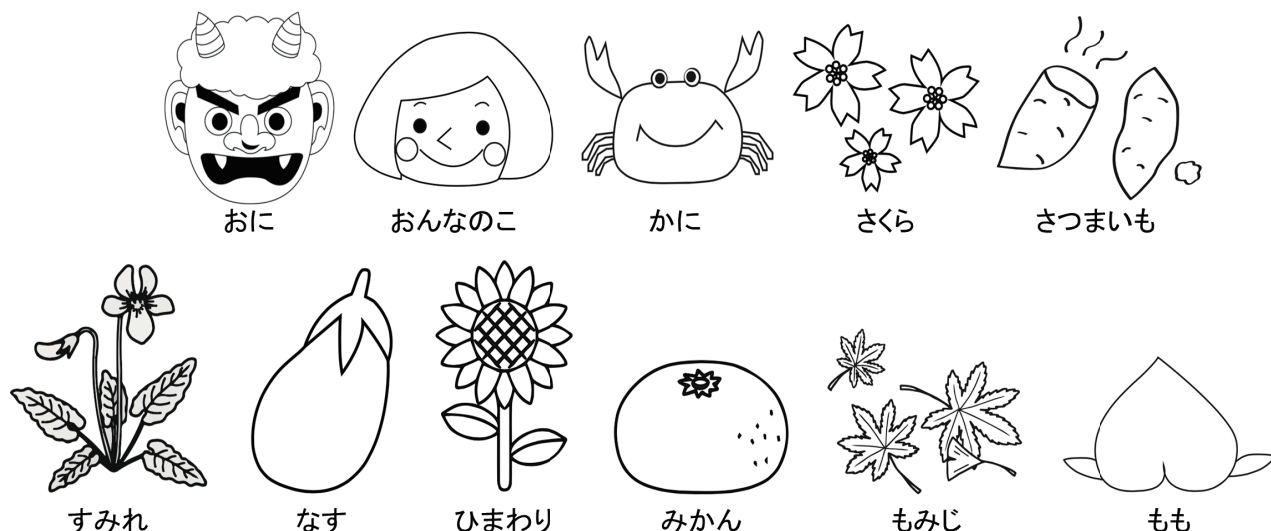


図 1. 塗り絵の図案

(3) 実験結果

図 2 に塗り絵に使われたクレヨン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、正常者では紫色や茶色で塗ることが多かった。一方、色覚異常をもつ人も紫色や茶色で塗っていたが、2 型強度の被験者が黒色で塗ることがあった。色覚正常者が一般的に紫色と緑色で塗る「すみれ」や「なす」では、色覚異常をもつ被験者の塗る色に変化が見られた。色覚異常をもつ被験者は、「なす」の実や「すみれ」の花びらを青色で塗ることが多く、特に 2 型強度の色覚異常をもつ被験者は、「すみれ」の葉や「なす」のへた部分を茶色で塗ることが多かった。「ひまわり」の中心の種の部分は、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を多用し、2 型色覚異常をもつ被験者は明るめの茶色、みかんいろ、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、一般的に緑色で塗られる茎、葉の部分に茶色系統の色を使用するという特徴が、2 型の異常三色覚の被験者に多く見られた。「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。

(4) 考察

幼児の場合、一般的に使われる色以外の色で塗ったからといって、それが即、色覚異常が原因となるわけではない。そのときの幼児の精神状態も反映されることもある。そのため、使われた色と一般的に使われる色とがどのような関係にあるかを検討しなければならない。そこで、どの色のクレヨンが混同色であるかを知るために、クレヨン各色の分光反射率を分光放射輝度計 (KONICA MINOLTA: CS-2000) を用い測定した。その後、Judd の修正等色関数と Smith と Pokorny (1975) の変換式を使い、観察環境で使用したクレヨン各色の LMS 錐体刺激値を算出した。図 3 に SM 平面と SL 平面におけるクレヨン各色のプロットを示す。SM 平面は 1 型、SL 平面は 2 型の色平面に相当する。これらの図において明度は横軸の値の大小によって表される。そして、この平面上で、重なりあう点が混同色であると言える。クレヨンの 20 色は、非常に近い距離にある点はあるものの、重なりあう点は存在しない。これらのプロットと実験結果の関係を考察する。

「おんなのこ」の肌は、ほぼ全ての被験者がうすだいたい色を塗っていた。理由としては、SM 平面、SL 平面それぞれで、うすだいたい色はどの色のプロットからも遠かったためであると考えられる。つまり、うすだいたい色をどの色からも別の色として認識できていた可能性がある。

「すみれ」や「なす」に見られた、正常者が紫色に塗る箇所を、色覚異常をもつ人が青色や群青色で塗る傾向は高い割合で表れていた。この高い

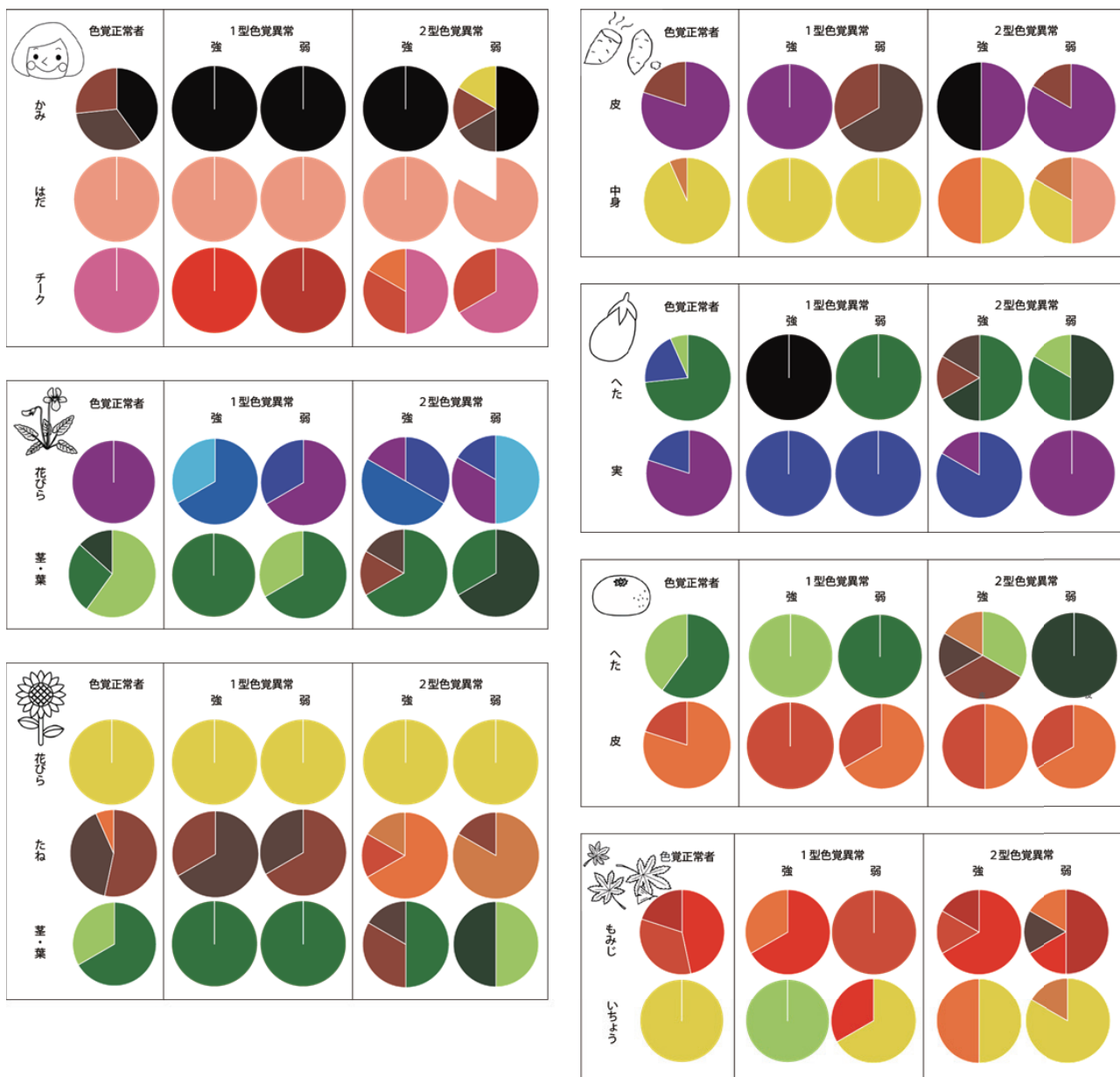


図 2. 塗り絵で使用されたクレヨンの色

割合で起こる原因として、「すみれ」や「なす」を青色系統であると認識しているか、クレヨンの色を混同しているかが考えられる。今回用いた実験方法では、両者のどちらであるかを特定することはできない。しかし、色覚異常をもつ人には青色系統と紫色の区別が正常者とは異なり、どちらかというところ紫色を青色系統と判断する可能性が高いといえる。

1型と2型の塗り絵の差は、「すみれ」や「ひまわり」の葉と茎、「みかん」のへた部分、「ひまわり」の種部分に見られた。正常者が緑色系統で塗る部分を、1型では黄緑、黄色、黄土色といった比較的明るい色、2型では深緑、茶色、こげ茶色

といった比較的暗い色を塗っていた。また、正常者が茶色系統で塗る部分では、1型は茶色、こげ茶色といった比較的暗い色、2型では黄土色、みかん色といった比較的明るい色で塗っていた。1型はL錐体が欠損または感度が短波長にシフトしているため、緑色系統は明るく感じ、赤色系統は暗く感じていると考えられる。同様に、2型はM錐体が欠損または感度が長波長にシフトしているため、緑色系統は暗く感じ、赤色系統は明るく感じていると考えられる。

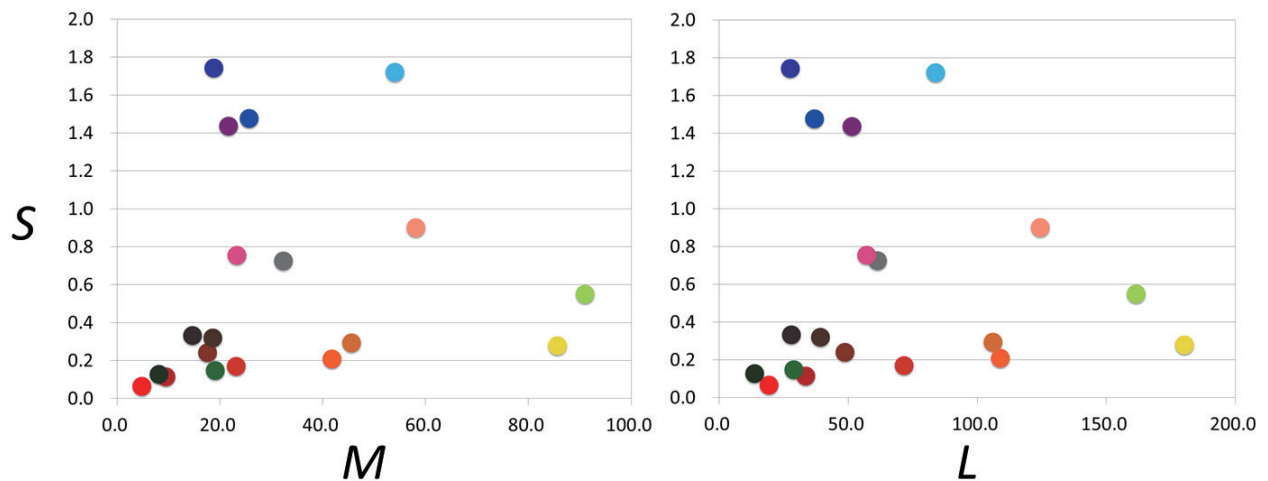


図3. SM平面とSL平面におけるクレヨン各色のプロット

3. おわりに

本研究では、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。大学生の被験者に、クレヨンを使った塗り絵をしてもらい、色覚正常者と、1型、2型の被験者の色の塗り分けの結果を比較した。結果として、正常者が紫色に塗る部分を、色覚異常をもつ被験者の場合は青色系統で塗る傾向が示唆された。また、1型と2型の区別は、正常者が緑色または茶色で塗る部分を、明るい色で塗るか暗い色で塗るかにより区別できる可能性が示唆された。

今回の結果から、クレヨンの色使いから色覚タイプを推定できる可能性はあるが、1つの描画のみで判断することなく複数の塗り絵により総合的に判断する必要があることが示唆された。

最後に、幼児や児童の絵画における色使いから推定した色覚特性が診断とならないように細心の注意をはらわなければならない。また、この情報の取り扱いに関しても同様であり、どのような対応を行っていくかは、更なる今後の課題であろう。

参考文献

- 1) S V. C. Smith and J. Pokorny : Spectral sensitivity of the foveal cone photopigments between 400 nm and 500 nm. *Vision Res.* **15** (1975) 161-171

シミュレーションに基づくバリアフリーパレットの比較評価

A comparative study of barrier-free palettes using dichromatic simulation

坂本隆 Takashi Sakamoto 産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Keywords: 色覚異常, シミュレーション, 色分布.

