

日本色彩学会誌 第42巻 第3号 SUPPLEMENT (2018)  
Journal of the Color Science Association of Japan, Vo.42, No.3 Supplement

日本色彩学会第49回全国大会 [大阪] '18 発表論文集  
Proceedings of the 49<sup>th</sup> Annual Meeting

会期：2018年6月2日～3日  
会場：大阪市立大学杉本キャンパス内 学術情報総合センター

\*

学会創設70周年記念特別企画  
基調講演

口頭発表：44件  
ポスター発表：27件



発行

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

# 目次

## Contents

日本色彩学会第49回全国大会 [大阪] '18 学会創設70周年特別企画

[基調講演] 2つの視覚的文法から見た色の知覚の再検討 .....	1
<b>Color Vision in Two Contexts</b> 北岡明佳 (立命館大学) Akiyoshi Kitaoka Ritsumeikan University	
[1A-1] シーンから得られる複数の統計的特徴を用いた色補正を行った人物追跡 .....	8
<b>Person Tracking Using Illumination Color Compensation with Multiple Statistical Color Information Obtained from Scene</b> 辻本晃大, 土居元紀 (大阪電気通信大学) Akihiro Tsujimoto and Motonori Doi Osaka Electro-Communication University	
[1A-2] 自然昼光下と人工光源下における実物体の色の見え .....	12
<b>Color Appearance of Objects under Natural Daylight and Artificial Light Sources</b> 園田倭太 (千葉大学工学部), 溝上陽子 (千葉大学大学院工学研究院) Kouta Sonoda <sup>1</sup> and Yoko Mizokami <sup>2</sup> <sup>1</sup> Faculty of Engineering, Chiba University, <sup>2</sup> Graduate School of Engineering, Chiba University	
[1A-3] S錐体刺激値を手がかりとした視覚探索能への色カテゴリの影響 .....	15
<b>Influence of Color Categories on Visual Search Performances Cued by S-cone Stimulus Value</b> 菱川優介 (九州大学大学院芸術工学府), 桂 重仁, 須長正治 (九州大学大学院芸術工学研究院) Yusuke Hishikawa <sup>1</sup> , Shigehito Katsura <sup>2</sup> and Shoji Sunaga <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Design, Kyushu University, <sup>2</sup> Faculty of Design, Kyushu University	
[1A-4] 審美歯科修復における光学的シミュレーション解析—第4報 シミュレーション結果と実測との比較— .....	19
<b>In Silico Optical Analysis of Dental Esthetic Restorations 4th Report : Comparison between Simulation and Actual Measurement</b> 天羽康介, 若林一道 (大阪大学大学院歯学研究科), 酒井英樹 (大阪市立大学大学院 生活科学研究科), 木林博之, 中村隆志, 矢谷博文 (大阪大学大学院歯学研究科) Kosuke Amo <sup>1</sup> , Kazumichi Wakabayashi <sup>1</sup> , Hideki Sakai <sup>2</sup> , Hiroyuki Kibayashi <sup>1</sup> , Takashi Nakamura <sup>1</sup> and Hirofumi Yatani <sup>1</sup> <sup>1</sup> Osaka University Graduate School of Dentistry, <sup>2</sup> Osaka City University Graduate School of Human Life Science	
[2A-1] 光沢感と金属感に関するCGと効果音のクロスモーダル質感モデル .....	22
<b>Crossmodal Shitsukan Model between Computer Graphics and Sound Effects for Glossiness and Metallic Perception</b> 中村 巧, 平井経太, 堀内隆彦 (千葉大学大学院) Takumi Nakamura, Keita Hirai and Takahiko Horiuchi Chiba University	
[2A-2] 分光プロジェクションマッピングによる肌の見かけ操作 .....	24
<b>Skin Appearance Control by Spectral Projection Mapping</b> 白澤裕喜, 平井経太, 堀内隆彦 (千葉大学大学院) Hiroki Shirasawa, Keita Hirai and Takahiko Horiuchi Chiba University	
[2A-3] 彩度・明度コントラスト変調による画像の自然さが彩度順応に与える影響 .....	26
<b>Effect of Naturalness of Images by Saturation and Lightness Contrast Modulation on Colorfulness Adaptation</b> 益満大志 (千葉大学大学院融合理工学府), 溝上陽子 (千葉大学大学院工学研究院) Taishi Masumitsu <sup>1</sup> and Yoko Mizokami <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Science and Engineering, Chiba University <sup>2</sup> Graduate School of Engineering, Chiba University	
[2A-4] プロジェクタ・カメラシステムによる物体表面分光反射率推定 .....	28
<b>Estimation of Object Surface Spectral Reflectance Using Projector and Camera</b> 丸山大亮 (立命館大学大学院), 篠田博之 (立命館大学) Hirotaka Maruyama and Hiroyuki Shinoda Ritsumeikan University	



<b>[3A-1]</b>	<b>食品の光沢度分布測定とおいしさ感評価</b> .....	<b>30</b>
	<b>Gloss Distribution Measurement of Foods and their Visual Palatability Evaluation</b>	
	磯見麻衣, 酒井英樹, 伊與田浩志 (大阪市立大学大学院)	
	Mai Isomi, Hideki Sakai and Hiroyuki Iyota	
	Osaka City University	
<b>[3A-2]</b>	<b>水蒸気高度利用のための加熱試験装置の開発：高温中での食品色変化モニタリング</b> .....	<b>34</b>
	<b>Development of Heating Test Equipment for Improved Utilization of Superheated Steam : Monitoring Color Change of Food in High Temperature</b>	
	棚田優祐, 福地航平, 伊與田浩志, 酒井英樹 (大阪市立大学大学院)	
	Yusuke Tanada, Kouhei Fukuchi, Hiroyuki Iyota and Hideki Sakai	
	Osaka City University	
<b>[3A-3]</b>	<b>タイハーブティーの水色の測定</b> .....	<b>37</b>
	<b>Colorimetry of Thai Herb Tea</b>	
	牧野暁世 (鹿児島大学産学・地域共創センター)	
	Akiyo Makino	
	Kagoshima University Regional Co-creation Center for Industry and Society	
<b>[3A-4]</b>	<b>Rice Color Preferred by Thai Elderly People</b> .....	<b>41</b>
	Supannika Yongsue <sup>1</sup> and Chanprapha Phuangsuan <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
	<sup>2</sup> Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
<b>[3A-5]</b>	<b>Indicator Ink Checkable for Security Printing and Packaging Application</b> .....	<b>44</b>
	Surachai Khankaew <sup>1</sup> and Chanprapha Phuangsuan <sup>1,2</sup>	
	<sup>1</sup> Department of Digital Printing and Packaging Technology, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
	<sup>2</sup> Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
<b>[3A-6]</b>	<b>Effects of UVA-light on Color Transition of Anthocyanin and Curcumin Dyes and Possible Application of Light-Activated Oxygen Indicator in Food Package</b> .....	<b>48</b>
	Kanpicha Suwannawanamatee <sup>1</sup> , Surachai Khankaew <sup>1</sup> and Chanprapha Phuangsuan <sup>1,2</sup>	
	<sup>1</sup> Department of Digital Printing and Packaging Technology, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
	<sup>2</sup> Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
<b>[4A-1]</b>	<b>人間の色覚の時間領域相加性が壊れている</b> .....	<b>52</b>
	<b>A Broken Color Additivity Rule of Human Color Vision</b>	
	施霖 (昆明理工大学)	
	Lin SHI	
	Kunming University of Science and Technology, China	
<b>[4A-2]</b>	<b>Simultaneous Color Contrast Demonstrated on Different Devices</b> .....	<b>54</b>
	Chanprapha Phuangsuan and Mitsuo Ikeda	
	Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
<b>[4A-3]</b>	<b>Comparison of the Simultaneous Color Contrast Determined by Colored Paper and Colored Illumination</b> .....	<b>57</b>
	Phubet Chitapanya <sup>1</sup> , Mitsuo Ikeda <sup>2</sup> and Chanprapha Phuangsuan <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
	<sup>2</sup> Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
<b>[5A-1]</b>	<b>Simultaneous Color Contrast in Afterimage</b> .....	<b>61</b>
	Mitsuo Ikeda and Chanprapha Phuangsuan	
	Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
<b>[5A-2]</b>	<b>Color Appearance of Objects under Vivid Colored LED Lights</b> .....	<b>64</b>
	Nischanade Panitanang <sup>1</sup> , Mitsuo Ikeda <sup>2</sup> and Chanprapha Phuangsuan <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
	<sup>2</sup> Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	

<b>[5A-3]</b>	<b>Relationship between the Brightness Perception and Macular Pigment Density</b> .....	67
	Tomonori Tashiro, Ryosuke Sato, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi Yamagata University	
<b>[5A-4]</b>	<b>L/M 錐体数比と輝度検出特性の関連性 – 交照法による間接的検討 –</b> .....	71
	<b>The Relation between L / M Cone Number Ratios and Luminance Detection Characteristics – Indirect Consideration by Psychophysical Heterochromatic Flicker Photometry –</b> 齋藤隆介, 永井岳大, 山内泰樹, 田代知範 (山形大学大学院), 内川恵二 (神奈川大学マルチモーダル研究所) Ryusuke Saito <sup>1</sup> , Takehiro Nagai <sup>1</sup> , Yasuki Yamauchi <sup>1</sup> , Tomonori Tashiro <sup>1</sup> and Keiji Uchikawa <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Yamagata University <sup>2</sup> Research Institute for Multimodal Sensory Science, Kanagawa University	
<b>[5A-5]</b>	<b>階層的クラスター分析を用いたアゲハチョウ科の蝶の色彩分析</b> .....	75
	<b>Hierarchical Cluster Analysis in Color Applied to the Papilionidae Butterflies</b> 梯 絵利奈 (千葉大学大学院工学研究科), 村松慶一 (埼玉大学大学院理工学研究科), 崔 庭端, 日比野治雄 (千葉大学大学院工学研究科) Erina Kakehashi <sup>1</sup> , Keiichi Muramatsu <sup>2</sup> , JeongSeo Choi <sup>1</sup> and Haruo Hibino <sup>1</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Chiba University <sup>2</sup> Graduate School of Science and Engineering, Saitama University	
<b>[1B-1]</b>	<b>ディスプレイと映り込みの空間周波数特性が視認性に与える影響</b> .....	79
	<b>The Effect from Display and Spatial Frequency of Reflected Images on Visibility</b> 野添佑揮, 篠田博之 (立命館大学) Yuki Nozoe and Hiroyuki Shinoda Ritsumeikan University	
<b>[1B-2]</b>	<b>デジタルカメラを用いた光学媒体の変調伝達関数 (MTF) の計測</b> .....	81
	<b>Measurement of Modulation Transfer Function of Optical Media Using Digital Camera</b> 山内優希, 篠田博之 (立命館大学) Yuki Yamauchi and Hiroyuki Shinoda Ritsumeikan University	
<b>[1B-3]</b>	<b>空間分解分光 (SRS) 法を用いた肌の透明度測定装置の開発</b> .....	83
	<b>Development of Skin Transparency Meter Using SRS</b> 高松 操, 松本和二 (株式会社分光応用技術研究所) Misao Takamatsu and Kazuji Matsumoto Spectral Application Research Laboratory Inc.	
<b>[1B-4]</b>	<b>再帰的 2 分割による任意波長を持つ階段関数系による絵画画像の色彩変化の計量の試み</b> .....	87
	<b>A Wavelength Analysis for Painting Arts with a Step Function System Based on Recursive Bi-divided Region</b> 室屋泰三 (国立新美術館) Taizo Muroya The National Art Center, Tokyo	
<b>[2B-1]</b>	<b>色彩による誘目性の定量化に関する研究 ~ 離角及び色の三属性の差と誘目性との関係 ~</b> .....	91
	<b>The Key Factors in Visual Conspicuity of Color – Focusing on Eccentric Angle and Differences in Three Attributes of Color –</b> 高田瑠美子 (女子美術大学大学院), 原 直也 (関西大学) Rumiko Takata <sup>1</sup> and Naoya Hara <sup>2</sup> <sup>1</sup> Joshi University of Art and Design, <sup>2</sup> Kansai University	
<b>[2B-2]</b>	<b>単色と配色から想起される基本味の検討</b> .....	93
	<b>A Study of Single Colors and Color Pairs to Communicate Basic Tastes</b> 岡 千晶 (早稲田大学人間科学部), 若田忠之, 齋藤美穂 (早稲田大学人間科学学術院) Chiaki Oka <sup>1</sup> , Tadayuki Wakata <sup>2</sup> and Miho Saito <sup>2</sup> <sup>1</sup> School of Human Sciences, Waseda University, <sup>2</sup> Faculty of Human Sciences, Waseda University	
<b>[2B-3]</b>	<b>色, 香り, 音楽に共通する印象次元の検討 2</b> .....	96
	<b>A Study of Common Dimensions on the Impression of Color, Fragrance and Music 2</b> 若田忠之, 森谷春花, 齋藤美穂 (早稲田大学人間科学学術院) Tadayuki Wakata, Haruka Moriya and Miho Saito Faculty of Human Sciences, Waseda University	
<b>[2B-4]</b>	<b>調性とテンポの異なる楽曲における単語と色の組み合わせの検討</b> .....	100
	<b>A Study of Combination of Color and Word with Music that Varies in Key and Tempo</b> 中移絵美 (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) Emi Nakautsuri <sup>1</sup> , Tadayuki Wakata <sup>2</sup> and Miho Saito <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Human Sciences, Waseda University, <sup>2</sup> Faculty of Human Sciences, Waseda University	

[3B-1]	中国色譜の成立背景およびロシア・ボンダルツェフ色譜との対比……………	104
	<b>Background of China Color Scale and Comparison with Russia A. C. Бондарцев Color Scale</b>	
	木本晴夫 (名古屋市立大学) Haruo kimoto Nagoya City University	
[3B-2]	ブリティッシュカラーカウンシル公認のイギリス伝統色……………	108
	<b>Official British Traditional Colours Listed by The British Colour Council</b>	
	日高杏子 (芝浦工業大学) Kyoko Hidaka Shibaura Institute of Technology	
[3B-3]	中国ミャオ族伝統色のシンボル学研究……………	110
	<b>Study on the Traditional Color Semiotics of the Miao</b>	
	鄭 曉紅 (中国人民大学) Zheng Xioahong Renmin University of China	
[3B-4]	日本文化と中国文化における鬼を表す色 ―和文化の基底に見られる陰陽五行説―……………	114
	<b>Colors Associated with Demons in Japanese and Chinese Culture: The Theory of Yin-Yang and the Five Elements Considered as a Basis of Japanese Culture</b>	
	吉村耕治 (関西外国語大学短大部名誉教授), 山田有子 (色彩講師・イラストレーター) Kohji Yoshimura <sup>1</sup> and Yuko Yamada <sup>2</sup> <sup>1</sup> Kansai Gaidai University, <sup>2</sup> Color Instructor, Illustrator	
[3B-5]	ゲーテの色覚異常観察法……………	118
	<b>Goethe's Methods of Observing Color Blindness</b>	
	馬場靖人 (早稲田大学) Yasuhito Baba Waseda University	
[3B-6]	在日中国人留学生における女性のチークメイクに対する印象評価の検討……………	122
	<b>Study of Impression Evaluation for Women's Cheek Makeup in Chinese International Students in Japan</b>	
	王 詩洋 (早稲田大学人間科学研究科), 若田忠之, 齋藤美穂 (早稲田大学人間科学学術院) Shiyang Wang <sup>1</sup> , Tadayuki Wakata <sup>2</sup> and Miho Saito <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Human Science, Waseda University, <sup>2</sup> Faculty of Human Science, Waseda University	
[4B-1]	ディスプレイの図と地の配色における感性と視認性に関する世代差と地域差……………	126
	<b>Generational and Regional Differences of Kansei and Visibility in Color Scheme of Figure and Ground on the Displays</b>	
	馬 君, 岡田 明, 山下久仁子, 酒井英樹 (大阪市立大学) Kun Ma, Akira Okada, Kuniko Yamashita and Hideki Sakai Osaka City University	
[4B-2]	日本近代における色彩の教育の諸相……………	130
	<b>Aspects of Color Education in Modern Japan</b>	
	國本学史 (慶應義塾大学) Norifumi Kunimoto Keio University	
[4B-3]	抽象的な色彩嗜好とプロダクトの色彩嗜好―日本・韓国・台湾の評価比較―……………	134
	<b>Comparison of the Preference of Abstract Color and Product Color among Japanese, Korean and Taiwanese</b>	
	榎 究 (実践女子大学), 関根みのり (元実践女子大学) Kiwamu Maki and Minori Sekine Jissen Women's University	
[5B-1]	ワークショップによる「まちの色彩」の把握手法― 2013 ~ 2016 台東区の事例より……………	138
	<b>Method to Grasp the Town-colors through Workshop – Case Study of Taito-city (Tokyo) from 2013 to 2016</b>	
	杉山朗子 (日本カラーデザイン研究所) Akiko Sugiyama Nippon Color & Design Research Institute Inc.	
[5B-2]	商業地における街路景観色彩のまとまり度の変動……………	142
	<b>Fluctuation of Color Unity Index at Shopping Streetscapes</b>	
	近藤桂司 (福山市立大学) Keishi Kondo Fukuyama City University	

[5B-3]	風土に根ざしたまちづくりに関する研究－設計者が考える「魅力的なまち並み要素と色材要素」に関するアンケート調査……………	144
	<b>A Study of Community Based Town Planning Rooted in Natural Features : Investigation Report of Fascinating Cityscape and Color Components by Active Architects</b> 高山美幸 (エスケー化研株式会社) Miyuki Takayama SK KAKEN Co.,Ltd	
[5B-4]	良好な色彩景観形成と景観計画の関係……………	147
	<b>Relation of the Good Color Landscape Formation and Landscape Plan</b> 成田イクコ (有限会社センスアップ・プランニング) Ikuko Narita Sense Up Planning. Ltd	
[5B-5]	「景観計画におけるマンセル値を用いた色彩制限の研究」～全国 274 市町村の景観計画を対象として～ ……	151
	<b>A Study of Actual Conditions of Color Restriction Standards by Munsell Color System in Landscape Planning – For Case Studies of 274 Enforced Landscape Plans –</b> 加藤美子 (啓新高等学校) Yoshiko Kato Keishin High School	
[P1A-1]	呈示時間が異なる色刺激に対する異常3色覚の色名応答……………	155
	<b>Color Naming of Color Stimuli with Various Durations in Anomalous Trichromats</b> 桂 重仁, 須長正治 (九州大学大学院芸術工学研究院) Shigehito Katsura and Shoji Sunaga Faculty of Design, Kyushu University	
[P1A-2]	2色覚の混同色の黄青 - 明度平面への色カテゴリマッピング……………	158
	<b>Category Mapping of Confusion Colors to the Plane Constituted by the Yellow-blue and the Lightness Axes</b> 城戸今日子 (九州大学大学院芸術工学府), 桂 重仁, 須長正治 (九州大学大学院芸術工学研究院) Kyoko Kido <sup>1</sup> , Shigehito Katsura <sup>2</sup> and Shoji Sunaga <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Design, Kyushu University, <sup>2</sup> Faculty of Design, Kyushu University	
[P1A-3]	薄明視における照度レベル・視対象の大きさ・観察時間が色認識へ及ぼす影響……………	161
	<b>Influence of Mesopic Illuminance Levels, Stimulus Size and Duration of Observation on Color Identification</b> 橋本愛理 (立命館大学大学院), 篠田博之 (立命館大学) Airi Hashimoto <sup>1</sup> and Hiroyuki Shinoda <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Ritsumeikan University, <sup>2</sup> Ritsumeikan University	
[P1A-4]	色調変化により劣化したディスプレイイメージの画質評価……………	163
	<b>Image Quality Assessment of Images on a Display Degraded by Color Shift</b> 小坂晏子 (立命館大学大学院), 篠田博之 (立命館大学) Yasuko Kosaka <sup>1</sup> and Hiroyuki Shinoda <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Ritsumeikan University, <sup>2</sup> Ritsumeikan University	
[P1A-5]	ディスプレイを用いた有窓室空間の測定……………	165
	<b>Measurement of Brightness Perception Affected by Daylight Through the Window by Using the Display</b> 伊藤 隼 (立命館大学大学院), 嶋田友梨, 篠田博之 (立命館大学) Shun Ito <sup>1</sup> , Yuri Shimada <sup>2</sup> and Hiroyuki Shinoda <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Ritsumeikan University, <sup>2</sup> Ritsumeikan University	
[P1A-6]	デジタルカメラを用いたディスプレイの分光キャリブレーション手法の開発……………	167
	<b>Development of Spectroscopic Calibration Method for Display Using Digital Camera</b> 鉄尾隆太 (立命館大学大学院), 篠田博之 (立命館大学) Ryuta Tetsuo <sup>1</sup> and Hiroyuki Shinoda <sup>2</sup> <sup>1</sup> Graduate School of Ritsumeikan University, <sup>2</sup> Ritumeikan University	
[P1A-7]	ドーム型照明を用いた非接触式測色システムによる蒸し饅頭の色彩評価：蒸し条件の影響……………	169
	<b>Evaluation of Surface Color of Steam Cooked Manju by Using Non-Contact Colorimetric Measurement Using Dome Illumination: Effect of Process Condition</b> 山本裕之, 酒井英樹, 北村祥太, 高山正宏, 伊奥田浩志 (大阪市立大学大学院) Hiroyuki Yamamoto, Hideki Sakai, Syouta Kitamura, Masahiro Takayama and Hiroyuki Iyota Osaka City University	
[P2A-1]	The Color and Form of Waterlily that Affect Consumers' Preferences……………	172
	Kamron Yongsue <sup>1</sup> and Chanprapha Phuangsuan <sup>2</sup> <sup>1</sup> Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand <sup>2</sup> Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	

[P2A-2]	Color Verification in News Programs of Radio Broadcasting .....	175
	Paninee Boonlert <sup>1</sup> and Chanprapha Phuangsuan <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Department of Radio and Television Broadcasting, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
	<sup>2</sup> Color Research Center, Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand	
[P2A-3]	散乱光の影響による視認性低下に着目した白内障進行度合いの定量測定 .....	179
	<b>Estimating Haze Factor of the Crystalline Lens by Visibility Affected by Light Scattering</b>	
	磯井 航 (立命館大学大学院), 篠田博之 (立命館大学)	
	Wataru Isoi <sup>1</sup> and Hiroyuki Shinoda <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Graduate School of Ritsumeikan University, <sup>2</sup> Ritsumeikan University	
[P2A-4]	照明と物体に対する熟知性が色の見えに及ぼす効果 .....	181
	<b>The Effect of Familiarity on Lighting and Objects to Color Appearance</b>	
	舟木智洋 (千葉大学大学院融合理工学府), 溝上陽子 (千葉大学大学院工学研究院)	
	Tomohiro Funaki <sup>1</sup> and Yoko Mizokami <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Division of Creative Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, <sup>2</sup> Division of Creative Engineering, Graduate School of Engineering Chiba University	
[P2A-5]	自然画像における刺激の複雑さが色域拡大効果に与える影響 .....	183
	<b>Influence of Complexity of Image on Color Gamut Expansion Effect</b>	
	三上大河, 溝上陽子 (千葉大学)	
	Taiga Mikami and Yoko Mizokami	
	Chiba University	
[P2A-6]	疑似白色 LED の光源スペクトルと物体色の色彩 .....	185
	<b>Relationship between Spectral Distribution of Pseudo-white LED and Object's Surface Colors</b>	
	吉村由利香, 大江 猛 (大阪産業技術研究所)	
	Yurika Yoshimura and Takeru Ohe	
	Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology	
[P2A-7]	コンビニ弁当のパッケージ色が喫食者の心理に及ぼす影響 ~ 橙・赤・緑・青および無彩色の場合 ~ .....	188
	<b>Psychological Effect of the Color of Lunch Box at Convenience Store</b>	
	富田圭子, 河野隼征, 藤田未羽, 文岩静香, 横原咲貴, 安岡美総 (近畿大学)	
	Keiko Tomita, Jyunsei Kawano, Miu Fujita, Shizuka Fumiiwa, Saki Makihara and Misato Yasuoka	
	Kindai University	
[P1B-1]	NCS 色空間におけるファッションを想定した配色調和の分析 .....	190
	<b>Analysis of Harmonious Colors for Coordination Clothes in NCS Color Space</b>	
	丸山眞澄, 平林由果 (金城学院大学), 乾 宏子, 市場丈規 (くらしの色彩研究会)	
	Masumi Maruyama <sup>1</sup> , Yuka Hirabayashi <sup>1</sup> , Hiroko Inui <sup>2</sup> and Takenori Ichiba <sup>2</sup>	
	<sup>1</sup> Kinjo Gakuin University, <sup>2</sup> Study group Environmental Color Design for Daily Living	
[P1B-2]	リビング照明の色度が室内印象に及ぼす影響 .....	193
	<b>The Influence of Chromaticity of Living Room Illumination on Indoor Impression</b>	
	渡邊直人, 田代知範, 永井岳大, 山内泰樹 (山形大学)	
	Naoto Watanabe, Tomonori Tashiro, Takehiro Nagai and Yasushi Yamauchi	
	Yamagata University	
[P1B-3]	光沢布地の色の見えと質感印象に対する彩度と明度の影響 .....	197
	<b>The Influence of Chroma and Brightness on the Appearance of Color and Texture of Glossy Fabric</b>	
	何 水蘭, 中島由貴, 瀧田隆義 (女子美術大学大学院)	
	Shuilan He, Yuki Nakajima and Takayoshi Fuchida	
	Graduate School of Joshibi University of Art and Design	
[P1B-4]	顔の肌色印象に対するスカーフ色の影響 .....	201
	<b>Influence of Colors of Clothe to Skin Color Impression</b>	
	中島由貴, 何 水蘭, 瀧田隆義 (女子美術大学大学院)	
	Yuki Nakajima, Shuilan He and Takayoshi Fuchida	
	Graduate School of Joshibi University of Art and Design	
[P1B-5]	LED 照明の光色変化による心理的影響と体感温度の変化 .....	205
	<b>Psychological Influence and Change in the Sensible Temperature by the Light Color Change of LED Illumination</b>	
	三栖貴行, 小田原健雄 (神奈川工科大学), 渡部智樹 (日本電信電話株式会社 NTT サービスエボリューション研究所), 一色正男 (神奈川工科大学)	
	Takayuki Misu <sup>1</sup> , Takeo Odahara <sup>1</sup> , Tomoki Watanabe <sup>2</sup> and Masao Isshiki <sup>1</sup>	
	<sup>1</sup> Kanagawa Institute of Technology, <sup>2</sup> NTT Service Evolution laboratories, NTT Corporation	



[P1B-6]	色彩を用いた香り表現の検討～ Aroma Rainbow® の開発と応用～	209
	<b>Representation of Aroma Impression Using Color – Development and Application of Aroma Rainbow® –</b> 野尻健介, 銭 夢寧, 中村充志, 中村明朝, 中村哲也, 齊藤 司 (長谷川香料株式会社総合研究所) Kensuke Nojiri, Qian Mengning, Atsushi Nakamura, Akio Nakamura, Tetsuya Nakamura, and Tsukasa Saito T. HASEGAWA CO., LTD. R&D CENTER	
[P2B-1]	「わくわく」感を色彩で表現する事に対する研究	213
	<b>The Research of the Color which Express "[pitapat]" – The Research on the Sense of Excitement Expressed Through Color</b> 藪 湖珠 (信州大学総合工学系研究科) Hojo Bae Graduate School of Science and Technology, Shinshu University	
[P2B-2]	背景色が肌の色の見えに及ぼす影響Ⅲ	215
	<b>Effect of Background Color on the Appearance of Skin Color Ⅲ</b> 早川照美 (くらしの色彩研究会), 乾宏子 (アトリエエクリュ), 丸山真澄 (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) (くらしの色彩研究会) Terumi Hayakawa <sup>1</sup> , Hiroko Inui <sup>1,2</sup> , Masumi Maruyama <sup>1,3</sup> and Takenori Ichiba <sup>1,4</sup> <sup>1</sup> Study group Environmental Color Design for Daily Living <sup>2</sup> ATELIER ECRU, <sup>3</sup> Lumiere color institute, <sup>4</sup> Color Lab. for full Life	
[P2B-3]	アクティブラーニングを支援する色彩ワークブックの提案	218
	<b>A Proposal for Color Workbook for Support of Active Learning</b> 山下明美 (岡山県立大学), 山本希恵 (常盤薬品工業株式会社) Akemi Yamashita <sup>1</sup> and Kie Yamamoto <sup>2</sup> <sup>1</sup> Okayama Prefectural University, <sup>2</sup> TOKIWA Pharmaceutical Co., Ltd.	
[P2B-4]	作業時の心理評価に及ぼす色彩環境の影響—高齢者と若年者との比較—	220
	<b>Color Environmental Influences on the Psychological Evaluation During Simple Work.- Comparison of Elderly People and Young People-</b> 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 <sup>1</sup> , Kazuyuki Natori <sup>2</sup> and Tomomi Hatano <sup>3</sup> <sup>1</sup> Color Consultant Studio, <sup>2</sup> Japan Color Research Institute, <sup>3</sup> Ritsumeikan University	
[P2B-5]	キャンセル	
[P2B-6]	広色域ディスプレイにおける異常3色覚の色の見え	224
	<b>Color Appearance on a Wide Color Gamut Display for Anomalous Trichromats</b> 須長正治, 桂 重仁 (九州大学大学院), 矢口博久 (千葉大学) Shoji Sunaga <sup>1</sup> , Shigehito Katsura <sup>1</sup> and Hirohisa Yaguchi <sup>2</sup> <sup>1</sup> Kyushu University, <sup>2</sup> Chiba University	
[P1D-1]	新しい動く錯視図形の提案	228
	<b>Proposal of New Motion Illusion Images</b> 藤原功基 (大阪産業大学), 松田博子 (カラーコンサルタントスタジオ), 北岡明佳 (立命館大学) Koki Fujiwara <sup>1</sup> , Hiroko Matsuda <sup>2</sup> and Akiyoshi Kitaoka <sup>3</sup> <sup>1</sup> Osaka Sangyo University, <sup>2</sup> Color Consultant Studio, <sup>3</sup> Ritsumeikan University	
[P2D-1]	「スチームパンク」のカラーデザイン分析	232
	<b>An Analysis of Steampunk Color Design</b> 江良智美 (帝京平成大学) Satomi Era Teikyo Heisei University	

## 2つの視覚的文法から見た色の知覚の再検討

### Color vision in two contexts

北岡明佳 Akiyoshi Kitaoka 立命館大学

Ritsumeikan University

**Keywords:** 並置混色, 加法混色, 減法混色, 色の錯視, 明るさの錯視, ムンカー錯視.

#### 1. はじめに

色の錯視は文字通り色々あるが、本稿ではそれらのいくつかに通じた枠組みが見られることを指摘するものである。具体的には、並置混色とムンカー錯視には密接な関係があるとして、論考を深める。

#### 2. 並置混色

並置混色とは、色を表現するにあたり、比較的少数の色を空間的に並べて表現する混色である。絵画の点描は並置混色にあたる。例として示す図1は、白地にシアン (C)、マゼンタ (M)、イエロー (Y) の三色のドットで表現したトマトの写真である。

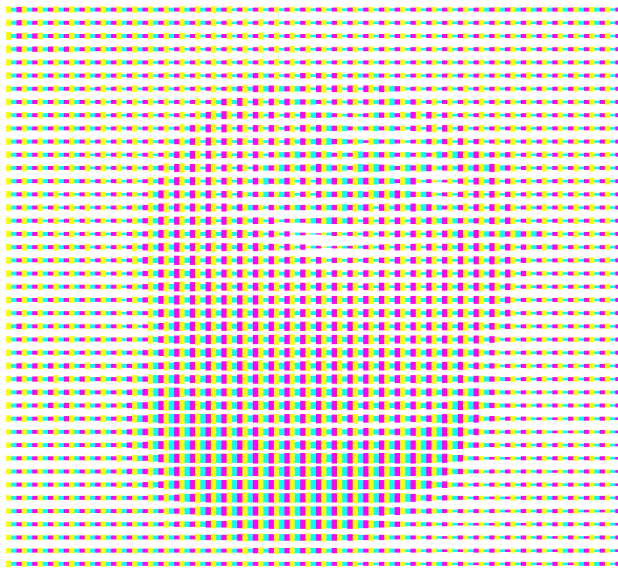


図1 トマトの写真画像を並置混色(減法混色)変換して得られた絵。背景は白で、シアン、マゼンタ、イエローの3色で構成されている。

#### 3. 並置混色には加法混色と減法混色がある

図1は減法混色で表現した絵であるが、PCやスマホのディスプレイは、加法混色の並置混色を採用している。すなわち、黒地に赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の原色を置くことで、色を表現している。それらのディスプレイでは、構造上は並置混色でも、網膜の細胞で弁別できない程度の細かさで表示されているため、網膜像上では色は融合しており、視覚的には並置混色ではない。

しかし、真の並置混色の画像でも加法混色は可能である。図2は図1の元画像を加法混色変換して得た並置混色画像である。これもトマトの画像であることがわかる。

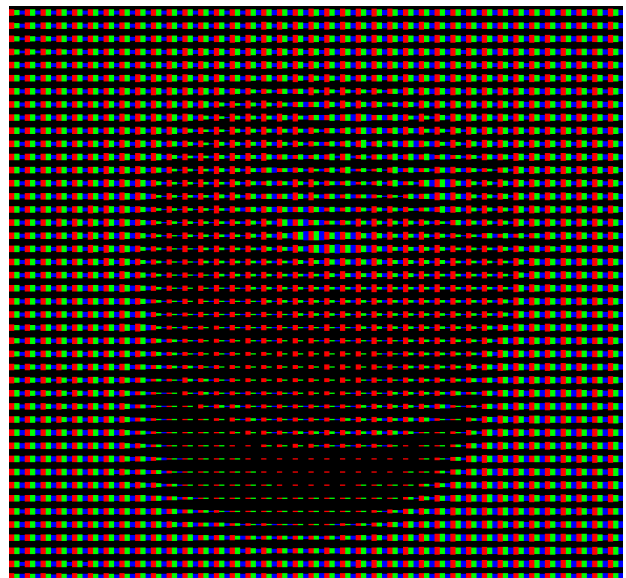


図2 トマトの写真画像を並置混色(加法混色)変換して得られた絵。背景は黒で、赤、緑、青の3色で構成されている。

#### 4. 並置混色におけるRGBを原色とする加法混色とCMYを原色とする減法混色

並置混色において、RGBを原色とする加法混色とCMYを原色とする減法混色の構造を、図3に示す。図1と図2は原色の明るさを面積で表現したが、これ以降は画面はサブピクセル(原色で

ある RGB や CMY が描画される固定の大きさの領域あるいは最小画素のことで埋め尽くし、各サブピクセルの明るさの変調で色を表現する画像で説明する。

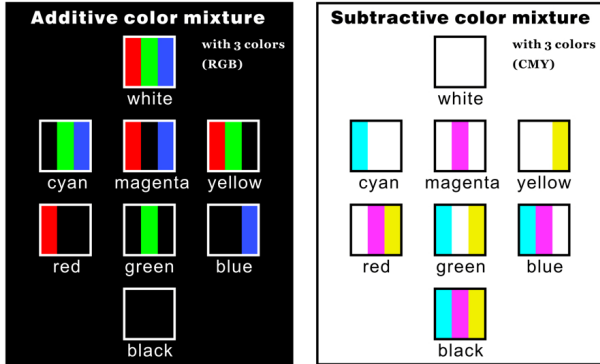


図3 RGBを原色とする加法混色系(左)とCMYを原色とする減法混色系(右)。加法混色では、デフォルトは黒であり、減法混色では白である。1ピクセルを3つのサブピクセルに分割し、たとえば赤は、加法混色ではRのサブピクセルの着色で表現し(GとBのサブピクセルはデフォルトの黒)、減法混色ではMとYのサブピクセルの着色で表現する(Cのサブピクセルはデフォルトの白)。加法混色では白はRGBで表現され(左上)、減法混色では黒はCMYで表現される(右下)。

### 5. 並置混色の加法混色の白は減法混色の黒よりも暗い

並置混色では、加法混色の白は並置されたサブピクセルRGBで表現され、減法混色の黒はサブピクセルCMYで表現されるため、白が黒よりも物理的に暗いという奇妙なことが起こる。たとえば、R, G, B, C, M, Yのサブピクセルの輝度をそれぞれ $L_R, L_G, L_B, L_C, L_M, L_Y$ と表すならば、 $L_C = L_G + L_B, L_M = L_R + L_B, L_Y = L_R + L_G$ だから、減法混色の黒の輝度は $(L_C + L_M + L_Y) = 2(L_R + L_G + L_B)$ となって、加法混色の白の輝度の2倍である。ところが、図4に示す通り、必ずしもそのようには見えない。

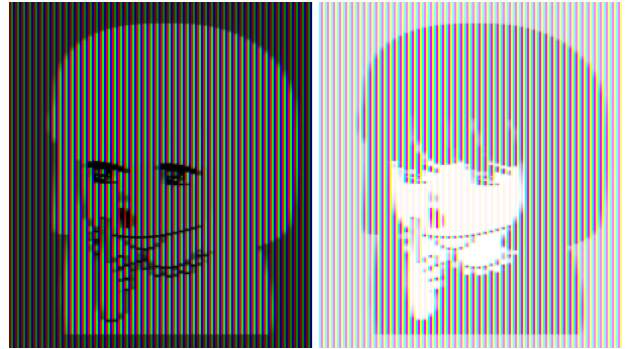


図4 RGB加法混色による(髪と服の)白(左の絵)とCMY減法混色による黒(右の絵)の比較。左の絵の白の平均輝度は右の絵の黒の半分であるが、左の絵の方が明るく見えるか、あるいは同じ程度の明るさに見える。

### 6. CMYを疑似原色とする加法混色とRGBを疑似原色とする減法混色の開発

通常の加法混色はRGBのサブピクセルで構成する(図3左)が、これをCMYのサブピクセルで置換することができる(図5左)。その場合は、1ピクセルを6サブピクセルで構成する。一方、減法混色はCMYのサブピクセルで構成する(図3右)が、これをRGBのサブピクセルで置換することができる(図5右)。その場合も、1ピクセルを6サブピクセルで構成する。

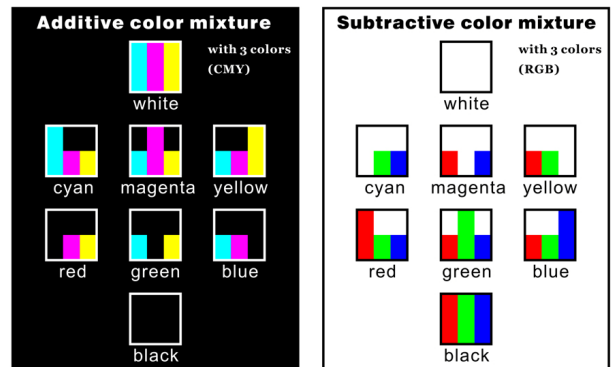


図5 CMYを疑似原色とする加法混色系(左)とRGBを疑似原色とする減法混色系(右)。1ピクセルを6サブピクセルに分割し、たとえば赤は、加法混色ではMとYの1サブピクセルずつで表現し、減法混色では2サブピクセルのRと1サブピクセルずつのGとBで表現する。この場合、加法混色では白はCMYそれぞれ2サブピクセルずつで表現され(左上)、減法混色では黒はRGBそれぞれ2サブピクセルずつで表現される(右下)。

### 7. 並置混色における錯視図形

RGBを原色とする加法混色では、白はRGBで表現され(図3左上)、RGBを疑似原色とする減法混色では、黒はRGBで表現される(図5右下)。



すなわち、白と黒は同じ RGB の色縞で表現できる。ということは、錯視のデモの材料として使うことができる。

図 6 においては、左の絵の髪と服は白く見え、右の絵のそれらは黒く見えるが、同じ RGB の色縞である。

同様に、CMY を疑似原色とする加法混色では、白は CMY で表現され (図 5 左上)、CMY を原色とする減法混色では、黒は CMY で表現される (図 3 右下)。すなわち、白と黒は同じ CMY の色縞で表現できる (図 7)。



図 6 RGB 加法混色による白表現 (左) と疑似 RGB 減法混色の黒表現 (右) の比較。髪と服はどちらも同じ RGB の色縞でできているが、左の絵では白、右の絵では黒に見える。

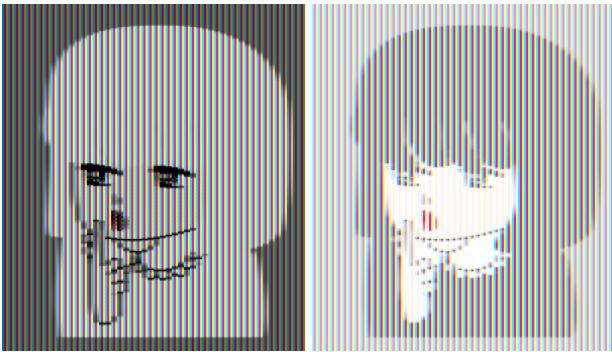


図 7 疑似 CMY 加法混色による白表現 (左) と CMY 減法混色の黒表現 (右) の比較。髪と服はどちらも同じ CMY の色縞でできているが、左の絵では白、右の絵では黒に見える。

## 8. 2つの視覚的文法

並置混色の加法混色は、これまで広く受け入れられてきた highest luminance rule<sup>1)</sup> (最も明るいところが白と知覚され、それがアンカーとなって他の明るさ知覚が決まっていくという法則) が適用できる。一方、減法混色は“lowest luminance rule” (最も暗いところが黒と知覚され、そこがアンカーとなって他の明るさ知覚が決まっていくという考え方) が適用できるのではないかと。

すなわち、加法混色と減法混色は、色の表現の

やり方の違いというだけでなく、視覚系自体が持つ色の解釈の文法の違いでもある可能性が示唆される。色覚にも、加法混色系と減法混色系があるという考え方である。

両者に共通することは、「コントラストの最も高い部分がアンカーとなる」ということである。これは、グレースケールで同等の画像を作成した時にも共通して見られる (図 8)。ということは、この二分類は色覚に限定されるわけではなく、視覚そのものが持つ機能であることが示唆される。



図 8 左の髪と服は白く見え、右のそれらは黒く見えるが、同一の白と黒の色縞模様でできている。なお、左の絵の白く見える部分は白の色縞が太く見え、右の絵の黒く見える部分は黒の色縞が太く見えるが、縞の幅は白と黒で同じである。これは、明るさの知覚が引き起こす幾何学的錯視 (形の錯視) の例である。

## 9. ムンカー錯視

さて、話は変わって、ムンカー錯視<sup>2)</sup> についてである。ムンカー錯視とは、図 9 のような刺激配置の色の錯視である。

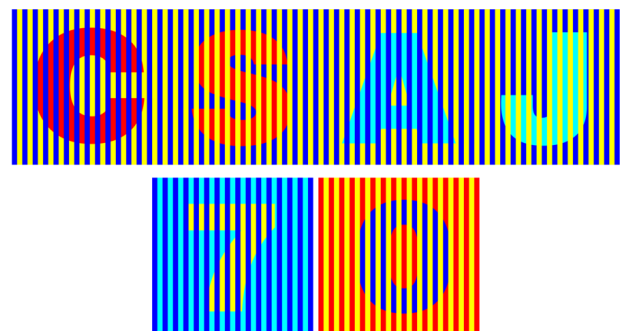


図 9 ムンカー錯視の例。C と S に用いられている色は同じ赤色であるが、C はマゼンタ色 (赤紫色) に、S はオレンジ色に見える。同様に、A と J に用いられている色は同じシアン色であるが、A は水色に、J はやや緑色に見える。ちなみに、ムンカー錯視に関連する現象として指摘されてこなかったと思うが、7 と 0 は、それぞれ A と S の内外の配色を入れ換えたパターンであり、どちらも青と黄の色縞で

あるが、7は明るく、0は暗く見える。

この錯視は、ターゲットの周囲からの色の対比と、短冊状にかぶせたパターンからの色の同化の両方が働いて色が誘導されると考えられる(図10)。

筆者が「黄ばみ効果」と呼んでいる色の錯視は、この考え方と矛盾しない(図11)。たとえば、図11左の白いオーストラリアには、上にかぶせた緑色が同化するとともに、周囲のシアン色の反対色である赤が誘導されるので、両者が混色して黄色が誘導される、と説明できる。



図10 ムンカー錯視における色の誘導(同化と対比)。一番下の列のオーストラリアは、左は赤と青、右は赤と黄の縞模様であるが、左のオーストラリアの赤部分はマゼンタ色(赤紫色)に見え、右のオーストラリアの赤部分はオレンジ色に見える。

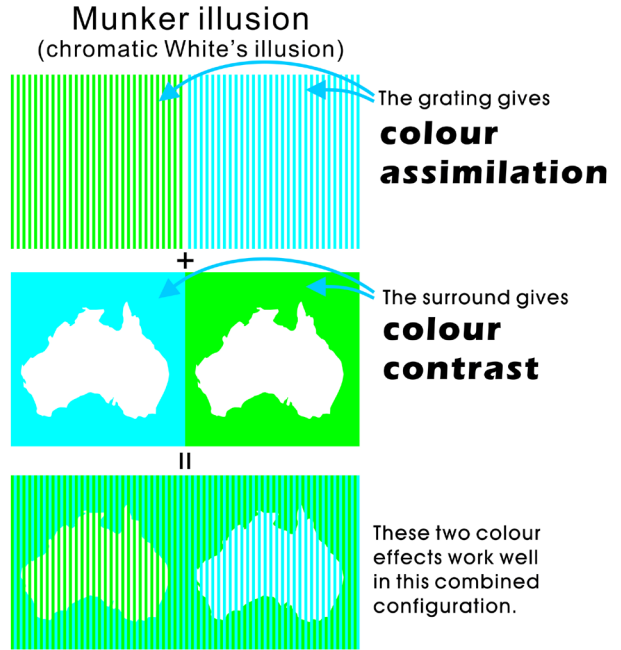


図11 「黄ばみ」効果。一番下の列のオーストラリアは、左右とも白と緑あるいは白とシヤンの縞模様であるが、左のオーストラリアの白部分は黄色く見える。

#### 10. ムンカー錯視における背景への注目

ムンカー錯視は色の錯視であるから、観察者の注意はターゲットの色の変化に向いてしまうが、その外側を見てみよう。たとえば、図9でCの外側は青と黄の縞模様であるが、明るく見える。一方、Sの外側も青と黄の縞模様であるが、暗く見える。AとJでも同様である。

図12の上段では、左のハートの周囲は明るく見え、右のハートの周囲は暗く見える。内外の配色を入れ換えると図12の下段となり、左のハートは明るく見え、右のハートは暗く見える。

これは、並置混色の加法混色と減法混色において、同じ色縞が白に見えたり黒に見えたりすること(図6、図7)と類似している。

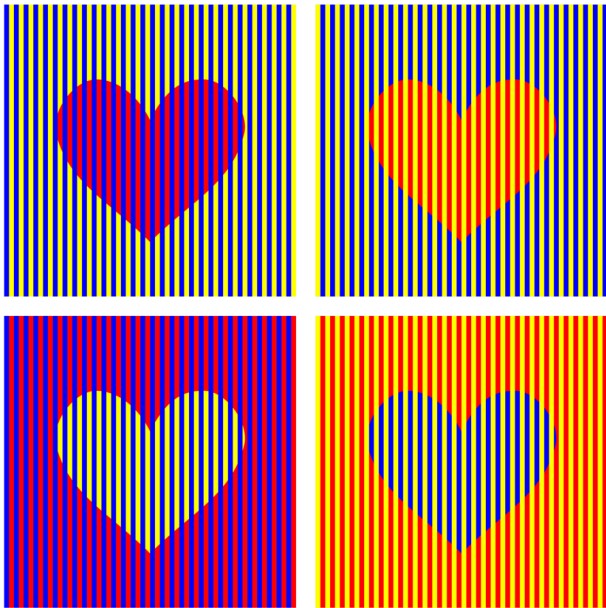


図 12 上段の左のハートはマゼンタ色に見え、右のハートはオレンジ色に見えるが、同じ赤色である（ムンカー錯視）。下段は上段のハートの内外の配色を入れ換えたもので、左のハートは明るく、右のハートは暗く見えるが、同一の青と黄の縞である。ちなみに、左のハートの黄色の縞の幅は青色のそれよりも太く見え、右のハートの青色の縞の幅は黄色のそれよりも太く見えるが、図8と同様の幾何学的錯視である。

### 1.1. ホワイト効果でも同様である

ムンカー錯視のグレースケール版の錯視（明るさの錯視）は、ホワイト効果と呼ばれる<sup>3)</sup>。ホワイト効果は、物理的に同じ輝度の対象の見えの明るさが異なって見える現象である。

ホワイト効果でも、上記と同様のことがデモできる。すなわち、図13の上段では、左のハートの周囲は明るく見え、右のハートの周囲は暗く見える。内外の配色を入れ換えると図13の下段となり、左のハートは明るく見え、右のハートは暗く見える。この見え方は、図8の髪と服の白と黒の知覚と類似している。

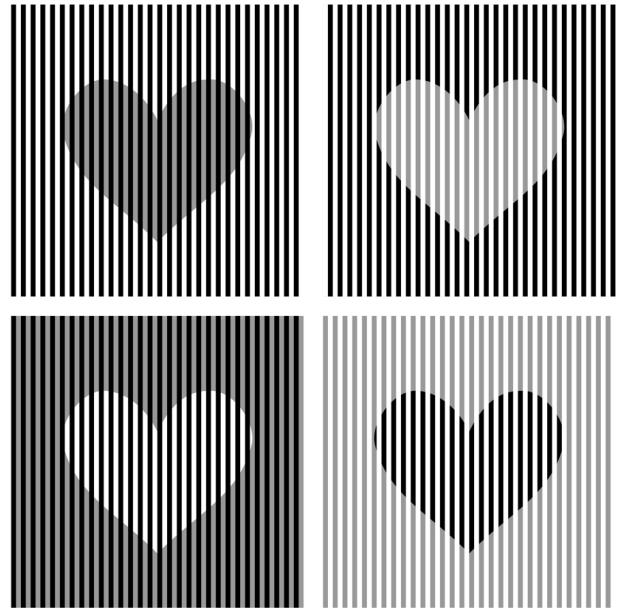


図 13 上段の左のハートは暗く見え、右のハートは明るく見えるが、同じ輝度の灰色である（ホワイト効果）。下段は、上段のハートの内外の配色を入れ換えたもので、左のハートは明るく、右のハートは暗く見えるが、同一の白と黒の縞である。なお、下段では、左のハートの白の縞が太く見え、右のハートの黒の縞が太く見えるが、縞の幅は白と黒で同じである。

### 1.2. 並置混色変換とムンカー錯視の連続性

ある図形を並置混色変換し、さらにある変換を加えることで、ムンカー錯視図形を生成することができる。図14にその手法を示した。

白い背景にマゼンタ色のハートの画像を考える。それを RGB 加法混色の並置混色画像に変換すると、背景は RGB の縞となるとともに、ハートは R と B の縞となる（G の部分は黒）。

ここで、R と G の縞を加法混色で統合すると、背景は Y（黄）と B（青）の縞となり、ハートは R（赤）と B（青）の縞となる。

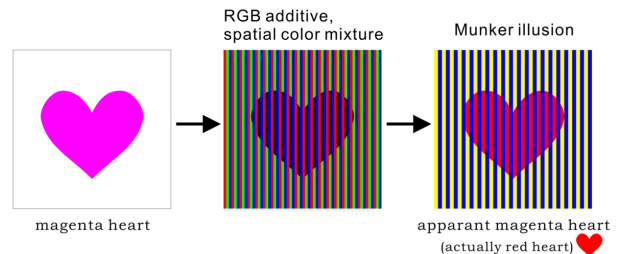


図 14 白い背景にマゼンタ色のハートを RGB 加法混色で並置混色変換して、R と G のサブピクセルを統合すると、図12左上のハートと同様のムンカー錯視図形が得られる。すなわち、「赤いハートがマゼンタ色に見える」という錯視の構図となる。

同様のやり方で、多くのムンカー錯視図形を並置混色変換によって作り出すことができる。図 15 は加法混色、図 16 は減法混色による変換である。これらから、並置混色とムンカー錯視の連続性が強く示唆される。筆者の仮説は、「ムンカー錯視は並置混色の知覚メカニズムの副産物」である。

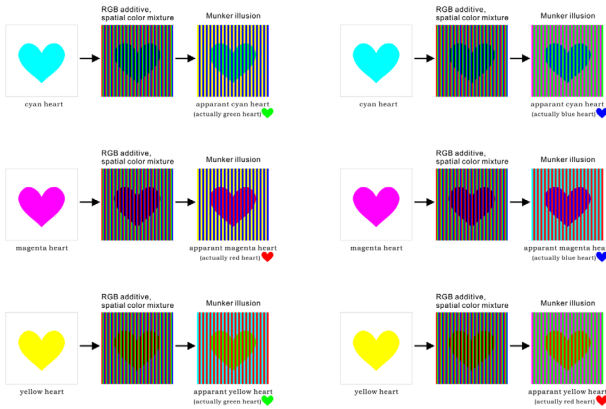


図 15 加法混色の並置混色とムンカー錯視の連続性。白地にシアン色のハートは、緑あるいは青のハートを用いたムンカー錯視図形に変換できる。白地にマゼンタ色のハートは、赤あるいは青のハートを用いたムンカー錯視図形に変換できる。白地に黄色のハートは、緑あるいは赤のハートを用いたムンカー錯視図形に変換できる。

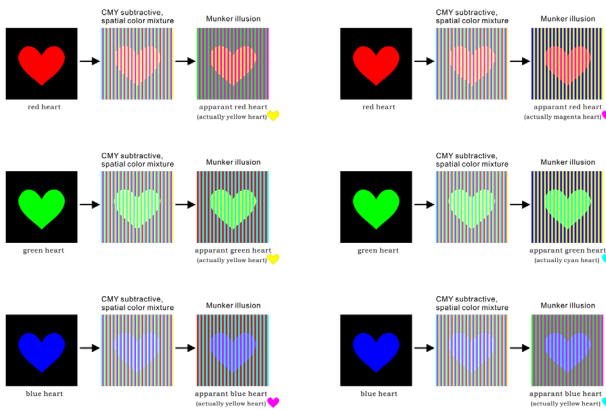


図 16 減法混色の並置混色とムンカー錯視の連続性。黒地に赤のハートは、黄色あるいはマゼンタ色のハートを用いたムンカー錯視図形に変換できる。黒地に緑のハートは、黄色あるいはシアン色のハートを用いたムンカー錯視図形に変換できる。黒地に青のハートは、マゼンタ色あるいはシアン色のハートを用いたムンカー錯視図形に変換できる。

### 1.3. この考え方では説明できないムンカー錯視

図 14~16 で示したアイデアによって、ムンカー錯視図形の半分については、並置混色の副産物として説明できる。たとえば、図 12 左上の赤が

マゼンタ色（明るい赤紫色）に見えるムンカー錯視は、図 14 のように並置混色と等価であると主張できる。しかし、図 12 右上の赤がオレンジ色に見えるムンカー錯視は、うまく説明できない。なぜなら、普通のオレンジ色のハートを並置混色変換することでは、どうしても図 12 右上のような色のハートを作れないのである。オレンジ色のハートは、黄色と明るくてやや彩度の低いマゼンタ色の縞模様のハートでしか等価とならない（黄色と赤色の縞模様には変換できない）（図 17）。

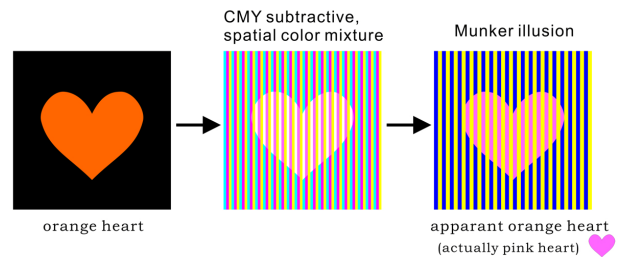


図 17 オレンジ色 (R255, G102, B0) のハートの図形を並置混色変換した場合、明るくてやや彩度の低いマゼンタ色 (R255, G102, B255) のハートで置換される。図 12 右上のような赤 (R255, G0, B0) にはならない。

すなわち、ムンカー錯視を並置混色の副産物と考えるのであれば、ムンカー錯視の画像に対応する「原画像」があると考えたいところであるが、例外があるというわけだ。図 17 に示したように、単色のオレンジ色は、周囲を黄と青の縞のムンカー錯視にする場合、黄色と明るくてやや彩度の低いマゼンタ色の縞で置換される。図 12 右上のハートのオレンジ色は黄色と赤色の縞なのだから、後者は前者よりも「平均彩度」が高いというべきである。すなわち、そこで知覚されるオレンジ色は、普通の単色のオレンジ色よりも彩度が高いという可能性がある。理屈だけでなく、見た目もそう見える。図 18 にいくつか例を示した。

これらの例外の意味するところを考察してみたい。まず、ムンカー錯視の半分の例を説明できないことから、「ムンカー錯視の並置混色副産物仮説」は妥当ではないという可能性はある。

しかし、既に触れたように錯視で得られた色が単色よりも彩度が高く見える（ディスプレイや印刷の色域外の色に見える）ことから、並置混色の知覚のメカニズムの枠組みの中にムンカー錯視は位置しているものの、ディスプレイや印刷の色域内には存在しないあざやかな色を副産物として生成する場合がある、という可能性も考えられる。今後のさらなる検討が待たれる。

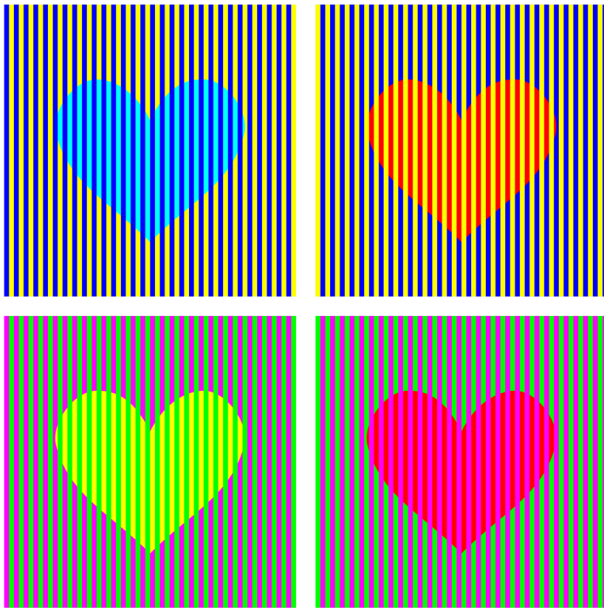


図 18 単色には対応する色が見当たらない、あざやかな色が知覚されるムンカー錯視の色配置の例。

#### 14. おわりに

この論考は、ネオン色拡散<sup>4)5)</sup>などの補完現象(図 19、図 20)にまで及ぶものと筆者は考えており、黄ばみ効果(図 11、図 21)についてもさらに論じたいが、長くなるので詳細は別稿に譲る。

本稿の主張するところは、(1) 並置混色には加法混色と減法混色が区別できること、(2) それらはムンカー錯視と密接な関係があると考えられる、という2点である。

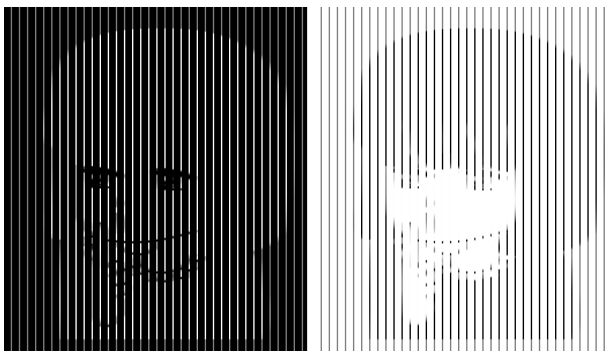


図 19 ネオン明るさ拡散を表現した図。左の髪と服は白く見え、右のそれらは黒く見えるが、平均輝度としては左は右よりも低い。それぞれ図 8 左の黒線と図 8 右の白線を太くしたものに相当する。

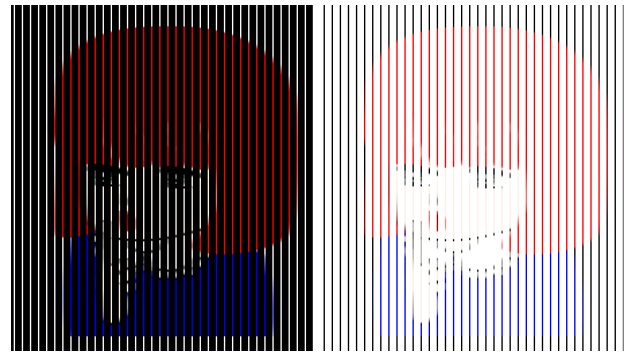


図 20 ネオン色拡散を表現した図。赤い髪や青い服は、狭い線上に描かれているのであるが、左図では黒いギャップ、右図では白いギャップを、輪郭と色が渡っているように見える。

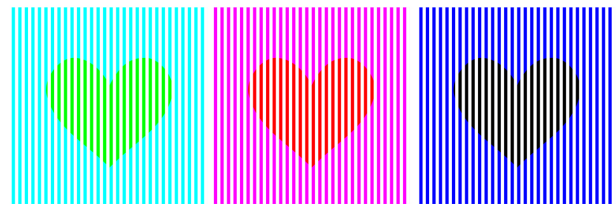


図 21 黄ばみ効果の例。それぞれのハートに黄色味が知覚されるが、ギャップはすべて白である。左から右に、外側の色縞は、シアン、マゼンタ、青で、ハート内部の色縞は、緑、赤、黒である。

#### 参考文献

- 1) X. Li, & A. Gilchrist: Relative area and relative luminance combine to anchor surface lightness values, *Perception & Psychophysics*, 61 (1999) 771–785
- 2) H. Munker: *Farbige Gitter, Abbildung auf der Netzhaut und übertragungstheoretische Beschreibung der Farbwahrnehmung*. Habilitationsschrift, Ludwig-Maximilians-Universität, München (1970)
- 3) M. White: A new effect on perceived lightness, *Perception* 8 (1979) 413–416
- 4) D. Varin: Fenomeni di contrasto e diffusione cromatica nell'organizzazione spaziale del campo percettivo, *Rivista di Psicologia*, 65 (1971) 101–128
- 5) H. F. J. M. Van Tuijl: A new visual illusion: Neonlike color spreading and complementary color induction between subjective contours, *Acta Psychologica* 39 (1975) 441–445



# シーンから得られる複数の統計的特徴を用いた 色補正を行った人物追跡

## Person tracking using illumination color compensation with multiple statistical color information obtained from scene

辻本晃大 Akihiro Tsujimoto 大阪電気通信大学 Osaka Electro-communication University  
土居元紀 Motonori Doi 大阪電気通信大学 Osaka Electro-communication University

**Keywords:** 人物追跡, 照明変動, 統計的特徴, パーティクルフィルタ

らの照明推定について, 平均値や最大値に加え, Gray-Edge (1次微分の平均値)なども加えて次式のように一般化した[5].

### 1. はじめに

監視カメラによるセキュリティなど, 人物追跡は様々な分野で重要な課題である. 複数の人物が映り込んだ場面を想定すると, 衣服の色情報が対象となる人物を識別する有力な手掛かりとなる. しかし, 照明変動がある場合や照明環境の異なる複数のカメラ間での人物追跡においては, 追跡に失敗することが多い. 筆者らのグループはこれまで照明光の変化に対応するため, シーン全体の色の平均値を用いて照明変動を補正し, 変動に強い状態推定手法であるパーティクルフィルタを用いて人物を追跡する方法を提案してきた[1]. また, 高輝度領域を除外するマスクを作成し, 平均値算出処理から除外する方法も提案してきた[2]. また, 平均値, 中央値, Gray-Edgeなどの統計値を用いた場合の照明変動補正について静止画像における実験に基づき検討してきた[3]. その結果, シーンの性質によって最も有効な統計値は異なった. 実験に用いた人物画像において平均値を用いる補正が有効だったため, 人物追跡には平均値を用いてきたが, シーンにより適する統計値が異なる場合があるのではないかと考えた. よって本報告では, シーン全体の色の各統計的特徴を統合して用いた方法を提案し, 実験結果について報告する.

### 2. シーンから得られる複数の統計的特徴

シーンの色情報の解析は照明推定に関連する. 照明推定手法は大きく学習に基づく方法と, 1枚の画像からの統計情報のみで推定する方法に分類される[4]. 学習に基づく方法はテストデータに学習データがマッチしていれば高い推定精度を示すことができる. しかし, 一般に照明条件や被写体は多様であるため, 統計情報を用いる手法がより一般的であると思われる. Weijerらは画像か

$$\left( \int \left| \frac{\partial^n f_c}{\partial x^n} \right|^p dx \right)^{\frac{1}{p}} = k e_c^{n,p} \quad (1)$$

$x$  は画素を表し,  $c$  は色情報を意味して  $c=\{R,G,B\}$  となる.  $n$  は微分の階数,  $p$  はミンコスキーノルム,  $k$  は定数で,  $e_c^{n,p}$  は各パラメータ条件で得られる光源の情報を示している.

本研究では平均値, 最大値, および, Gray-Edgeをシーンの統計的特徴とする. これらの統計値を算出する際に, ハイライト除去処理を行う. ハイライトとして高輝度領域とその周辺画素のマスク画像を作成し, そのマスク部分を各色情報算出処理から除外する. 高輝度領域はRGB値がそれぞれ一定値以上の場合とする. 平均値は, (1)式で  $n=0, p=1$  とした場合であり, マスク部分を除いた全画素のRGB値それぞれの平均値とする. 最大値は, (1)式で  $n=0, p=\infty$  とした場合であり, シーン全体をグレースケールに変換し, マスク部分を除いた領域での最大輝度値を持つ画素を調べ, 元のカラー画像におけるその画素のRGB値を求める. GrayEdgeは, (1)式で  $n=1, p=1$  とした場合であり, 以下に算出手順を示す. まず, 画素の輝度値に対しSobelフィルタによるエッジ抽出を行う. エッジ画像のRGB値をマスク部分を除いた全画素について平均し, 得られたRGB値から照明光のRGB値の比率を推定する. また, 元のシーンからシーン全体の濃淡の平均を求め, 先に推定したRGBの比率を掛け合わせGrayEdge値とする.