1. はじめに

色覚異常を有する者にも容易に識別することができる複数の色を用いて構成されるバリアフリー・カラーパレットが、近年、幾つか提案されている。本稿では、カラーパレットの sRGB 値が公開されている Tol (2012), Krzywinski et al. (2012), Ito et al. (2015) の3つのバリアフリーパレットを比較対象とし、バリアフリーパレット構成色が、1型2色覚と2型2色覚に対しどのように見えているのか、均等色空間を用いて色分布を比較したので報告する。

2. 調査対象 (カラーパレット)

2.1 Tol (2012)

Tol (2012)によって報告されたカラーパレットは、明るい2色、暗い3色、中間の明るさの4色の、計9色で構成される。Tol (2012)はオランダ空間研究所 (SRON) の技術文書として公開されており、カラーパレットの sRGB 値も Tol (2012)に明記されている。

2.2 Krzywinski et al. (2012)

Krzywinski et al. (2012)のカラーパレットは、1型2色覚や2型2色覚によって、ブルー寄りに知覚される5色、イエロー寄りに知覚される5色、どちらにも属さない5色の、計15色で構成される。これらの色は、2色覚者が、青みおよび黄みという色属性を知覚可能であることを考慮し、選択されている。Krzywinski et al. (2012)のカラーパレットは、生体データの可視化シンポジウム (Biovis 2012) で提案され、彼らのポスターに sRGB 値が記載されている。ただし幾つかの sRGB 値が間違っていると推測される (例示されたカラーパレットの色と sRGB 値が一致しない): No.5 の sRGB 値は(255, 182, 119) ではなく

(255, 182, 219)に修正すべきである。同様に、No. 13 は(219, 209, 0) から (219, 109, 0)へ sRGB 値を修正すべきである。また、Krzywinski et al. (2012)のカラーパレットは、Biovis 2012 の Proceedings の論文には記載がないので注意が必要である。

2.3 Ito et al. (2015)

Ito et al. (2015) のカラーパレットは、9色のアクセントカラー、7色のベースカラー、4色の無彩色の、計20色から構成される (その他に、ベースカラーのうちの2色に対する可換な色も提案されているが、これらを用いた場合も色数は20色となる)。Ito et al. (2015) のカラーパレットは当初、日本語の文献 (伊藤ら (2013)) でのみ報告されていたが、2015年のAIC2015 (東京)において、伊藤自身によって英語で報告がなされた。

3. 調査対象 (シミュレーション手法)

3.1 Brettel et al. (1997)

Brettel et al. (1997)は、1型2色覚と2型2色覚の見え方を、RGB 画像を用いてシミュレーションする方法を報告している。彼らは、Graham & Hsia (1958) が報告したユニラテラルな色覚 (片目は3色覚、もう片目は2色覚) を有する被験者実験の結果に基づき、575 nm を黄色、475 nm を青色と定め、この2色および (無彩色として知覚される) 等エネルギー線を含む2つ折れの平面 (縮退面) を RGB 空間内に想定し、その縮退面の RGB 値を用いてシミュレーション画像を生成している。

3.2 Viénot et al. (1999)

Viénot et al. (1999)も、RGB 画像を用いて1型2色覚と2型2色覚の見え方をシミュレートするが、RGB 空間内に想定する縮退面の設定の仕方が Brettel et al. (1997)とは異なる。Viénot et al. (1999)は、(255, 255, 0)すなわち RGB 色空間の

黄原色と、(0, 0, 255)すなわち青原色含む平面をそのまま縮退面と想定し、この平面上の RGB 値を用いてシミュレーション画像を生成する。

3.3 Maekawa & Ito (2008)

Maekawa & Ito (2008)のシミュレーション手法は、Adobe Photoshop CS4以降のバージョンに採用されているが、現時点ではシミュレーション手法について記した文献は存在しない。唯一、ウェブサイト概要が記されているのみである[6]。彼らの手法の特徴は、シミュレーション画像を1型色覚者(強度)と2型色覚者(強度)が確認して、シミュレーション前後で色が変わって見える割合を最小限に減らしたことである。逆に言えば、どのシミュレーション手法も、2型色覚者の見えを再現しているにも関わらず、変換の前後で2型色覚にも色が異なって見えるということである。

4. 従来手法

これまで多くの研究報告が、2型色覚者が知覚する色を評価するために、評価の対象となる色を、3節で紹介したシミュレーション手法などを用いてRGB値に変換し、さらにこれをCIELAB色空間やCIELUV色空間などの均等色空間に適用して、2型色覚者が知覚する色を評価してきた。

図1はこうした従来手法に則って、Tol (2012)のカラーパレットを、3節で紹介した3つのシミュレーション手法で2型色覚の色見えに変換し、さらにこれをCIELABにプロットしたものである[7]。図中のBがBrettel et al. (1997)を、図中のCがViénot et al. (1999)を、図中のDがMaekawa & Ito (2008)のシミュレーション手法によって推定された1型2型色覚と2型2型色覚の色見え方を示しているが、特にa*b*平面の分布が互いにかなり異なっていることが観察される。

この結果は、シミュレーション手法の選択(優劣)以前に、シミュレーションで算出したRGB値は、射影面を単平面か2つ折り平面と仮定している時点で近似が入っており、これをCIELAB色空間などの均等色空間にプロットしても、色分布を正しく評価できないことを示している。

またCIELAB色空間は、標準観測者(つまり3型色覚者)の色覚特性に基づく均等色空間(色差空間)であり、例えばシミュレーションが2型色覚者の見えを正確に再現しているとしても、3型色覚者の均等色空間(色差空間)が即適用できるのかどうかについて、慎重な検討が必要であろう。

5. 提案手法

本稿では、既存のシミュレーション手法、およびCIELAB色空間やCIELUV色空間などの3型色覚者を対象とする均等色空間を用いずに1型2型色覚者や2型2型色覚者が知覚する色を評価する手法を用いた[7]。

提案手法は錐体色空間LMSの中で直接、色を評価する。ただしLMS色空間はXYZ色空間と同じように知覚的な均等性が確保されておらず、色差も定義できない(つまり均等色空間ではない)。そこでLMSの3軸に対して、YからL*軸を求める際、非線形変換を同じように施して、疑似的な均等色空間L#M#S#を構築し、その中で2型色覚者が知覚する色を評価することを試みた。

図2は、疑似的な均等色空間L#M#S#を用いて、Tol (2012), Krzywinski et al. (2012), Ito et al. (2015)のカラーパレットをプロットしたものである[7]。赤色で囲んだ部分はパレットの色差が小さく、識別し難い色であることを示している。

図2で示した評価の妥当性を確認するためには、視覚実験が必須であり、今後の課題である。

参考文献

- [1] P. Tol, Colour Schemes, Technical note, SRON/EPS/TN/09-002, 2012.
- [2] M. Krzywinski, et al., "Getting into visualization of large biological data sets," in 2nd IEEE Symposium on Biological Data Visualization (BioVis2012), Seattle, WA, 2012.
- [3] Ito, K., et al., Establishment of a Model Colour Palette for Colour Universal Design, Proceedings of AIC2015, 298-303 (2015).
- [4] H. Brettel, et al., "Computerized simulation of color appearance for dichromats," The Journal of the Optical Society of America A, vol. 14, no. 10, pp. 2647-2655, 1997.
- [5] F. Viénot, et al., "Digital video colourmaps for checking the legibility of displays by dichromats," Color Research and Application, vol. 24, no. 4, pp. 243-252, 1999.
- [6] M. Maekawa and K. Ito, (2009, May), http://jfly.iam.u-tokyo.ac.jp/color/CUD_checker/
- [7] T. Sakamoto, "A meta-analysis of color palettes for protans and deutans: The problems with using dichromatic simulations", 23rd Color and Imaging Conference (CIC23), Darmstadt, 2015 (in press).

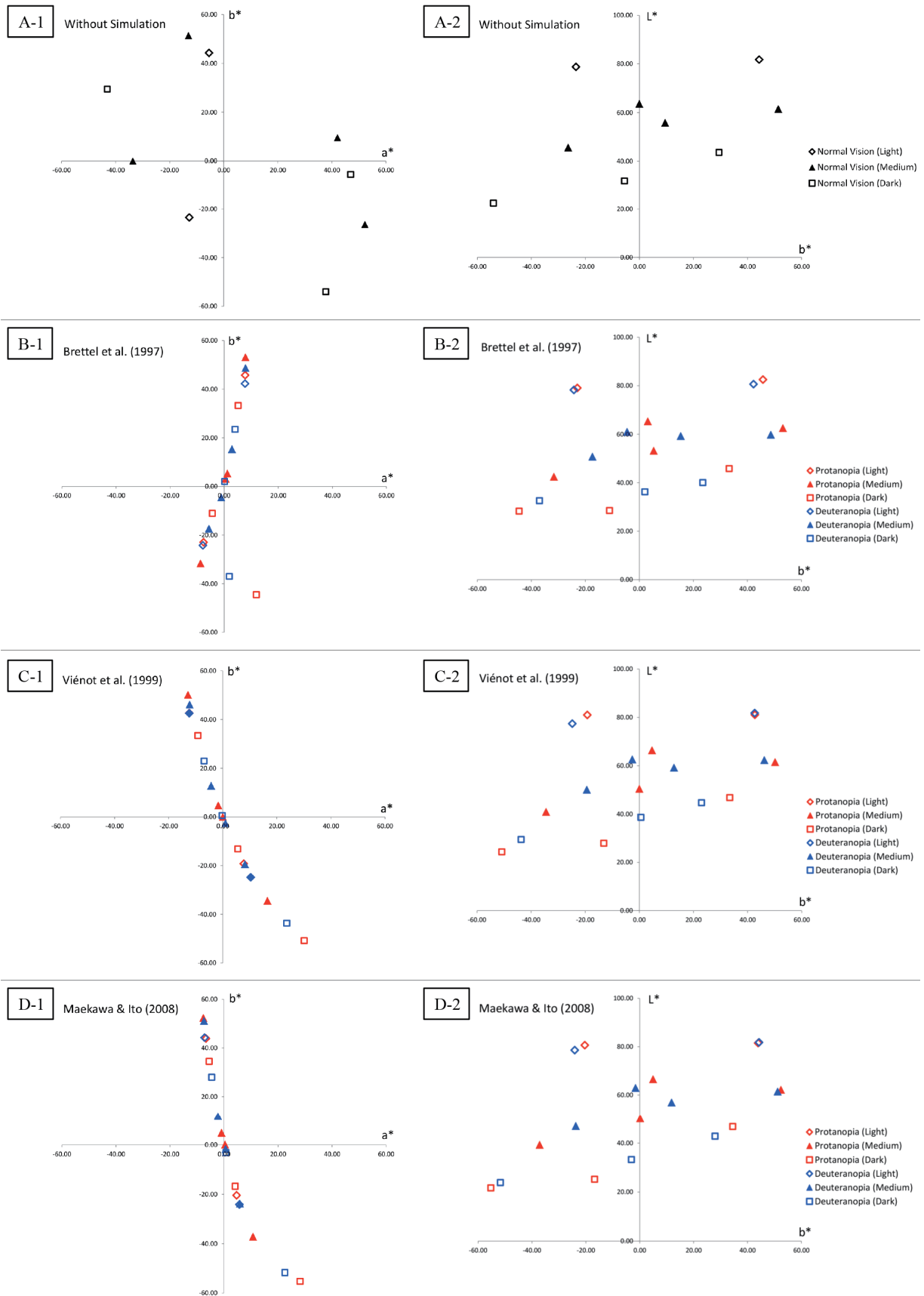


図1 A: Tol (2012)のカラーパレットの色分布. (左図は a^*b^* , 右図は b^*L^*). これらの色に対し, B: Brettel et al. (1997)を, C: Viénot et al. (1999)を, D: Maekawa & Ito (2008)を適用した[7].