### 3. パーティクルフィルタ

色を手掛かりとした物体追跡において, 照明光が変化した場合, カメラに写る物体色も変化するため, 追跡している物体をいわば見失う状態とな

る。しかし、今まで追跡していた場所の近辺にある物体色に近い色を物体の候補とみなせば、追跡の継続は可能となる。このような追跡に適した手法としてパーティクルフィルタが知られている。

パーティクルフィルタでは、観測された状態系列から状態の事後分布を多数の重み付き粒子を用いて近似的に求める。そのアルゴリズムは粒子の生成、重みの更新、リサンプリングの3ステップからなる。状態空間モデルは、動的システムの内部状態変化規則である「システムモデル」と、不確実性を含む観測値が得られる規則である「観測モデル」で表される。色物体追跡において、システムモデルを画像内の座標とし、観測値はその座標のRGB値、重みは物体色らしさの尤度関数となる。

#### 4. 人物追跡手法

本研究では上半身と下半身それぞれの色を追跡する。そのため、パーティクルは同じx座標を持つ上下2つのパーティクルをセットとし、上下のパーティクルの尤度を統合する。

尤度関数は以下のように定義される。まず、初期シーンにおいて物体領域を指定して、その領域から求めたRGB値を物体色 $(R_0, G_0, B_0)$ とする。このとき、シーン全体から各統計値のRGB値 $(R_a, G_a, B_a)$ も求める。各統計値について、

$$R'_0 = R_0 - R_a, G'_0 = G_0 - G_a, B'_0 = B_0 - B_a \quad (2)$$

として、物体色をシーン全体の各統計値に対する相対的な値 $(R'_0, G'_0, B'_0)$ として登録する。物体追跡においては、 $k$ 番目のフレームのあるパーティクル $p$ の座標のRGB値を $(R_{pk}, G_{pk}, B_{pk})$ とした場合、パーティクルの座標の色とシーン全体の各統計的特徴から得られた値の差をRGB色空間でのユークリッド距離 $d'$ として求める。

$$d' = \sqrt{(R'_{pk} - R'_0)^2 + (G'_{pk} - G'_0)^2 + (B'_{pk} - B'_0)^2} \quad (3)$$

そして、分散を $\sigma$ とした正規分布を尤度関数 $L(d')$ として定義する。 $\sigma$ は試行錯誤的に設定する。

$$L(d') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{d'^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

各統計的特徴の統合においては、各パーティクルについて各統計値の尤度を求め、最も高い値をそのパーティクルの尤度とする。

加えて、人物の動きの情報を考慮する。動きの抽出として映像に対しフレーム間差分を行い、パーティクルの位置における差分が一定値以上の

場合、尤度に重み $w$ を加える。

そして、上下2つのパーティクルのセットについて尤度を以下の式で結合する。

$$L(d') = L_u(d') \times a + L_d(d') \times (1-a) \quad (5)$$

ただし、 $L_u(d')$ は上半身の尤度、 $L_d(d')$ は下半身の尤度を示す。 $a$ は上下のパーティクルの重みを調整する係数である。

#### 5. 実験

平均値、最大値、GrayEdgeを同時に用い、照明条件を変化させた場合の人物追跡実験を行った。また、背景の異なる複数のカメラ間での人物追跡を考慮し、追跡対象色情報の登録時と異なる背景での追跡実験を行った。

##### (1) 実験条件

室内で2名の人物が移動する映像を、照明条件を変化させながら撮影し実験に用いた。実験映像の照明条件は、登録時の条件として室内蛍光灯(条件1)、次に室内蛍光灯と白熱電灯の同時点灯(条件2)、最後に白熱電灯(条件3)の順番に変化させた。この映像を映像1とする。それぞれの条件の例を図1に示す。また、シーンの背景の色分布が大きく異なる場合として、別視点で映像1と同様に照明条件を変化させて映像を撮影した。これを映像2とする。

実験の手順は、まず、映像の先頭フレーム(室内蛍光灯下で撮影した画像)から、対象となる人物が身に付けた衣類の色を登録する。具体的には、対象の人物の上半身と下半身の部分を指定し、指定箇所周辺のヒストグラムを作成して最頻出値を取得する。また、シーン全体から各統計値を求める。取得した衣類の色のRGB値とシーンから得た統計値の差を求めて登録する。ハイライトはRGB値のいずれかが223以上の部分とした。

そして、映像の先頭フレームの次のフレームから人物追跡を行い、各フレームにおける追跡成功率を目視で調べた。この人物追跡においては、パーティクル数は上下それぞれ300とした。また、 $a$ は0.6とした。尤度関数内の $\sigma$ は45とし、フレーム間差分の重み $w$ は0.004に設定した。

成功かどうかの判断は、パーティクルが80%以上含まれている範囲を画像上に示し、それが適切に対象人物を含んでいる場合とした。ただし、映像のはじめの数フレームでは画像全体にパーティクルをばらまいている状態なので、人物に収束してからの成功率を調査した。また、対象人物が

完全に隠ぺいされているフレームは、成功率の調査から除外している。

## (2)実験結果

図2に追跡の様子を示す。パーティクルが80%以上含まれている範囲を黒枠で表示している。また、図中にパーティクルを色のついた点で示している。赤系統の色は平均値、緑系統の色は最大値、青系統の色はGrayEdgeのパーティクルを示している。図2のシーンでは上半身は平均値のパーティクルが多いが、下半身はGrayEdgeのパーティクルの数が多いことがわかる。

映像1の追跡成功率調査結果を表1に示す。また、映像1の各統計値が用いられているパーティクル数を割合で示したものを表2に示す。平均値のみを用いていた従来手法の追跡成功率は平均で93.0%であったが、提案手法では95.4%と2%近く向上していることがわかる。向上した理由としては、表2からわかるように、下半身について平均値より他の統計値の尤度が高い場合があったからだと思われる。

また、背景が異なる場合について撮影した映像2で、映像1で登録した色情報を追跡できるかを同様に調査した。図3に追跡の様子を示す。図3のシーンでは上半身と下半身ともに平均値のパーティクルが多いことがわかる。

映像2の追跡成功率調査結果を表3に示す。また、映像2の各統計値が用いられているパーティクル数を割合で示したものを表4に示す。従来手法の追跡成功率は平均で96.9%であったが、提案手法では97.4%と約0.5%しか向上しなかった。これは、表4の平均値のパーティクル数の割合を見てみると常に平均値のパーティクルが約半分以上を占めているので、従来手法との差があまりなかったのではないかと考えられる。

映像1、映像2ともに複数の統計的特徴を用いることで本手法の有効性を確認できた。また、シーン内の背景の色分布が大きく異なる場合でも正確に追跡でき、本手法の有効性が確認できた。

## 6. まとめ

本研究では映像中の人物追跡において、複数の統計的特徴を用いた補正について検証を行った。各統計値を同時に算出し比較を行い、最も高い尤度を使う手法を提案した。実験結果から複数の統計的特徴を用いることによって追跡精度の向上がみられた。



(a) 条件1：室内蛍光灯



(b) 条件2：室内蛍光灯と白熱電灯



(c) 条件3：白熱電灯

図1 実験映像における照明条件



図2 映像1の追跡の例

表1 映像1の照明光変動下での追跡精度(%)

	条件1	条件2	条件3	平均
提案手法	98.2	97.1	91.0	95.4
従来手法	95.1	95.9	88.0	93.0



表 2 映像 1 の統計的特徴ごとのパーティクルの割合(%)

	統計的特徴	条件 1	条件 2	条件 3
上半身	平均	69.3	58.8	24.9
	最大値	27.8	38.0	65.6
	GrayEdge	2.9	3.2	9.5
下半身	平均	48.6	32.5	2.9
	最大値	31.4	38.1	51.6
	GrayEdge	20.0	29.4	45.5



図 3 映像 2 の追跡例

表 3 映像 2 の照明光変動下での追跡精度(%)

	条件 1	条件 2	条件 3	平均
提案手法	99.1	97.1	96.0	97.4
従来手法	98.8	96.7	95.4	96.9

表 4 映像 2 の統計的特徴ごとのパーティクルの割合(%)

	統計的特徴	条件 1	条件 2	条件 3
上半身	平均	63.7	74.4	76.4
	最大値	30.2	23.1	22.9
	GrayEdge	6.2	2.5	0.7
下半身	平均	49.7	57.9	61.7
	最大値	25.0	34.7	37.7
	GrayEdge	25.3	7.5	0.6

## 参考文献

- 1) 松元 隆明, 土居 元紀: 灰色仮説を応用した色情報による人物追跡, 平成 26 年度日本色彩学会関西支部大会, (2015) 9-10
- 2) 辻本 晃大, 土居 元紀: シーンの色分布を手掛かりとして照明変動を補正した色情報による人物追跡, 平成 29 年度日本色彩学会研究会大会, (2017) 47-49
- 3) 土居 元紀: “照明変動を考慮した色情報による人物追跡の検討 (第 2 報)”, 統計数理研究所共同研究レポート 393, 逐次モンテカルロ法の多分野への水平展開と総合による知見の集約(2) H28-共研-2020, (2017) 54-59
- 4) A. Gijzenij, T. Gevers and J. van de Weijer: Computational Color Constancy: Survey and Experiments, IEEE Transactions on image processing, 20(9), (2011) 2475-2489
- 5) J. van de Weijer, T. Gevers, and A. Gijzenij: Edge-based color constancy, IEEE Transactions on image processing, 16(9), (2007) 2207-2214

# 自然昼光下と人工光源下における実物体の色の見え

## Color appearance of objects under natural daylight and artificial light sources

園田 倭太  
溝上 陽子

Kouta Sonoda  
Yoko Mizokami

千葉大学工学部  
千葉大学大学院工学  
研究院

Faculty of Engineering, Chiba University  
Graduate School of Engineering, Chiba  
University

**Keywords:** 昼光, 人工光源.

は台紙と同じ N6 相当の灰色とした。

### 1. 背景

人工照明下と自然光下で、立体的な物の色の見えが異なって見えることがある。これは、主として照明の演色性の課題と言える。演色性を評価する研究は多く行われているが<sup>1)</sup>、自然光を使ったものは少なく、実際の自然光下での見えについての検証は十分ではない。また、評価実験には色票を用いることが多く、実物体を用いた研究は少ない<sup>2,3)</sup>。実物体は、立体的で不均一な色であることが多く、人工照明と自然昼光の分光分布や配光などの違いがそれらの見えに与える影響は、色票の場合と異なる可能性がある。

### 2. 目的

分光分布、照度、相関色温度の違いが人工照明下と自然昼光下での実物体の色の見えにどのような影響を与えるかを解明する。

### 3. 実験

#### (1) 実験環境

実験環境の略図を図 1 に示す。参照光源とテスト光源の観察ブースを並べて設置し、それぞれ参照用の JIS 標準色票と実験刺激を置いた。テスト光源として自然光を利用する場合は、ブースの天井窓から自然光を入れた。それ以外の光源の場合は、暗幕で覆い窓から光が入らないようにした。ブースの内壁は N1 相当のマットな紙で覆った。色票を覆うマスク



図 1 実験環境

#### (2) 光源

参照光源には D65 近似蛍光灯を使用した。実験 A では、テスト光源は、D65 近似蛍光灯、昼光色 LED、自然昼光源を使用し、テスト光源と参照光源の評価面照度は 500 lx (誤差±30%)とした。自然光の色温度は 6000 K から 8000 K の間で変動していた。実験 B では、テスト光源を自然光のみとし、テスト光源の照度を調整せずに実験を行った。自然光の照度は 100 lx から 1300 lx、色温度は 6000 K から 23000 K の間で変動していた。

#### (3) 実験刺激

実験刺激として、緑色のきゅうり、黄色のバナナの食品サンプル、赤色のバラ、青色のてっせんの造花、赤色と青色の積み木、加えて、各実験刺激に似た色の色票 5 種を用いた。これらは自然物の実験で使用したサンプルを測色して得られた xy 色度値とできる限り近い色度値を持つ色票を選んだものである。

#### (4) 実験手順

まず、光源を安定させるために光源点灯を 5 分間行い、テスト光源ブースに実験刺激、参照光源ブースに JIS 標準色票を呈示した。被験者は両眼で実験刺激を観察して、両ブースを行き来しながら、標準色票の中から刺激と同じ色に見える色票(対応色)を選択し応答した。造花は花びら、その他の実験刺激は全体を観察部位とした。色票を選択する際は穴 (1.5 × 2 cm) の開いたマスクを標準色票の上にかぶせて、マスク越しに色を応答した。この応答をサンプル 11 種類に対してランダムな順番で行った。実験 A では、その後光源を交換して、再び光源点灯 5 分間に移った。ここまでの流れを 1 セッションとし、光源 3 種類に対して、計 3 セッションずつ行った。実験 B では、テ

スト光源を自然光のみとし、日を分けて7セッション行った。

被験者は色覚正常者4名とした。

#### 4. 実験結果

実験 A から得られた被験者全員の対応色の平均を CIELAB 値に変換した。立体物の結果を図2, 色票の結果を図3に示す。この実験では昼光色照明下, 昼光色 LED 照明下と自然昼光下では大きな差はみられなかった。

実験Bから得られた赤い花の各日にちの被験者全員の対応色の平均を CIELAB 値に変換し, 図4に示す。この実験では, 日によって応答にばらつきがみられた。

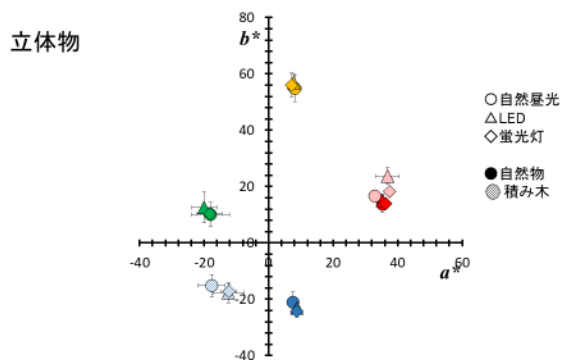


図2 各実験刺激の対応色 (立体物)

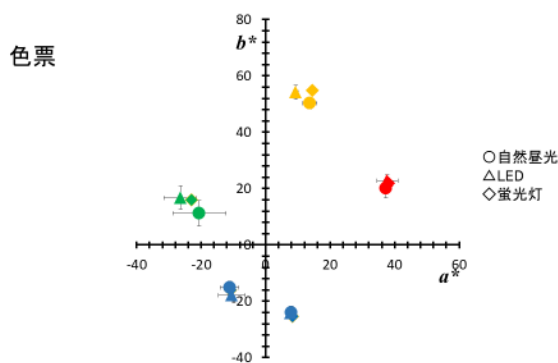


図3 各実験刺激の対応色 (色票)

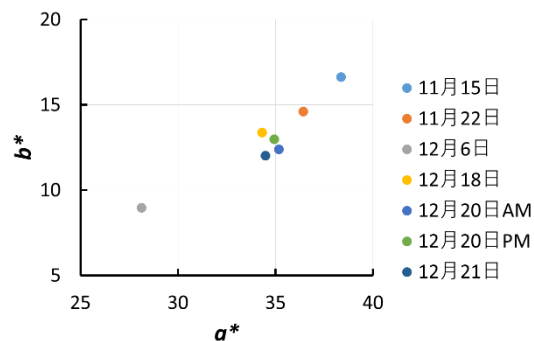


図4 各日にちの赤い花の対応色

#### 5. 考察

実験 A では, 自然昼光と人工光源下での色の見えに大きな違いは見られなかった。図5に対応色応答の色差と測色値の色度差の相関のグラフを示す。光源間での対応色応答の違いと測色値の色度差の相関は高くない。したがって, 色の見えは色度差のみでは説明できないことがわかる。また, 照度と色温度が大きく変動する自然昼光の条件で行った実験 B では, 色の見えにばらつきがみられた。図6, 7に照度, 相関色温度と赤い花に対する応答の  $C^*$ との関係をそれぞれ示す。自然昼光の照度が高くなると, 対応色の鮮やかさが増加し, 相関色温度が高くなると, 緑と赤の対応色の鮮やかさが減少する傾向が得られた。照度に関しては, 照度が高くなると鮮やかに見える, ハント効果の影響が出ている可能性があると考えられる。図8に7000 K時と23000 K時の測色値の xy 色度座標を示す。7000 K時より23000 K時のほうが全体的に青方向にシフトしていることがわかる。

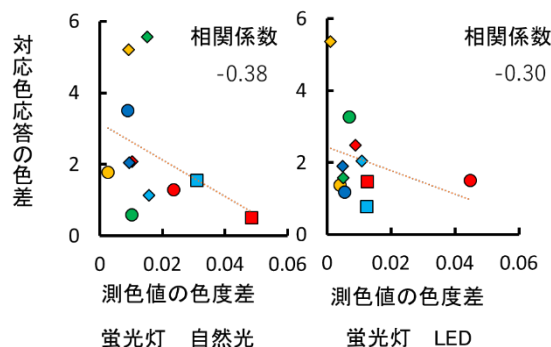


図5 蛍光灯に対する自然光またはLED照明下での対応色の色差と測色値の色度差

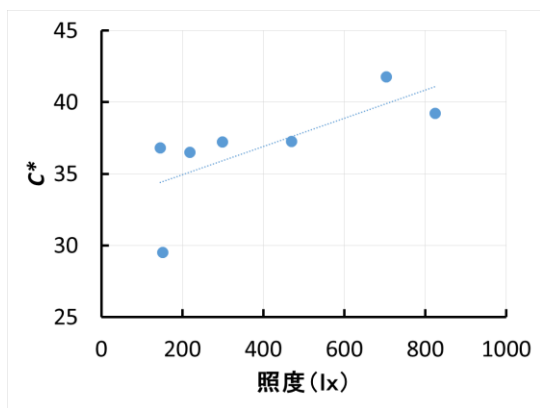


図6 照明の照度と赤い花の対応色  $C^*$  の関係

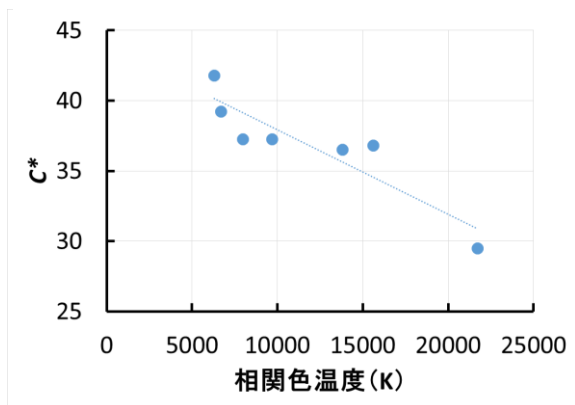


図7 照明の相関色温度と赤い花の対応色  $C^*$  の関係

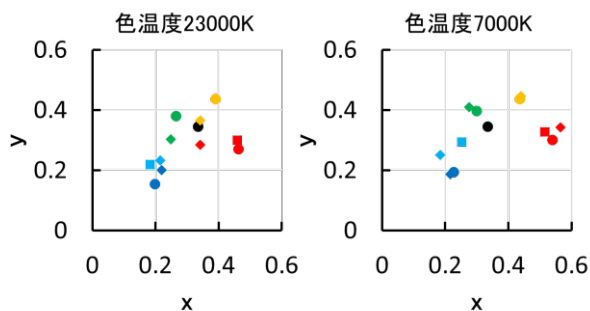


図8 相関色温度の違いによる実験刺激の xy 色度座標の変化

6. まとめ

照度と相関色温度を揃えた条件では、自然昼光と人工光源下での色の見えに大きな違いは見られなかった。自然昼光の照度と色温度が大きく変動する条件では、色の見えは昼光の変動に影響を受け、照度が高くなると、対応色の鮮やかさが増加し、相関色温度が高くなると、緑と赤の対応色の鮮やかさが減少する傾向が見られた。

参考文献

1) M. S. Rea, J. P. Freyssinier-Nova, “Color Rendering: A Tale of Two Metrics” , Color Research & Application 33-3, 192-202 (2008)  
 2) P. Bodrogi, S. Brückner, T. Q. Khanh, H. Winkler, “Visual Assessment of Light Source Color Quality” , Color Research & Application 38-1, 4-13 (2013)  
 3) S. J. Boissard, M. Fontoynt, J. B. Gonnet, “Perceived lighting quality of LED sources for the presentation of fruit and vegetables”, Journal of Modern Optics 56-4, 1420-1432 (2009)

# S 錐体刺激値を手がかりとした視覚探索能への色カテゴリーの影響

## Influence of color categories on visual search performances cued by S-cone stimulus value

菱川 優介 Yusuke Hishikawa 九州大学大学院芸術工学府 Graduate 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  
 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:** 2色覚, 視覚探索, 色カテゴリー

### 1. はじめに

人間の色覚は多くの場合、L錐体、M錐体、S錐体の3種類の錐体細胞を網膜に有する3色覚である。しかし、色覚には多様性があり、3種類のうちひとつの錐体を持たない2色覚や、感度のピークがずれている異常3色覚も存在する。さらに2色覚や異常3色覚は、L、M、S錐体のうちのどの錐体が欠損、または錐体のピーク感度がずれているかによって1型、2型、3型に分類される。2色覚や異常3色覚は、混同色と呼ばれる、見分けることが困難な色の組み合わせを複数持つことから、3色覚と比べて不利な色覚だと考えられてしまうかもしれない。しかし、いくつかの研究で、2色覚や異常3色覚が3色覚よりも得意とする課題があることが示されている。

Morganらは、赤と緑がランダムに色付けされた長方形群から、長方形の方位が異なる領域を見つけ出すという課題において、2色覚よりも3色覚の方が得意であることを報告した<sup>1)</sup>。この実験では、ランダムに色づけされた赤緑が3色覚には探索を妨害するノイズとなるのに対し、2色覚には混同色となり探索に影響しないため、2色覚に非常に有利な条件だったと言える。そこで、須長らは、3色覚と強度異常3色覚共に知覚可能なS錐体刺激値の差分のみを手がかりとした視覚探索課題において、3色覚と強度異常3色覚の探索時間を比較した<sup>2)</sup>。その結果、刺激が全体的に青緑みを帯びる、もしくはピンクみを帯びると強度異常3色覚は3色覚より短い時間で目標刺激を検出できることが示された。色を手がかりとした視覚探索課題において、探索時間に色カテゴリーが影響することがYokoiとUchikawaより報告されている<sup>3)</sup>。そこで、本研究では、須長らが報告した色覚特性ごとの視覚探索能に対する色カテゴリーの影響を検討することを目的とした。

### 2. 方法

#### 2.1. 被験者

被験者は、3色覚1名、2型2色覚1名であった。

#### 2.2. 実験装置

実験装置には、CRT カラーディスプレイ(SONY HMD-H200)を用いた。ディスプレイの解像度は1024×768 pixelであり、リフレッシュレートは75 Hzであった。ディスプレイは暗室内、被験者から53 cmの距離に置かれた。また、被験者の前には、回答用のキーボードが置かれていた。

#### 2.3. 刺激

色刺激として、13個の円盤が一様な灰色背景(D65色度, 15 cd/m<sup>2</sup>)上に呈示された。円盤の直径は1°であり、固視点を中心とした直径8°の円周上に等間隔に配置された(図1)。刺激にはテスト刺激、ダミー刺激、コントロール刺激の3条件があった。テスト刺激は、S錐体刺激値のみが異なる2色が6個ずつに、その2色のS錐体刺激値の中間の色が1個に割り当てられ、計3色で構成された。また、ダミー刺激として、この3色間のS錐体刺激値差を大きくした刺激、S錐体刺激値のみが異なる2色をそれぞれ6個と7個に割り当てた刺激も用意した。さらに、13個の円盤が全て同じ色であるコントロール刺激も用意した。

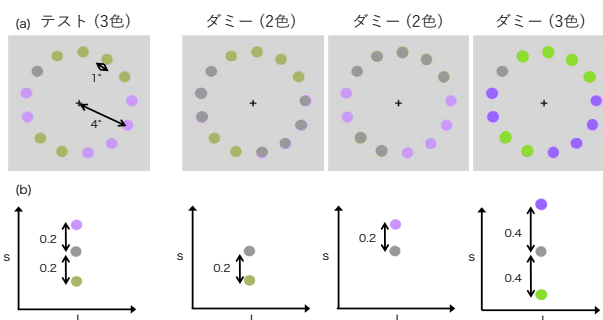


図1 (a) 実験に用いた視覚探索刺激  
(b) 目標刺激と妨害刺激の色度の関係



円盤の色度は Stockman と Sharpe の 10°視野の錐体色空間内の等輝度平面にて定義した 4). 輝度 Y は,

$$Y = 0.692L + 0.349M \quad (1)$$

であり, 色度(l, s)を

$$l = \frac{0.692L}{Y} \quad (2)$$

$$s = \frac{S}{Y} \quad (3)$$

で記述した. 背景の D65 色度は, (l, s)=(0.69, 0.5)であった. 刺激の色度は, l 座標が 0.66 から 0.72 まで 0.01 間隔の 7 段階, s 座標が 0.1 から 0.9 まで 0.2 間隔の 5 段階の計 35 点とした(図 2). テスト刺激の場合, 1 個のみに割り当てられた色の s 座標は 0.3, 0.5, 0.7 の 3 条件であり, 他 2 色はその s 座標に対してそれぞれ-0.2 と+0.2 であった. ダミー刺激は, s 座標が 0.2 異なる 2 色, もしくは s 座標が 0.1(6 個に割り当て), 0.5(1 個に割り当て), 0.9(6 個に割り当て)の 3 色であった. コントロール刺激は, 35 点の色度のうちいずれか 1 色であった.

### 2.4. 手続き

被験者は 2 分間の暗順応の後, キーボードのエンターキーを押すことで, ディスプレイに刺激が呈示され, 実験を開始した. 刺激の呈示時間は, テスト刺激では 27, 53, 107, 200, 400, 800, 1600, 3200 ms の 8 条件, ダミー刺激では 13, 27, 53, 107, 200, 400, 800, 1600 ms の 8 条件, コントロール刺激では 27, 107, 400, 1600 ms の 4 条件であった. 刺激呈示後, 残像を抑えるため, ランダムドットのマスク刺激が 400 ms 呈示された. その後, 画面は一様な灰色背景と固視点のみになった. 被験者の課題は, 知覚した色数をキーボードのテンキーにより応答し, その色名を口頭で答えることであった. 色名は, 赤, 橙,

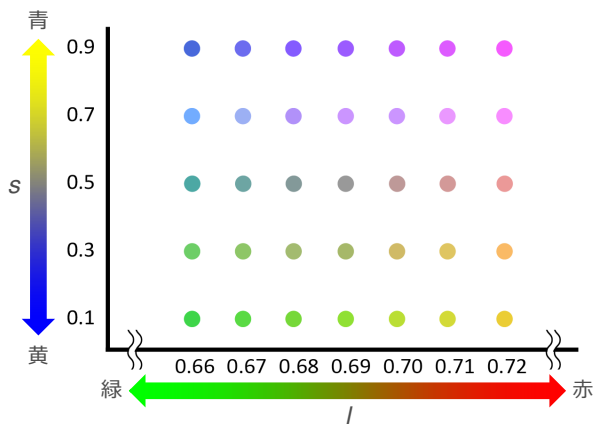


図 2 刺激の色度 (横軸 l は赤緑反対色, 縦軸 s は青黄反対色に対応す

黄, 黄緑, 緑, 青緑, 青, 青紫, 紫, 赤紫, 水色, ピンク, 茶色, 灰色の中から被験者が最もふさわしいと思うものが選ばれた. また, わからないという回答も可とした. 例えば, 3 色を知覚した場合, 緑, 紫, あと 1 色何色かわからないといった回答が可能であった. さらに, 同じ色名が複数色知覚された場合, その色名の色数, 例えば, 赤 2 色という回答も可能であった. 回答後, エンターキーを押すと次の刺激が呈示された. テスト刺激は, 色度の組み合わせ 21 条件×呈示時間 8 条件×各条件繰り返し 20 回の計 3360 試行であった. ダミー刺激をテスト刺激と同じ試行数織り交ぜ, 被験者一人あたり 112 試行×60 セッションとした. 加えて, コントロール刺激を, 色条件 35 条件×呈示時間 4 条件の計 140 試行を 1 セッションとし, 被験者一人あたり 20 セッション行った.

### 3. 結果および考察

図 3 に, 3 色覚 YS と 2 型 2 色覚 KY のコントロール刺激に対する色名応答の結果を示す. 各円グラフは対応する色度に対して応答された色名の割合を示している. 2 型 2 色覚は, 1 軸方向の色をほぼ混同していることがわかる.

図 4 に, 3 色覚 YS と 2 型 2 色覚 KY のテスト刺激に対する色名応答率を示す. 横軸は応答した色名, 縦軸はその応答率を表す. 横軸の色名は, 左から応答率の高い順に並んでいる. グラフは上から順に, 1 個に割り当てられた色度(l, s)が(0.66, 0.5), (0.69,

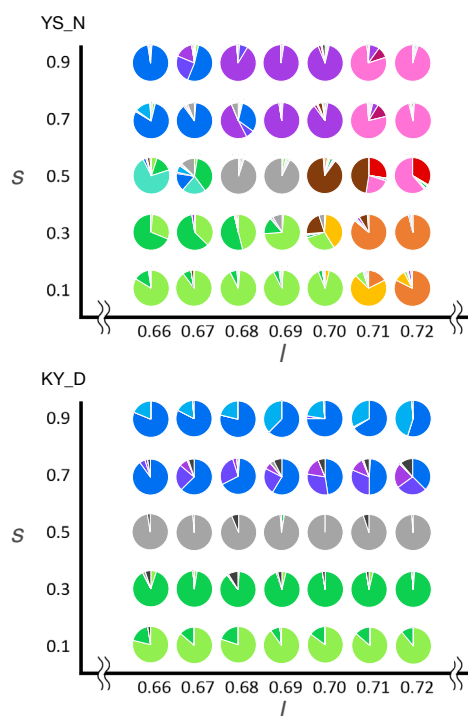


図 3 各色度のコントロール刺激に対する色名応答

0.5), (0.72, 0.5)のときである。つまり、残りの6個ずつに割り当てられた2色の色度は順に、(0.66, 0.5 ± 0.2), (0.69, 0.5 ± 0.2), (0.72, 0.5 ± 0.2)となる。以降、便宜上、テスト刺激の色条件を1個のみに割り当てられた色度( $l, s$ )で表すこととする。(0.69, 0.5)のとき、YSはおよそ0.7の割合で3色を知覚し、その色名は黄緑, 紫, 灰色であった。一方、知覚した色数が2色のときは、黄緑, 紫の色名を応答した。つまり、知覚する色数が2色から3色に増えるとき、増える色は灰色である。図3のYSのコントロール結果から、この灰色は、1個のみに割り当てられた色度(0.69, 0.5)の色を指していることがわかる。また、(0.66, 0.5)のとき、3色を知覚した割合はおよそ0.1となり、その色名は黄緑(緑), 青緑, 青であった。知覚した色数が2色のとき、色名は緑(黄緑), 青であることから、2色から3色に増加するときの色は青緑であると言える。図3より、この青緑は1個のみに割り当てられた色度であることがわかる。同様に、(0.72, 0.5)の場合も、ピンクが知覚されるようになり、知覚した色数が2色から3色に増加したことがわかる。

2型2色覚KYは、どの1座標においても、3色を知覚した割合がほぼ0.8に達した。また、1座標に関わらず、2色の色名は緑, 青であり、3色の色名は緑, 青, 灰色であった。図3のKYのコントロール結果より、3色目の灰色は、1個に割り当てられた色であることがわかる。以上のことから、知覚する色数が2色から3色に増加するとき、その色は1個のみに割り当てられた色度である可能性が高い。

図5に、 $s=0.5$ のときの3色覚YSと2型2色覚

KYの呈示時間に対する応答色数の変化を示す。横軸は呈示時間、縦軸は応答した色数である。シンボルは1座標を表す。また、データ点に対する累積正規分布のフィッティング結果も示す。刺激の呈示時間が長くなると、色数は2色から3色へと増加した。この傾向は、 $s=0.3, 0.7$ のときも同様であった。このことから、呈示時間が短いときは2色、呈示時間が長くなると3色を知覚するようになることがわかる。また、3色覚YSは1座標の変化により色数応答が影響されたのに対し、2型2色覚KYは1座標に依らずほぼ一定の色数応答を示した。

各条件の結果に対しフィッティングした累積正規分布から、色数2.5に達する呈示時間を、3色知覚するための呈示時間閾値として算出した。図6に、各色覚特性の呈示時間閾値を示す。上のグラフから $s=0.3, 0.5, 0.7$ の結果であり、これらの横軸は1座標、縦軸は呈示時間閾値である。シンボルは色覚特性を示す。また、1個のみに割り当てられた色を目標刺激とした視覚探索における3色覚4名の平均と2型2色覚2名の平均の目標刺激検出の呈示時間閾値を薄いシンボルで示している。誤差棒は標準偏差である。 $s=0.5$ のとき、3色覚YSの呈示時間閾値は、 $l=0.69$ が最も短く、0.69から変化すると長くなった。一方、2型2色覚KYの呈示時間閾値は1座標に依存せず、3色覚の $l=0.69$ の場合とほとんど同程度となった。3色知覚の呈示時間閾値と目標刺激検出の呈示時間閾値は、概ね一致した。すなわち、妨害色2色の中からS錐体刺激値のみを手がかりに目標刺激を探し出す視覚探索課題において、当然のことながら、検出には3色あることを知覚する必要がある。

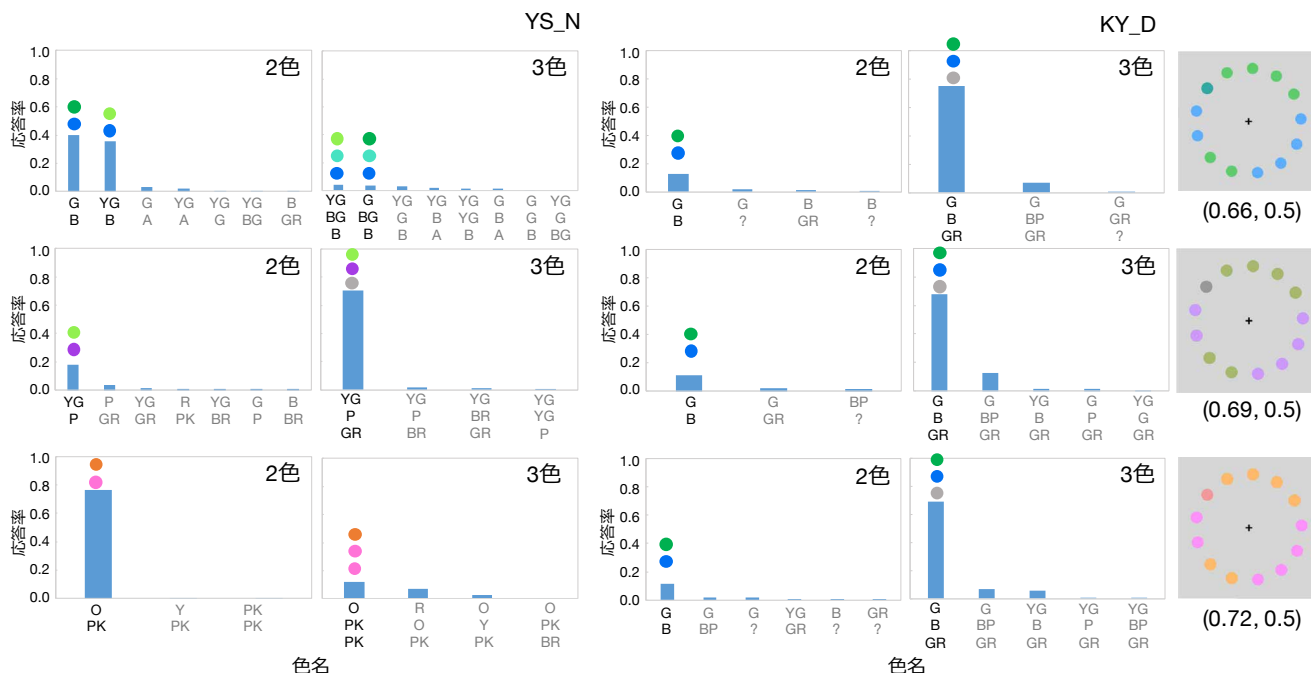


図4 色覚特性ごとの色名応答率

テスト刺激(0.69, 0.5)の場合, 3色覚は2色の有彩色(黄緑, 紫)から非常に簡単に無彩色(灰色)を見つけ, 3色を知覚したと考えられる. しかし,  $l=0.66$ になると, 3色覚は3色を知覚するために緑と青の中から青緑を見つける必要がある. このとき, 青緑が緑もしくは青のどちらかに分類されてしまうため, 3色を知覚するのが難しくなることが考えられる. また,  $l=0.72$ のとき, 3色覚はピンクを2色に分類するのに時間がかかったと考えられる. つまり, 3色覚は, 3色が異なる色カテゴリに属するときは容易に知覚できるが, 同一もしくは類似した色カテゴリに分類される場合, 3色を知覚するのに時間がかかってしまう可能性が示される. 一方, 2色覚は1軸方向を混同するため,  $s=0.5$ の場合, 1座標に関わらず有彩色から無彩色を見つけることができたと考えられる. また,  $s=0.3, 0.7$ の色名応答の結果とコントロール結果から, 2型2色覚は,  $s=0.3$ のとき, 黄緑と灰色から緑,  $s=0.7$ のとき, 青と灰色から青紫を見つけていた. このことから, 2型2色覚は  $s$  座標によってカテゴリ分けし, 比較的容易に3色を知覚している可能性が示される.