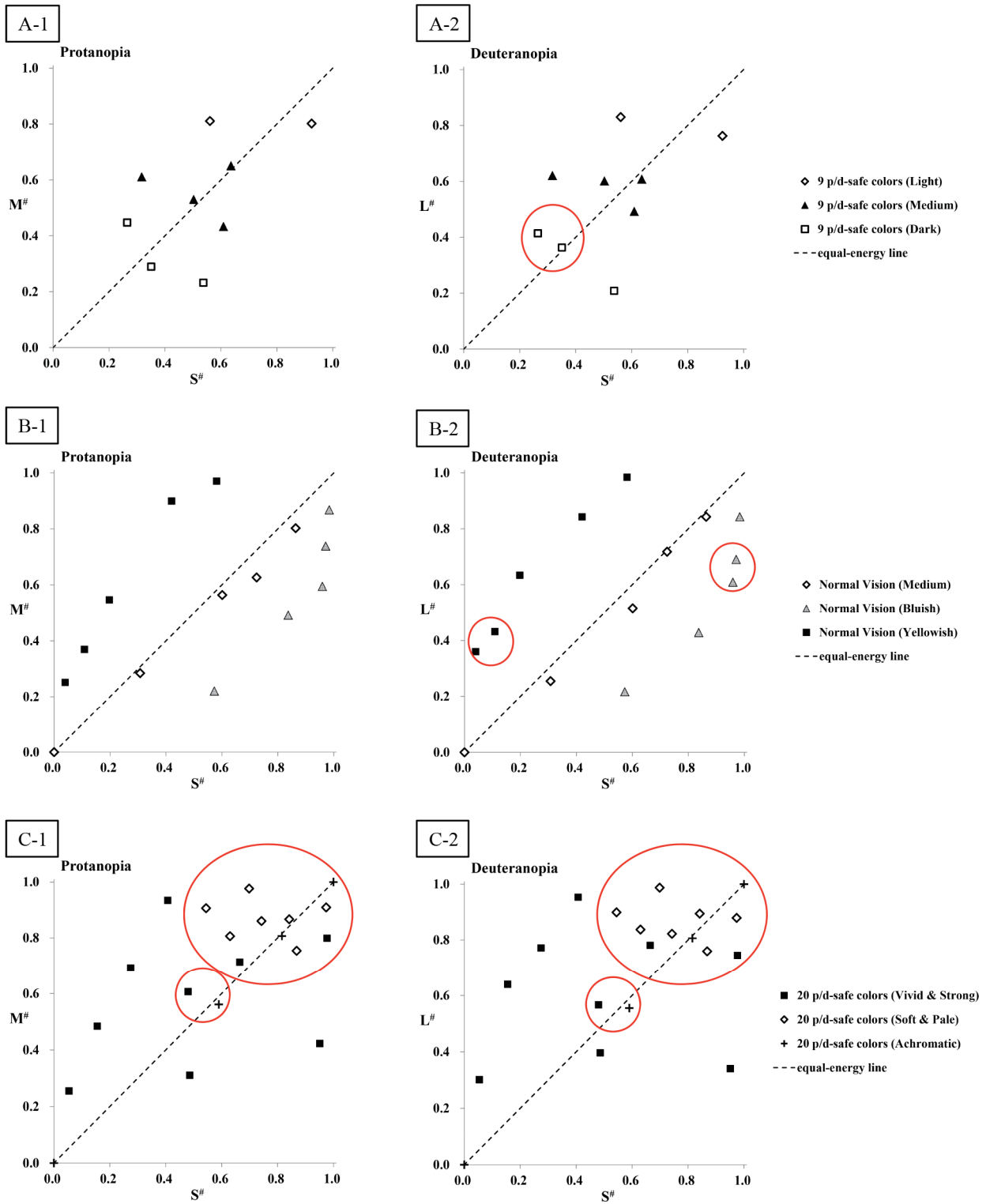


図2 疑似均等色空間 $L^{\#}M^{\#}S^{\#}$ にカラーパレット [A: Tol (2012), B: Krzywinski et al. (2012), C: Ito et al. (2015)] の各色を分布させた (左図は $M^{\#}S^{\#}$, 右図は $L^{\#}S^{\#}$). 赤丸は色差が小さい色同士を表す[7].

一般色覚者と色弱者の彩度差知覚に関する研究

COMPARISON OF PERCEIVED SATURATION DIFFERENCE BETWEEN COLOR ANOMALOUS AND NORMAL OBSERVERS

佐々木勇太	Yuta Sasaki	宇都宮大学	Utsunomiya University
田代知範	Tomonori Tashiro	宇都宮大学	Utsunomiya University
石川智治	Tomoharu Ishikawa	宇都宮大学	Utsunomiya University
阿山みよし	Miyoshi Ayama	宇都宮大学	Utsunomiya University

Keywords: 彩度知覚特性, 一般色覚者, 色弱者.

1. はじめに

色弱者の色覚メカニズム研究が進み, 分光感度特性から遺伝子構造まで解明されている[1, 2]. また, その特性に基づいた色の見え方モデルが構築されている[3]. 近年の研究では, 色覚バリアフリーの考えに基づいた, 色弱者用の色補正表示法の開発が盛んである[4].

望月らは, 色覚バリアフリー研究の一環として, 色の補正表示モデルと, そのモデルを用いた色強調システムを構築した[5]. 陳らは望月らの色強調手法により色変換した画像の好ましき評価実験を 18 名の色覚異常者に対して行った[6]. その結果, 赤系画像では色変換の効果があるが, 緑系画像では効果が無いことを明らかにした.

陳らの研究では, 色強調度 ω として実験者が設定する 5 種類しか用いていなかった. 本来の望月らのモデルに従うのであれば, 個人の色覚に合わせて ω の値が設定される必要がある. しかし, 各個人に最適な ω を求める手法は確立されていない.

本研究では, 2 色覚者及び異常 3 色覚者の彩度知覚特性を測定し, 一般色覚者と比較する事を目的とする. 彩度のみが異なる 2 つの有彩色刺激の知覚的彩度差を定量化出来れば, 各被験者に最適な ω を求められる. 彩度差評価の尺度としては, 明度差の異なる無彩色刺激対を用いる. 先行研究において数名の色弱者のデータを収集したが, 1 型色覚者は 1 名であった[7]. そこで本研究では色弱の被験者数を増やして実験を行った.

2. 実験

2.1 被験者

本実験の被験者は一般色覚者 9 名, 1 型色弱者 4 名, 2 型色弱者 7 名で測定を行った. また, 全被験者に対して, 石原式色覚検査表, D-15, アノマロスコープによる色覚検査を行った.

2.2 実験環境

実験ブースの大きさは 180cm × 120cm × 210cm である. 側面と上方をマンセル表色系 N5 相当の布で覆い, 実験時は消灯した. ディスプレイは SUMSUNNG 社製 SyncMasterXL24 を用いた. ディスプレイからの視距離は約 120cm である. 被験者には, ディスプレイに提示された刺激に対してキーボード操作で回答させた.

2.3 刺激

彩度知覚の検討なので, 人間の色知覚を比較的良好に表している CIELAB 均等色空間上で刺激を作成する. a^*b^* 平面上で, なるべく赤, 緑, 青, 黄の 4 色相ごとに, 彩度が一定間隔で変化する点を求めた(図 1). 次に, 図 1 の各有彩色の点となるべく等彩度で, 明度軸 L^* 方向にのみ変化するような $L^*a^*b^*$ の値を求めて RGB 値に変換し, Look-Up Table を作製した. これを LUT と呼ぶ. 図 2 に L^*a^* 面でプロットした赤系 LUT を示す.

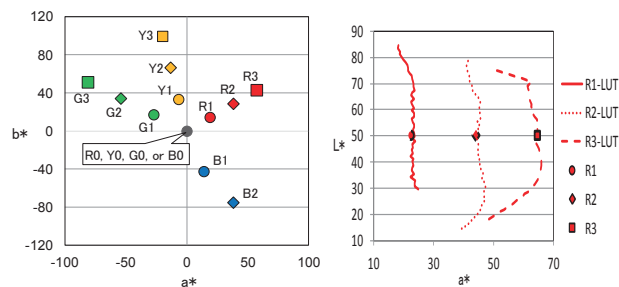


図 1 実験刺激の基準点

図 2 赤の LUT

2.4 彩度差マッチング実験

各被験者が色相ごとに等明るさに知覚する色刺激群を, 明るさマッチング実験により求めた. これらを用いて実験を行った. 図 1 の直線上で隣り合う LUT 上に存在する色刺激を対とし, 有彩色刺激対の彩度の差を無彩色刺激対の明度の差とマッチングさせた.

2.4.1 実験刺激

提示画面例を図3に示す。無彩色刺激対の一方はレベル値128のグレイ(以降、基準グレイ)で固定され、もう一方は可変(以降、可変グレイ)である。被験者の回答により、無彩色刺激の明度差が増減する。

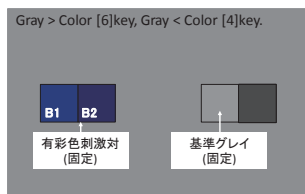


図3 実験刺激提示画面例

2.4.2 実験手順

被験者には、5分の暗順応後に図3のような実験画面を提示し、「有彩色刺激対と無彩色刺激対を比較して、どちらの差が大きいか」を回答させる。被験者への説明には「明度」、「彩度」の単語は用いなかった。

2.4.3 彩度差マッチング実験結果と考察

実験結果は、基準グレイと可変グレイの明度差を ΔL^* として、色相ごとにまとめた(図4)。図4の縦軸が ΔL^* 、横軸は刺激対を表す。一般色覚者、1型色弱者、2型色弱者それぞれの結果を平均し、比較する。一般色覚者平均を示す棒グラフ上の線は標準偏差を表す。色弱者平均を示す棒グラフ上の数字は、色弱者平均の ΔL^* を一般色覚者の ΔL^* の平均で割ったものである。

赤、緑系刺激における実験結果は、色弱被験者の彩度差評価は一般色覚者よりも概して小さくなった。また、一般色覚者平均と2型色弱者平均では、検定により赤系刺激対全てと緑系刺激対G1vsG2では有意水準1%で有意差が見られ、緑系刺激対G0vsG1では有意水準5%で有意差が見られた。黄、青系刺激では一般色覚者平均と2型色弱者平均では有意差が見られず、1型色弱者平均も ΔL^* の値が一般色覚者平均の標準偏差内に収まった。これらの結果は前述の色の見え方モデルから考えると色弱者の傾向と一致している。しかし、1型色弱者平均の結果をみると、R0vsR1、G0vsG1において一般色覚者平均とあまり変わらない値となっている。1型被験者が比較的弱度の色弱であった可能性が考えられる。

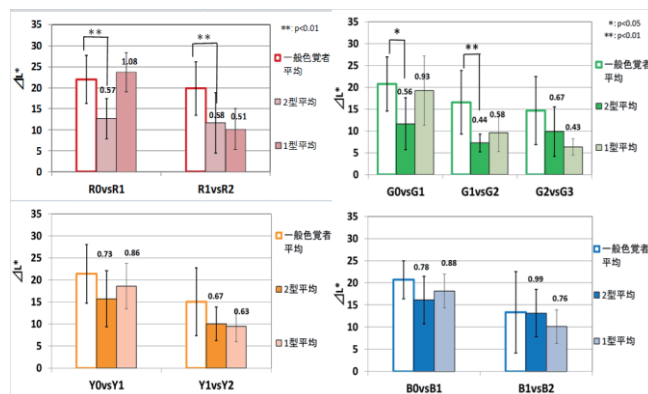


図4 彩度差マッチング実験結果

3. まとめと今後の展望

色覚モデルとの一致が見られたことから、無彩色刺激の明度差で彩度差を定量的に扱う手法の有効性が示唆された。

現段階では色弱者のデータが少ない。さらに多くの被験者での測定が必要である。

参考文献

- 1) 池田光男:「色彩工学の基礎」,朝倉書店(1980)187-248
- 2) Neitz J and Neitz M.: The genetics of normal and defective color vision. *Vision Res.* 51-7, pp.633-651 (2011).
- 3) Brettel H. et al.: Computerized simulation of color appearance for dichromats. *J. Opt. Soc. Am. A* 1997; 14: 2647-2655.
- 4) 小寺宏暉:分光応答モデルによる2色型色覚に対応した視えの改善. *日本色彩学会誌*, 36-4, pp.267-276 (2012).
- 5) Mochizuki R. et al.: Color-weak correction by discrimination threshold matching, *Proc. of CGIV*, pp.208-213 (2008).
- 6) Chen Y-C. et al.: Preference for Color Enhanced Images Assessed by Color Deficiencies, *Color Res. & Appl.*, 39-3, pp.234-251 (2014).
- 7) Orihara C. et al.: Comparison of perceived saturation difference between color anomalous and normal observers, *Proc. Of ACA2013 Thanyaburi, CD-ROM* (2013).