4. おわりに

本研究では, S 錐体刺激値を手がかりとした視覚探索能に対する色カテゴリの影響を調べた. その結果, 3色覚は目標刺激と妨害刺激が同一の色カテゴリに属するとき探索が遅くなり, 2型2色覚は  $s$  差によりカテゴリ分けしている可能性が示された. 今後は, 被験者を増やし1型2色覚の結果を得る必要がある.

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費課題番号 17K18706 (挑戦的研究(萌芽)) の助成を受けて行われた.

参考文献

- 1) Morgan, Michael J.; Adam, A.; Mollon, John D. Dichromats Detect Colour-Camouflaged Objects that Are Not Detected by Trichromats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 1992, vol.248, pp.291-295
- 2) 須長正治, 桂重仁, 光安祥代 “S 錐体刺激値を手がかりとした3色覚と強度異常3色覚の視覚探索能の比較”, *日本色彩学会誌*, 2017, vol.41, pp.154-160
- 3) Yokoi, Kenji; Uchikawa, Keiji; Ikeda, Mitsuo. Influences Heterogeneous Visual Search for Color. *Journal of Optical Society of America A*. 2005, vol.22, pp.2309-2317.

4) Stockman, Andrew; Sharpe, Lindsay T. The Spectral Sensitivities of the Middle- and Long-Wavelength-Sensitive Cones Derived from Measurements in Observers of Known Genotype. *Vision Research*. 2000, vol.40, pp.1711-1737.

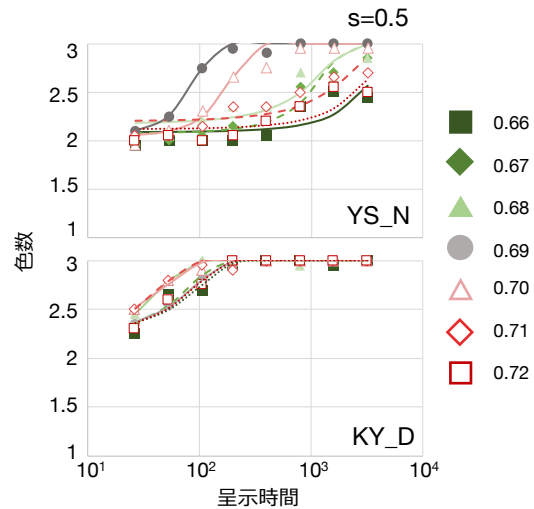


図5 呈示時間に対する応答色数

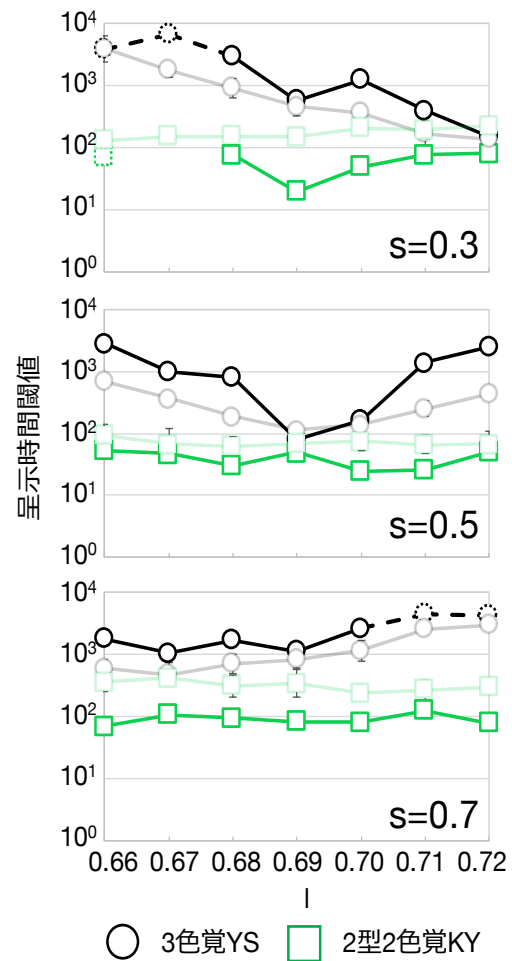


図6 呈示時間閾値の色覚特性間の比較



## 審美歯科修復における光学的シミュレーション解析

### -第4報 シミュレーション結果と実測との比較-

## In silico Optical Analysis of Dental Esthetic Restorations 4th Report :Comparison between simulation and actual measurement

天羽 康介	Kosuke Amo	大阪大学大学院 歯学研究科	Osaka University Graduate School of Dentistry
若林 一道	Kazumichi Wakabayashi	大阪大学大学院 歯学研究科	Osaka University Graduate School of Dentistry
酒井 英樹	Hideki Sakai	大阪市立大学大学院 生活科学研究科	Osaka City University Graduate School of Human Life Science
木林 博之	Hiroyuki Kibayashi	大阪大学大学院 歯学研究科	Osaka University Graduate School of Dentistry
中村 隆志	Takashi Nakamura	大阪大学大学院 歯学研究科	Osaka University Graduate School of Dentistry
矢谷 博文	Hirofumi Yatani	大阪大学大学院 歯学研究科	Osaka University Graduate School of Dentistry

#### Keywords: 歯科, 審美, optical analysis

#### 1. はじめに

歯は3つの硬組織である, エナメル質, 象牙質, セメント質と, それに囲まれた歯髄からできており, そのいずれもが光を透過する. 歯を透過する光は, 拡散・散乱・屈折などの現象を生じ, さらにその程度は照明の強度・湿度・歯の解剖学的形態や表面性状などによって影響を受ける<sup>1,2)</sup>.

う蝕などで歯の組織の大部分が失われた場合, 支台築造体と歯冠補綴装置を製作し, 治療を行うのが一般的であるが(図1), 支台築造体, 歯冠補綴装置ともに様々な歯科材料があり, 使用する材料によって審美性は大きく異なる.



図1 支台築造体(左)と歯冠補綴装置(右)

近年, 歯科治療において患者の口腔内の審美性に対する要求が高まっている. 天然歯に近い光学特性を有する歯冠補綴装置を製作するためには, 入射した光が歯および歯冠補綴装置の中でどのように振る舞うのかを分析することが重要である. しかし, 補綴装置の製作に際して今なお歯科医師や歯科技工士の経験によるところが大きい. そのためコンピュータシミュレーションを用い, 光の振る舞いを定量的に解析することが可能となれば, より審美性の高い歯冠補綴治療を行うための多くの知見を得ることができる.

これまで, 歯の色調に関して数多くの研究がなされてきたが, 天然歯や歯冠補綴材料の色調の観察など定性的な評価が多く<sup>3,4)</sup>, どのような機序で天然歯や歯冠補綴材料が透過性や色調を発現しているのかを定量的に解析した研究はなされていない.

我々は本研究に先立ち, 光線追跡シミュレーションに必要な各種歯科材料の光学特性(全透過率・全反射率・透過分布・反射分布)の測定を行った.

本研究では、シミュレーション方法の妥当性を検証するため、人工太陽証明灯を実際の支台築造体と歯冠補綴装置に照射し、輝度計で測定を行った。そして、これまでの研究で得られた光学特性と照明設計解析ソフトウェアにより、実測と同じ条件でシミュレーションを行い、結果を比較した。

## 2. 方法

### 2.1 実測

歯冠修復材料として二ケイ酸リチウムガラスセラミックス (Rosetta SM, HASS, 以下 Rosetta) を、支台築造材料としてコア用レジン (DC コアオートミックス ONE, クラレノリタケデンタル, 以下 DC) および金属 (チタン, 以下 Ti) を用い、Rosetta-DC, Rosetta-Ti の組み合わせにおいて LED 人工太陽照明灯 (SOLAX-iO, セリック) を照射した際の輝度を測定した。輝度計 (CS-160 クローズアップレンズ No135, KONICA MINOLTA) の測定径は直径 3 mm に設定し、歯冠部を図 2 のように 9 領域にわけて測定した。試料, 人工太陽照明灯および輝度計は図 3 のように配置した。

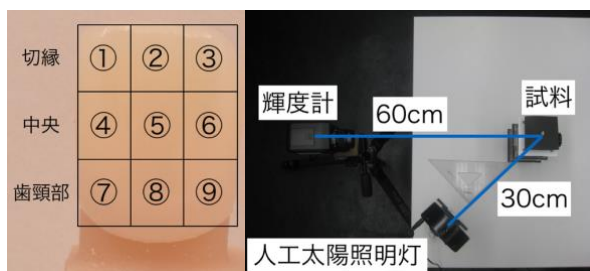


図 2 測定部位 図 3 試料, 人工太陽照明灯および輝度計の位置関係

### 2.2 光学シミュレーション

上顎右側中切歯支台歯模型およびワックス製上顎右側中切歯を歯科用 3D スキャナー (KaVo ARCTICA Scan, KaVo) で計測し, 3次元モデリングツール (Rhinoceros 5, Applicraft) を用いて CAD モデルを作成した。歯冠補綴材料の二ケイ酸リチウムガラスセラミックス (Rosetta), と支台築造材料のコア用レジン (DC) および金属 (チタン) の光学特性データを照明設計解析ソフトウェア (LightTools 8.5.0, CYBERNET) に入力した後, 図 3 と同様の状況を再現し, 輝度のシミュレーションを行った(図 4)。

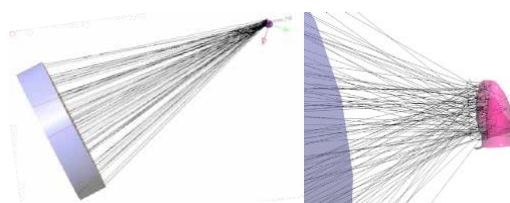
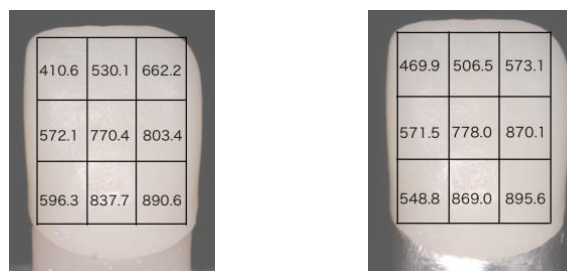


図 4 シミュレーション画面

## 3. 結果

### 実験 1

実測により得られた輝度値を示す (図 5)。



Rosetta-DC

Rosetta-Ti

図 5 Rosetta-Dc および Rosetta-Ti の輝度値

(単位 : cd/m<sup>2</sup>)

実測により得られた輝度値を下記の式から L\*に変換した結果を示す (図 6)。

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

Y : サンプル輝度値 Y<sub>n</sub> : 白色標準の輝度値/0.99



Rosetta-DC

Rosetta-Ti

図 6 Rosetta-Dc および Rosetta-Ti の L\*値

同一試料内でも部位により明度の差 (ΔL\*) が認められた。DC と Ti との比較では, 切縁-中央で Ti の方が大きい傾向を示した (②-⑤ : DC 10.71, Ti 12.28, ③-⑥ : DC 5.81, Ti 12.42)。

### 実験 2

実験 1 と同様に歯冠部を 9 領域にわけシミュレーションを行い, 輝度を測定した結果と実測値の比較(図 7)と, ①-⑨までの各部位における輝度値

(図8)を示す。

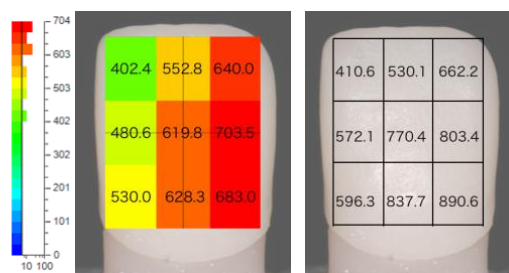


図7 Rosetta-DCのシミュレーション結果(左)と実測値(右)の比較

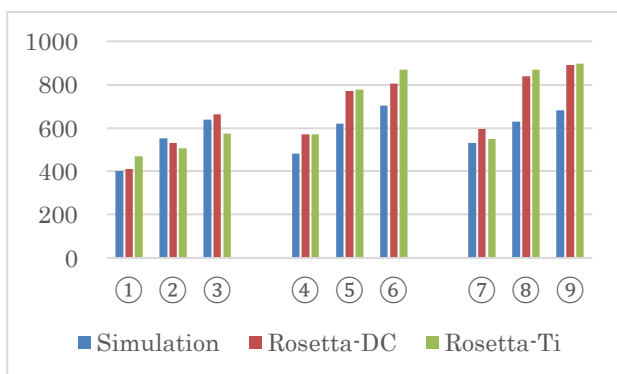


図8 ①-⑨領域の輝度値

シミュレーション結果では、中央部、歯頸部では輝度が高く、切縁部で低くなった。また、光源から遠い側である①④⑦は輝度が高い結果となった。実測値と比較すると、中央部、歯頸部でシミュレーション結果の方が低い値となったが、Rosetta-DC, Rosetta-Ti とシミュレーション結果で近似した傾向を示した。

#### 4. 考察

##### 実験1

$\Delta L^*$ は切縁-中央で大きくなる傾向にあったが、これは歯冠補綴装置、支台築造体の構造(図9)によるものと考えられる。切縁部は、透過性が高い材料で製作された歯冠補綴装置の厚みが厚く、一方で透過性の低い材料で製作された支台築造体の厚みは薄いため、照射された光が透過することによるものと考えられた。

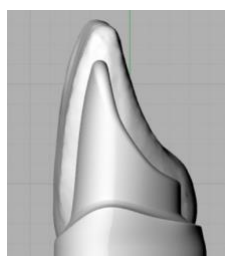


図9 歯冠補綴装置と支台築造体のイメージ図

DC と Ti を比較すると、部位により Ti が DC よりも  $\Delta L^*$ 値が大きい傾向にあった。これにより Ti の

方が DC よりも全体として暗く見えるものと考えられるが、その差はわずかであった。実際の治療では歯冠補綴装置と支台築造体の間には装着材料が介在するが、本実験では装着材料を使用していない。また、臨床では、咬合関係や歯の大きさにより歯冠補綴装置に十分な厚みを確保することができない場合、より支台築造体の色調の影響を受けるが、本実験では理想的に十分な材料の厚みを確保していることも差がわずかであった理由として考えられる。

##### 実験2

中央、歯頸部ではシミュレーションの結果は実測よりも低い値となったが、近似した傾向を示した。今後、使用した光学特性データと実測で使用した歯冠補綴装置の表面性状をより同一化することや、CAD モデルの条件を詳細にすることで、シミュレーション精度を向上させることが可能であると考えられる。

#### 5. 結論

本研究手法で用いた光線追跡シミュレーションは、審美歯冠補綴治療における光の現象を解析するために有用であるものと考えられた。

#### 参考文献

- 1) Corcodel, Helling S, Rammelsberg P, Hassel AJ. Metameric effect between natural teeth and the shade tabs of a shade guide. *Eur J Oral Sci.* 2010 Jun;118(3):311-6.
- 2) Volpato CA, Monteiro S Jr, de Andrada MC, Fredel MC, Petter CO. Optical influence of the type of illuminant, substrates and thickness of ceramic materials. *Dent Mater.* 2009 Jan; 25(1): 87-93.
- 3) Sedanur Turgut, Bora Bagis: Colour stability of laminate veneers: An in vitro study. *Journal of Dentistry* 2011 Dec; 39(3), 57-64.
- 4) Eva Niu, Marcus Agustin, R. Duane Douglas: Color match of machinable lithium disilicate ceramics: Effects of cement color and thickness. *J Prosthet Dent.* 2014 Jan; 111(1): 42-50.

# 光沢感と金属感に関する CG と効果音のクロスモーダル質感モデル Crossmodal Shitsukan Model between Computer Graphics and Sound Effects for Glossiness and Metallic Perception

中村 巧 Takumi Nakamura 千葉大学大学院 Chiba University  
平井 経太 Keita Hirai 千葉大学大学院 Chiba University  
堀内 隆彦 Takahiko Horiuchi 千葉大学大学院 Chiba University

**Keywords:** クロスモーダル質感, 視聴覚, 金属感, 光沢感, モデリング.

## 1. はじめに

CG 分野において, 視覚的に質感をリアルに再現する研究が盛んに行われている[1]. しかし, 人間は視覚情報だけでなく, 他の感覚情報を融合して, クロスモーダルに質感を認知している. 著者らの先行研究[2]において, 効果音と CG の相互作用を考慮した「透明感」に関するクロスモーダル質感モデルを構築した. 本稿では, 「光沢感」と「金属感」に関する効果音と CG の相互作用のモデル化を目的とする. はじめに, 効果音と CG に関するクロスモーダルな光沢感・金属感の評価実験を行い, CG の光沢感・金属感における効果音の影響を解析する. 解析結果に基づいて, クロスモーダルな光沢感・金属感モデルを構築する.

## 2. 評価実験

視覚刺激には, レンダラである PBRT により作成した CG 画像を用いた. CG 画像の作成に使用した反射モデルは Torrance-Sparrow モデルであり, 銀の反射特性に基づき, 鏡面反射の粗さを 0, 0.0001, 0.0002, 0.0004, ..., 0.0256, 0.0512 と変化させた CG 画像を 11 種類, 反射光における拡散反射成分に対する鏡面反射成分の比率(以後, 鏡面反射比率とする)を 0.1 から 1.0 まで変化させて作成した CG 画像を 11 種類用意した. 聴覚刺激は, WEB 上のフリー素材から, 金属音を 15 種類用意した. 視聴覚刺激は, 視覚刺激 22 種と聴覚刺激 15 種を組み合わせた 330 種類を準備した.

本研究では, 光沢感と金属感の評価は別々に実施した. ただし, 実験はどちらも同じ条件設定である. まず, 被験者が評価方法に慣れるように, 実験前にダミー評価プログラムを用いて訓練した. 次に, 視覚実験, 視聴覚実験, 聴覚実験の 3 つのセクションを順に実施した. 実験では, モニ

タおよびヘッドホンで刺激を提示し, マグニチュード推定法によって光沢感または金属感を評価した. 評価基準の刺激として, 粗さ=0.0032 で鏡面反射のみ(鏡面反射比率=1)の CG 画像を用いた. 評価基準刺激の例を, 図 1 に示す. この画像内に位置している球体を光沢感(または金属感)50 の基準をとした. 評価下限(全く各質感を感じないとき)を 0 とし, 上限は設定していない.

実験では, 鏡面反射比率=1 に固定し, 粗さのみを変化させた実験と, 粗さ=0.0032 に固定して鏡面反射比率を変化させた実験を別々に行った. 被験者は, 20 代 12 名であり, 全ての実験で統一した.



図 1: 基準画像

## 3. 実験結果

図 2~図 4 に, 粗さ変化刺激を用いた際の視覚実験, 聴覚実験, 視聴覚実験における光沢感評価をそれぞれ示す. 図中のエラーバーは, 被験者間の標準偏差である. また, 図 3 の横軸は, 音の特微量(本研究ではパワーが最大となる周波数をピーク周波数特微量とする)を示す. 図 2 に示されるように, 粗さの増加に伴い, 光沢感が小さくなるのが分かる. また, 図 3 に示されるように, 音のピーク周波数が 7800Hz 付近で, 音に対する光沢感が最も大きくなる. 図 4 に示されるように, 視聴覚実験の結果は, 視覚実験と聴覚実験の結果を組み合わせたような結果となり, さらに光沢感



知覚において、画像と音の間に相乗効果のあることが確認できた。これは、鏡面反射比率を変化させた実験においても同様であった。また、光沢感と金属感の実験結果の相関は、0.94 と高い値を得た。クロスモーダル質感認知において、光沢感と金属感は同様に質感を知覚すると考えられる。

#### 4. モデル式の作成と検証実験

実験結果から、画像と音を組み合わせることによって、光沢感の知覚が連続的に変化することが分かった。そこで、粗さ、鏡面反射比率、音のピーク周波数 実験結果を回帰することによって、クロスモーダル光沢感モデル $G_{av}$ を構築した。

$$G_{av} = a_{av}O(r) + b_{av}P(m) + c_{av}Q(f) + d_{av},$$

$$O(r) = a_r \log r + b_r,$$

$$P(m) = a_m m + b_m,$$

$$Q(f) = a_f f^2 + b_f f + c_f,$$

ここで、 $O(r)$ 、 $P(m)$ 、 $Q(f)$ はそれぞれ粗さ $r$ 、鏡面反射比率 $m$ 、音のピーク周波数 $f$ に関する光沢感モデルであり、これらの光沢感モデルの線形和によりクロスモーダル光沢感モデル $G_{av}$ を構築した。各式の $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ は係数を表している。

モデルの精度検証のため、粗さ、鏡面反射比率、音のピーク周波数をランダムに組み合わせて作成した 10 種類のテストサンプルを用いた評価実験を実施した。図 5 にモデル検証の結果を示す。水色のバーが検証実験で得られた評価値であり、黄色のバーが光沢感モデルから求めた予測値である。エラーバーは被験者間の標準偏差である。評価値とモデルから求めた予測値の相関は 0.96 だった。この結果は、提案モデルが相対的な光沢感推定に有効であることが示された。また、金属感においても、モデル構築および検証を行い、有効な結果を得た。

#### 5. まとめ

音と CG を用いたクロスモーダルな光沢感・金属感知覚の評価実験を実施した。実験結果に基づき、光沢感・金属感のモデル式を作成した。検証実験により、モデルが有効であることを確認した。

#### 参考文献

- [1] Thompson et al., “Visual Perception from a Computer Graphics Perspective”, CRC press, 2011.
- [2] 中村巧ら, “透明感に関する音と CG の相互作用のモデル化”, 映像情報メディア学会年次大会, 2017.

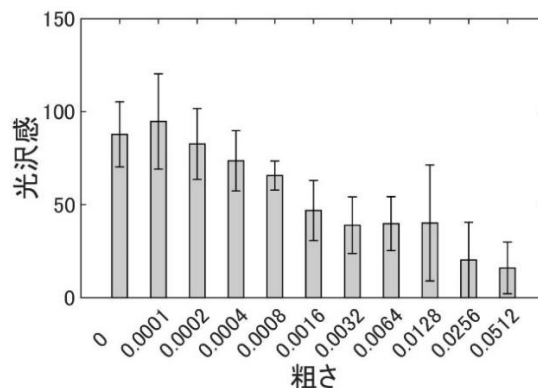


図 2 : 視覚実験の結果(粗さ変化刺激と光沢感)

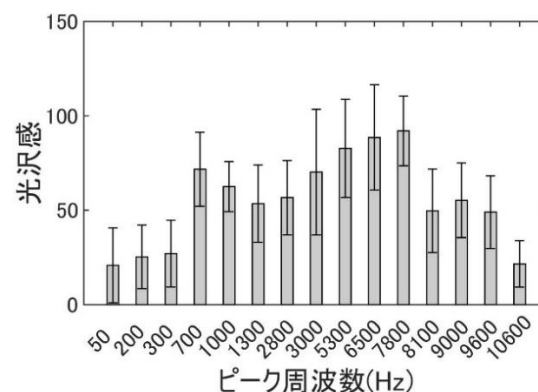


図 3 : 聴覚実験の結果(音特徴量と光沢感)

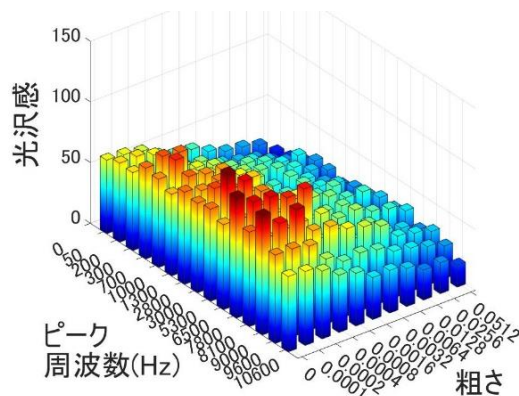


図 4 : 粗さと周波数に対する光沢感

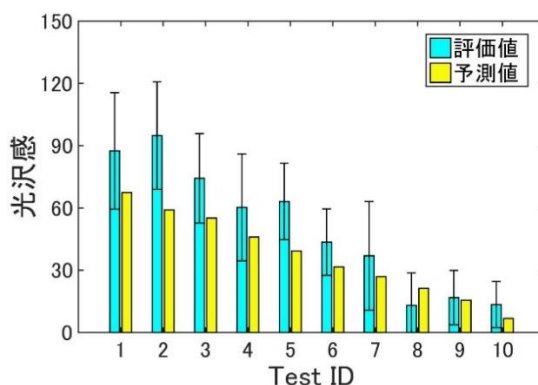


図 5 : 検証実験の結果

# 分光プロジェクションマッピングによる肌の見かけ操作

## Skin Appearance Control by Spectral Projection Mapping

白澤 裕喜 Hiroki Shirasawa 千葉大学大学院  
 平井 経太 Keita Hirai 千葉大学大学院  
 堀内 隆彦 Takahiko Horiuchi 千葉大学大学院

Chiba University  
 Chiba University  
 Chiba University

**Keywords:** 分光プロジェクタ, 分光再現, 化粧肌, ファンデーション, 分光計測

### 1. はじめに

プロジェクションマッピング(PM)は, 加工や塗装を施すことなく, 実物体の見えや質感を操作することを可能とする. PM による見えの操作は, エンターテインメントや商品開発シミュレーション等の幅広く専門分野で使用されている. 近年では, 人間の顔に動的に PM を施して, 任意の表情に操作する研究が報告されている[1]. しかし, 肌の見えは年齢, 人種, 化粧品等で変化し, 人間はその微妙な色変化を知覚することができると言われている. そのため, 複雑な反射・散乱を行う肌の再現は, 測色的な色再現に基づいた PM では限界がある. 本研究では, 化粧前の素肌に対して, 化粧品を塗布した化粧肌の見かけを分光 PM で操作する手法を提案し, 化粧品で操作した化粧肌と分光 PM で操作した化粧肌の比較実験によって, 有効性を検証することを目的とする.

### 2. 肌の見かけの操作手法

図1に, 提案方法の原理を示す. 環境照明の分光分布を $E(\lambda)$ , 肌の分光反射率を $S(\lambda)$ とすると, 肌の反射光は $E(\lambda) \cdot S(\lambda)$ として表現される. 化粧肌の分光反射率を $S'(\lambda)$ とすると, 反射光は $E(\lambda) \cdot S'(\lambda)$ となる. PM で肌の見かけを操作するための投影光源を $E'(\lambda)$ とすると, 反射光は $(E(\lambda) + E'(\lambda))S'(\lambda)$ となる. PM による化粧肌の見かけの再現は,

$$E(\lambda)S'(\lambda) = (E(\lambda) + E'(\lambda))S'(\lambda) \quad (1)$$

が成立すればよいので, 投影光源 $E'(\lambda)$ は

$$E'(\lambda) = \left( \frac{S'(\lambda)}{S(\lambda)} - 1 \right) E(\lambda) \quad (2)$$

によって導出される. ここで, 化粧前後の肌の反射率変化を $\varepsilon$ とし, 化粧肌の反射率を $S'(\lambda) = S(\lambda) + \varepsilon(\lambda)$ と仮定すると,

$$E'(\lambda) = \frac{\varepsilon(\lambda)}{S(\lambda)} E(\lambda) \quad (3)$$

となる. これにより, 投影光源 $E'(\lambda)$ は, 反射率変化 $\varepsilon(\lambda)$ , 投影対象の肌の反射率 $S(\lambda)$ , 環境照明 $E(\lambda)$ の3要素を与えることによって, 決定することができる.

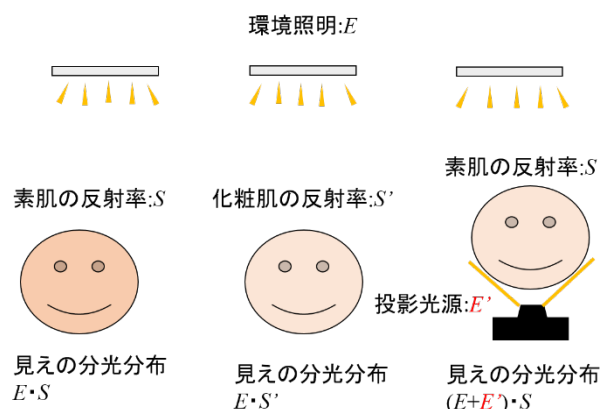


図1 提案方法の原理

### 3. 肌の見かけ操作する分光 PM システム

提案システムは, 以下の流れで構成される.

- ① 反射率変化 $\varepsilon(\lambda)$ および環境照明 $E(\lambda)$ を, 事前情報として与える.
- ② 投影対象の肌の反射率 $S(\lambda)$ を計測する.
- ③ ①, ②で取得した要素を用いて, 式(3)によって投影光源 $E'(\lambda)$ を生成する.
- ④ 肌へに投影する.

反射率変化 $\varepsilon(\lambda)$ は, 化粧前後の肌の反射率を分光濃度計で計測することによって求めておく. 環境照明は, 分光放射輝度計によって計測しておく. 肌の反射率 $S(\lambda)$ は, Hirai らの分光反射率推定システム[2]を用いて計測する. 反射率推定, 投影光源の生成, 肌への投影で使用する分光プロジェクタ

はプログラマブル光源装置と DLP 式プロジェクタから構成される。

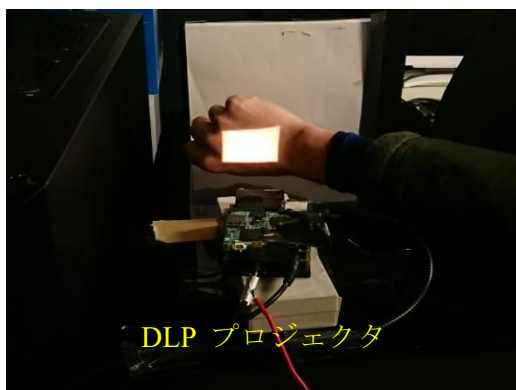


図2 実験環境

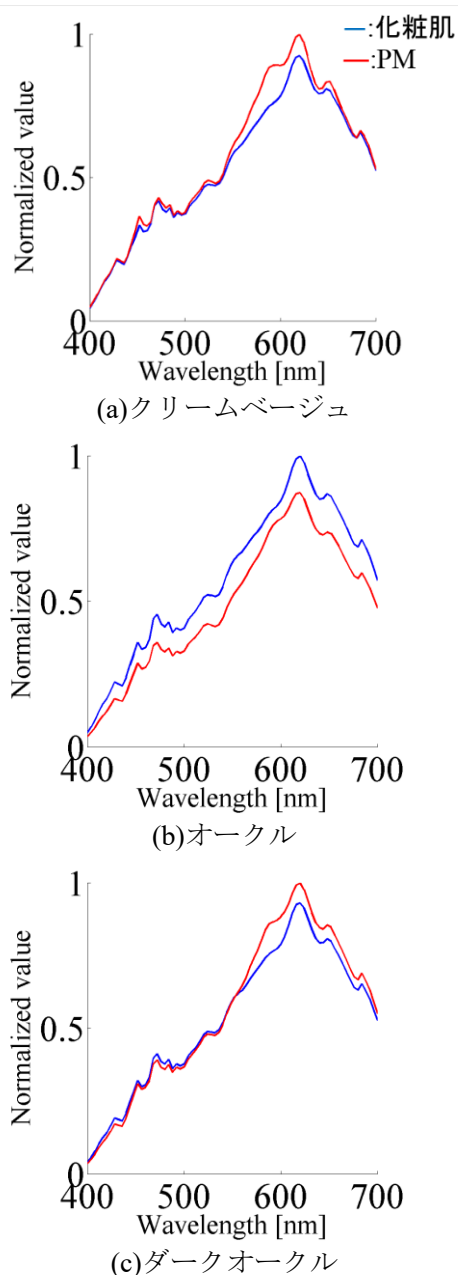


図3 実際の化粧肌と PM による再現の分光分布比較

表1 実際の化粧肌と PM による再現の RMSE と色差

	RMSE	色差
クリームベージュ	$4.42 \times 10^{-5}$	3.14
オークル	$1.05 \times 10^{-4}$	5.87
ダークオークル	$4.10 \times 10^{-5}$	5.21
平均	$6.35 \times 10^{-5}$	4.74

#### 4. 検証実験

分光 PM により、化粧肌の見えを再現する実験を行った。化粧肌の再現対象は、ファンデーション3種類(クリームベージュ、オークル、ダークオークル)を著者の右手甲に塗布した時の化粧肌の見えである。図2に、右手甲に生成した投影光源を照射したときの様子を示す。

キセノンランプ下における実際の化粧肌の見えと、提案手法によって生成した3種類の投影光源を使用して、右手甲に PM を施したときの見えの分光分布の比較を図3に示す。また、表1に実際の化粧肌と PM による再現の分光分布の RMSE と色差を示す。RMSE と色差の精度から、提案手法を使用して生成した投影光源によって、肌の色の見えを良好に再現できることが確認できた。一方、ファンデーションを塗布することによる肌のマット感、粗さなどの質感までは、提案手法で再現することは困難であった。

#### 5. まとめ

本研究では、肌の見かけを操作する分光 PM システムを構築した。提案手法の有用性を検証するために、ファンデーション3種類を塗布したときの化粧肌の見えを再現する投影光源を生成し、実際の化粧肌と PM で再現した肌の見え(分光分布)を比較した。その結果、化粧後の肌の色の見えを良好な精度で再現することができた。

今後は、化粧による肌の質感再現を含めた肌の見かけ操作を目指す。そのために、化粧肌の質感と素肌から化粧肌の反射率変化の関係性を解析し、関係性を考慮した PM での肌の見かけ操作手法を考えたい。

#### 参考文献

- [1] A.Bermano et al., "Makeup Lamps: Live Augmentation of Human Faces via Projection", Computer Graphics Forum, Vol.36, Issue 2, pp.311-323, 2017.
- [2] K.Hirai et al., "Measuring Spectral Reflectance and 3D Shape Using Multi-primary Image Projector", LNCS, Vol.9680, pp.137-147, 2016.

# 彩度・明度コントラスト変調による画像の自然さが 彩度順応に与える影響

## Effect of naturalness of images by saturation and lightness contrast modulation on colorfulness adaptation

益満大志 Taishi Masumitsu 千葉大学 Chiba University  
溝上陽子 Yoko Mizokami 千葉大学 Chiba University

**Keywords:** 彩度順応, 彩度, 明度コントラスト, 自然さ.

### 1. 背景

色の三属性のうち, 彩度の順応に関する研究は, 色相や明度に関するものよりも数が少ないが, 人間の見えの特性を理解する上では重要である.