色覚バリアフリー照明下における石原式検査表の見えの分析(D型)

Analysis of deuteranopic views of Ishihara color plate under barrier-free illumination

田村 繁治 Shigeharu Tamura 産業技術総合研究所 AIST
坂本 隆 Takashi Sakamoto 産業技術総合研究所 AIST

Keywords: 色覚障がい、LED 照明、石原式検査色票、色覚バリアフリー

1. はじめに

色覚障がい者向けの物体色変換技術の1つとして、照明光源の分光スペクトルを操作し、混同色を識別可能にする方法がある(色覚バリアフリー照明)[1, 2]。文献[3]では石原式検査色表(国際版 38 表、第 1 版)で、一般色覚者のみ読める色票(No.11)について、文献[2]で提案したバリアフリー照明の効果を調べた。

今回は、D65 光源下では、一般色覚者と色覚障がい者とが、異なって読める 2 枚の色票を選び、D 型(理論的には 2 型 2 色覚)の色覚者には、本来の情報(数字)が、どのように見えているのか、また、異なって読める場合の情報の様子を CIELAB 色空間で調べたので報告する。特に、色覚障がい者の場合、色の区別を L^* b^* 平面で行っているため、この観点から解析を行った。

2. 実験

使用した色覚バリアフリー照明は 3 種類の LED から構成される。白色 LED (465 nm と 560 nm とにピークを有する): 350 ルクス、赤色 LED (635 nm にピークを有する): 200 ルクスおよび青色 LED (470 nm にピークを有する): 100 ルクス。

石原式検査色票は 75 cm 離れた場所から観察した。一般色覚者には「57」と色覚障がい者には「35」と異なって読める No.5 を選んだ。被験者には、予めアロマノスコープでの診断によって 2 型 2 色覚者と判明している 4 名にお願いした。

石原式検査式表は、基準となる測色値が公開されていないので、代替手段として、sRGB モードを有するスキャナーで、色票を構成する色ドットを構成する色ドットの D65 光源下での CIELAB 値を算出した。そして、色覚バリアフリー照明光下

での物体色の値は文献[3, 4]と同じ手法で計算した。

3. 結果

色票「57」の正答率はバリアフリー照明光下では 100%であった。昼光色下での正答率は 0%であった。まず、文字色、背景色として 5 点ずつ選び、 L^* b^* 平面における文字色と背景色を図 1 に示した。「57」の情報についてプロットした場合、色覚障がい者にとっては昼光色の場合には文字色と背景色が類似の配置になっており、明度に差はあるが、数値的に小さく正しく読めていない(分離できない)と思われる。

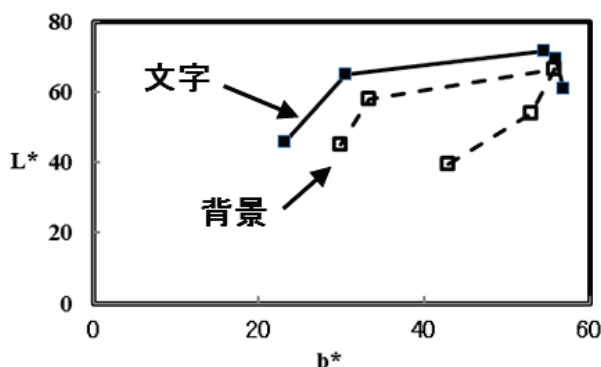


図 1 一般色覚者には「57」と読める検査色票の、2 型 2 色覚者が認識している文字色と背景色の L^* b^* 平面における配置。2 型 2 色覚者には「35」と認識されていると推測する。(D65 標準光源環境でのシミュレーション)

これを、バリアフリー照明光下で今回選んだ 10 点について「57」の軌跡を調べたところ、文字色 5 点、背景色 5 点との、位置関係から、正しく認

識できているものと推測される (図2)。

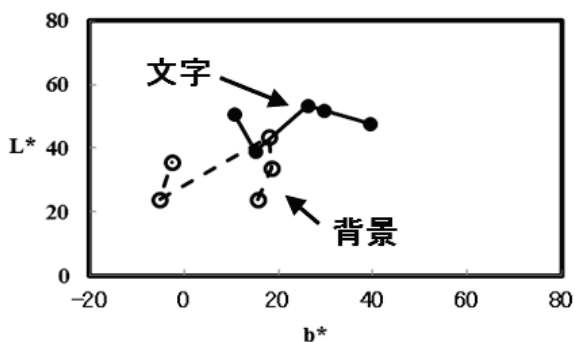


図2 一般色覚者には「57」と読める検査色票の、2型2色覚者が認識している文字色と背景色のL*a*b*平面における配置。(バリアフリー照明環境でのシミュレーション)

図1、図2で調べたことを、同様の手法を利用して、「35」の軌跡について調べた。図3に示した文字色5点、背景色として5点との位置関係から、D65光源下で数字パターンとして認識でき、図3は「35」と推測される。一般色覚者には「35」ではなく「57」と認識されている。

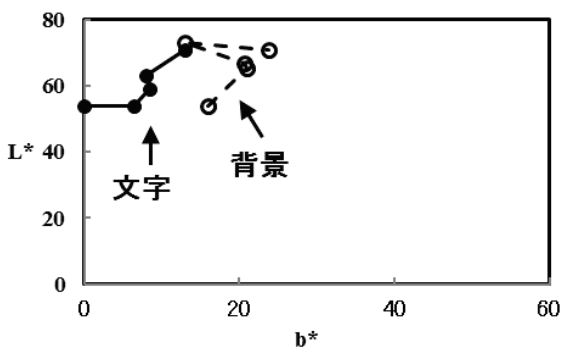


図3 2型2色覚者には「35」と読める検査色票の文字色と背景色のL*a*b*平面における配置。(D65標準光源環境でのシミュレーション)

バリアフリー照明を使用すると、2型2色覚者には図3で示したパターン(「35」と推測)は図4のようになり、文字と背景の位置関係から「35」とは読めていないと推測される。被験実験では全員が「57」と答えた。

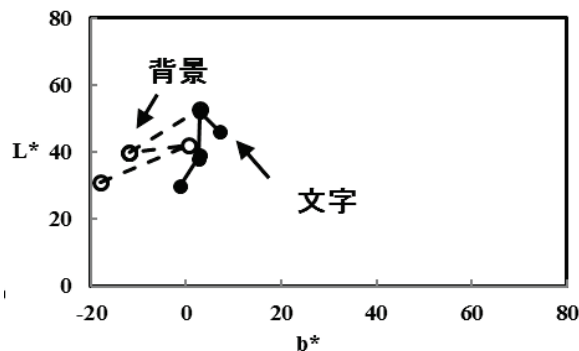


図4 2型2色覚者には「35」と読める検査色票検査色票の文字色と背景色のL*a*b*平面における配置(バリアフリー照明環境でのD型シミュレーション)

4. まとめ

D65標準光源下では2型2色覚者(D型)には正しく別々のパターンに識別される色票のパターンが、あるバリアフリー照明下では同じに識別できた理由についてCIELAB値を利用して考察した。文字色と背景色のL*a*b*平面における配置関係から理由を説明することができた。P型の色覚者については今後検討する。P型の色覚者の場合、赤色光の一層の照度が必要との知見を得ている。

本研究は科研費(日本学術振興会 基盤研究(C) 23611054)の助成を受けて行われた。

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] 坂本隆、田村繁治：特殊LED光源下における石原色覚検査表の見えの分析(2型2色覚について)、日本色彩学会誌、38、428-429 (2014) .
- [4] Sakamoto, T and Tamura, S. : Why Special Illumination Conditions Yield Better Distinction of Panel D-15 Test for Color Vision Defects: ACA 2014 Conference Proceedings, 260-263 (2014).

長時間両眼に異なる色刺激を呈示した際に得られる 順応効果の傾向

Effects of adaptation obtained by presenting a long time different color stimuli to both eyes

渡邊智章	Tomoaki Watanabe	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
永井岳広	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: 色順応, 眼間転移, 色覚メカニズム, 高次メカニズム, ユニークイエロー.

1. はじめに

私たちの色覚は3つのレベルに分けられている。1つ目が錐体のレベル。2つ目が錐体から送られた信号を統合する反対色メカニズムのレベル。3つ目がその先にある脳の高次部位によるレベルである。

色順応はその中でも初期のレベルである錐体によって引き起こされていると言われており、単眼性を有するものであるとされてきた。しかし、Neitzらの研究¹⁾および島倉らの研究²⁾によって長時間または長期間片眼で色順応を行うことによる色残効の眼間転移性が報告された。これらの結果は色順応には両眼性を有する効果があるとともに、色順応の生起に視覚における高次過程が関与していることを示唆する。

この報告の通り、色順応に高次過程が関与し、両眼性を有しているならば、左右眼で反対色となる色刺激を長時間呈示することで左右眼それぞれに色順応による残効が眼間転移し、色順応の効果が減少する(打ち消される)結果が予想される。

先行研究では非順応眼は眼帯などで覆われていた。そのため、両眼視レベルの作用だけではなく、左右眼で異なる見えの状態において作用するような左右眼それぞれ単独の高次過程の存在を仮定した。また、島倉らの研究では残効が眼間転移した際に残効の色相が反転したという結果も報告された。この結果も考慮すると、左右眼で異なる色刺激を呈示した場合と左右眼で同じ色刺激を呈示した場合の結果を比較した際に予想さ

れる結果は減少、変化なし、増加の3つである。

この仮説が正しいものかどうか調べるために、予備実験を行った。実験は赤と緑のカラーシートを用い、両眼に異なる色情報を与えた時の順応効果を調べた。実験は、赤と緑のカラーシートを貼り付けたゴーグルを用い、左眼：右眼で赤：赤、緑：緑、緑：赤、赤：緑となる4つの異なる順応条件を用いた。

各順応条件の結果を比較すると、両眼同じ色刺激で順応した場合と比べ、減少した被験者、変化がなかった被験者、増加した被験者がみられ、予想と同じく3つの結果が得られ、色順応の生起には高次過程が関与しているという報告を支持する結果となったとともに、各眼の見えに影響を与えるような高次過程が存在する可能性も示した。

しかし、予備実験では各被験者が1セットしか実験を行っておらず、さらに実験を追加し、その傾向を調べる必要があった。

そのため、本研究では各被験者に対して3セットの実験を行い、両眼に異なる色刺激を呈示した際にどのような順応効果の傾向が各被験者で見られるかを調べ、色順応と高次メカニズムの関連性について調べることを目的とする。

2. 実験

今回の実験では両眼に異なる色情報を与え、色順応することでどのような順応効果が得られるのかとともに、複数回実験を行うことによって実際にどのような傾向がみられるのかを両眼に同じ色情報を与えた場合のユニークイエローのシフト量と比較することで調べた。

2. 1 順応装置

被験者には図 1 に示すようなゴーグルに赤(x=0.62,y=0.33)または緑(x=0.28,y=0.56)のカラーシートを貼り付けたものを装着してもらい、色順応を行った。

左眼：右眼で赤：赤，緑：緑，緑：赤，赤：緑の順番に全 4 パターンのゴーグルを装着した。



図 1. 順応用ゴーグルの例(赤：緑)

2. 2 実験方法

まず被験者は順応を行う前にプログラマブル光源を用いて、ユニークイエローの測定を右眼で行った。その後、ゴーグルを装着し、机上に照明が設置された空間で 4 時間過ごし (順応状態)，その後再びユニークイエローを右眼で測定した。

各被験者の順応前後のユニークイエローのシフト量を各順応条件 (赤：赤，緑：赤，緑：緑，赤：緑のゴーグル) で比較し、両眼に同じ色を呈示した場合と両眼に異なる色を呈示した場合の順応効果の違いを調べた。

また、毎日連続でゴーグルを使って色順応することで Neitz らの研究で報告された長期色順応の効果が結果に影響を及ぼす可能性を考慮し、各眼に反対色が順番に呈示されるように装着するとともに、各順応条件の実験には 1 日以上の間隔を設けた。

2. 3 測定方法

ユニークイエローの測定は図 2 に示すような暗幕で覆われたブース内で行われた。

被験者は各測定において、3 分間の暗順応を行った後、ブース外に設置されたプログラマブル光源から呈示されるテスト刺激をユニークイエローになるように 10 回調整した。

測定時のテスト刺激の網膜照度は約 150td に設定された。また、測定時のテストの刺激の開始波長は約 550nm と約 620nm を 5 回ずつ交互に呈示した。

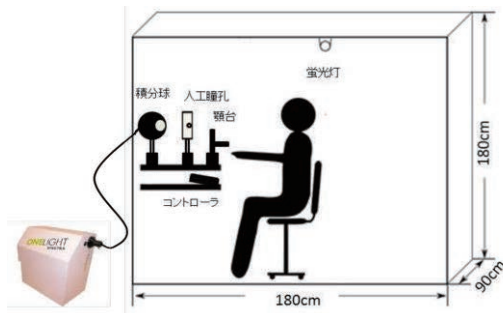


図 2. 測定用ブースのイメージ

2. 4 被験者

被験者は山形大学の 20 代男性 4 名で、うち正常色覚者が 3 名、1 型 3 色覚者が 1 名であった。

3. 結果

各被験者の 3 セットの結果を図 3 に示す。各グラフは左から順に赤：赤，緑：緑，緑：赤，赤：緑のゴーグルの結果を示している。グラフの縦軸は順応前後のユニークイエローのシフトを表しており、上にグラフが伸びていると順応後にユニークイエローが長波長側にシフトしたことを示し、下にグラフが伸びていると短波長側にシフトしたことを示している。各被験者の各セットの比較結果を表 1 にまとめた。

表 1. 各被験者の各セットの比較結果

	減少	変化なし	増加
1セット目	T.W K.H Y.Nの緑：緑と赤：緑 T.Kの緑：緑と赤：緑	Y.Nの赤：赤と緑：赤	K.N T.Kの赤：赤と緑：赤
2セット目	T.Wの緑：緑と赤：緑 K.Hの緑：緑と赤：緑	K.N T.Kの赤：赤と緑：赤	T.Wの赤：赤と緑：赤 K.Hの赤：赤と緑：赤
3セット目	T.Wの赤：赤と緑：赤 K.Nの赤：赤と緑：赤	K.Hの緑：緑と赤：緑 T.K	T.Wの緑：緑と赤：緑 K.Hの赤：赤と緑：赤 K.Nの緑：緑と赤：緑