Mizokami et al.<sup>1)</sup> は, 画像の彩度に対する順応効果を示した. さらに, 自然な空間特性を持つ自然画像の方が, 不自然な分割画像よりも彩度順応の効果が高いことを明らかにした. しかし, そこでは彩度方向のみを変化させた条件で検討を行っていた.

また, Nakano et al.<sup>2)</sup> は, 自然画像において彩度の上昇(低下)と同時に輝度コントラストを上昇(低下)させると, 彩度のみを上昇(低下)させた場合より自然に見えることを明らかにした. この認識の違いが, 彩度順応の効果にも影響する可能性があると考えられる.

そこで本研究では, 明度コントラスト変調による画像の自然さの違いが彩度順応に与える影響を明らかにする.

### 2. 実験

#### 2.1 実験環境

実験は, 暗室ブースで行った. ブース内には LCD モニタ, 顎台を設置した. 被験者は顎台で頭部を固定し, 視距離を 80 cm とした.

#### 2.2 実験刺激

6 種類の自然画像に対して彩度と明度コントラストを変調し, 順応刺激を作成した. 順応刺激の画像の条件は, 彩度のみを変調した条件, 彩度・明度コントラストをともに上昇(低下)させる方向(以下, 自然な方向)に変調した条件, 彩度の上昇(低下)と同時に明度コントラストを低下(上昇)させた方向(以下, 不自然な方向)に変調した条件である. 明度コントラストは CIE1976L\*a\*b\*色空間における L\* のコントラストに変調係数  $j$  を, 彩度はメトリッククロマ  $C_{ab}^*$  に変調係数  $k$  をかけて変調した. 順

応刺激の変調係数の組み合わせ ( $j_a, k_a$ ) による変調画像を図 1 に示す. テスト刺激は, 順応刺激に含まれない自然画像 1 種類の彩度のみを 7 段階に変調し, 作成した.

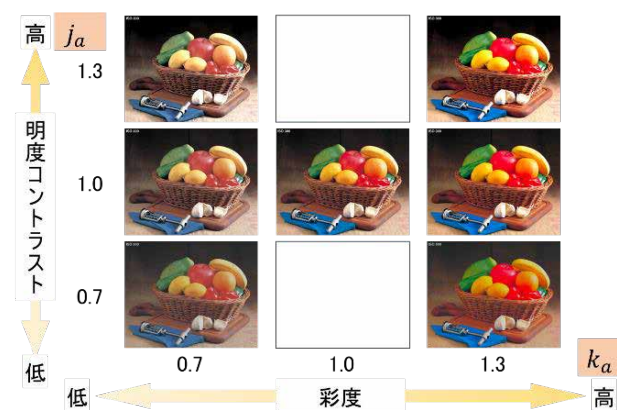


図 1 順応刺激の変調条件

#### 2.3 実験手順

本実験は, 恒常法にて行った. はじめに 3 分間の暗順応を行った後, 同じ変調係数の順応刺激 6 種類を 2 秒ごとに異なる位置にランダムに呈示し, 2 分間の順応を行った. その後テスト刺激 1 枚を 3 秒間呈示し, 被験者は呈示されたテスト刺激に対し, 「鮮やかに見える」または「色褪せて見える」の二者強制選択で応答した. 被験者の応答後, 順応刺激を先ほどと同様に 10 秒間呈示し, 再び順応を行った. このように全テスト刺激をランダムに 5 回ずつ呈示した. これを異なる変調係数の順応刺激に対しても同様に行った. ここまでの流れを 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 3 名とした.

#### 3. 実験結果

テスト刺激が「鮮やかに見える」と応答した確率が 50% の時の変調係数  $k_b$  をプロビット解析にて求め, 閾値  $k_t$  とした. 図 2 に各被験者の順応刺激の彩度変調係数  $k_a$  と閾値  $k_t$  の関係を示す.



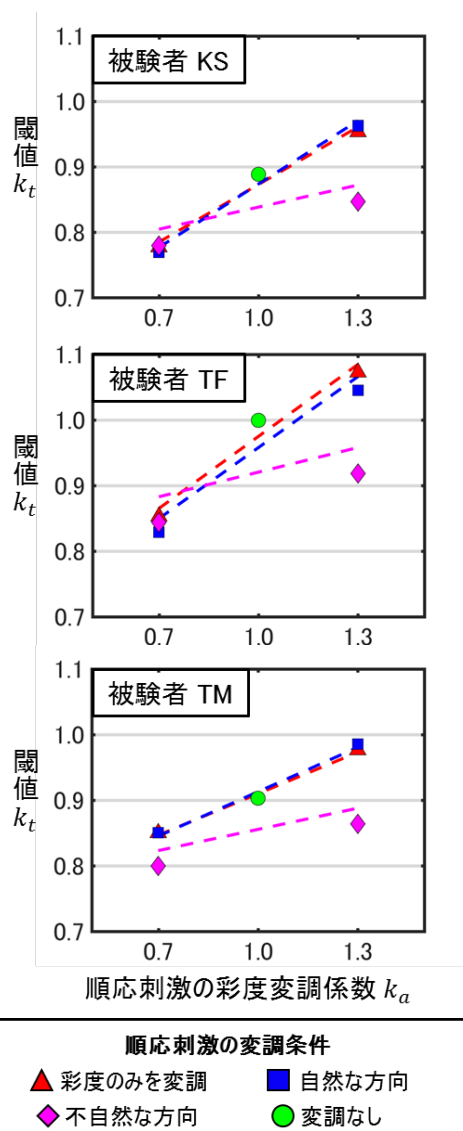


図2 順応刺激の彩度変調係数  $k_a$  と閾値の関係

図2中の直線は、順応刺激のそれぞれの条件での結果と変調なしの条件の結果に対して最小二乗法により線形近似したものである。

この結果より、全ての被験者の全ての条件で、順応刺激の彩度が上がるほど、「鮮やかに見える」の境界の閾値が上がった。すなわち彩度順応の効果が見られた。条件ごとに見ると、彩度のみ変調した条件と自然な方向に彩度・明度コントラスト変調した条件では、彩度順応の効果が大きな違いはなかった。しかし、不自然な方向に彩度・明度コントラスト変調した条件では、順応効果がそれらと比べて極めて小さくなる結果となった。

#### 4. 考察

自然な方向に彩度・明度コントラスト変調した画像は、彩度のみを変調させた画像よりも自然さが高いと予測していた。しかし、この2つの順応刺激の条件では、彩度のみを変調した画

像も不自然さはあまりなく、両者の自然さの差が小さい可能性がある。一方、不自然な方向に彩度・明度コントラスト変調した画像を順応刺激に用いると、順応効果が極めて小さくなった。

彩度順応の効果と知覚される画像の自然さとの関連性をより詳しく調べるため、順応刺激の各変調方向に対する自然に見える範囲を測定した。実験刺激7枚の、各変調方向に対する自然に見える範囲の平均を図3に示す。

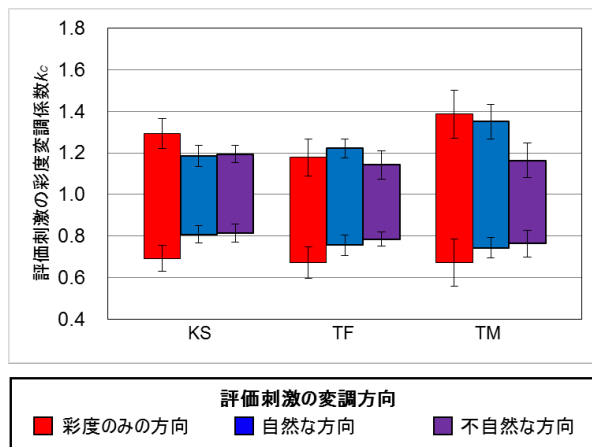


図3 順応刺激の各変調方向の自然に見える範囲

図3より、中野らによって自然さが高いとされた、彩度・明度コントラストをともに上昇(低下)させる自然な方向では、自然に見える範囲は特別広くはならなかった。しかし、彩度・明度コントラストを逆方向に変調した不自然な方向では、自然に見える範囲が他の2つの方向と比べて狭くなる傾向が見られた。

順応刺激の各変調方向に対する自然に見える範囲の測定結果は、順応実験で不自然な変調方向でのみ効果が低かった結果と対応する傾向を示したことから、順応する画像の彩度のみでなく、知覚される画像の自然さ・不自然さによって彩度順応の効果に違いが生じると考えられる。

#### 5. 結論

画像の彩度順応の効果は、彩度・明度コントラスト変調による画像の自然さに影響を受けることが示唆された。

#### 参考文献

- 1) Mizokami et al.: Effect of spatial structure on colorfulness adaptation for natural images, *Journal of the Optical Society of America A* Vol.29, 118-127 (2012)
- 2) Nakano et al.: The effect of color saturation and luminance contrast on color naturalness, *Journal of Vision*, 9(8):1040, 1040a (2009)

# プロジェクタ・カメラシステムによる 物体表面分光反射率推定

## Estimation of object surface spectral reflectance using projector and camera

丸山 大堯 Hiroataka Maruyama 立命館大学大学院 Ritsumeikan University  
篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学 Ritsumeikan University

**Keywords:** 分光反射率, 分光感度, 測色

### 1. はじめに

近年, デジタルアーカイブや遠隔医療といった, 現実物体のモデリングを用いた技術が活発に行われている. この際, 色の測定には問題がある. カメラで撮影した画像から, 情報を抽出するのが一般的であるが, 測定された値にはカメラの分光感度特性や照明の分光放射強度などの環境に依存した情報が含まれる. そのため, 測定された値は局所的なものであり, 可搬性に欠けるものになる. そこで, 物体固有の色情報である分光反射率を測定することが必要になる.

以上を踏まえ本研究では, プロジェクタとカメラを用いて, 物体固有の色情報である分光反射率の推定を行った.

### 2. 色情報の獲得の原理

照明の分光放射照度を  $P(\lambda)$ , 物体の分光反射率を  $f(\lambda)$ , 受容器の分光感度を  $S_k(\lambda)$  として表すことにより, 以下の数式に当てはめることができる. なお,  $k$  の値は, 1~3 であり, 順に RGB を表す.

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

$g_k$  は信号値を表す. しかしながら, 計算機上では連続的な数式が使えないため, 以下のように離散的な数式に近似させる.

$$g_k = \sum_{i=1}^L S_k(\lambda_i)P(\lambda_i)f(\lambda_i) \times \Delta\lambda, \quad k = 1, 2, 3 \dots (2)$$

$L$  は波長,  $\Delta\lambda$  は波長間隔を表す. (2)式より, 分光反射率を推定するためには, 照明の分光放射照度とカメラの分光感度を予め知る必要がある.

### 3. 実験

#### 3.1 実験環境・条件

本実験は, 外光が入らない暗室で行った. 色票

(X-rite ColorChecker CLASSIC)とプロジェクタ (EPSON EB-W420)との距離は 70cm であり, 色票とプロジェクタとカメラ (Nikon D750)の高さは 90cm であった. カメラのレンズの中心とプロジェクタのレンズの中心の距離は 5cm であった. 波長範囲は 400 から 680nm であり, 波長間隔は 10nm であった. カメラのレンズには, 波長範囲外の光が入らないようにフィルター (朝日分光 LUX400, SVX690)を装着した. カメラの撮影条件は, ISO100, 絞り値 F5. 6, シャッタースピード 1/160 秒, 1/80 秒, 1/40 秒, 1/20 秒, 1/10 秒, 1/5 秒, 1/2 秒であった. 解析には, MATLAB を用いた.

#### 3.2 カメラの分光感度測定

カメラの分光感度を測定するために, 既知の 24 個の異なる分光反射率をもった色票に対し, 7 種類の分光放射照度の照明 (図 1)をあて, 得られる画像の信号値より分光感度の測定を行った. また, プロジェクタから出す放射照度の種類を多くすること [1]や異なる分光反射率をもった物体の数を多くすること [2]でカメラの分光感度の精度を高めることが可能になる.

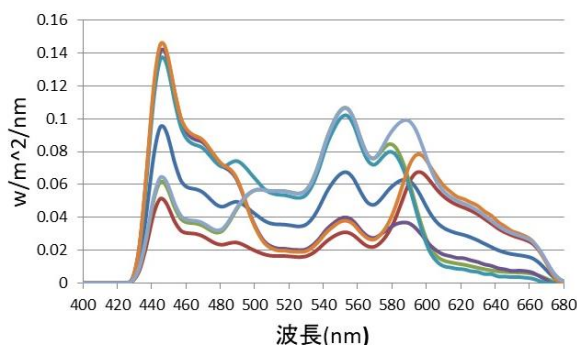


図 1 7 種類の分光放射照度

#### 3.3 物体表面の分光反射率推定

分光反射率を推定するために, 上記で測定したカメラの分光感度を用いて推定を行った. 推定し

た分光反射率をカメラの分光感度測定で用いた色票を用いて推定を行い実測値との比較を行った。比較の指標として標準偏差を用いた。

#### 4 結果と考察

##### 4.1 カメラの分光感度測定

図2に測定したカメラの分光感度を示す。赤色の線はR、緑色の線はG、青色の線はBの分光感度を表す。それぞれの波長域でエネルギー量が高くなっている。しかし、短波長域での青色の分光感度は、本来400nm付近で感度が低くなるはずであるが、高いままである。その理由として、7種類の照明の中に短波長域のエネルギーがないことが挙げられる。

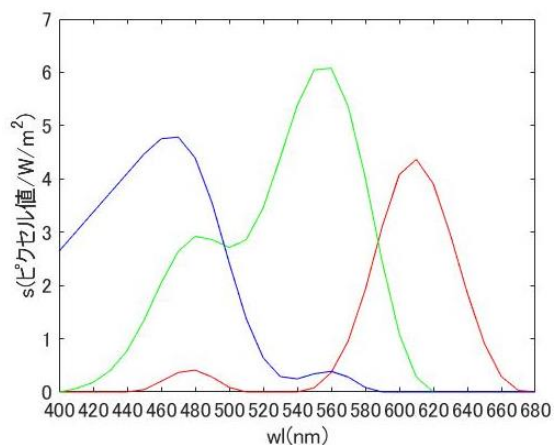


図2 カメラの分光感度

##### 4.2 物体表面の分光反射率推定

図3に推定した分光反射率を示す。赤線が計測した分光反射率であり、青線が本実験で推定した分光反射率である。上から順に Red, Green, Blue である。

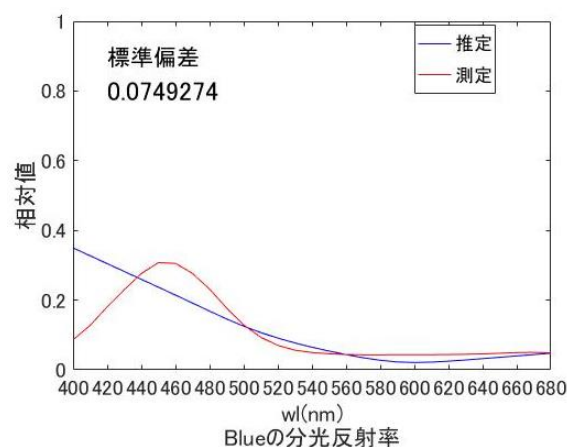
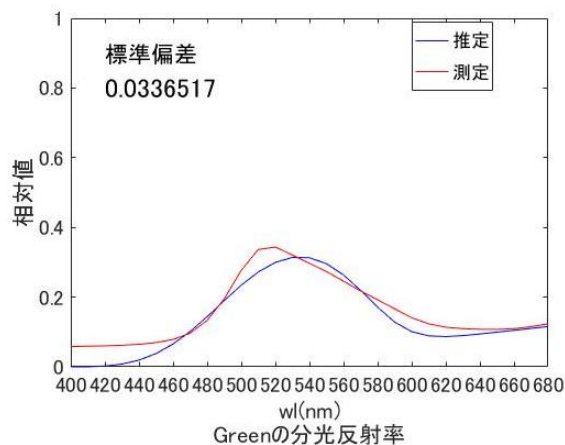
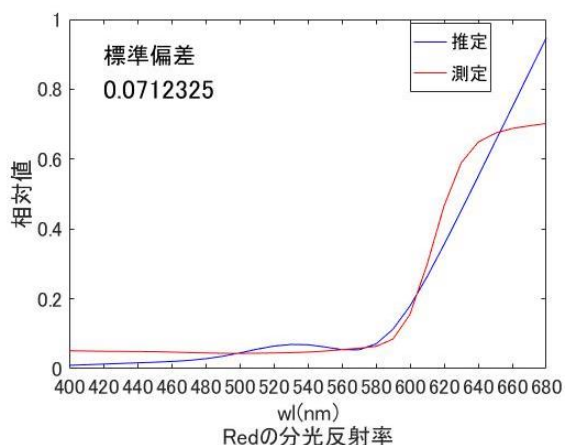


図3 色票の分光反射率

#### 5 まとめ

カメラの分光感度測定と分光反射率推定を行ったが、精度の高い推定を行うことができなかった。今後の展望として、波長範囲内でフィルターを用いて範囲を区切ることで、精度が良くなるのかを検証することや有効な分光放射照度を照らすことができる光源を用いて実験を行うことを検討する。

#### 参考文献

- 1) 藤原 久永：アクティブ照明を用いた物体固有の色情報の獲得，電子情報通信学会技術研究報告 2009 年
- 2) Yuri Murakami, Takashi Obi, Masahiro Yamaguchi, Nagaaki Ohyama, Yasuhiro Komiya：Spectral reflectance estimation from multi-band image using color chart, Optics Communications Volume 188, Issues 1-4, 2001

# 食品の光沢度分布測定とおいしさ感評価

## Gloss distribution measurement of foods and their visual palatability evaluation

磯見麻衣 Mai Isomi 大阪市立大学大学院 Osaka City University  
 酒井英樹 Hideki Sakai 大阪市立大学大学院 Osaka City University  
 伊與田浩志 Hiroyuki Iyota 大阪市立大学大学院 Osaka City University

**Keywords:** 非接触測定, SCE, SCI, つや, 光沢度.

### 1. はじめに

食品・食材の示す色彩や光沢（つや）は、鮮度評価や調理具合の手がかりとなるほか、見た目そのものが、おいしさ評価に繋がることから、適切に調整・演出することが求められる<sup>1-5)</sup>。そこで、本研究では、光沢に注目し、食品の光沢を人がどのように感じるかを明らかにすることを目的として、食品の光沢度測定と主観評価を行った。

ここで、評価対象となる食品について、その形状は一般的に複雑であり、表面が水や油で覆われたりしている。よって、接触式の色彩計や光沢計は使用できず、食品の色彩や光沢を客観的に捉えることは困難であるが、本研究では、図1に示す光トラップ付きドーム型照明を用いた非接触式測色システム<sup>6,7)</sup>を使い、デジタルカメラで撮影した正反射成分を含む SCI (Specular Component Included) 画像と、正反射成分を含まない SCE (Specular Component Excluded) 画像の差分から、二次元光沢度分布を算出した。これにより実際の食品を測定対象とできるが、今回は、研究手法の確認のために、繰り返し測定が可能な樹脂製食品サンプルを使って実験した結果を報告する。

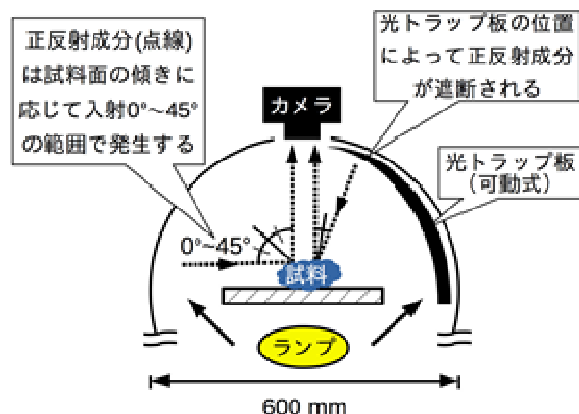


図1 非接触式測色システムの概要図<sup>6,7)</sup>

### 2. 光沢度分布測定

#### 2. 1 測定方法

ドーム型照明を用いた非接触式測色システムとは、半球面拡散光に可動式光トラップを組み合わせて、正反射成分を含む SCI モードと正反射成分を含まない SCE モードの同時測色を非接触で行うことを可能とした装置である (図1)。内壁が白く塗られた空洞球体の中で光が乱反射を繰り返すことで作り出される拡散光は、試料面に多少の凹凸があっても陰影が生じにくい。また、SCI モードと SCE モードの測色値の差は、正反射成分によって生じることから、両モードの測色値の差分から、試料面の鏡面光沢度を算出できる。さらに、測色値の2次元分布画像が取れることから、画素ごとに色彩値と光沢度を測定することができる。

#### 2. 2 食品試料

実験に使用した食品試料は、すべて樹脂製で、  
 ・焼き鳥（つくね）：高光沢 YH, 半光沢 YM, 低光沢 YL の3種  
 ・クッキー：高光沢 CH, 半光沢 CM, 低光沢 CL の3種  
 ・ライス（チャーハン）：高光沢 RH, 低光沢 RL の2種

の計8種で、光沢の程度は、つや出しニス、又は、つや消しニスを塗布することで調整し、色彩はほぼ同じで、光沢の程度のみが異なるようにした。

#### 2. 3 測定結果

非接触式測色システムを用いて測定した8種の食品試料の明度と20度鏡面光沢度を表1に示す。これは、図2に示す二次元分布画像（焼き鳥の光沢度分布の例）の食品部分の画素から計算した平均値と標準偏差である。図2には、20度鏡面光沢度を、度数分布と擬似カラー（赤：光沢度100以上、→黄→緑→シアン→青：光沢度0）で表示し



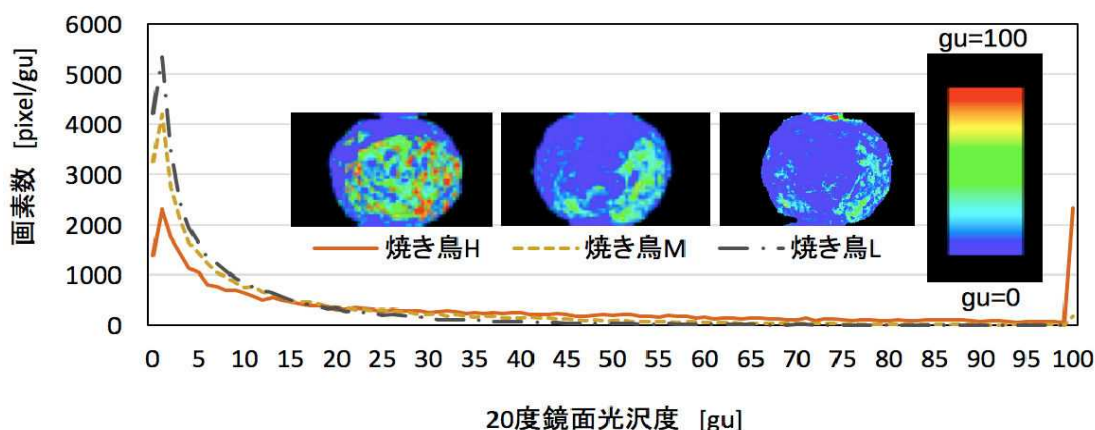


図2 焼き鳥光沢度の度数分布と疑似カラー図（一部）

ている。表1より、食品ごとの明度はほぼ一定であるが、光沢の程度は異なることが分かる。

なお、今回撮影に使用したデジタルカメラ（Nikon D5100）画像の分解能は1 mmあたり6.387画素（1画素あたり0.1566 mm）であり、1画素あたりの面積は、0.02452 mm<sup>2</sup>である。

### 3. 食品試料のつや評価実験

#### 3.1 評価方法

図3に示すように、評価ブースを2個用意し、それぞれのブース内は笠をつけた点光源（調色型LED電球 Philips Hue 2灯）で、昼白色～昼光色（およそ5,800 K、以下昼白色と記す）と電球色（およそ2,900 K）の色温度で照射した（ブース床面の中央部分の水平面照度はおよそ500 lx）。ブース内の壁面、床面は灰色（およそN5）であり、評価対象とした食品は、1つずつ白い紙皿に載せて、1ブースに最大4皿並べて提示した。

被験者は、ブース前に着座し、視距離700 mm、斜め45度の上方から食品試料を見ながら、評価を行った。評価項目は、つや評価と感情評価の2項目である。なお、食品の光沢はつやと呼ばれることが多いと思われるため、実験教示では、つやと表現した。

表1 食品サンプルの明度と鏡面光沢度の測定結果

食品 光沢の程度		明度		20度鏡面光沢度	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
焼き鳥 Y	H	49.49	6.28	31.21	31.53
	M	50.79	5.18	13.95	18.29
	L	51.27	4.58	8.85	12.30
クッキー C	H	68.38	2.82	19.25	14.84
	M	69.05	2.38	9.10	9.59
	L	69.82	2.51	4.69	5.94
ライス R	H	69.62	7.98	26.22	30.20
	L	70.53	6.50	15.51	21.58

つや評価では、提示された8種の食品試料のつやの程度を5段階で回答させた。

感情評価では、焼き鳥とライスのそれぞれの高光沢試料と低光沢試料を並置し、どちらが柔らかそうか、温かそうか、新鮮そうか、おいしそうかを選択（差がない場合は、同じと回答）させた。

以上の評価実験を、昼白色と電球色の2通りで実施したが、色温度を変更した際は、1分程度、目の順応時間を確保した。被験者は21歳～24歳の男女16名ずつ計32名であり、食品の提示順序、及び、色温度の点灯順序は、順序効果が相殺するように、被験者ごとにランダムとした。

#### 3.2 評価結果

食品のつや（光沢）の程度を5段階で回答した結果を表2に示す。

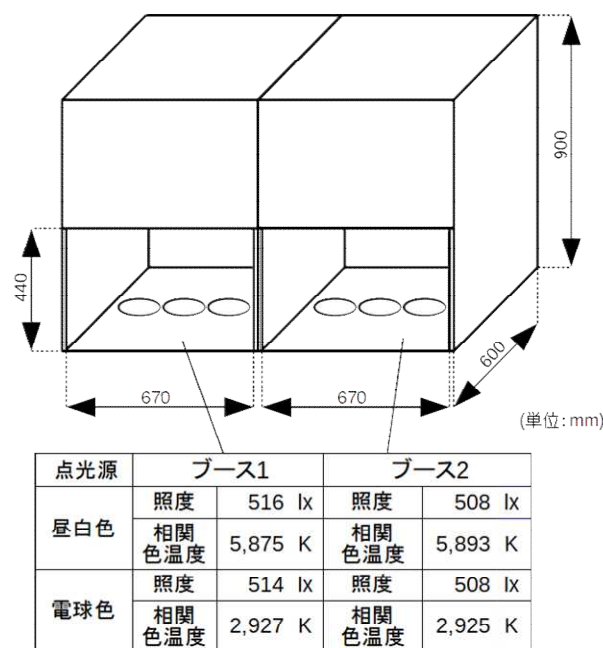


図3 評価ブース内の照度と色温度（実測値）

表2 食品サンプルのつや評価の結果(32名)

		焼き鳥			クッキー			ライス	
		H	M	L	H	M	L	H	L
昼白色	平均	4.34	1.75	1.41	4.44	3.31	1.66	4.97	3.13
	最大	5	3	3	5	4	3	5	4
	最小	2	1	1	4	2	1	4	1
	標準偏差	0.65	0.76	0.56	0.50	0.64	0.70	0.18	0.87
電球色	平均	4.28	1.78	1.59	4.44	3.38	2.06	4.91	3.16
	最大	5	4	3	5	5	4	5	5
	最小	3	1	1	2	2	1	3	2
	標準偏差	0.63	0.75	0.67	0.72	0.79	0.84	0.39	0.77
昼白色 + 電球色	平均	4.31	1.77	1.50	4.44	3.34	1.86	4.94	3.14
	最大	5	4	3	5	5	4	5	5
	最小	2	1	1	2	2	1	3	1
	標準偏差	0.64	0.75	0.62	0.61	0.72	0.79	0.30	0.81

色温度の影響について t 検定 (Excel, 一対の標本による平均の検定ツール,  $p < 0.05$ ) を行ったところ, クッキー低光沢 CL では有意差が認められたものの, その他では, 色温度によるつや評価に有意差はなかった. レストラン等のテーブル照明として, 電球色の点光源が採用されることが多いが[5], つやの程度評価について, 何らかの効果があるものではないことが分かった.

次に, 感情評価について, 焼き鳥とライスのつやが異なる試料(「高光沢」と「低光沢」)を提示し, どちらが柔らかそうか, 温かそうか, 新鮮そうか, おいしそうかについて, その回答割合を, 表3(焼き鳥)と表4(ライス)に示す. なお, 感情評価についても, つや評価と同様に, 昼白色と電球色に有意差は認められなかったため, 両色温度の結果をまとめている.

表3より, 焼き鳥ではつやのある方が, 柔らかく, 温かく, 新鮮でおいしそうであると感じていることが分かる. また表4より, ライスではつやのある方が硬く, 温かく, 新鮮でおいしそうであると感じていることが分かる. 硬軟感については, 焼き鳥とライスで逆になっているが, 回答割合の差は小さい. 一方, 温冷感, 新鮮感, おいしさ感については, 差が明確で, 焼き鳥とライスについては, つや(光沢)のある方が, 温かく, 新鮮で, おいしそうであると感じていることが分かった.

#### 4. 考察

食品試料のつやの程度の評価実験の被験者 32名の平均値と, 非接触式測色システムを用いて画素ごとに測定した光沢度 ( $G_s(20^\circ)$ ) の平均値(表1)との相関関係を調べる. その結果, 図4が得られた. (大きな差がなかったことから, 昼白色下での結果と電球色下での結果を合わせて平均値を算出し, 分析を進める.)

表3 焼き鳥のつやの有無と感情との関係

昼白色 + 電球色	焼き鳥(つくね)			
	硬軟感 (柔らかそう)	温冷感 (温かそう)	新鮮感 (新鮮そう)	おいしさ感 (おいしそう)
つやあり	50.0	62.5	92.2	79.7
つやなし	40.6	6.3	3.1	9.4
同じ(差なし)	9.4	31.3	4.7	10.9

単位: [%]

表4 ライスのつやの有無と感情との関係

昼白色 + 電球色	ライス(チャーハン)			
	硬軟感 (柔らかそう)	温冷感 (温かそう)	新鮮感 (新鮮そう)	おいしさ感 (おいしそう)
つやあり	32.8	51.6	67.2	51.6
つやなし	54.7	10.9	12.5	34.4
同じ(差なし)	12.5	37.5	20.3	14.1

単位: [%]

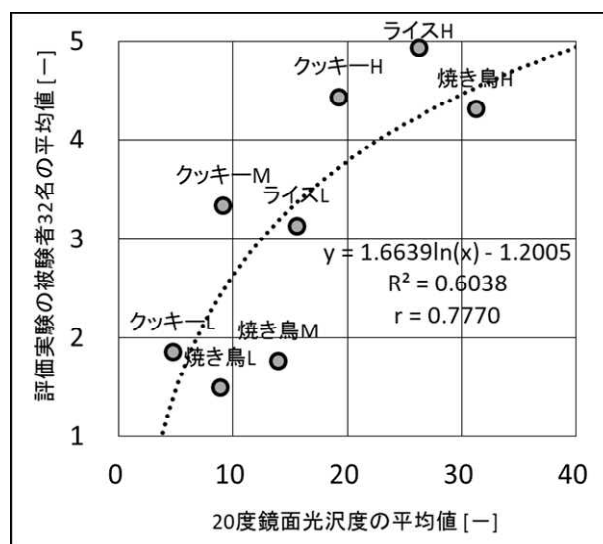


図4 光沢度とつや評価結果との関係

図4より, 画素ごとに求めた光沢度の平均値と評価実験の平均値との  $R^2$  値は, 0.6038 となり, 正の相関があり, 良好に一致した. 表1及び図2に示す通り, 評価対象とした食品試料の光沢度は均一ではなくばらばらであるが(標準偏差が大きい)が, 全体としてのつやの程度は, 光沢度の平均値で大まかには説明がつく.

ただし, 食品ごとの傾向として, 焼き鳥3種は近似曲線の下側に位置し, クッキー3種は近似曲線の上側に位置している. これは, 焼き鳥(つくね)の表面には, 目に見える細かい凹凸があるのに対して, クッキーには目に見える凹凸が少なめらかなめらかなように見えることから, 見た目の凹凸感, もしくは, それによって生じている光沢度分布の違いが, つやの程度評価に影響を与えたと考えられる.