図 3 と表 1 を見ると K.H の緑：緑と赤：緑を比較した際に緑：緑に比べて赤：緑のシフト量が減少する傾向が見られた。また、K.N の緑：緑と赤：緑を比較した際に緑：緑に比べて赤：緑のシフト量が増加する傾向がみられた。

しかし、K.H は 3 セット目、K.N は 2 セット目の緑：緑と赤：緑の比較結果に有意差が見られなかったため、有意な一貫した傾向を持つ被験者はみられなかった。

※エラーバー→ $\sqrt{a^2 + b^2}$ a: 順応前の標準誤差 b: 順応後の標準誤差 * : 5%有意(Permutation test)

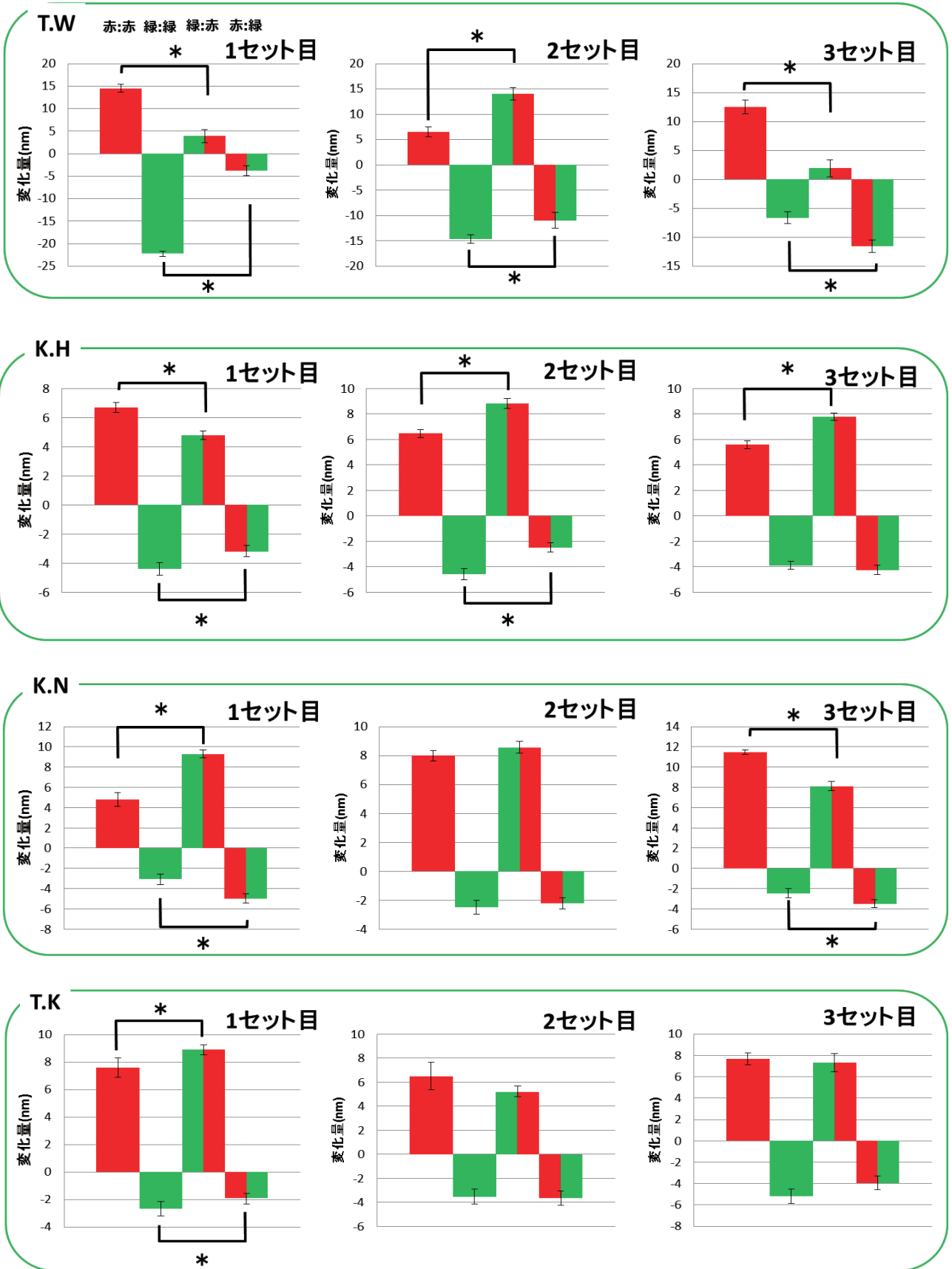


図3. 各被験者の3セットの実験結果

また、一貫した傾向を示した被験者は見られなかったが、1セットから3セット目までを通して徐々に比較結果が逆転していくような被験者がみられた。K.Nの赤：赤と緑：赤について比較すると、1セット目では緑：赤の方がシフト量が多いが、2セット目では有意差なし、3セット目では赤：赤の方がシフト量が多くなっており、実験試行数とともに大小関係が逆転していた。

4. 考察

図3および表1より各被験者の結果を見ると、全セットにおいて有意な一貫した傾向がみられた被験者はいなかったが、予想していた減少、変化なし、増加という結果のうち減少と増加の傾向を示した被験者がみられた。

今回、一貫した傾向がみられなかった要因として考えられるものは2つある。

1つ目は今回の実験では被験者が4時間順応している間のタスクや制限は特に設定しておらず、机上に照明が設置された空間で過ごしてもらうというものであった。そのため、4時間の間の過ごし方に差が生じ、4時間の間に与えられる順応のための輝度刺激の総量が各条件において、同一被験者内においても均一でなかったため、被験者内および被験者間での結果にばらつきが生じたことが考えられる。

2つ目が残効の眼間転移である。今回の実験では、ユニークイエローの測定は順応の前後に右眼でしか行わなかった。そのため、順応後の各測定において、各被験者の結果に残効の眼間転移が実際にはどのように作用していたのかが明らかではない。

今回の実験結果の一貫性の無さおよび結果のばらつきから、各被験者内の結果において、逆の色相の残効が転移していた場合とそうでない場合があったのではないかと考える。もし、そうであったとすると、シフト量の大小関係が徐々に逆転した被験者の結果も含め、各結果は今回仮定していた両眼視レベルの作用だけではなく、左右眼で異なる見えの状態において作用するような左右眼それぞれ単独の高次過程によって予想されるものであったため、結果にばらつきがあったとも考えられる。

その場合、減少、増加傾向を示した被験者の結果も含めて色順応は単眼性のものではなく、単眼での順応効果が他眼に対しても影響を与えるような高次のメカニズムを介する両眼性のもので

あるという仮説を支持する結果であったと考えられる。

今後、各被験者の残効の眼間転移の特性を調べ、その結果とともに今回の実験の結果を再度考察する必要があると考えられる。

5. 結論

両眼に異なる色情報を与えた際の順応効果について実験を3セット行い、その傾向を調べたが、予測していた通りの結果および傾向を示す被験者がみられた。一貫した傾向が見られなかった結果についても、各被験者内で逆の色相の残効が転移していた場合とそうでない場合があったと考えた際に、仮定していた左右眼で異なる見えの状態において作用するような左右眼それぞれ単独の高次過程によって予想される結果であった。そのため、色順応が両眼性のものであるとともに色順応の生起に視覚の高次過程が関与しているという報告を支持する結果であった。

6. 今後の課題

片眼の長時間順応実験を行い、他眼への残効の眼間転移に関する各被験者での残効の特性を調べることで、今回の実験結果との関係を明らかにする必要がある。

また、今後同様の実験を行うにあたって、被験者に対して刺激として入る輝度になるべく統一できるような実験パラダイムを設定することが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) J. Neitz, J. Carroll, Y. Yamauchi, M. Neitz, and D. R. Williams. *Neuron*, 35, (2002) 783–792
- 2) 島倉, 坂田. 長時間順応により高次過程で生じる色残効の反対色特性. *日本色彩学会誌*, 33(1), (2011) 14–25.

デジタルコンテンツにおけるカラーユニバーサルデザインの研究

Study of Color Universal Design in Digital Contents

田中未紗 Misa Tanaka 金沢工業大学
 竹田 翼 Tsubasa Takeda 金沢工業大学
 竹俣一也 Kazuya Takemata 金沢工業高専
 桜井将人 Masato Sakurai 金沢工業大学

Kanazawa Institute of Technology
 Kanazawa Institute of Technology
 Kanazawa Technical College
 Kanazawa Institute of Technology

Keywords: カラーユニバーサルデザイン, 色覚特性, ゲームソフト.

1. はじめに

小学校で義務付けられていた色覚検査は、2003年度の学校保健法改正によって定期健康診断から除外された。そのため、就職・進学に臨むまで自らが少数派色覚者であることを知らず、進路変更を余儀なくされる場合もあるという¹⁾。そこで、本研究はこのような状況を改善するための一助になることを目的に、少数派色覚者（色弱者）も含めて楽しめるゲームソフトを制作する。また、教育現場においてこのゲームを通して少数派色覚者である可能性のある方々に色覚検査をすすめることができないものかについても検討する。

2. 少数派色覚者の生活環境の調査

ヒトは分光特性の異なる3つの錐体を持っている。錐体にはL錐体(赤錐体), M錐体(緑錐体), S錐体(青錐体)の3種類がある。この3種類の錐体を有する3色覚の者を、多数派色覚者（一般色覚者）という。またL錐体(赤錐体)またはM錐体(緑錐体)のどちらかを持たない2色覚の者を、それぞれP型色覚者, D型色覚者という。さらにP型色覚およびD型色覚にはそれぞれ分光特性の程度に差がある。少数派色覚者のほとんどはP型強度色覚（1型2色覚）・P型弱度色覚・D型強度色覚（2型2色覚）・D型弱度色覚の範疇にあり、日本人男性の場合その割合は全体の5%を占める。日本人女性に関しては0.2%である²⁾。

色覚の多様性に配慮した「カラーユニバーサルデザイン」の必要性が各方面で叫ばれるようになり、公共的な場所においては色覚の多数派・少数派でも得ることができる情報にはそれほど差がないように改善されつつある。そこで、本研究では少数派色覚者である方々にも楽しむことができるゲームソフトの開発の必要性を検討するために、少数派色覚者を

疑似体験し、得ることができる情報に差があるかを調査してみた。調査においては伊藤光学工業製の色弱模擬フィルタバリエーション（P・D複合型のメガネタイプ）を活用した³⁾。本製品は一般色覚者が色弱者の色判別の不自由さを体験するための支援ツールである。その仕様はP型強度色覚（1型2色覚）とD型強度（2型2色覚）の色の見分けにくさを一度に合わせて体験できている。

(1) 実験1：郊外のショッピングセンター

許可を得て施設内を、バリエーションを装着しながら歩いてみた。避難経路図内に示されている消火器設置場所において、黒に近い背景色に消火器設置場所を示す赤い点が、バリエーション装着時は視認しづらかった。



図1 バリエーションを装着しながら避難経路図を確認している様子

(2) 実験2：駅の乗車券自動発券機

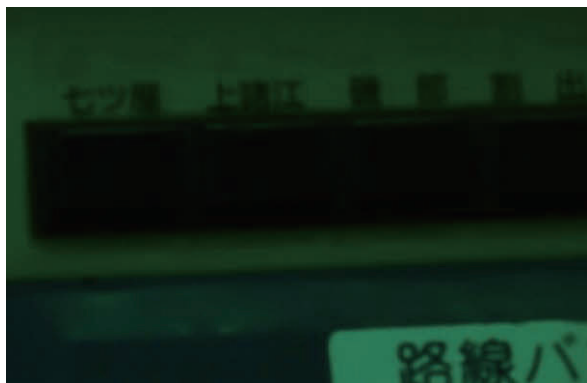
上記と同様に許可を得て鉄道駅構内を歩いてみた。比較的古い自動発券機において、金額を示す赤い文字が、バリエーション装着時は視認しづらかった。図2(a)がオリジナル画像、図2(b)がバリエーション装着時の見え方である。

バリエーションを利用して疑似的ではあるが少数派色覚者を経験してみた。身近な生活において正し

い情報を得ることができない場合もあることが分かった。上記実験1については社会が少数色覚者への配慮をさらに深めることが必要である。実験2についても同様なことが言えるものの、少数色覚者も特定に色についての識別が難しいことも自覚しておくことで回避できる場合もあるのではないかという感触を得た。それゆえに早期に色覚検査を受ける機会の得ることは重要であるという考えに至った。



(a) オリジナル画像



(b) バリエントール装着時の見え方

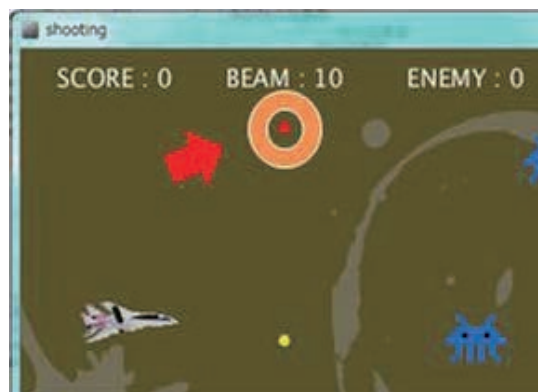
3. カラーユニバーサルデザインに基づくゲームソフト

本研究ではゲームプレイヤーが少数派の色覚者であることに気づいていないならば、その検査を受けるきっかけになることを目論み、ゲームソフトを開発する。ゲームには以下の特徴を持たせるようにする。