また、図4より、焼き鳥、ライス、クッキーとも、高光沢の試料(Hで示されているもの)の20度鏡面光沢度は高々20から30程度であり、清浄なガラス表面を100とする光沢度の尺度としては、低い光沢領域である。にもかかわらず、つやの程度としては、つやをかなり感じる(5段階評価の5)、又は、つやをやや感じる(5段階評価の4)というように、つやが高いとして評価されている。つまり、今回の食品試料では、ガラスやプラスチックなどの工業材料としては中程度の光沢度を、強いつやと感知することが読み取れる。

この原因としては、食品に対するつや評価が工業製品に比べて甘くなっている、教示として使用した「つや」と光沢度評価で用いられる「光沢」とは概念が違う、高光沢試料には一部光沢度100となる部分があり(図2)その部分が特異的にキラッと目立つことでつやの程度が影響された(つまり、平均値ではなく、高光沢部分のみで評価された)、などの原因が考えられる。

しかし、本研究では、食品の種類が3つと少なかったこともあり、原因を特定するまでには至らなかった。この点については、他の食品についても実験を行うなどし、今後明らかにしていきたい。

## 5. まとめ

本研究で、得られた知見は以下の通りである。

(1) 非接触式測色システムで、食品の光沢度分布を測定できることを確認した。

(2) 食品のつや評価は、光源の色温度に影響を受けない。

(3) 食品に対しては、ガラスやプラスチックなどの工業材料としては中程度の光沢度を、強いつやと感知する。

(4) 平均光沢度の高い(つやのある)ものほど、温かく、新鮮で、おいしそうであると感じる。

## 参考文献

- 1) H. Sakai, H. Iyota: Sensory Evaluation of Preference of Baked Food Color, Proc. AIC Colour 2013 - 12th Congress of the International Colour Association, (2013) 57-60
- 2) K. Takada, A. Ishii, T. Matsuo, C. Nakamura, M. Uji, T. Yoshikawa: Neural activity induced by visual food stimuli presented out of awareness: a preliminary magnetoencephalography study, Scientific Reports 8:3119 (2018) 1-10

- 3) 大谷貴美子, 瀧口悦子, 片岡あゆみ, 饗庭照美, 井川佳子, 松田秀喜, 石田丈博, 中久喜輝夫, 化工でんぷんによる光沢発現, 日本調理科学会誌 37 (2004) 159-169
- 4) 一般社団法人 大阪市中央卸売市場本場市場協会: 食卓 食の安全安心 食品選び 魚介類の選び方, <http://www.honjo-osaka.or.jp/shohisha-anzen-shokuhinerabi/> (参照日 2018.3.23)
- 5) 社団法人照明学会普及部: 新・照明教室 ショップライティング (2000) 63-67
- 6) 酒井英樹, 磯見麻衣, 伊與田浩志: ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発 その1: 自由曲面試料の色彩測定, 日本色彩学会誌 41S (2017) 10-11
- 7) 磯見麻衣, 酒井英樹, 伊與田浩志: ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発 その2: 自由曲面試料の光沢測定, 日本色彩学会誌 41S (2017) 12-15

## 水蒸気高度利用のための加熱試験装置の開発： 高温中での食品色変化モニタリング

### Development of heating test equipment for improved utilization of superheated steam : Monitoring color change of food in high temperature

棚田 優祐	Yusuke Tanada	大阪市立大学大学院	Osaka City University
福地 航平	Kouhei Fukuchi	大阪市立大学大学院	Osaka City University
伊與田 浩志	Hiroyuki Iyoda	大阪市立大学大学院	Osaka City University
酒井 英樹	Hideki Sakai	大阪市立大学大学院	Osaka City University

**Keywords:** 分光測色, 過熱水蒸気, 食品加工, 高温環境

#### 1. 緒言

食品や農産物の殺菌や酵素の失活を目的とした一次加工,あるいは,食品の加熱加工による高品質化を目的に,高温の水蒸気(過熱水蒸気)の利用研究[1]が進められている.高温の水蒸気中では,高温空気中での加熱と比較して酸化を抑えつつ,水蒸気の凝縮熱により短時間で効率的に加熱できる.そのため,近年では業務用のほか,一般家庭向けの過熱水蒸気を利用した調理器具(スチームオーブン)も開発され,高機能オーブンとして市販されている.

一方,現在市販されているオーブン庫内に食品を挿入する際,食品とともに室内空気がオーブン庫内に流入する.スチームオーブンの場合,扉を閉じた後に水蒸気が庫内に供給される方式であるため,時間的・空間的に庫内には湿度の分布が生じる.また,水蒸気は凝縮による多量の熱を食品に加える能力を有しているため,一般的な空気中での食品加熱に比べて,加熱機構は複雑であり,特にわずかな湿度の変化が,食品への伝熱に大きく影響する可能性を有している.そのため,食品加工の基礎的な研究には,任意に加熱条件の設定と制御が可能な試験装置の利用が求められている.

本研究では,任意の湿度を発生可能な装置[2]と加熱用ヒーター,小型チャンバーを組み合わせた水蒸気の高利用のための加熱試験装置の試作を行った.また,同装置を用いて,加熱中の食品試料の分光反射スペクトルの測定を試みた.

#### 2. 試験装置

##### 1)装置概要

図1にステンレスパイプ製のテストセクション

ン部(小型チャンバー,内径39.4mm)の詳細を示す.

装置設計時の目標とする加熱条件の仕様を,テストセクション部の断面平均流速 $v=1\text{ m/s}$ ,気流温度( $T_g$ )を最高 $250\text{ }^\circ\text{C}$ ,最高圧力2気圧とした.また,テストセクションに供給する熱風の発生には,空気と過熱水蒸気の流量比を調整することで任意の湿度を発生させることのできる過熱水蒸気混合法[2]を用いた.

材料表面の分光反射スペクトルの測定には,分光測定器(BLACK-comet StellarNet社製,測定波長範囲190-1100nm,分解能0.5nm)と受光ファイバー(OceanOptics社製,QR400-7-VIS/NIRコア径 $400\text{ }\mu\text{m}$ ,長さ2m)を用いた[3].

試作した装置は,熱風の水蒸気モル分率 $x$ が $0.75\text{-}1.0\text{ mol/mol}$ (露点温度 $94\text{-}100\text{ }^\circ\text{C}$ )の高湿度域において,露点温度 $0.5\text{ }^\circ\text{C}$ の不確かさで供給できることを確認した.

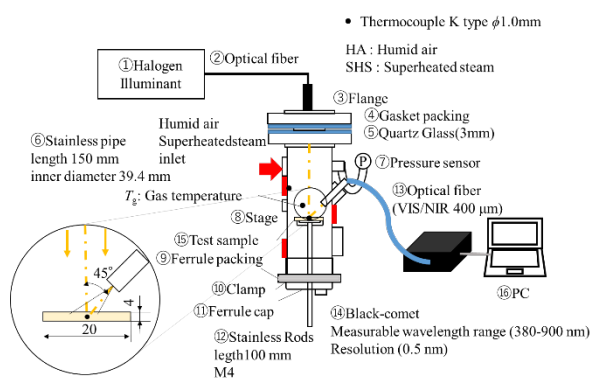


図1 テストセクション全体構成

##### 2)分光反射率と色の測定

図1の③-⑤に示すフランジ,パッキン,石英ガラスで構成された窓から,ハロゲン光源(PCS-UHX NPI製)を用いて光を照射した.測定対象となる試料は⑧-⑪で示されるステージ,パッキン,クランプ,フェルルールキャップで構成された底部から⑧ステージに乗せた状態で挿入した.白色標準として分光反射率を測定した



ウォラストナイト多孔質板 (20 mm×20 mm×4 mm CaSiO<sub>3</sub> 宮川化成工業(株)製) を用いた。色測定の際には、白色標準と試料の両方の分光反射スペクトルを測定した。得られたデータから波長ごとの分光反射率を算出し、JIS Z8722:2009 に定められた重係数を用いて D65/2 度視野の  $L^*a^*b^*$  値に変換した。

### 3) 温度の測定

①フェルルキャップにとりつけたシース熱電対 (K 型,  $\phi 1.0$  mm) を試料中心付近に差し込み、試料温度を測定した。

### 4) 測定手順

まず、本測定の精度を検証するために、常温常圧のテストセクション内でカラーチェッカー色票 24 色 [4] (Color Checker Classic x-rite 製) の分光反射率測定を行い、メーカー規格値との色差を求めた。なお、色差は以下の式(1)で算出した。カラーチェッカー色票 24 色のサイズがステージに対して大きいためウォラストナイトにあわせて 20 mm×20 mm に切断した。

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_{std}^* - L_m^*)^2 + (a_{std}^* - a_m^*)^2 + (b_{std}^* - b_m^*)^2} \quad (1)$$

$L_{std}^*$ ,  $a_{std}^*$ ,  $b_{std}^*$  はメーカーの規格値,  $L_m^*$ ,  $a_m^*$ ,  $b_m^*$  が測定値である。

次に、加熱中の食品の分光反射率及び色測定を行った。空気 ( $x=0.002$ ) と過熱水蒸気

( $x=1$ ) の 2 条件の水蒸気モル分率 (湿度), 圧力 1 atm, 流速 1 m/s, 気流温度 200 °C で 20 分間加熱を行った。食品試料としてはサツマイモスライス (20 mm×20 mm×5 mm, 徳島県産, なんと金時) を用いた。

## 3. 測定結果

### 1) 色票 24 色

ウォラストナイトを白色標準とした色測定の結果を表 1 に示す。

一般に色差が 5 以内であれば目視では並べて比較しないと識別できないという値である [5]。色差が 5 を超えた色は dark skin, orange, purplish blue, orange yellow, blue, red, yellow, cyan であった。この原因として、可視域の両端の波長の分光反射率測定値はノイズの影響が大きく、その波長域の値の影響が大きい赤や青といった色の色差が大きくなったと考えられる。しかし、それ以外の色は色差 5 以内であることから、極端に赤いまたは青い食品を除けば良好に測色できると考えられる。

なお、色の測定環境となるテストセクションのステンレスパイプ (図 1⑥) の内壁面は特に処理をしておらず、素材そのものの色である白みがかかった鈍い反射面となっていた。そのため、照明光 (図 1①②) の一部が当たり、内部で拡散反射をしている。そこで、パイプ内壁面に黒画用紙を取りつけて拡散反射を遮った上で同様の測定をしたところ、カラーチェッカー色票 24 色とも表 1 の測定値とほとんど違いはなかった。よって、ステンレスパイプ内壁での反射は測定に影響を与えないと判断し、特に処理をせずにその後の測定を行った。以上の結果から、本装置による色測定の精度の確認ができた。

表 1 カラーチェッカーの規格値との色差

Color name	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E_{ab}^*$
dark skin	2.5	1.5	4.2	5.2
light skin	0.7	2.6	0.0	2.7
blue sky	1.1	3.0	1.3	3.5
foliage	0.9	1.3	3.0	3.4
blue flower	2.8	2.0	2.4	4.2
bluish green	0.6	0.8	2.3	2.5
orange	1.9	4.0	4.9	6.6
purplish blue	1.7	6.7	2.3	7.3
moderate red	0.5	1.4	1.4	2.0
purple	2.7	1.0	1.0	3.1
yellow green	1.0	3.8	2.5	4.7
orange yellow	1.5	5.2	3.5	6.5
blue	1.2	5.0	4.7	7.0
green	1.6	1.6	1.5	2.7
red	0.6	4.5	5.0	6.8
yellow	1.5	5.7	3.1	6.7
magenta	0.7	0.1	0.2	0.7
cyan	7.1	9.5	11.0	16.1
white	0.9	0.2	1.1	1.4
n8	2.2	0.8	2.9	3.7
n6.5	1.4	0.7	2.1	2.6
n5	1.3	0.2	1.1	1.7
n3.5	1.6	1.0	1.0	2.1
black	2.5	2.0	2.6	4.1
average	1.7	2.7	2.7	4.5

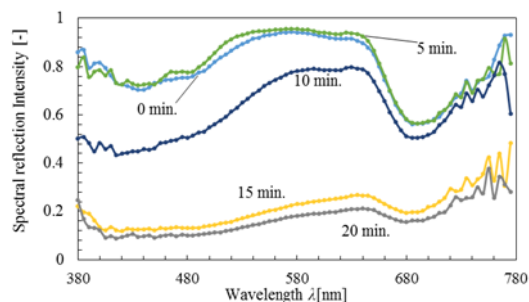
### 2) 食品試料

次に、200 °C の高温空気と過熱水蒸気で食品試料を加熱した場合の分光反射スペクトルの変化を測定した。測定結果を図 2 に示す。

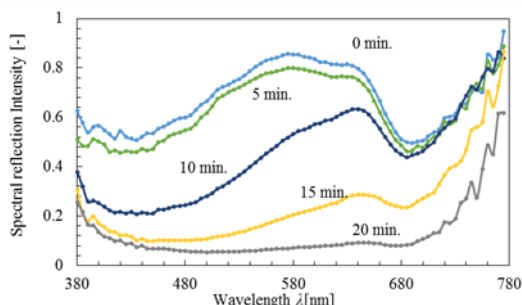
高温空気による加熱の場合は分光反射スペクトルが加熱後 10 min. 付近から急激に変化したのに対し、過熱水蒸気の場合は徐々に変化した。また、加熱後 10 min. で、波長 580 nm 付近の出力値に湿度による違いが確認できた。

次に加熱気体による  $L^*a^*b^*$  値の変化、中心温度の変化の違いについて検討した。以下の図 3 に  $a^*$  値,  $b^*$  値の変化を、図 4 に  $L^*$  値の時間変化、図

5に中心温度の変化を示す。



(a)  $x=0.002$ [mol/mol]



(b)  $x=1$ [mol/mol]

図2 加熱中の分光反射スペクトルの変化 ( $v=1$ [m/s],  $T_g=200$ [°C])

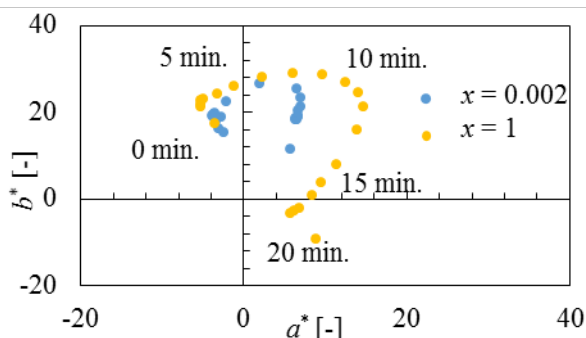


図3  $a^*$ 値,  $b^*$ 値の変化

$a^*$ 値,  $b^*$ 値の示す色度に関しては, 湿度が高いほどに赤みが増すという結果になった. 過去の研究においてもジャガイモやスポンジケーキが過熱水蒸気によって加熱すると赤みが増すという結果が報告されており[6][7], 今回測定したサツマイモスライスについても, それらの食品と同じ傾向を示した.  $L^*$ 値は空気による加熱の場合は加熱後 10 min.付近で急速な減少が見られた.

試料温度の結果から過熱水蒸気を用いた加熱では凝縮伝熱により短時間で加熱可能という特徴が確認できた.

以上のように, 本研究で開発した装置を用いて, 加熱気体(湿度)によって食品試料の温度上昇過程と同時に, 色の変化過程が異なることを実験的に示すことができた.

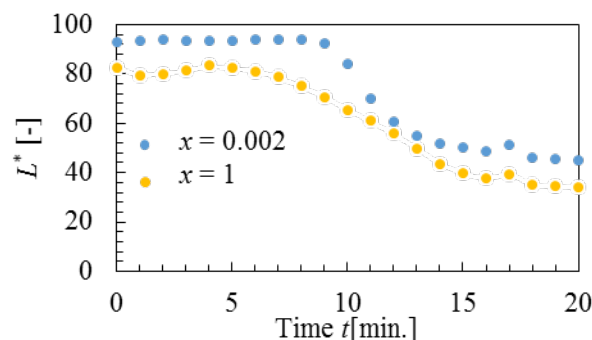


図4  $L^*$ 値の時間変化

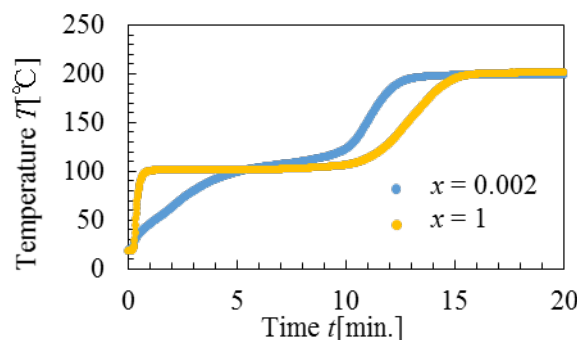


図5 試料温度の時間変化

#### 4. まとめ

温度湿度の管理が任意に行える加熱試験装置を開発した. カラーチェッカー色票 24 色の色測定から本装置による分光反射率測定の妥当性を確認した. 様々な加熱条件における食品(サツマイモスライス)の加熱中の色測定を行い, 加熱条件と食品の色変化との関係を明らかにすることができた.

#### 参考文献

- [1]細見和子他, 日本調理科学会誌.2006,vol.40,no.6, p.420-426
- [2]湯谷智他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集.2017,7p-A411-6
- [3]Iyota H.,*et al.*, Food Science and Technology Research.2013,vol.19,no.6, p.939-946,
- [4] The data of X-Rite ColorChecker Charts,[http://xritephoto.com/documents/literature/en/ColorData-1p\\_EN.pdf](http://xritephoto.com/documents/literature/en/ColorData-1p_EN.pdf), (参照 2018-02-05)
- [5]財団法人日本色彩研究所, 色彩管理の基礎.1993, p.79
- [6]Iyota H.,*et al.*,Drying technology.2001,vol.19,no.7,p.1411-1424
- [7] 大石恭子他,日本調理学会誌.2008,vol.41,no.1,p.18-25

# タイハーブティーの水色の測定

## Colorimetry of Thai herb tea

牧野暁世 Akiyo Makino 鹿児島大学  
産学・地域共創センター

Kagoshima University  
Regional Co-creation Center for Industry  
and Society

**Keywords:** タイハーブティー, 水色, 測色, 商品開発, グローカル.

### 1. はじめに

近年, 食の多様化や健康志向を背景にしてハーブティーの関心が高まっている. ハーブティーとは, ハーブ (植物全般) を生のままあるいは乾燥させ, 湯で煎じた飲料を指す. 我が国ではこれまで幾度もハーブティーブームが起こっており (2002年: ローズヒップ, 2005年後半: デトックス対応, 2007年以降: メタボリックシンドローム予防, 2009年以降: 生姜, 2012年: マテ, 2012年以降: メディカルハーブなど), 関連企業・商品総数も年々増加傾向にあることから, ハーブティーは今後も需要の拡大が期待されている.

我が国では, 世界で数千種類あると言われているハーブティーのうち, 十分に利用されているのはごくわずかである. 一方, 同じアジア圏内にあるタイは「ハーブ先進国」とも言われており, 500種類以上ものハーブが医食同源の思想に基づき, 食材・素材として日常的に多用されている. 市場やカフェなどでも様々な色彩のハーブティーが販売されている.

ハーブティーの特徴として, 独特の風味や機能が挙げられるが, 多様な水色もその一つである. 食品の色彩が, 我々の心理に与える影響は少なくなく, そのため, 水色を活かした様々な商品開発の可能性が考えられる. 近年の売れ筋は風味や機能性に訴求した商品だが, カラーバリエーションに着目した商品はほとんど見られない. そこで, 本研究ではハーブティーの水色の色彩に注目し, それらを活用することを前提として, タイにおけるハーブティー (タイハーブティー) の水色のマンセル表色系における色相・明度・彩度を明らかにすることとした. その際, 飲用時に近い状態での測色値を明らかにするため, 視感測色を行うとともに, 視感測色の精度を検討するため, 機械測色を実施し, 両者を比較することとした.

### 2. 試料

2017年12月にタイのバンコクにおいて購入したドライハーブ 30種類から作成したタイハーブティーを各試料とした. 各ドライハーブは, *Aegle marmelos*, *Andrographis paniculata*, *Camellia sinensis*, *Carthamus tinctorius*, *Cassia angustifolia*, *Chrysanthemum indicum*, *Citrus hystrix*, *Clitoria ternatea*, *Cymbopogon citratus*, *Ginkgo biloba*, *Gynostemma pentaphyllum*, *Helicteres isora*, *Hibiscus sabdariffa*, *Jasminum*, *Kaempferia parviflora*, *Momordica charantia*, *Morus alba*, *Nelumbo nucifera* (embryo bud), *N. nucifera* (stamen), *Ocimum basilicum*, *O. tenuiflorum*, *Osmanthus fragrans*, *Oryza sativa* sp., *Pandanus boninensis*, *Phyllanthus emblica*, *Pluchea indica*, *Rhinacanthus nasutus*, *Rosa* sp., *Stevia rebaudiana*, *Zingiber officinale*, とした. 購入場所は地元スーパーマーケット, 市場, ハーブ専門店などであった. 各ドライハーブをタイガー製ミル SKR-M070-SF を用いて粉碎した. その後, 1 mm 目のふるいを通過した粉状のドライハーブ 1 g を 横 58mm×縦 70mm の不織布製のティーバッグに入れ, 熱溶着式のシーラーを用いて封入した.

### 3. 手続き

#### 3. 1. 視感測色

色観察用ブース (幅 700mm×奥行き 400mm×高さ 550mm) を制作した. ブースの材料はアルテ社のニューカラーボード (グレー) を用いた. ブースの内装色は均一で, 明度  $L^*$  が約 50 の無光沢の無彩色であった. 光源は東芝ライテック社の色比較・検査用 D65 蛍光色ランプ FL20S.D-EDL-D65 を使用した. 測色はランプ点灯後 30分以上経って出力が安定してから行った. 照度は約 1000lx であった. 色票として JIS 標準色票光沢版第 9 版 JIS Z 8721 準拠 (2141 色) を用いた. 観察者は石原式色覚検査表を用い, 色覚に異常がないことを確認した色覚正常者 1 人と



し、白衣を着用した。

測色は2018年3月24日～30日に実施した。測色の直前に、ドライハーブ封入済のティーバッグを日本茶の品評会で用いられる磁器製の審査用茶碗(直径100mm, マンセル値 N9.5)に入れ、沸騰させた pH 7 のミネラルウォーター200ml を静かに注ぎ、5分間そのまま蒸らした。その後、トングを用いてティーバッグを茶碗から引き揚げ、液が出なくなるまでティーバッグを絞る、茶碗に残った抽出液を試料とした。試料の作成後、速やかに測色した。測色には 0/45 法を用いた。試料と色票とをブース内の光源の下で見比べるため、目から約 500mm 離して同じ平面上に両者を隣接させて並置した。

比色用マスクを用い、はじめに 40 の色相チャートと比較し、最も近い色相チャートを選択した。次に、明度が変化している色票と比較した。最後に、彩度が変化している色票と比較し、色相・明度・彩度を決定した。観察者の測色精度を向上させるため、ときどき試料と色票の位置を入れ替えた。また、視感測色の性能を維持するために、観察者は適宜数分間の休憩を取った。

### 3. 2. 機械測色

コニカミノルタ社の分光測色計 CM-5 を用いた。標準光源 D65, 10°視野, 液体測定モードの条件下でマンセル表色系における色相・明度・彩度を求めた。

測色は2018年3月7日に実施した。測色の直前に、ドライハーブ封入済のティーバッグをビーカーに入れ、沸騰させた pH 7 のミネラルウォーター200ml を静かに注いだ。その後、温度を 80°C に設定したアズワン社のホットスターラー REXIM RSH-1 AN にビーカーを設置し、ビーカーに回転子を入れて抽出液を攪拌させながら5分間蒸らした(回転数: 130回/1分)。その後、トングを用いてティーバッグをビーカーから引き揚げ、液が出なくなるまでティーバッグを絞った。その後、試料を光路長 10mm のアクリルセルに入れ、速やかに測色した。それぞれ2回の反復測定を行った。

### 4. 結果

視感測色で用いた各試料(図1)と、視感測色及び機械測色による各試料のマンセル値を示す(表1)視感測色において、色相は 5R~5RP, 明度は 2~9, 彩度は 1~12 の範囲であった。機械測色において、色相は 2.7R~2.1PB, 明度は 4.1~9.8, 彩度は 0.9~9.6 の範囲であった。

視感測色と機械測色の結果を比較したところ、色相・明度・彩度のいずれも差異が見られ、明度は機械測色の方が、彩度は視感測色の方が高い傾向が示された。以下、視感測色及び機械測色に共通した主な結果を記す。マンセル表色系における R には 1 種類 (*H. sabdariffa*), Y には 9 種類 (*A. paniculata*, *G. biloba*, *G. pentaphyllum*, *H. isora*, *M. charantia*, *M. alba*, *N. nucifera* (stamen), *S. rebaudiana*, *Z. officinale*), GY には 2 種類 (*Jasminum*, *N. nucifera*), PB には 1 種類 (*C. ternatea*) の測色値が該当した。なお、G, BG, B, P を示したものはなかった。*O. sativa* sp 及び *Z. officinale* はやや白濁した。*Rosa* sp. は、沸騰させたミネラルウォーターを注いだ直後の抽出液は青色を呈していたが、5分後には別の色彩に変化し、その後は変化しなかった。

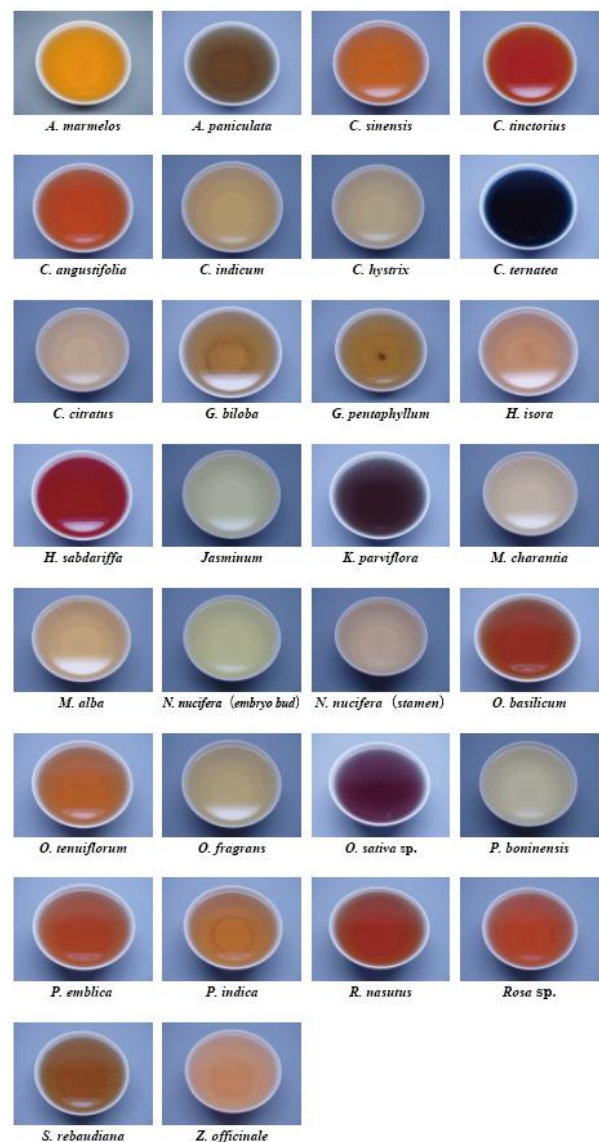


図1. 視感測色で用いた各試料



表 1. 視感測色及び機械測色による各試料のマンセル値

Herb species			視感測色	機械測色	
1	<i>Aegle marmelos</i>	Beal fruits	10YR7/10	4.5Y9.3/3.7	4.4Y9.3/3.8
2	<i>Andrographis paniculata</i>	karyat	7.5Y5/4	9.8Y8.6/4.6	9.8Y8.6/4.6
3	<i>Camellia sinensis</i>	Tea plant	10YR7/10	3.2Y9.1/4.4	3.1Y9.1/4.6
4	<i>Carthamus tinctorius</i>	Safflower	2.5YR5/12	3.3Y8.1/14.3	3.3Y8.0/12.3
5	<i>Cassia angustifolia</i>	Alexandrian Senna	5YR6/12	5.7Y9.0/6.3	5.5Y9.0/6.4
6	<i>Chrysanthemum indicum</i>	Indian chrysanthemum	7.5Y8/8	0.8GY9.6/2.5	0.9GY9.6/2.6
7	<i>Citrus hystrix</i>	Kaffier lime	7.5Y8/10	0.7GY9.6/3.4	0.7GY9.6/3.5
8	<i>Clitoria ternatea</i>	Butterfly pea	2.5PB2/1	2.1PB4.1/9.6	2.0PB4.1/9.4
9	<i>Cymbopogon citratus</i>	Lemon grass	7.5Y8/6	0.2GY9.7/1.9	0.2GY9.7/2.0
10	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	5Y9/6	6.1Y9.6/1.4	6.1Y9.6/1.4
11	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	Jiaogulan	5Y6/8	7.8Y9.0/4.1	7.7Y8.9/4.2
12	<i>Helicteres isora</i>	East-Indian screw tree	2.5Y7/8	3.6Y9.2/2.5	3.6Y9.2/2.6
13	<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Roselle	5R3/10	2.7R6.7/10.2	2.7R6.8/10.2
14	<i>Jasminum</i>	Jasmine	2.5GY9/6	2.9GY9.8/2.0	3.0GY9.8/2.1
15	<i>Kaempferia parviflora</i>	Thai Ginseng	2.5YR3/1	7.0Y8.4/0.9	6.4Y8.4/1.0
16	<i>Momordica charantia</i>	Bitter melon	5Y9/6	7.4Y9.8/0.9	7.4Y9.8/0.9
17	<i>Morus alba</i>	Mulberry	5Y8/8	8.9Y9.5/3.0	8.9Y9.4/3.1
18	<i>N. nucifera</i> (embryo bud)	Lotus embryo bud	2.5GY9/6	2.7GY9.7/3.3	2.6GY9.7/3.4
19	<i>Nelumbo nucifera</i> (stamen)	Lotus stamen	5Y9/4	7.3Y9.7/1.2	7.4Y9.6/1.2
20	<i>Ocimum basilicum</i>	Sweet basil	5YR5/8	3.9Y8.4/6.6	3.9Y8.3/6.6
21	<i>O. tenuiflorum</i>	Holy basil	7.5YR6/8	6.0Y9.0/4.8	6.0Y8.9/5.0
22	<i>Osmanthus fragrans</i>	Osmanthus	10Y8/6	1.1GY9.6/2.7	0.9GY9.5/2.7
23	<i>Oryza sativa</i> sp.	Black rice	5RP4/3	3.6R7.1/2.0	4.9R7.1/2.0
24	<i>Pandanus boninensis</i>	Pandanus	7.5Y9/4	1.5GY9.7/1.5	1.5GY9.7/1.5
25	<i>Phyllanthus emblica</i>	Phyllanthus emblica	5YR5/8	4.1Y9.1/3.3	4.1Y9.1/3/3
26	<i>Pluchea indica</i>	Pluchea indica green tea	10YR7/8	7.4Y9.2/4.6	7.5Y9.1/4.7
27	<i>Rhinacanthus nasutus</i>	Rhinacanthus nasutus	5YR5/10	3.2Y8.5/5.7	3.3Y8.4/5.8
28	<i>Rosa</i> sp.	Wild rose	5YR6/10	3.0Y9.0/3.6	2.9Y9.0/3.7
29	<i>Stevia rebaudiana</i>	Stevia	5Y6/6	8.6Y9.0/5.7	8.6Y9.0/5.8
30	<i>Zingiber officinale</i>	Ginger	2.5Y8/6	3.0Y9.0/3.0	2.9Y9.0/3.1

## 5. 考察

各試料は R, Y, GY, PB など多様な色相を示したが、この要因として特定の成分による影響が考えられる。R を示した *H. sabdariffa* や視感測色で RP, 機械測色で R を示した *O. sativa* sp. はアントシアニン系色素が影響していると考えられる。視感測色で YR, 機械測色で Y を示した *O. basilicum* や *Rosa* sp. はタンニンが影響していると考えられる。Y を示したのは9種類だったが、*G. biloba* はフラボノイド, *M. alba* はクロロフィルなど、複数の成分が色彩に影響していると考えられる。視感測色及び機械測色で PB を示した *C. ternatea* は、アントシアニン系色素が影響していると考えられる。*O. sativa* sp. や *Z. officinale* の白濁は、デンプンによるものだと考えられる。こ

れらのことから、色彩値の理解には試料に含有されている成分の把握が重要であると考えられる。

視感測色と機械測色における色相・明度・彩度の差異について、機械測色では分光測色計の仕様上、試料の容量や容器などが指定されるため、色彩値全般の差異は想定内であった。しかし、差異の程度にばらつきがあったことから、試料及び手続きについて問題点があったと考えられる。試料は天然素材であり、品質の制御が困難であった。視感測色と機械測色とでは、異なる試料作成方法を実施した。とくに、視感測色の際、試料の抽出は手作業で、抽出時間に水温管理をしなかったのに対し、機械測色の際、抽出は機材を用い、抽出時間に 80℃での水温管理を行った。また、視感測色では観察者1人による各1回の実施に留まった。

このような試料及び手続きの違いにより、視感測色と機械測色における色相・明度・彩度の差異が発生したと考えられる。

## 6. 今後の展開

今後は、タイハーブティーの色彩値のさらなる把握と、色彩、風味、心理などの側面から検討を行いたい。

測色の精度を向上させるため、抽出条件など手続きを統制するとともに、数の観察者及び測色回数を実施するなどの検討が必要である。合わせて、照明などの違いによる色の見えの変化や、試料に含有されている成分の把握などを行いたい。

色彩の側面から、*C. ternatea* の活用について検討を進めたい。今回の結果では、*C. ternatea* はPBを示したが、他のハーブティーとブレンド（混色）することで、様々な色彩を表現できる（図2）。さらに、*C. ternatea* に含有されているアントシアニン系色素は、pHによって分子の構造が変化し、酸性だと赤色に、中性だと紫に、アルカリ性だと緑色に見える。そのため、レモン汁などの酸を加えるとピンクへ変化して見える特徴がある。今後は、水色を活かした様々な商品開発のキーとなりうる*C. ternatea* と他ハーブティーとの関係について検討したい。

風味の側面から、タイハーブティーの単独及びブレンドによる測定を行いたい。タイハーブティーは、独特の風味を有するものや、苦みが強く、単独では飲みづらいものがある。しかし、数種類のハーブをブレンドすることにより、風味が向上し、嗜好性が高まるといった報告もある。

心理の側面から、人々に好まれるタイハーブティーの把握を行いたい。本研究結果では、試料はG, BG, B, Pを示さなかった。特定の色相が飲料として、馴染みがない、あるいは相応しくないと人々に感じられる可能性がある。色彩と風味との関係性も踏まえ、タイハーブティーに関する心理学的検討なども行いたい。

ハーブなどの健康食品によるグローバル展開が広がるのも近いという見解がある。タイハーブとして、我が国ではパクチー (*Coriandrum sativum*) がよく知られているが、「パクチー茶」はバンコクで見かけなかった。同様に、我が国では「米茶」の飲用習慣は一般的とは言えない。地域の資源に基づき、多地域での展開可能性を提案をすることにより、グローバルな切り口の商品開発が目指せるのではないかと思う。

本研究の先に、地域独自の色彩を活用した持続可能な地域づくりがあることを望む。



図2. *C. ternatea* の活用例

## 謝辞

調査に協力いただいた Sukhothai Thammathirat Open University の J. Buddeejeen 先生、技術指導いただいた鹿児島県 大隅加工技術研究センターに感謝する。

## 参考文献

- 1) 味澤ペンシー, ヴィチアン・リアムテッド, ナルナート・スクサワン. タイ料理大全. 誠文堂新光社. 2018.
- 2) 久保田悦郎, 原利男, 中川致之. 茶の色の測定と品質評価への応用. 日本食品工業学会誌. 1975, 第22巻, 第5号, p222-227.
- 3) 小松原仁. 視感測色の実際. 日本色彩学会誌. 2015, vol.39, no.1, p30-34.
- 4) 酒井英樹. 食品の色を測る. 日本色彩学会誌. 2015, vol.39, no.6, p239-245.
- 5) 佐々木薫. ハーブティー事典. 池田書店. 2007.
- 6) 佐々木薫. はじめてのハーブティーの教科書. PHP 研究所. 2015.
- 7) 佐藤幸子, 桑野恵理子, 中條祥子. ブレンドによるフレッシュハーブティーの風味の変化. 実践女子大学 生活科学学部紀要. 2017, 第54号, p45-50.
- 8) 鈴木卓治. 測色事始. 日本色彩学会誌. 2014, vol.38, no.2, p65-70.
- 9) 戦略企画. 無糖系飲料・飲料茶大全 2007-2016. 2015.
- 10) 照井敬子. 日本の健康食品にみるグローバル展開の可能性. 地域デザイン No.6. 2015, p165-179.
- 11) 日本規格協会. JIS Z 8723 : 2000 表面色の視感比較方法.
- 12) AHPA (米国ハーブ製品協会) 編著. メディカルハーブ安全性ハンドブック第2版. 東京堂出版. 2016.