- ① 対象者は色覚の多数派・少数派を問わず、誰もが楽しめるものとする。
- ② 対象年齢は園児から小中学生とする。
- ③ 動作環境はタブレット端末からデスクトップパソコンまでにおいて動作する。

(1) シューティングゲームの制作と試行

一般的な2次元シューティングゲームである。自機を操作しながら全方位に移動・射撃できるようになっている。敵からの攻撃弾を2種類用意した。片方は赤(色の数値表示 RGB 255.0.0)、もう片方は黄(色の数値表示 RGB 255.255.0)である。背景色を茶(色の数値表示 RGB 93.85.36)に設定する。これによりゲームプレイヤーが少数派色弱者の場合、背景色と赤の弾が同化し赤の弾が見えづらくなる。敵からの攻撃弾は赤弾と黄色弾を同時に発射されるように設定する。少数派色覚者はゲーム中、黄の弾ばかりに対処する傾向になり、この動作からゲームプレイヤーが色弱である可能性を見つける。図3がシューティングゲームの画面である。図中に矢印の部分に赤色の弾がある。



(a) オリジナル画像



(b) 2色覚の見え方 (Adobe Photoshop CC 2014の色弱シミュレーション機能を使用)

図3 シューティングゲームの画面

試作したシューティングゲームを金沢市内の中学校文化祭に出展した。これは色覚の多数派・少数派に関係なく中学生に楽しんでもらえるかを確認するためである。そのため、ゲーム利用者には色覚等に関する説明はしていない。告知によりゲームを楽しむ気持ちを低下させてしまうことを考慮した。し

たがって、単純にゲームを楽しみたい中学生が集まるものとなった。ゲームの評判はよく、一人で何度も挑戦する者が多く「楽しかった」など肯定的な感想をほとんどであった。また、ゲームの難易度に関しても「丁度良い難しさだった」と評価され、適切と判断した。

ゲームに挑戦したのがほとんど男子生徒であり、少なくとも少数色覚者が5%程度含まれている可能性があった。しかし2色の弾の判断について違和感を唱える者は見当たらず、本ゲームでは色弱者の可能性を見出すことはできないと思われた。シューティングゲームは他のゲームに比べてゲーム中の瞬時の判断からの操作手順が多く、「単純操作ミス」と「色覚に関係する操作の遅れ」を区別することは難しいものと考えられる。

(2) 迷路探索ゲームの制作と試行

プレイヤーのボールを中央に配置し、迷路を案内する2色のボール（赤と青）をスタートの部分に配置する（図4）。プレイヤーはどちらかのボールを選択し、そのボールを追いながらゴールまでたどり着く。グレー系の背景に赤色と青色のボールがある場合、多数派色覚者は最初に赤色のボールに気づく。一方、少数派色覚者は赤色のボールが見えづらく、そのため青色のボールを選択する。この仕組みでゲームプレイヤーが色弱である可能性を見つける。ガイドつき迷路ゲームにしたのは対象年齢を広く取ることができるようにしたためである。

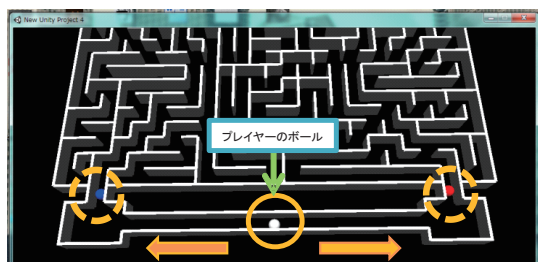


図4 迷路探索ゲームのスタート画面

制作した迷路ゲームを金沢市近郊の自治体の科学系イベント「科学のまち・つばたスペシャルイベント」に出展した。迷路ゲームを体験した全員から楽しいという評価を得た。特に園児や小学生からは「ボールを追いかけるのがとても楽しかった」という評価を得た。ただし、園児などは1回だけゲームを楽しむということはせず、2回目もやりたくなる。2回目は1回目を選択した色でない方を選択するという傾向にあった。この迷路ゲームを複数ステージ

構成して繰り返し楽しんでもらえるように改良する。繰り返しどちらの色のボールを選択するかの試行履歴を取ることで、色弱の可能性を見つけることができるという感触を得ることができた。

4. まとめ

公共の場所における案内掲示板に、少数色覚者にとって情報が共有しづらい部分があることが分かった。特に災害関係の情報については早急に対応すべきである。また、駅などにある古い設備（電子案内板、券売機など）については適宜設備が置き換えられていくであろうが、少数派色覚者であることを自覚することで、対応可能な場合もあることが分かった。そのためにも色覚について思い当たることがあれば検査を受けるべきであろうし、児童・園児に対する早期の色覚検査は必要であろう。

色覚検査のアプリケーションは既に市場にあるが、それらは「色弱であることを判定する」という意図が強く娯楽性に欠ける。色弱等について関心がない者にとってその利用を避けたいくなる。本研究では、カラーユニバーサルデザインの観点から誰もがそのアプリケーションを楽しめ、さらに色弱の可能性がある場合は早期の色覚検査へと後押しできるもゲームソフトを開発している。しかし、少数色覚者の方々に本ゲームソフトを検証していただく機会がほとんどないのが現状である。本学教員に1名該当される方がおり、その方に本ゲームソフトを体験していただいた。学校在学中に石原式色覚異常検査を集団検診させられたときの思い出から、我々の取り組みを少数派色覚者の立場から評価して下さっている。さらに本研究で開発したゲームソフトを実践で利用可能なものに仕上げていきたいと思う。

謝辞

本研究を遂行するにあたりアプリケーションの開発における先行事例などについて石川県工業試験場の前川満良主任研究員から貴重な情報を頂きました。ここに心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 読売新聞：色覚異常「発見」遅れる 眼科医会調査、（読売新聞 2013年9月20日 記事）。
- 2) NPO法人カラーユニバーサル機構：
<http://www.cudo.jp/> (2015年7月24日閲覧)。
- 3) 伊藤光学工業株式会社：
色弱模擬フィルタ「バリエントール」の説明書。

虹色混色キューブの光学解析

Optical Analysis of Rainbow Color Mixing Cube

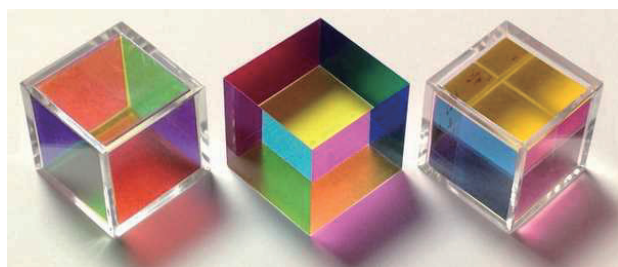
宮崎桂一 Keiichi Miyazaki
土屋幸治 Koji Tsuchiya

キュービクスデザイン
OPTIS Japan

Keywords: 色彩科学, 学習支援, 減法混色, 色材, キューブ, 虹色

1. 概要

前回までの報告[1][2]で、図1の①ボックス型の混色キューブは単独として、③コアシェル型の混色キューブは積み上げることで、CMY→RGB→BLACKの混色関係の直感的理解の助けとなることを紹介した。一方、②コア型の混色キューブ(以後、虹色混色キューブと呼ぶ)は、見た目が美しいとの評価が得られたが、混色が美しく見えるメカニズムは解明できていなかった。



①ボックス型 ②コア型 ③コアシェル型
図1. 3種類の混色キューブ

本報告では、虹色混色キューブを測色解析と光学シミュレーションにより、美しく見える虹色混色のメカニズムを解析した。

2. 測色解析

虹色混色キューブの測色画像を2次元色彩輝度計(KonicaMinolta製CA-2000)で撮像をした。照明としてマクベス標準光源(色評価用蛍光灯)

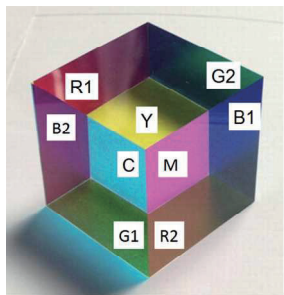


図2. 虹色キューブの領域分割(未塗布面観察)

を用い、白色フェルトを背景に、未塗布面から撮像した(図2)。図2の9領域を測色したxy色度(C,M,Y,R1,R2,G1,G2,B1,B2)を図3に示した。全ての色相に渡ってほぼ均等に混色しており、混色した色度のバランスが良いことがわかる。

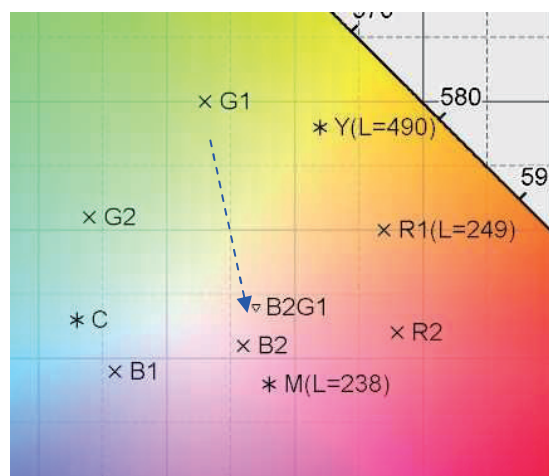


図3. 虹色混色キューブの実測xy色度

図3のY+M→R1の減法混色におけるLの変化に着目すると、混色後のR1(L=249)のLが、M(L=238)より大きく、むしろ混色後の輝度が高い。この一見矛盾に思える関係は、R1の位置に光源からキューブへの直接スペキュラー光が入射して起きているためであり、見た目には明るく高彩度の混色が美しさに寄与している。

次に、図4左(図2のG1領域を拡大)の黄色線のRGBプロファイルを図4右に示した。左方向に向かってGだけ漸減(M色材の吸収が増加)するグラデーション(図3のG1→M方向の色度変化)が見られ、これも美しさの要因となっている(同様にB1→Y、R1→Cのグラデーションも存在する)。

一方、図5左は、虹色混色キューブのCMY塗布面(図2の反対面)から見た虹色混色キューブを示している。虹色混色は全く起きていないが、塗布面と未塗布面が混在した方向からの見え(図5右)が、3D的な立体感のある混色を示していて美しさを感じさせる。

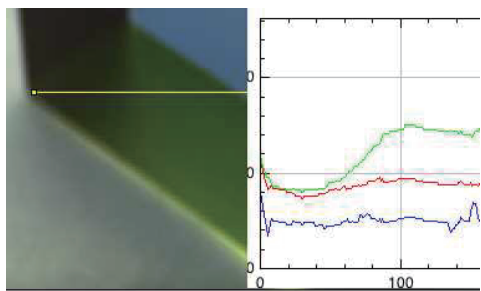


図4. G1 から G1 暗部領域 (B2G1)～黄色直線部分の RGB プロファイル

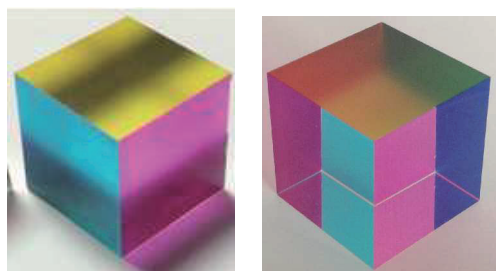


図5. 虹色混色キューブの観察角度依存性

3. 虹色混色モデル

虹色混色の現象は、ボックス型 (図1①) の隣接面混色 (図6左) と異なり、CMY 透過光色と CMY 内部反射色の混色 (図6右) で発生する。

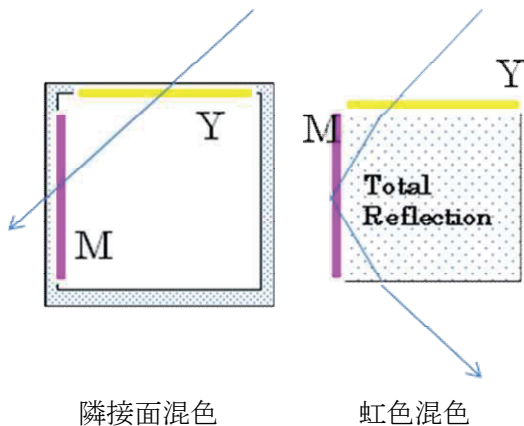


図6. 混色モデルの違い

図2の混色6領域 (R1,G1,B1,R2,G2,B2) と図4の暗部3混色領域 (R3,G3,B3) を加えた9領域の虹色混色の関係を表1に示した。ここで、(R1,G1,B1)と(R2,G2,B2)の違いは、図6右のMとYのどちらが透過か反射かによって2通りの混色色度が存在するため、図3中で示した色度の違いとして現れている。