# RICE COLOR PREFERRED BY THAI ELDERLY PEOPLE

Supannika Yongsue

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

Chanprapha Phuangsuan

Color Research Center, Faculty of Mass Comm. Tech.,  
RMUTT, Thailand

**Keywords:** Color of rice, Color preference, Elderly, Herb, Thai people.

## 1. Introduction

The definition of elderly in Thailand is a person whose age start from 60-year-old. The word of aged society means the country that has the elderly people more than 10 percent. The next step is complete-aged society (elderly people more than 20 percent) then super-aged society (more than 28 percent) final then aging society means the population of elderly increasing continuous. United Nations: 2016, reported that the population of Thai people in 2016 was around 68,147,000 people and elderly people was about 16.5 percent. So, our country was in the state of aged society.<sup>1)</sup> Siam-Rat: (2018), reported the percentage of elderly people in Thailand is increased to 20 percent.<sup>2)</sup> Now we are in the state of complete-aged society. The prediction of age population predicted that in 2019 the number of elderly will more than young people as shown on the Fig. 1.

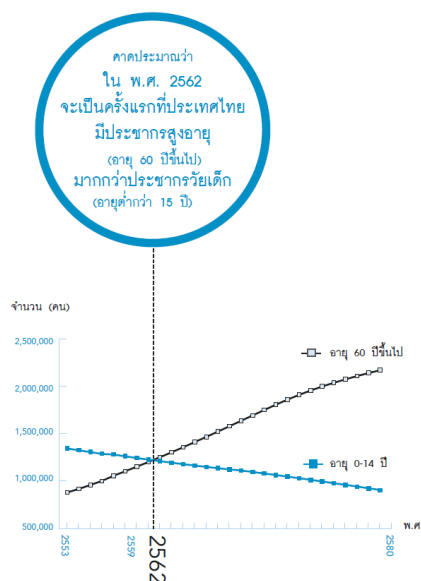


Figure 1 The prediction of elderly people in Thailand in 2019.

One problem comes when aging that is health problem. The loss of appetite of elderly people is normally occurred. This research aimed to investigate the color of rice the elderly people prefer. Our hypothesis was that color of rice change can give more appetite to elderly. We made the color of rice by Thai herb.

## 2. Experiment

Four colors dyes from Anchan (Blue), Bi-Tery (Green), Ka-jeab (Red) and Curmin (yellow) as shown in Fig 2. In the figure 3 showed rice after staining.

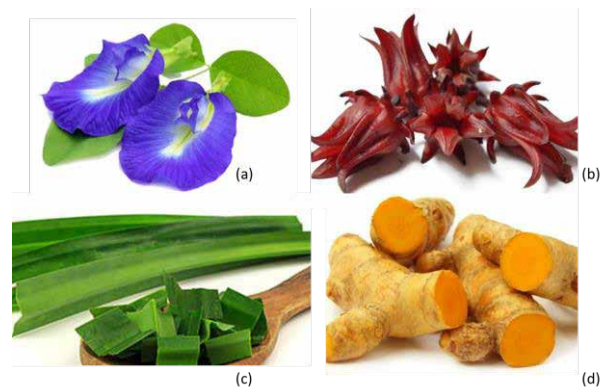


Figure 2 (a) Anchan, (b) Ka-jeab, (c) Bi-tery, (d) Curmin.

The color of rice mearing by Konica Minolta CS-100A shown in Fig. 4. The circle symbols represented color of real rice and x symbols were color on pictures measuring on display (ipad). We controlled color of picture similarly to the color of real rice.

The online questionnaire was made with ten adjectives, 1) innovative, 2) notably, 3) attractive, 4) clean, 5) beautiful, 6) safe, 7) healthy, 8) more appetite, 9) stimulated, 10) interest. An example of

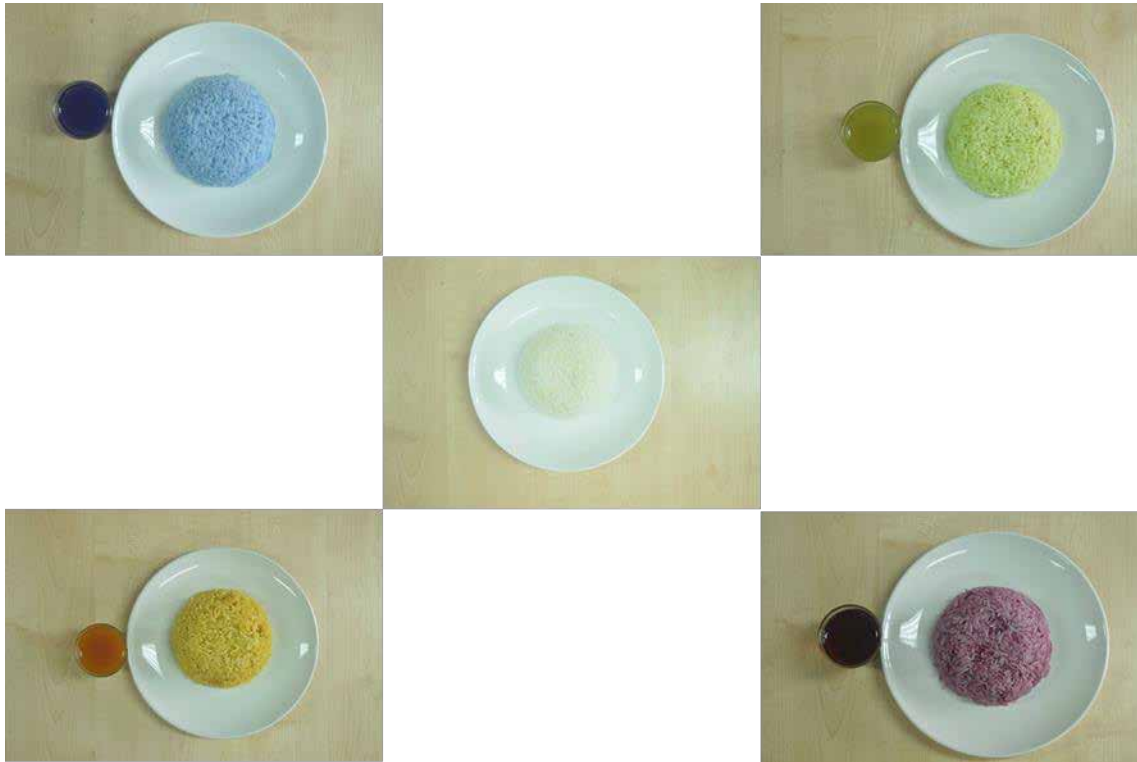


Figure 3 Color of rice after staining.

the questionnaire showed in Fig. 5. The subjects must have age 60-year-old up. Thirty-three elderlies participated in the experiment.

Figure 3 Color of rice after staining.

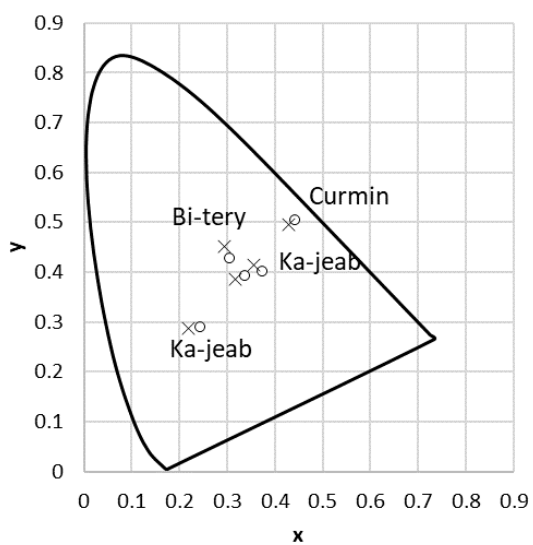


Figure 4 Color of rice in xy chromaticity diagram.

แบบสอบถาม \*

	ไม่พอใจอย่างยิ่ง (-1)	ไม่พอใจ (-0.5)	เฉยๆ (0)	พอใจ (0.5)	พอใจเป็นอย่างยิ่ง (1)
แปลกใหม่	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
สะดุดตา	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ดึงดูดสายตา	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
สะอาด	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
สวยงาม	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ปลอดภัย	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
เพื่อสุขภาพ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
กระตุ้นความอยากอาหาร	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
น่ารับประทาน	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
น่าสนใจ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 5 An example of questionnaire online.



### 3. Results and Discussion

The classification of elderly gender was female 20-person and male 13-person. Those subjects have known about the herb that is used to stain rice as well. The overall preference color of rice result showed high frequency at green and yellow with equal 24 person, blue 23 person, white 20 person and red 10 person respectively.

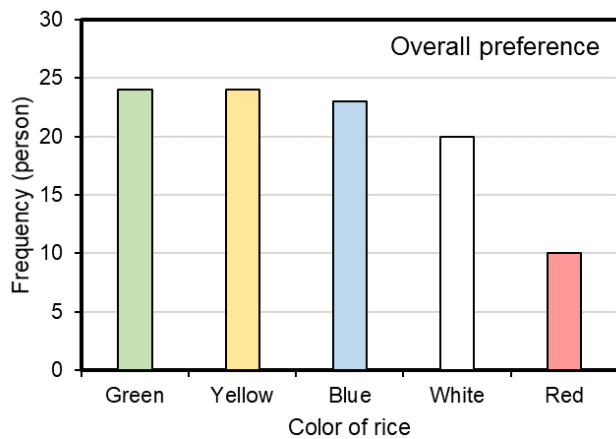


Figure 6 The overall preference of rice in 5 colors.

For green rice, the high score for adjective was healthy, clean and beautiful respectively. Subjects commented for the most prefer to green because they do familiar with this herb and its common using for cooking food and dessert for Thai

people. The yellow rice preference was same as green rice probably the yellow color from curmin is also the common used in Thai food namely "Karw-Mong-Kai". The comment was feeling eatable, healthy, more appetite, stimulated. About blue rice, showed the second preference. Anchan flower is well-known herb for tea and dessert. And it showed high score of adjective at innovative, notably, and attractive. Red rice showed low preference score than other color, green, yellow, blue, and white. Subject gave low frequency for each adjective. Also, they commented "not healthy, danger" but if red Ka-jerb for the juice for drink is acceptable.

This result implied that to stain color to rice made feeling attractive beautiful and healthy because color dye was from herb. To make color to rice beside white is good sometime for a change but not for everyday.

#### References

- 1) S. Unakoon: The situation of the Thai elderly in 2016, (2016).
- 2) Siamrath: In 2018 Thailand becomes complete-aged society, (2018), online: <https://siamrath.co.th>.

# Indicator Ink Checkable for Security Printing and Packaging Application

Surachai Khankaew

Department of Digital Printing and Packaging Technology, Faculty of Mass Communication Technology,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT), Thailand

Chanprapha Phuangsuan

Department of Digital Printing and Packaging Technology and Color Research Center (CRC), Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT), Thailand

**Keywords:** Indicator ink, Security printing, Intelligent packaging, Counterfeiting, Anthraquinone

## 1. Introduction

Nowadays, owing to the increase of globalization through online shopping and trading, the amount of counterfeited products and goods have steeply raised. Annually, the costs governments and private industries have spent more than billions of dollars due to the loss of value in other fake printed items. Especially, the luxury and high-valued products (HVP) were counterfeited [1]. As revealed in the CBS News on May 4<sup>th</sup>, 2012, many websites in the U.S. that advertised and sold fake sportswear were shut down by the U.S. Justice Department [2]. According to the report of the International Chamber of Commerce (ICC), Counterfeiting Intelligence Bureau (2009) revealed that counterfeiting HVP is a byproduct of the growing global dynamic markets and supply chain [3].

Li (2013) reported that the technology designed for anti-counterfeiting was trace and track technology (i.e. Radio Frequency Identification (RFID), Evolved Packet Core (EPC) and barcode) and authentication technology (i.e. overt and covert technology) [4]. Printing technology with special ink is a subset of covert technology which is one of the effectiveness anti-counterfeiting technology to combat with fake products. It is very convenient for retailer, seller and consumer in order to act as security label or packaging of the HVP such as primary packaging of drug and cosmetic, as well as tobacco and alcohol [5].

Galagan and Su (2009) have developed fadable ink for time-temperature dependent which was

consisted of anthraquinone  $\beta$ -sulfonate as a derivative redox dye and could be printed by screen printing. These ink are easily reduced by alkaline medium from beige to red color, and it is very convenient to monitor freshness of food product [6].

In this study, we demonstrated indicator ink which is checkable by exposing to mild UVA-light, and versatile as UV sensory ink for sunburn indicator ink. Anthraquinone-2-sulfonate (AQS) is an attractive dye since it illustrates a beige color [7] and also reveals to be colorless ink when preparing as checkable indicator ink (*Cii*). The developed *Cii* films will be novel covert technology that is an effectiveness and convenient visual tool for anti-counterfeiting technology in a category of security printing and packaging technology.

## 2. Experiments

### 2.1 Materials

Titanium (IV) oxide ( $\text{TiO}_2$ ), sodium anthraquinone-2-sulfonate (AQS), and glycerol ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ) were used as a photocatalyst, redox dye and sacrificial electron donor, respectively, which were purchased from Sigma Aldrich. Transparent extender for screen ink (Chaiyaboon Brothers<sup>TM</sup>, Thailand) was used as an encapsulated binder. All chemical reagents were used without any purification.

### 2.2 Preparation of *Cii*

The *Cii* was prepared as follows, 50 mg of  $\text{TiO}_2$ , 100 mg of glycerol and varied of 10, 30 and 50 mg of AQS, followed by 2.0 g of deionized water. All were mixed together using magnetic stirrer for 15 min. After that, the solution was sonicated from an ultrasound bath for 20 min with various dispersed and dissolved components. Finally, the solution was added of 8 g of transparent extender (Chiyaboon

Brathors™) and stirred for at least 15 min before use..

## 2.2 UVA-sensitivity measurement of checkable indicator solution and Cii

A checkable indicator solution that was suspended in a quartz cuvette and sealed top with plastic prevented an ingress of oxygen by dipping into a hot sealing wax.

A Cii was coated on a borosilicate glass (0.5 mm thickness) using a 4-side applicator (BYK Gardner) with a thickness of 60 μm and coated by a 3M clear tape to set as an oxygen free condition.

The color response of Cii was carried out by an UVA light (2.50 mW cm<sup>-2</sup>) of a 352 nm, UVA-light source (XX-15BLB, 15 watt, UK). The absorbance spectra were measured and recorded before and after UVA light photoactivation by using a visible spectrophotometer (Model CM7300A, Konica Minolta, Japan) under the lab temperature. Subsequently, the step of exposure time intervals of 0.5, 1, or 2 min was recorded until the total different color (TCD or ΔE\*) did not significantly change.

For the total color measurement, the plot was demonstrated, and the total color difference (TCD) or the change in delta E (ΔE\*) was expressed as follows:

$$TCD = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Where ΔL\* is the brightness difference between initiation (L\*1) and each time interval (L\*2), Δa\* is the redness-greenness difference between initiation (a\*1) and each time interval (a\*1), and Δb\* is the yellowness–blueness difference between initiation (b\*1) and each time interval (b\*1).

## 2.3 Color recovery measurement of Cii

According to the previous study of Khan-kaew et al (2017), the color recovery of oxygen indicator can be returned to its original color when reacted to oxygen and accelerated by temperature which depended on many factors. For the color recovery test of Cii, the activated time was selected from a maximum TCD value in photoactivation step. After irradiated under the same condition as photoactivation, Cii was immediately opened to expose with oxygen in the atmosphere (20.9% oxygen and

60% RH). The color recovery of this Cii was recorded in L\*, a\*, and b\* color mode, and also reported the recovery time used TCD value.

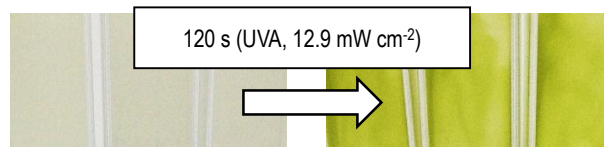
## 2.4 Characterization of Cii

A scanning electron microscope (SEM, JSM-5600LV, JEOL, Japan) was used to investigate the morphology of TiO<sub>2</sub> nanoparticle and Cii.

## 3. Results and Discussions

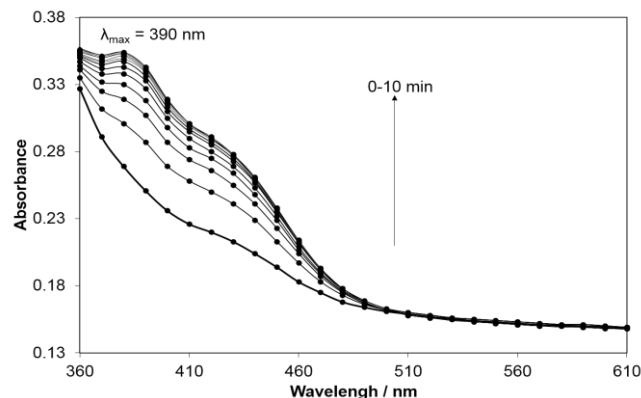
### 3.1 UVA-light activation process and color response of Cii

Based on the reductive photocatalysis material theory, the SC (i.e. TiO<sub>2</sub>) was irradiated and absorbed the energy from UV-light which energy was equal to or greater than the bandgap energy, E<sub>bg</sub>, of the SC. The photogenerated electrons and holes reach the surface of SC and react to the SED and redox dye, respectively. This checkable indicator solution which was prepared without an encapsulated polymer immediately changed color from colorless to green-yellow solution when irradiated to the UVA-light (2.50 mW cm<sup>-2</sup>), **Fig. 1**.



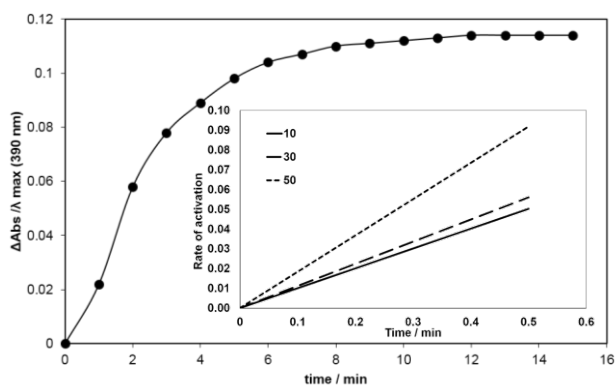
**Fig. 1** Checkable indicator solution was changed from colorless to green-yellow by irradiated with UVA-light for 120 s

This reaction is based on the theory of anthraquinone derivative dye that the dye was a 2-electron and a 2-proton transfer, i.e. the quinone forms to hydroquinone, and revealed a maximum peak (λ<sub>max</sub>) at 390 nm (**Fig. 2**).



**Fig. 2** change in absorption spectra (Ex. of A10) of Cii when irradiated under UVA-light for 10 min, the λ<sub>max</sub> appeared at 390 nm

The *Cii* was firstly developed by using a commercial encapsulated polymer which is easily prepared and can be applied for a screen printing technique. Depended on the UVA-exposure, the *Cii* color continuously changed from white-beige to yellowish, **Fig. 3**. The activation time was depended on many factors such as activation light intensity, thickness of ink film, encapsulated polymer, and main components (i.e. redox dye, SC, and SED) [9]. In this case, the UVA-light intensity, ink film thickness and encapsulated polymer were fixed of  $2.50 \text{ mW cm}^{-2}$ ,  $60 \mu\text{m}$  (wet film thickness), and a commercial binder (i.e. transparent extender) respectively. Hence, the activation time and initial rate of activation step were depended upon the concentration of AQS redox dye that were 10, 30, and 50 mg, respectively, as shown in **Fig. 3** (inset).



**Fig. 3** Increasing of Abs unit (Ex. of A10) and initial rates of activation step

### 3.2 $T_{90}$ , total color difference (TCD) and recovery time of *Cii*

The results of  $T_{90}$  was referred to an activation time which the yellow color of 90% was appeared. The  $T_{90}$  was decreased when the AQS concentration decreased. Meanwhile, the recovery time and  $\Delta E^*$  were increased depending upon the increase of AQS concentration, **Table 1**. These have also revealed in many studies that the concentration of main components was dependence which the electron was involved by UVA-light and SC as well as SED associated with the redox dye molecules.

For counterfeiting applications, the *Cii* can be used as security printing ink activating or checking identity of the product by exposing to the UVA-light.

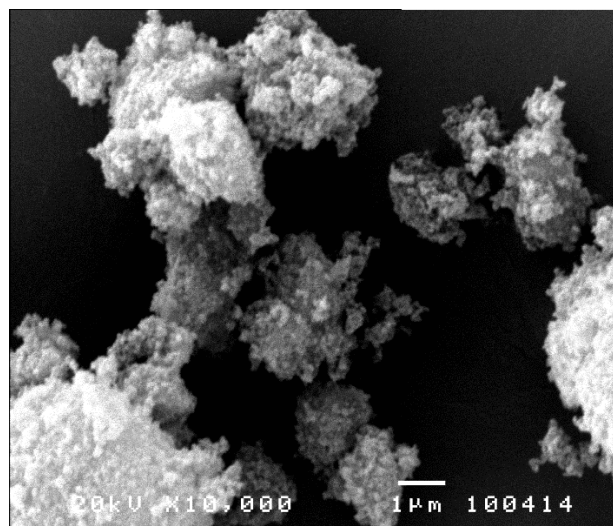
**Table 1** A table of 90% color response ( $T_{90}$ ), recovery time ( $T_R$ ), initial rate of TCD (Ri) and maximum total color different ( $TCD_{max}$ ) of *Cii*

Sample	$T_{90}$ / min	$T_R$ / h.	Ri	$TCD_{max}$
A10	4	1.50	0.1004	5.98
A30	6	4.00	0.1120	6.43
A50	10.5	6.50	0.1837	6.75

Moreover, when the checking process was done, the activated yellow color of *Cii* could be recovered to its original colorless (white-beige) color again depended on the oxygen in the atmosphere. The recovery time of this *Cii* was confirmed by placing the *Cii* on the lab condition which was 20.9 % oxygen and 60% RH. The results in **Table 1** revealed that the recovery time of A10, A30 and A50 were 1.50, 4.00 and 6.50 respectively. The results also confirmed that the recovery time depended upon the concentration of the AQS concentrations.

### 3.3 Characterizations of the *Cii*

The *Cii* which was coated on a borosilica glass by a 4-side applicator was characterized on the morphology of the SC (i.e.  $\text{TiO}_2$ ) particle by SEM. The results in Fig. 4 revealed that the SC was in irregular shape and aggregated form composing of many individual particles with an average size of 1-10  $\mu\text{m}$  while the individual size of SC particle was approximately 50-100 nm. These were resulted in the rough surface of the dried-ink film thickness of the *Cii*.





#### Fig. 4 SEM of the Cii

Although the use of *Cii* requires a UVA-light for checking the counterfeit material, the referred UVA-light is not too high in intensity (2.50 mWcm<sup>-2</sup>) and this can be applied with a low UVA-light intensity; however, it will change in color with long activation time. This novel *Cii* material can be applied to many products which are frequently counterfeited such as drug, cosmetic and alcohol as well as luxury products with commercial printing systems (e.g. screen, letter press, pad and inkjet).

#### 4. Conclusion

This novel checkable indicator ink (*Cii*) is comprised of semiconductor (SC) photocatalyst, a redox dye (AQS) and a sacrificial electron donor (SED), and an encapsulated polymer medium was served as a binder. Regarding an exposure to the UVA-light, the original beige indicator ink label is readily photoproduced from colorless (leuco-AQS) to yellowed color (AQS). This indicator ink could be recovered to its original color when it was placed under the room atmosphere for 3 to 6 hrs. The potential uses in terms of security printing and packaging applications for counterfeited products are recommended.

#### 5. Acknowledgements

This research was financially supported by the 2018 income funding of the Faculty of Mass Communication Technology, RMUTT, (supporting fund) which is acknowledged. We also would like to kindly thank Mr. Ravee Exchatree and Mr. Rittirong Sirisuk for long-term beneficially helped this research.

#### References

- 1) Meruga, J. M., Cross, W. M., May, P. S., Luu, Q., Crawford, G. A., and Kellar, J. J. Security printing of covert quick response codes using upconverting nanoparticle inks. *Nanotechnology* 23 (2012): doi: 10.1088/0957-4484/23/39/395201.
- 2) The battle against counterfeit goods in the U.S. Retrieved Oct 7, 2017: <https://www.cbsnews.com/video/the-battle-against-counterfeit-goods-in-the-us/>
- 3) U.S. Customs and Border Protection. Intellectual property rights-Seizure statistics. Washington, DC (2009): Department of Homeland Security.

4) Li, L. Technology designed to combat fakes in the global supply chain. *Business Horizons* 56 (2013): 167-177.

5) BCC Research. Anti-counterfeiting packaging technologies in the global pharmaceutical and food industries. Retrieved Oct 7, 2017: <https://www.bccresearch.com/market-research/food-and-bever-ge/anti-counterfeiting-packaging-food-fod042b.html>

6) Galagan, Y. and W.-F. Su. Fadable ink for time-temperature control of food freshness: Novel new time-temperature indicator. *Food Research International* 41 (2008): 653-657.

7) Green, F.J. *The Sigma-Aldrich Handbook of Stains, Dyes and Indicators*. Aldrich Chemical Company, Wisconsin (1991), USA.

8) Khankaew, S., A. Mills, D. Yusufu, N. Wells, S. Hofgen, W. Boonsupthip and P. Suppakul. Multifunctional anthraquinone-based sensors: UV, O<sub>2</sub> and time. *Sensors and Actuator B Chemical* 238 (2017): 76-82.

9) Mills, A. and Hazafy, D. Nanocrystalline SnO<sub>2</sub>-based, UVB-activated colorimetric oxygen indicator. *Sensors and Actuator B Chemical* 136 (2009): 344-349.

# Effects of UVA-light on Color Transition of Anthocyanin and Curcumin Dyes and Possible Application of Light-Activated Oxygen Indicator in Food Package

Kanpicha Suwannawatnamatee  
Surachai Khankaew  
Chanprapha Phuangsuan

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, RMUTT  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, RMUTT  
Color Research Center, RMUTT

**Keywords** Oxygen Indicator, Intelligent Packaging, Naturals Dyes

## 1. Introduction

Active and intelligent packaging is novel food packaging technology which is rapidly increasing in this century. The active packaging (AP) is packaging material that can protect the quality or safety of the products such as ethylene absorber or inhibitor, modified atmosphere packaging (MAP) and oxygen absorber. Meanwhile, the intelligent packaging (IP) that has a function to monitor or track the change of external or internal environment of packages and communicate positions of products to customers such as ripeness indicator (RI), ready to serve indicator (RSI), food spoilage indicator (FSI), time temperature indicator (TTI) and oxygen indicator (OI).

OI is a tool for checking or monitoring the oxygen sensitive food which was packed by the use of either vacuum packaging (VP), MAP or gas flushed packaging (GFP). Depended on the oxygen gas inside the packaging which can be ingressed through the package material or increased when it was incomplete of sealing or leakage due to transportation or distribution processes, the OI normally changes its color from its originality to the second color in order to warn of quality and safety of the products to customers.

Lawrie et al. (2013) have developed the methylene blue (MB) based OI which was comprised of the colloidal semiconductor photocatalyst. The MB-OI could be printed with ink-jet printing system on plastic substrate and could change its color from blue to colorless when irradiated with UVA-light.

Anthocyanin is water-solution pigment arranged flavonoids. The color of anthocyanin can be changed by pH conditions. Normally, plants which are blue, purple, pink and red color can be found anthocyanin in vacuole. Anthocyanin can naturally apply as a dye and additive for food and beverage industry. Curcumin and curcuminoid are natural dye that can be found in the root such turmeric. Curcumin is a polyphenol substance which appears yellow and orange colors.

This research investigated the effects of UVA-light on the color transition of anthocyanin and curcumin which were used as dyes and possibly applied as either an OI or other indicators for food indicator application.

## 2. Materials and methods

### 2.1 Materials.

Red cabbage and turmeric were used as colorants extracted an anthocyanin and curcumin, respectively. Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) and Glycerol were used as a semiconductor (SC) and a sacrificial electron donor (SED), respectively, that were purchased from Sigma-Aldrich (USA). Methyl cellulose (MC, Methocel, Dow Chemical) solution (10% w/v), was served as a binder which was prepared by dissolving MC powder in distill water.

### 2.2 Preparation of anthocyanin and curcumin-based oxygen indicator solutions

The dye solution (i.e. anthocyanin and curcumin) was prepared by extraction from dried natural

powder (i.e. red cabbage and turmeric) with deionized water for 10% w/v, and then boiled under 60-70 °C for 20 min followed by filtration of a piece of fabric for 2 times.

In order to prepare the oxygen indicator, 1.0 g of 10% w/v natural dye was added into the beaker and mixed with SC (TiO<sub>2</sub>) and SED (glycerol) using a magnetic stirrer for 15 min. After that, the solution was then added 10 mg of 10% w/v MC solution and mixed with a magnetic stirrer for 10 min. The mixture was poured on a Petridis (Ø 100 mm). The solution was leave to dry at the ambient temperature of approximately 25 – 27 °C for 24 h, and later it was peeled out and cut into 2 x 2 cm square. The film was then UV irradiated with a 774 mJ.min cm<sup>-2</sup> at a 10-cm distance between the sample and the UV lamp.

### 2.3 SC and SED concentrations studies

Anthocyanin and curcumin based oxygen indicator films were formed according to the method described in 2.2. In addition, the SC and SED were varied in concentrations of 30:750, 30:1000, 30:1500, 50:750, 50:1000, 50:1500, 70:750, 70:1000, and 70:1500. The film was studied on the UV irradiation step for 60 min. During the irradiation, the sample was taken out to measure the change of its color for 0, 15, 30, 60, 120, 240, 480, 960, 1920, and 3600 seconds.

### 2.4 Color transition measurement

Spectrodensitometer was used for measuring L\*, a\* and b\* of indicator film under CIE Lab during the UV irradiation step. The L\*, a\* and b\* values were obtained from the value used for the calculation of total color difference (ΔE) used the following equation

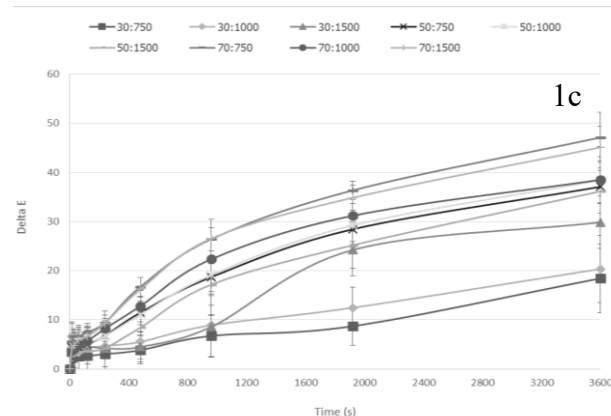
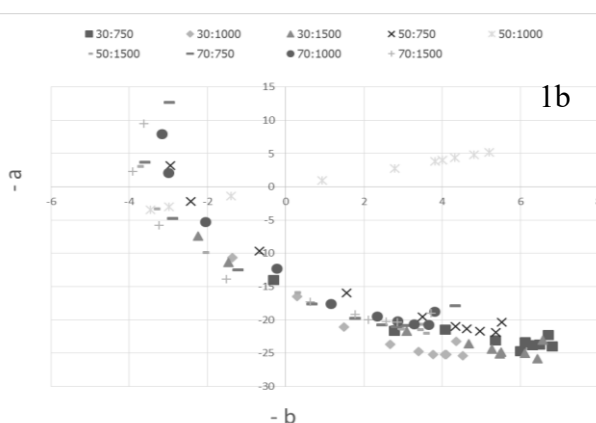
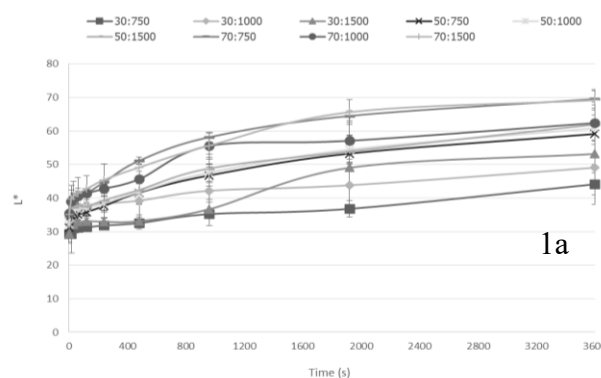
$$\Delta E = ((L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2)^{1/2}$$

## 3. Results

### 3.1 Effect of SC and SED concentrations on anthocyanin-based indicator film

From the results, the oxygen indicator, which prepared from red cabbage extract and SC:SED ratio of 70:750 and 70:1000, appeared in purple color while others recipes revealed brown color.

When they were irradiated to the UV light, the indicator color was increased in L\* value with an activation time average of 960 s, which meaning to lighter. The indicator film was the highest at this activation time and close to a steady state, i.e. the color was significantly stable despite increase of time activation. However, the indicator film that SC:SED ratio of 50:1000 revealed a highest in L\* when compared with other (Figure 1a).



**Figure 1** change in L\* (1a), a\*, b\* (1b) and color difference (ΔE) (1c) of film concentration SC (titanium dioxide) SED (glycerol) 30:750, 30:1000, 30:1500, 50:750, 50:1000, 50:1500, 70:750, 70:1000 and 70:1500 w/v upon UV irradiation of red cabbage

The decrease of  $a^*$  and increase of  $b^*$  values of the indicator film from red cabbage extract (i.e. anthocyanin) revealed the change of indicator color from blue-purple to light-blue. These may depend on the exposure time of UV-light. Anthocyanin-based indicator films with the SC:SED ratios of 70:750, 70:1000 and 70:1500 obviously appeared high  $\Delta E$ , as shown in **Figure 1b**.