表1. 虹色混色キューブの混色モデル

照明	透過	反射	混色	関係式
リア照明	Y	M	R1	$R1=Y \times M \times M$
塗布面	M	Y	R2	$R2=M \times Y \times Y$
	C	Y	G1	$G1=C \times Y \times Y$
	Y	C	G2	$G2=Y \times C \times C$
	M	C	B1	$B1=M \times C \times C$
	C	M	B2	$B2=C \times M \times M$
	C	M,Y	R3	$R3=C \times M \times M \times Y \times Y$
	M	Y,C	G3	$G3=M \times C \times C \times Y \times Y$
フロント照明		M,C	B3	$B3=Y \times M \times M \times C \times C$
未塗布面		Y,C	G4	$G4=C \times C \times Y \times Y$
		M,C	B4	$B4=M \times M \times C \times C$

4. 虹色混色キューブの光学シミュレーション

これまで、測色結果を元に、虹色混色の美しさの要因について述べた。しかし、虹色混色キューブが美しい最大の理由は、照明光の入射角度分布にあると報告者は考えている。図7は、照明条件

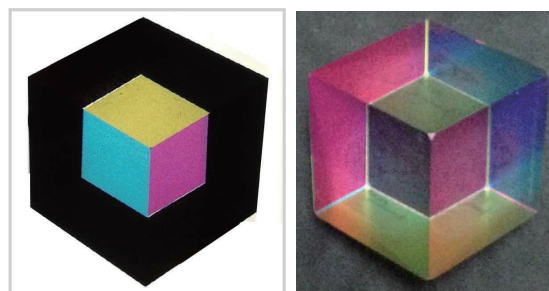


図7. 虹色混色キューブの試写画像

の異なる2つの虹色混色キューブの実写画像を示しているが、いずれも、図2の標準光源下での見えとかなり異なっており、照明光の影響が大きいことがわかる。しかし、実測での照明解析は測定の精度確保も含めて難しいことから、今後のキューブ内の多重反射や散乱光等の解析にも有効な、光学シミュレーションで行うことにした。

光学シミュレーションには OPTIS 社 (www.optis-japan.jp) の SPEOS を使用した。SPEOS は、物理ベースのスペクトル光線追跡に対応しており、光学製品で実績がある。

1) シミュレーション準備

CMY の色材分光特性の測色は、分光ゴニオフォトメータ (村上色研製 GCMS4) で行った (図8)。

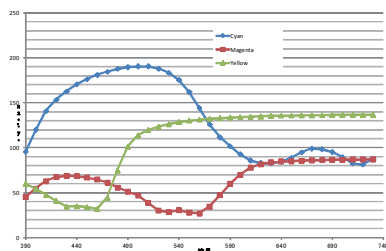
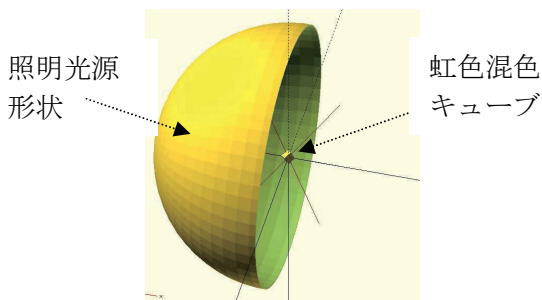
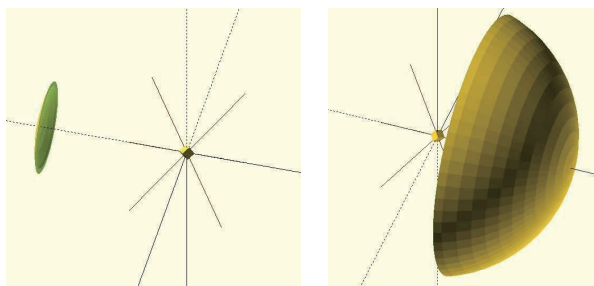


図8. CMYの分光ゴニオフォトメータ特性

照明モデルとしては、図9に示した以下の3種類、すなわち、図9[1]は図2②に近いマクベス標準光源のリア照明、[2]は図7a)に近い太陽光のような強いスペキュラーのリア狭角照明、[3]は図7b)に近い未塗布面からのフロント照明、を用いて、虹色混色キューブの見えをSPEOSでシミュレーション画像として可視化した。



[1]標準光源照明相当 0-90°



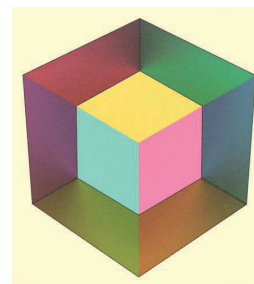
[2] リア狭角照明
0-10°

[3] フロント照明
120-180°

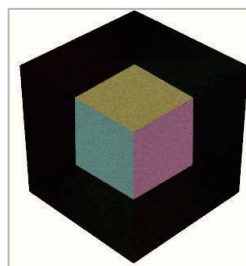
図9. 照明入射角度分布

2) シミュレーション結果と実測比較

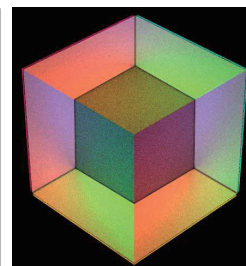
図9の3種類の照明でシミュレーションした画像を図10に示した。いずれも3種類の試写画像(図2、図7)に近い虹色混色が再現できている。今回は、分光ゴニオ散乱特性までは組み込まず、x y色度での測色比較ができなかった。しかし、虹色混色の美しさの主要因が照明角度分布にあることを確認する目的には十分な精度でシミュレーションできたと考えている。



[1]標準光源照明相当 0-90°



[2]リア狭角照明
0-10°



[3]フロント照明
120-180°

図10. 光学シミュレーション画像

5. まとめ

虹色混色キューブの美しさのメカニズムを測色と光学シミュレーションで解析した。立方体の3表面にCMY層を塗布したシンプルな構造ではあるが、照明条件の影響を受けながら、様々な混色が生じていることが、見えの美しさにつながっていることが確認できた。

6. 今後の課題

3種類の減法混色学習用の混色キューブを開発した。今後は、加法混色の学習用向けに、プリズム分散光を利用したカラーキューブを開発し、最終的には、全ての混色方式に展開する。

謝辞

本報告の測色に関する指導支援を頂いた、東京工芸大学の東吉彦准教授、(株)村上色研の鈴木健一技術部次長らに感謝いたします。

参考文献

[1] Keiichi Miyazaki: Development of transparent tri-color cube to support learning color science, (2014), J. Color Sci. Assoc. Jpn., 38(6)
 [2] Keiichi Miyazaki: Development of Three Primary-color Transparent Cubes for learning Subtractive Color Mixing Visually,(2015), Proc. AIC TOKYO '15.

配色嗜好を考慮した車いす用高視認性レインウェアの試作

Trial Manufacture of High-Visibility Rainwear for Wheelchair Users While Considering Their Color Scheme Preference

落合信寿 Nobuhisa Ochiai 労働科学研究所 The Institute for Science of Labour
 長屋宏和 Hirokazu Nagaya アトリエロングハウス Atelier Long House Inc.

Keywords: 高視認性衣服, 車いす利用者, 配色嗜好, レインウェア, 試作.

1. はじめに

近年, 職業場面における交通事故防止策の一環として, 高視認性衣服 (high-visibility clothing) の導入が注目されている. 高視認性衣服とは, 着用者の安全確保を目的に, 蛍光色や再帰性反射材を用いて視認性を高めた衣服である. 路上等における危険作業従事者のユニフォームとして国際的に普及が進んでおり, 2013 年には国際標準化機構 (ISO) において ISO 20471¹⁾が制定されている.

本報では, 車いす利用者向け高視認性衣服に適用する二色配色の嗜好度と目立ち感に関する調査結果^{2,3)}に基づき試作した車いす用高視認性レインウェアについて報告する.

2. 製作の背景

高視認性衣服は, 視認性, 誘目性が高い赤, オレンジ, 黄の3色いずれかの蛍光生地を一定面積以上用いることが規格に定められており, 事故防止への効果が期待される. 車いす利用者は路上等において自力で危険を回避するのが困難であるため, 自動車, 二輪車等から瞬時に発見可能であることが安全確保には重要である. また, 車いす利用者は傘がさせないため, 視認性が低下する雨天時にはレインウェアの着用が必須となる.

以前, 第一著者らは, 高視認性衣服の要件を満たした黄の蛍光生地と再帰性反射材用いた単色の車いす用高視認性レインウェア⁴⁾を試作した. 黄は薄暮のような低照度環境でも容易に検出可能であるため, 黄の蛍光色を全面に用いることで安全性の確保を意図したが, 高い視認効果によって障害が強調されることにより, 着用に対する車いす利用者の心理的抵抗感が増大する可能性が危惧される.

車いす利用者向けの高視認性衣服には, 視認性・誘目性等の機能的側面はもとより, 嗜好性等の情緒的側面においても, 利用者の欲求を満たす色彩設計が求められる. それを簡便に実現する手段の一つとして, 視認性, 誘目性が高く, 規格に定められた蛍光赤, 蛍光オレンジ, 蛍光黄を単独で用いずに, 他の色と組み合わせた配色を適用することで, 一定の視認効果を維持しながら嗜好性を高めることが可能になると考えられる.

そのために, 目立ち感が高く, かつ多くの利用者に好まれる配色を明らかにすることを目的として, 車いす利用者 200 名ならびに非利用者 200 名を対象に前述の調査^{2,3)}を実施した. その結果, 高視認性衣服の使用色3色のうちでは, 黄を用いた配色の評価が好ましさ, 目立ち感の両面で高く, ビビッドトーン・ライトトーンの赤, 緑, 青と組み合わせた複数の配色において, 利用者, 非利用者共に評価が高いことが示された.

3. 製作のプロセス

車いす用高視認性レインウェアの製作は, 車いす利用衣服製作に関する専門性を有する第二著者ら (株式会社アトリエロングハウス), 高視認性衣服に関する専門性を有する公益財団法人日本ユニフォームセンターとの協同により実施した. 色彩選定は第一著者, レインウェアの縫製は第二著者ら, 蛍光生地, 再帰性反射材の選定・調達 は公益財団法人日本ユニフォームセンターが担当し, デザインについては三者で協議のうえ決定した.

配色は, 調査結果に基づき, 嗜好度, 目立ち感の両方で評価が高かった蛍光黄とライトトーンに近似した赤, 緑, 青との組み合わせ3配色を選定した. レインウェアの形状については, 株式会社アトリエロングハウスが製作・販売している既存製品 (PIRO RACING RAINCOAT R001:MODE) のパターンを適用した. この製品



図1 試作した3配色の高視認性レインウェア

はポンチョ型のフード付きワンピースのデザインを採用しており、半透明で厚手のビニール生地を用いることで、着脱の容易さや車いすの操作のしやすさ等に配慮している。

高視認性素材は、ISO 20471 に適合した黄の蛍光生地（東レ株式会社 BS600C KYE）、幅 50mm の再帰性反射材（ユニチカスパークライト株式会社 MR-701EX）を使用した。半透明ビニール素材を用いた既存製品の特長を活かすために、蛍光黄との配合色（赤、緑、青）の素材は、透過性のあるカラープラスチックフィルム（オカモト株式会社 PVC カラーシリーズ）のうち、選定色に最も近似した3色を使用した。これら3色のプラスチックフィルムについては、専門機関（一般財団法人日本色彩研究所）に依頼し、透過色の視感測色を実施した。結果を表1に示す。

縫製については、レインウェアのフード、胸部、背部には既存製品の素材・構成パーツを使用した。下肢部には蛍光生地、側面部にはカラープラスチックフィルムを用いて、これらの生地の接合部分に再帰性反射材を配置し縫製を行った。

図1は、完成した3点の試作品の外観をフォト

表1 透過色の視感測色結果

	マンセル値	PCCS系統色名	PCCSトーン
赤	4RP 8.1/5.5	purplish pink	light
緑	8.5G 8.3/5.5	light bluish green	light
青	10BG 8.8/2.5	pale bluish green	pale

スタジオにおいて撮影した写真である。

4. 今後の課題

本試作品の製作は種々の制約の中で実施したため、改善の余地は残されていると思われる。今後は、実用化を視野に含め、利用者による評価・意見聴取等の検討を行っていく必要がある。

謝辞

本研究はJSPS科研費 23700876 の助成を受けた。製作にあたり、公益財団法人日本ユニフォームセンターの皆様にご多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) ISO 20471 - 2013: High visibility clothing - Test methods and requirements
- 2) 落合信寿: 車いす用レインウェアにおける配色の好ましさと目立ち感の関係, 人間工学, Vol. 50, 特別号 (2014) pp.390-391
- 3) 落合信寿: 車いす用高視認性衣服の配色嗜好と目立ち感に影響を及ぼす要因, 日本色彩学会誌, Vol.38, No.6 (2014) pp. 464-465
- 4) 落合信寿, 吉井秀雄他: 車椅子利用者のための高視認性レインウェアの試作, 日本色彩学会誌, Vol. 32, SUPPLEMENT (2008) pp.146-147

持続可能な地域に向けた里川ブランディングの検討

A study on Satogawa branding towards a sustainable community

牧野 暁世 Akiyo Makino
北島 淳也 Junya Kitazima

サトガワキカク LLC
東海タナゴ研究会

Satogawa Enterprise LLC
Central Japan Bitterling Research Association

Keywords: 持続可能な地域, 里川, 里川ブランディング

1. はじめに

近年、自然と人間との共生を目指し、地域自らが主体となった、持続可能な地域づくりが注目されている。ため池や水路などの「里川」は、集落や農地の基礎となってきた。同時に、里川の生物多様性は地域の風土として、持続可能な地域づくりの土台となってきた。しかし、農業構造の変化や地域の混住化などを背景とした里川管理の低下の影響により、里川の生物多様性は年々劣化してきている。従って、その保全をすすめ、持続可能な地域づくりを行う為には、これまで農家が行なって来た里川管理を、農家を中心としつつも地域住民による新しい枠組みで再構築する必要がある。これまで我々は、外来魚を駆除し、水環境改善を行う「池干し」といった実践活動、生きもの観察会といった啓発活動など、様々な主体と連携した里川の生物多様性保全を通じ、地域の風土を守り、持続可能な地域づくりを目的として各地で活動を行ってきた。さらに活動をすすめるため、絶滅危惧種の淡水魚など希少な里川の生きものを盛り込んだ地域ブランド米のパッケージデザインなどを通じ、里川のブランド化(里川ブランディング)を行ってきた。調査の結果から、里川ブランディングに様々な関わった人々は地域について誇りを持ち、地域活動への関心や自主的な参加が促進されることが示唆されたが、ブランド力をさらに向上させるには、生物多様性保全に役立つ企画内容、特色あるデザイン、適正な価格など、魅力ある商品づくりが必要だと考えた。そこで、本研究では、岐阜県海津市南濃町下池において、持続可能な地域に向け、米の商品開発を通じたさらなる里川ブランディングの手法を検討した。

2. 地域の特性

岐阜県海津市南濃町下池地域は、濃尾平野の

南西部、揖斐川・牧田川・津屋川に囲まれた輪中地帯に位置する農業地帯である。メダカ、ハリヨ、トウカイスジシマドジョウなど多数の絶滅危惧種が生息し、イタセンパラ、ウシモツゴが近年まで確認されるなど、この地域は淡水魚の楽園として知られている。しかし、暗渠排水などの影響で水生生物が減少している。また、もともと出作農家が多いこの地域に大規模農業経営農家が増えたため、地域づくりに関わる人が減少してしまった。そこで、平成 20 年から地元農家などを中心とした農地・水環境管理組合が立ち上げられ、生物多様性保全活動を通じた地域づくりを実施することになった。生きもの観察会やシンポジウムなどを定期的実施し、持続可能な地域づくりに向けた合意形成を行ってきた結果、徐々に里川の生きものをはじめとした地域の生物多様性や地域づくりに対する関心が高まってきている。平成 26 年には、岐阜県との協働による水田魚道プロジェクトを開始し、地域住民主体で水田魚道を設置したり(図 1)、定期的に地元農家が生きもの調査を行ってきたりした。魚道を設置した先の水田ではコシヒカリを収穫した。



図 1. 地域住民主体による水田魚道の設置

3. デザインプロセス

地域ブランドづくりの初期の段階において

は、1. ブランド化対象、2. 推進組織、3. 優位性、4. 生産、5. 販売流通、6. プロモーション、7. 顧客管理、8. ブランド管理における戦略のステップが必要とされている。そこで、以下のようにそれぞれ実施した。

3-1. ブランド化対象

水田魚道を設置した先の水田で栽培した米(コシヒカリ)とした。

3-2. 推進組織

サトガワキカク LLC, 株式会社 CAF が中心となって商品開発を行い、岐阜県、海津市、地元農家団体、地域内外住民、子どもたちなどの協力を得て実施した。

3-3. 優位性

生きものに配慮したとする農作物は全国に多々あるが、実際に農作物の生産現場で生きものを増やしている事が明確な商品はほとんどない。そこで、消費者に、対象商品の生産現場で、実際に淡水魚を増やしていることを明確に伝えるため、魚類調査を継続的に行ない、結果をパッケージに明記することとした。水田魚道にはメダカ、ドジョウ、ヨシノボリなどが遡上し、水田で繁殖したメダカが約 68400 匹(面積密度法による)生息していた。このことから、コンセプトを「本当に魚を増やしている田んぼのお米」とし、消費者にわかりやすく伝えるため、コンセプトをそのまま商品名とした。ターゲットは、生物多様性保全に関心の高い中高年、安心・安全な食品に関心の高い大人、本物志向の男女とした。使用シーンは、生物多様性保全活動の応援、普段の食事、贈答用への対応を想定した。パッケージは、コンセプトに適合するように、自然の風合いを感じるような素材を使用した。米袋を紙箱とのし紙で包装し、特別感を表現するとともに贈答用への対応を図った。ロゴは手書きとデジタルフォントの両方を用い、生物多様性保全の先進地である下池の田舎の風景や、様々な主体が参加する伝統的な水管理手法「池干し」(図 2)など伝統的な手法を新しい枠組みで行うといった、これからの里川の在り方を表現した。なお、手書き文字は、実際に水田魚道における遡上調査を行った地元中学生が心を込めて作成した。販売価格は 5kg ¥5000 と設定した。繁殖したメダカの数と、売上金の一部を淡水魚保全団体の活動に寄付することを明記し、食べる(購入する)ことで具体的に生物多様性保全がすすむことを強調した。



図 2. 様々な主体による伝統的な水管理手法「池干し」

■メインカラー

里紫(さとむらさき)
C80% M95% Y20% K0%
PCCS 近似色 dp22

■サブカラー

萌苗(もなえ)
C60% M10% Y100% K10%
PCCS 近似色 dp10



□想定色

下池小町(しもいけこまち)
C45% M75% Y40% K0%
PCCS 近似色 d1

紅万葉(べにまんよう)
C30% M70% Y60% K0%
PCCS 近似色 d4

初霜(はつしも)
C90% M50% Y30% K0%
PCCS 近似色 d17

図 3. カラースキーム



図 4. のし紙



図 5. 米袋

色彩計画は、シリーズ化(ハツシモ, ミルキークイーンなど)を想定してカラースキームを作成した(図3). 地域の自然景観やターゲットを踏まえ, 伝統的な, 和風な, というイメージを持つPCCSにおけるdpトーンを中心に選択し, dトーンを用いて全体の調和を図った. 市場調査を踏まえ, 米パッケージにあまり使用されておらず, かつ特別感や高級感をイメージする紫(C80% M95% Y20% K0%, 里紫と命名)と下池の田園風景を彷彿とさせる黄緑(C60% M10% Y100% K10%, 萌苗と命名)を用い, パッケージを作成した(図3, 4).

3-4. 生産

水田(約4000 m²)では, 農薬を従来の半分に抑え, 有機肥料や稲わらを使用し, 約2100kgのコシヒカリを収穫した.

3-5. 販売流通

インターネットを主な販路に設定するとともに, 安心・安全な食品に関心の高い顧客が多い道の駅などから販売を開始した. 現在, 名古屋市などの都市部から注文が来たり, 海津市のふるさと納税のための地域特産品に選定されたりするなど, 少しずつ販路を広げている.

3-6. プロモーション

平成26年11月に下池地域でシンポジウム「里川の生きものと農業～水田魚道から地域の未来を考える～」を開催し, 地域内外から参加した約60名に本商品のプロモーションを行った(図5). この様子は新聞などに掲載されるなど, 活動は県内外に広く紹介された. また, 同月実施の岐阜県主催『「清流」に育まれたふるさとを守り伝えるフォーラム』において, 本商品の報告をしたところ, 会場で実施されたアンケート(回答数103, 回収率51.5%)では, 64.9%が水田魚道に大変興味がある, どちらかと言えば興味があると回答した. 本商品のプロモーションにより生物多様性保全を通じた持続可能な地域づくりを促進する可能性が示唆された.

3-7. 顧客管理

道の駅で試験的に実施した対面販売において, 顧客は本商品の前に立ち止まり, ときには手に取るなど関心を持っていた. 生物多様性保全に関する情報をもっと知りたい, 無農薬栽培にして欲しい, という要望も得られた.

3-8. ブランド管理

これまでに得られた評価・要望や検討を踏まえ, 本年度は, ブランド管理として農薬の使用

回数及び化学肥料の使用量をさらに削減した特別栽培米の認証に向けた取り組みを行っている. 同時に, 別の圃場に水田魚道を新規設置し, 同コンセプトで岐阜県特産のハツシモを栽培するなど, ブランド拡張を行っている.

4. まとめと今後の展望

本研究では, 里川の生物多様性保全を通じ, 地域の風土を守り, 持続可能な地域づくりをすすめるための里川ブランディング手法の検討を目的とした米の商品開発を行った. エコブランディングは様々な場面で注目されているが, 実際に環境保全に役立つべきである. そこで, 本商品は生産現場で, 実際に淡水魚を増やしていることを明確に伝えるため, 魚類調査を継続的に行ない, 結果をパッケージに明記したり, コンセプトを表現する素材, ロゴ, 色彩などデザインを検討した. 販売価格を5kg¥5000と設定し, 売上金の一部を淡水魚保全団体の活動に寄付することを明記するなど, 食べることで具体的に生物多様性保全がすすむことを強調した.

里川のブランド価値を向上させるため, 今後も, 商品の品質管理を行うとともに様々な主体と連携したサービス・商品開発をすすめていきたい. 特にデザイン面では, 里川のイメージを人々に分かりやすく伝えるための色彩をさらに検討したい. 地域の自然景観, 生物, 文化などから地域の特定色を導き出し, 地域づくり, 生物多様性保全活動, 商品などに活用するための手法を検討するなどして, 持続可能な地域を目指した里川ブランディングの構築をしていきたい.



図5. シンポジウム「里川の生きものと農業～水田魚道から地域の未来を考える～」

参考文献

財団法人 九州地域産業活性化センター: 地域ブランドづくり実践行動マニュアル(2006)

ープ化する。

ステップ5: 上記グループ化された図形を垂直方向に 66mm 移動しコピーし色をマゼンタに変え、さらにグループ化する。

ステップ6: 上記グループ化した図形を 90 度回転させて重ねグループ化する。

ステップ7: 上記グループ化した図形の下に 198mm 角のイエローの正方形を重ね、基本ユニットが完成する。下記は、基本ユニットの概略作画手順である。

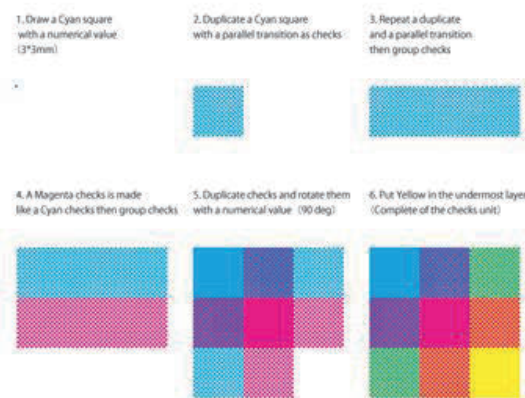


図2: 基本ユニットの作画手順

4. 基本ユニットの展開と作品例

前記 198mm 角の基本ユニットを、変形ツールを用いて 33mm 角に縮小し、データ量を軽くして作業をしやすくするために EPS 形式のファイルにする。

この基本ユニットを、例えば A4 サイズに埋め込み柄送りして、チェック柄を作成する。



図3: 基本ユニットの展開例

A4サイズのこの柄をプリンター用の生地に印刷すると、平織の生地のような視覚効果が表れる。

これを文庫本に合わせて折ることで、オリジナルの

ブックカバーを作成することができる。以下は、配色や柄を変えた学生によるブックカバーの作品である。(日本デザイナー学院夜間グラフィックデザイン科2年生対象のヴィジュアルデザインの授業にて作成)



図4: 学生によるブックカバーの作品例

5. まとめ

本研究は、「デジタル環境における並置混色によるカラーデザインの試み」である。

カラーデザインにパソコンを活用する利点は2つある。1つは、物理的なシミュレーションが簡単にできる点である。例えば、並置混色における、色彩から生じる物理現象の結果は、パソコンで簡単に確認できる。2つ目は、正確な描画が簡単にできる点である。グラフィックソフトウェアは、数値によって色彩や図形を管理するため、正確な作図と彩色が容易である。並置混色においては、微細で膨大な数の色面が必要となる。手作業では困難を伴うこれらの色面作成や、煩雑な繰返し作業も素早く行うことができる。また、ここ数年のパソコンの機能の向上と低価格化により、これらの作業がさらに容易となったことも、本研究の、もう一つの大きな動機である。今後もパソコンによる「並置混色」の新たな可能性を試み、カラーデザインの表現研究を進めたい。

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