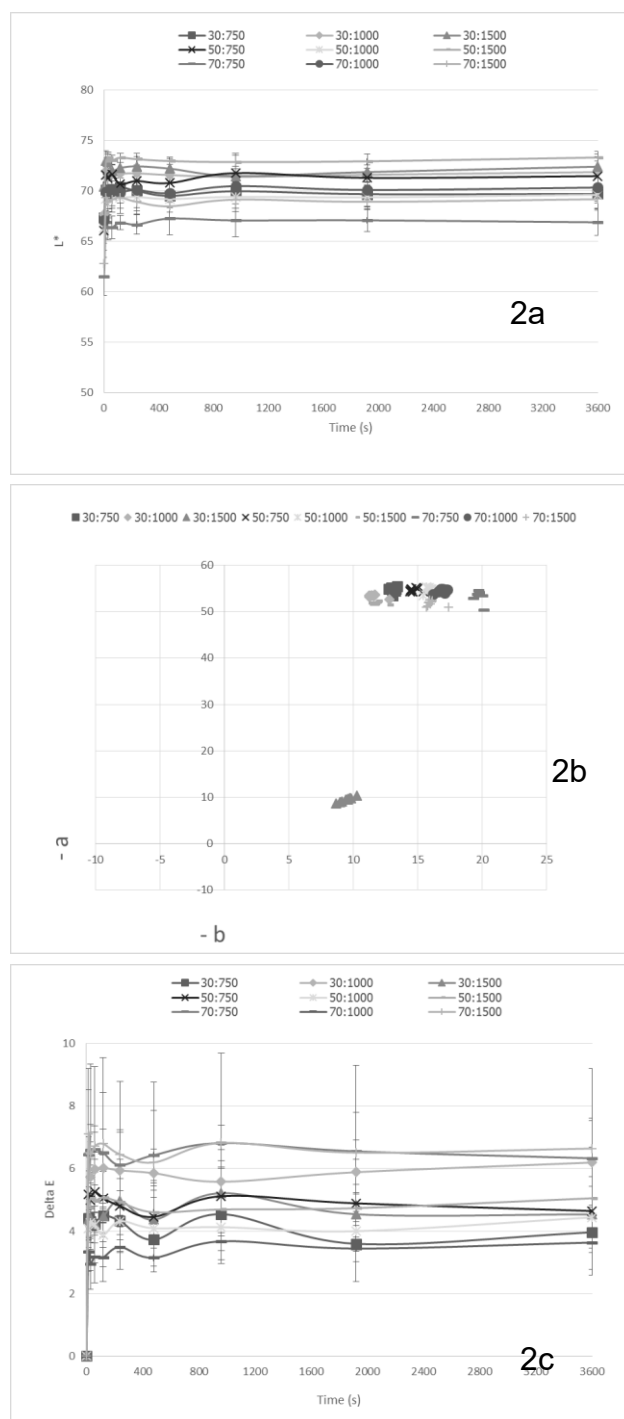
The total color difference ( $\Delta E$ ) value in all cases of anthocyanin-based indicator films was increased because of the activation time. The highest  $\Delta E$  value was the SC:SED ratio of 50:1500 and 70:750. The  $\Delta E$  value of all samples tended to increase when the irradiation time increased (>3600 s), **Figure 1c**.

### 3.2 Effects of SC and SED concentrations on curcumin-based indicator film

The curcumin-based indicator film was originally yellow color and darker owing to the increase of dye concentration. Conversely, this curcumin-based indicator film did not clearly reveal in the color transition since it slowly rose in  $L^*$  value and reached to the highest of  $L^*$  value at the 15 s activation time (**Figure 2a**). Meanwhile, the  $a^*$  and  $b^*$  as well as  $\Delta E$  value of curcumin-based indicator film also revealed a slight change of the values and appeared yellow. The highest  $\Delta E$  value showed the SC:SED ratio of 70:1500 when compared to other curcumin-based indicator samples (**Figure 2b and 2c**).

## 4. Conclusion

These natural-based indicator films used extracted-anthocyanin and curcumin from red cabbage and turmeric, respectively. The indicator films were consisted of the extracted-natural dye, SC ( $\text{TiO}_2$ ), SED (glycerol) and MC. The highest  $\Delta E$  value that illustrated a different color film in this research was a anthocyanin-based indicator film with SC:SED ratio of 50:1500. In the meantime, the curcumin-based indicator film in all samples did not significantly appear in the  $\Delta E$  value. However, these results were based on theories which can be further studied on the novel natural dye-based temperature indicator.



**Figure 2** Changes in  $L^*$  (2a),  $a^*$ ,  $b^*$  (2b) and color difference ( $\Delta E$ ) (2c) of film concentration SC (titanium dioxide) SED (glycerol) 30:750, 30:1000, 30:1500, 50:750, 50:1000, 50:1500, 70:750, 70:1000 and 70:1500 w/v upon UV irradiation of curcumin-based indicator film.

## References

- 1) Young Woo Park, Seong Min Kim, Jae Young Lee & Wonhee Jang, Application of biosensors in smart packaging, *Mol Cell Toxicol* (2015) 11:277-285.



- 2) Surachai Khankaew, Waraporn Boonsupthip, Chanassa Nandhivajrin, Chiravoot Pechyen and Panuwat Suppakul, Effect of Nano-Semiconductors and Sacrificial Electron Donors on Color Transition of a Novel UV – Activated Bio-Oxygen Indicator, 19<sup>th</sup> IAPRI World Conference on Packaging Victoria University Melbourne 15-18 June 2014, pp. 88-97.
- 3) Katherine Lawrie, Andrew Mills, David Hazafy, Simple inkjet-printed, UV-activated oxygen indicator, Sensors and Actuators B 176 (2013) 1154– 1159
- 4) Andrew Mills, David Hazafy, Katherine Lawrie , Novel photocatalyst-based colourimetric indicator for oxygen, Catalysis Today 161 (2011) 59–63
- 5) Andrew Mills, 2005, “Oxygen indicator and intelligent ink for packaging food”, The Royal Society of Chemistry, Vol. 34, pp. 1003-1011.
- 6) M.Smolander, E. Hurme and R. Ahvenainen,1997, “leak indicators for modified-atmosphere packages”, Trends in Science & Technology, Vol. 8, pp. 101-106.
- 7) Guelph Foog, 2007, Technology Center Technology Information, p. 367.
- 8) J.R.Fried, Prentice Hall PTR , 1995, Polymer Science and Technology, USA. p. 223.
- 9) Yulia Galagan, Sheng-Hoa Hsu and Wei-Fang Su, 2010, Monitoring time and temperature by methylene blue containing polyacrylate film, Sensor and Actuators, pp. 49-52.
- 10) Yulia Galagan and Wei-Fang Su, 2008, “Reversible photoreduction of methylene blue in acrylate media containing benzyl dimethyl ketal”, Journal of Photochemistry and Photobiology, pp. 378-383.
- 11) Panuwat Suppakul, 2552, Active and Intelligent Packaging Technology
- 12) Department of science service, 2553, Anthocyanin, pp 2-4

# A Broken Color Additivity Rule of Human Color Vision

## (人間の色覚の時間領域相加性が壊れている)

施霖 Lin Shi

昆明理工大学 Kunming University of Science and Technology

キーワード: 色加法規則、人間の色覚、時間視覚、視覚錯視。

### 1. 紹介

色加法ルールは色彩科学の基本的なルールです。最初のルールは  $A + B = B + A$  です。これは、2つの色の組み合わせ順序を変更しても組み合わせ結果が変更されないことを意味します。言い換えると、色の加法性は順序に依存しない。第2の規則は、 $A = B$  の場合、 $kA = kB$ 、これは2つの一致する色の強度をスケールリングすることによって2つの色の一致状態が変化しないことを意味する。第3のルールは、 $A = B$  かつ  $C = D$  の場合、2つの一致する色対を組み合わせさせて一致状態を変化させないことを意味する  $A + C = B + D$  である。これらの規則は空間領域で確認されている[1]。それは時間的領域にまだ残っていますか? この問題を調査するための実験を設計しました。以下はその詳細です。

### 2. 方法

スクリーンは、スクリーンの中心から垂直に2つの部分に等分されていました。周期的な色刺激シーケンスは、画面の2つの半分に同期して提示された。例えば、左の色順は R、G、B、R、G、B、... であり、右の色順は B、G、R、B、G、R であった。左右の

半画面の境界線は、境界線の影響を避けるために物理的に黒い紙のバーで覆われていました。オブザーバーの仕事は、画面の2つの半分が同じかどうかを判断することでした。

図1は、画面の2つの半分のカラーシーケンスを示しています。左系列の順序は B、G、R であり、右系列の順序は R、G、B であった。配列順序は6通りあった。図2は、RGB1、RGB2、RGB3、BGR1、BGR2、BGR3 という名前のカラーシーケンス構成を示しています。構成の各行では、カラー文字がフレームの対応する色を表します。最初の色の行は左半分を示し、2番目の色の行は右半分を示しました。

2つのディスプレイを実験に使用した。1つは240 Hz フレームレートの LCD ディスプレイで、もう1つは160 Hz フレームレートの CRT ディスプレイでした。LCD ディスプレイは、実験では60,67,77,80,100,120,144,200,240Hz のフレームレートを使用し、60,80,120Hz のフレームレートを使用する CRT ディスプレイを使用しました。正常な色覚を有する20人の観察者(男性10人、女性10人、大学生)が実験に参加した。各構成条件には20-30回の試行があった。

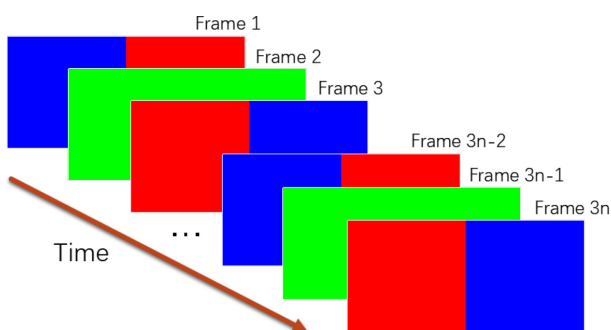


図1、2つの半分のカラーシーケンスである。左系列の順序は B、G、R であり、右系列の順序は R、G、B であった。

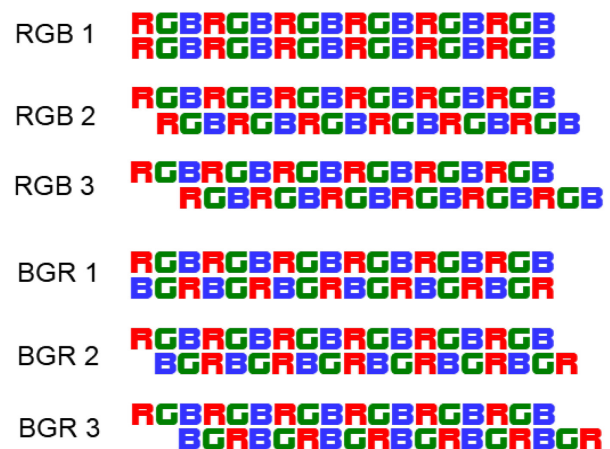


図2、カラーシーケンスの構成。カラー文字は対応する色を表す。最初の色の行は左半分を示し、2番目の色の行は右半分を示しました。

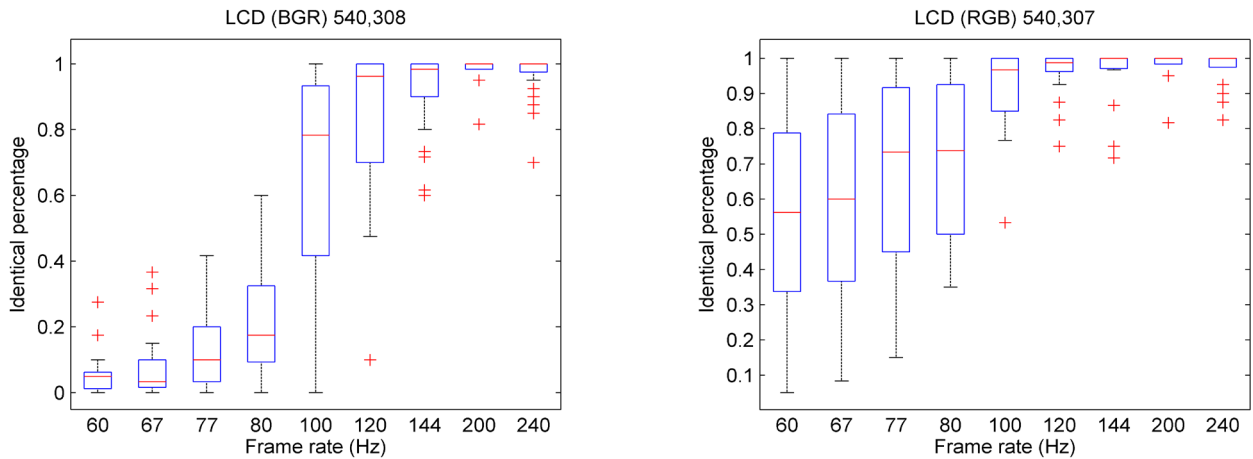


図3、LCD表示を用いた結果である。左の区画は、それぞれ60,67,77,80,100,120,144,200および240HzにおけるBGR群の状態の同一のパーセンテージを示した。右ペインにはRGBグループの結果が示されています。同じパーセンテージの値1.0は、オブザーバの同じ判断のパーセンテージ値を表し、値0は、同じでない判断するための値である。

### 3. 結果

図3は、(1) BGR条件下では、フレームレートが100Hzを超え、フレームレートが80Hz未満の場合、2つの半分が同じであると判断した。(2) RGB条件の下では、2つの半分がすべてのフレームレートで同じであると判断されたオブザーバは、60-80 Hzと100-240 Hzの間で、分布の平均と変動が異なっていた。RGB条件とBGR条件の唯一の違いは、色順の順番でした。言い換えれば、色知覚は、刺激シーケンスの時間的順序に敏感であった。要するに、

$$R + G + B \neq B + G + R$$

図4は図3と同様の結果を示した。

### 4. 結論

色加法規則  $A + B = B + A$  は、時間領域において崩壊

し、他の部分は残った。

### 参考文献

- (1) G. Wyszecki and W.S. Stiles: Color Science, John Wiley & Sons (1982).

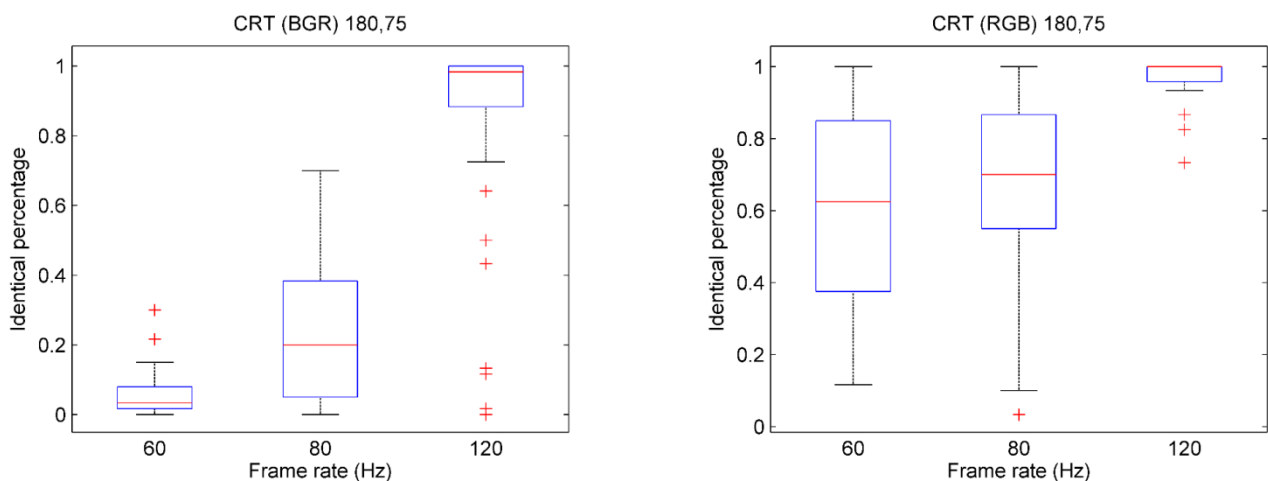


図4、CRTディスプレイを用いた結果である。図3と同じですが、60,80、および120 Hzのフレームレートのみが使用されます。

# SIMULTANEOUS COLOR CONTRAST DEMONSTRATED ON DIFFERENT DEVICES

Chanprapha Phuangsuwan

Color Research Center, Faculty of Mass Communication  
Technology, Rajamangala University of Technology  
Thanyaburi, Thailand

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, Faculty of Mass Comm. Tech.,  
RMUTT, Thailand

**Keywords:** Simultaneous color contrast, Chromatic adaptation, Two-rooms technique, Display, Elementary color naming method.

## 1. Introduction

The simultaneous color contrast (SMCC for short in this paper) is a well-known classical color phenomenon related to the chromatic adaptation which shows color induction to a gray patch surrounded by a colored induction field. In our previous work we used the two-rooms technique to

placed over the color paper of the SMCC pattern the effect of SMCC is emphasized to experience a more vivid color at the test patch. We added the tissue technique in the present paper to make four observing conditions.

## 2. Experiment

### 2.1 Devices

Figure 1 shows the three devices; two-rooms, display, and object (normal viewing). Two-rooms

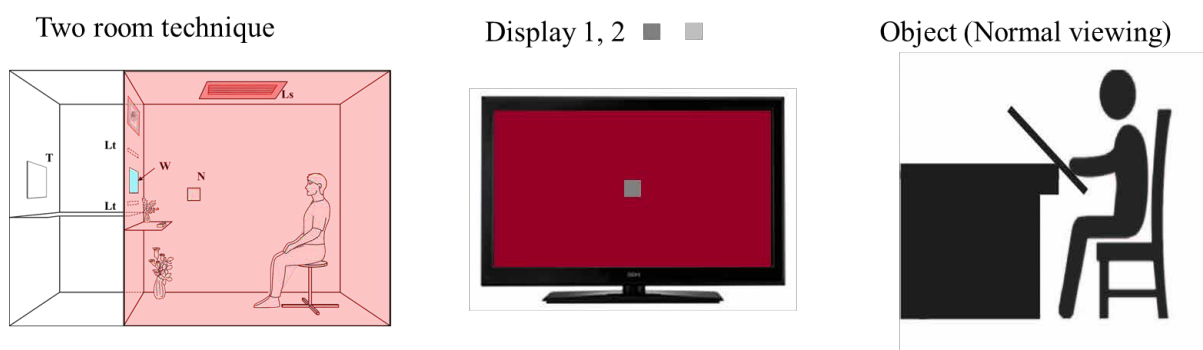


Figure 1 Three devices of observation.

study the mechanism of chromatic adaptation.<sup>1)</sup> Two-rooms technique is sometime called environment-stimulus independent illumination technique which is composed of a subject room and a test room illuminated independently. The results showed very vivid complementary color of the test stimulus (adapted color) after adapting to illumination in the subject room (adapting color). The result strongly suggested the adaptation takes place to the illumination not to the color of object. In the present research we investigate the SMCC with three different devices and interpret the results from point of view of chromatic adaptation to illumination. Three devices to produce the SMCC are a two-rooms technique, a display and a paper. It is pointed out in a text book<sup>2)</sup> that if a tissue paper is

technique is composed of a subject room and a test room. There was opened a small window W on the separating wall of the two rooms. A subject look at a white board T through W, which served a gray test patch. The color of the subject room was controlled by LED ceiling lamps. The test room was illuminated by white light.

The display was a commercially available unit. The color on display was controlled by R, G, and B.

A paper pattern was observed under the room ceiling light of the daylight type.

### 2.2 Stimuli

We employed four colors for the surrounding. In the case of paper. They were red ( $x=0.587$ ,



$y=0.341$ ), yellow (0.419, 0.534), green (0.235, 0.506) and blue (0.217, 0.200). The size was 29 x 40 cm<sup>2</sup>. The gray patch (N6, Y=13.5, x= 0.315, y= 0.345) of the size 3x3 cm<sup>2</sup> was pasted at the center of the colored surrounding (see in Fig. 1).



Figure 2 An example of yellow surrounding.

For the display (display 1) and the two-rooms technique, the color and the luminance of the surrounding and the gray patch were made almost same as for the paper technique. We also employed a higher luminance 52 cd/m<sup>2</sup> for the gray patch as the display 2 condition. Thus, five conditions altogether, were prepared; paper, paper with a tissue, display 1, display 2, and two-rooms. A commercially available ordinal tissue paper was used to cover a paper pattern.

In all the devices the surrounding had a rectangular shape and the central gray patch a square. Their size specifications are summarized in Table 1.

Table1 Experimental specifications.

Conditions		Width (cm)	Height (cm)	Viewing distant (cm)	Width (°)	Height (°)
Object	Surround	40	29	30	67	52
	Patch	3	3		5.7	5.7
Display	Surround	90	68	30	112	97
	Patch	2.8	2.8		5.3	5.3
Two-room	Window	4	4	170	1.3	1.3

Three subjects participated in the experiment. Five repetitions were conducted for each observing condition. Subject's task was to judge the color appearance of the gray patch by the elementary color naming method, namely to judge the amounts of chromaticness, whiteness, and blackness in

percentage and then the apparent hue by using unique colors.

### 3. Results

The average amount of chromaticness of three subjects is given in Fig. 3 for different devices. Points connected by thin lines show the results of red, yellow, green, and blue surrounding. Points connected by thick lines are average of the four. Short vertical bars indicate SD among three subjects. The amount of chromaticness was very small with the paper device, implying almost no SMCC effect. Vivid color was observed with display and two-rooms technique. With a tissue in the object technique the amount of chromaticness remarkably increased and it became almost same as for the displays and the two rooms technique.

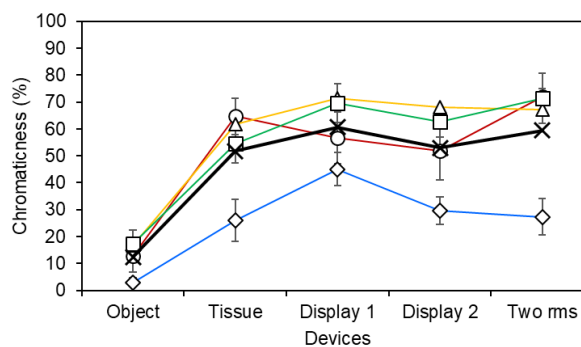


Figure 3 Averaged results of chromaticness from three subjects.

To see the apparent hue change due to devices the amounts of unique hues are expressed on the

polar diagram normally used in the opponent colors theory as in Fig. 4 for three subjects and their average. Different symbols correspond to surrounding colors. Circles with red surrounding, triangle, yellow, square, green, and diamond, blue. The results showed similar hue among three

subjects. The red surrounding caused the gray test patch to appear greenish blue or cyan, the yellow surrounding, reddish blue, the green surrounding, bluish red, and the blue surrounding, reddish yellow, respectively, giving a similar corresponding investigated previously with the two-rooms technique<sup>1)</sup>.

patch. The results shown in Fig. 3 and 4 support the interpretation confirming the chromatic adaptation takes place to the illumination.

The apparent hue with a tissue differs from other devices particularly in the case of red surrounding. This suggests that the apparent hue of the red surrounding shifts toward blue, which should

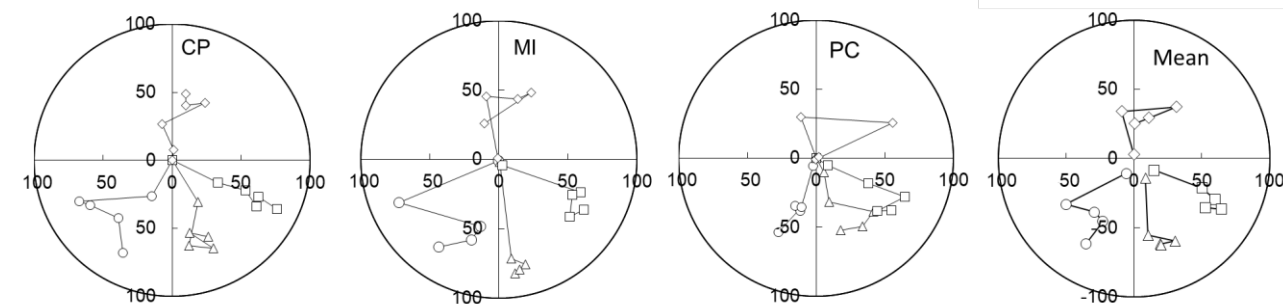


Figure 4 Apparent hue change on the polar diagram.

#### 4. Discussion

The SMCC phenomenon can be explained by the chromatic adaptation in the brain level according to the concept of the recognized visual space of illumination RVSI<sup>1, 3)</sup>. It says that the chromatic adaptation takes place to the illumination and not to the color of object. A subject recognizes a space and understands the illumination filling the space, and then adapts to the illumination. A typical chromatic adaptation occurs in the two-rooms technique where a subject can adapt to the illumination and a physically achromatic patch is observed with the RVSI adapted to the color of the illumination, thus perceiving a vivid color for the gray patch. A display is a self-luminous unit and the surface radiates light to a subject. He/she will adapt to the light and sees a vivid color on the gray patch. In the case of a paper although a subject perceives illumination on the surface but little and perceives a slight color on the gray patch. How much illumination he/she perceives on the paper seems vary among subjects as we see different amount of chromaticness under this condition. How about an effect of a tissue? When a tissue is covered on the SMCC pattern made of a colored paper the recognition for the paper or an object becomes vague as the pattern is blurred, leaving mostly the perception of light. The adaptation to the illumination occurs giving a vivid color appearance for the gray

be confirmed by a further experiment to measure the apparent hue of the surroundings.

#### References

- 1) C. Phuangsuwan: Chromatic adaptation to illumination investigated with adapting and adapted color, *Color Res. Appl.* 42 (2017) 571-579.
- 2) C. H. Graham: *Vision and visual perception*, John Wiley & Sons (1965).
- 3) M. Ikeda: Color Appearance Explained, Predicted and Confirmed by the Concept of Recognized Visual Space of Illumination, *Optical Review.* 11 (2004) 217-225.

## Comparison of the simultaneous color contrast determined by colored paper and colored illumination

Phubet Chitapanya	Faculty of Mass Communication Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand
Mitsuo Ikeda	Color Research Center, Faculty of Mass Comm. Tech., RMUTT
Chanprapha Phuangsuwan	Color Research Center, Faculty of Mass Comm. Tech., RMUTT

**Keyword:** Simultaneous color contrast, Colored paper, Colored illumination, Recognized visual space of illumination, Elementary color naming method.

### 1. Introduction

Simultaneous color contrast is a color phenomenon where one color is affected by another color that surrounds the first one. The apparent color of the first one at the center of the surrounding shifts to the complementary color of the surrounding color from the original apparent color. The effect is not large when the pattern is made by colored papers, which we call here the object mode. Phuangsuwan and Ikeda found that the effect is very large if the pattern is made by colored illumination by using two-room technique.<sup>1)</sup> The experimental booth is composed of two rooms, a subject room and a test room. There was opened a small window on the separating wall of the two rooms and the subject observed a white board placed in the test room through the window. The front wall may be white and the color on the surface can be made by a ceiling light same as for the surrounding field of the object mode. The visual arrangement is same as the object mode. The arrangement is called the illumination mode as the simultaneous color contrast pattern is made by the illumination. Yet, the apparent color of the window in the illumination mode is very vivid unlike the object mode. They interpreted the vividness by the concept of the recognized visual space of illumination or RVSI which asserts that the chromatic adaptation is achieved to the illumination and not to the quantal catch at the retina.<sup>1,2)</sup>

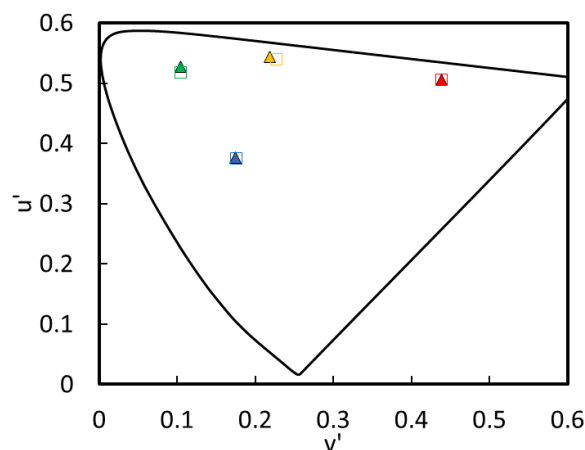


Figure 1. Chromaticities of illuminations and colored object. ▲; colored illuminations, and □; colored objects.

The present research was conducted to confirm the assertion by comparing the effect of the simultaneous color contrast between the object mode and illumination mode.

### 2. Experiment

We used a same experimental booth to conduct the two experiments, object mode experiment and the illumination mode experiment. The booth was composed of two rooms, a test room and a subject room.

The subject room was 135 cm long, 82 cm wide, and 172 cm high, and was decorated with various objects to simulate a normal room. There was a LED light which was composed of red, green and blue lights and the lighting color was controlled by a computer. There was a large window between the two rooms of which size was 40 cm wide and 30 cm high giving  $13^\circ \times 10^\circ$  of the visual angle. In the illumination mode experiment a white board with a small hole of  $3.7 \times 3.7 \text{ cm}^2$  ( $1.3^\circ \times 1.3^\circ$ ) at the center to serve a test

patch was placed at and to fill the large window to serve the pattern of the simultaneous color contrast when the subject room was illuminated by a colored light. We employed four lighting colors, red, yellow, green, and blue as shown by filled triangles in Figure 1.

For the object mode experiment the above mentioned white board was replaced by colored board of the same specification as above. The four boards were prepared with red, yellow, green, and blue color. When they were illuminated by a white light of LED their colors were same as for the illumination mode as shown by open squares in figure 1, which agreed with the colors of the illumination mode.

The test room length was 58 cm. There was a white board placed against the back wall of the test room and the room was illuminated by two fluorescent lamps of the daylight type.

### 3. Procedure

In both object and illumination mode experiments a subject judged the color of the small window at the center of a large surrounding field binocularly by the elementary color naming method. Before a judgement, subject was told to look around the room during the 1 minute adaptation without staring at the patch. Subjects wore a cap to prevent to directly look at the LED illumination color.

### 4. Results

The amount of chromaticness is shown in figure 2 by a bar graph taken from the subject CP. Two bars, the first for the object mode and the next for the illumination mode, are shown for each color of the surrounding, red, yellow, green, and blue from the left to the right. Each bar shows the amount of chromaticness by colored shadow, that of whiteness by white, and blackness by black. Short vertical bars indicate the standard deviation after 5 repetitions.

In the object mode, namely the subject looked at the simultaneous color contrast pattern of object, she did not see any color for the test patch except the colored surround, which gave a slight color. In the illumination mode on the other hand she saw vivid color at the test patch implying a large effect of the simultaneous color contrast with

any color of surround. It is quite clear that the simultaneous contrast effect is large with illumination mode compared to the object mode.

Figure 3 shows the average of ten subjects. Some subjects saw color with the object mode but only small. To the contrary to the object mode, the amount of chromaticness is very large in the illumination mode.

To see the apparent hue of the test patch data were plotted on a polar diagram used in the opponent colors theory as in figure 4. The left figure is from the object mode of red surrounding. Open triangles show the individual data points of the appearance of subject room of 10 subjects and the filled triangle their average.

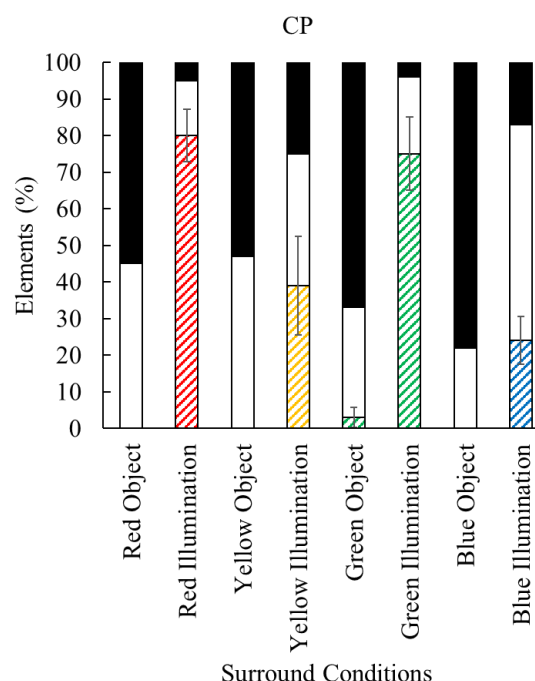


Figure 2. Amounts of elements, the chromaticness, whiteness, and blackness. Subject CP.



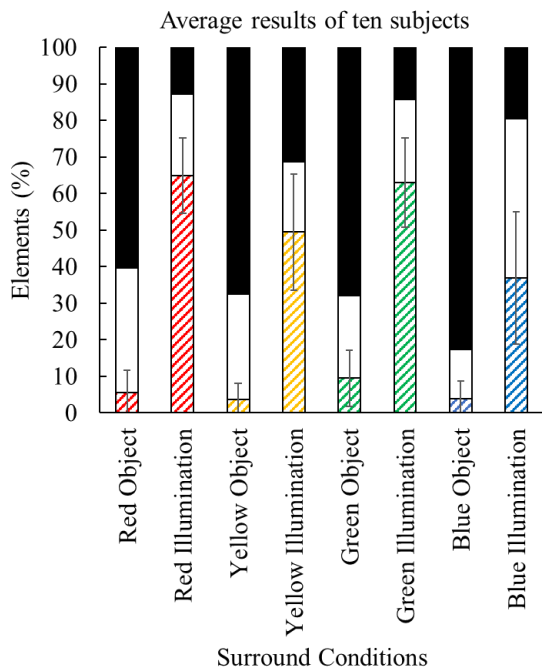


Figure 3. Average amounts of the elements; chromaticness, whiteness, and blackness of ten subjects.

The color of the test patch is shown by open circles and their average by filled circle. The apparent hue can be expressed by the angle of

the data points measured from the red axis in the counter clockwise direction as shown by an arrow. The angle difference  $\Delta\theta$  between the apparent hue of the subject room and the test patch was measured and shown in Table 1. There is not much difference in  $\Delta\theta$  between the object and illumination modes implying same apparent hues of both modes.

### 5. Conclusion

We found that there was difference in the effect of simultaneous color contrast between the object mode and the illumination mode. It was much larger in the latter mode having large amount of chromaticness in spite of the same retinal situation at least in the area of  $13^\circ \times 10^\circ$  of the visual angle covering the fovea. The simultaneous color contrast is considered an effect of chromatic adaptation. The brain understands the illumination filling a space and adapts to the illumination to construct the RVSI for the illumination. With the reddish adapted RVSI the achromatic test patch appears cyan. The present result and Prasit's experiments<sup>3,4)</sup> support the notion of the brain chromatic adaptation rather than the retinal chromatic adaptation.

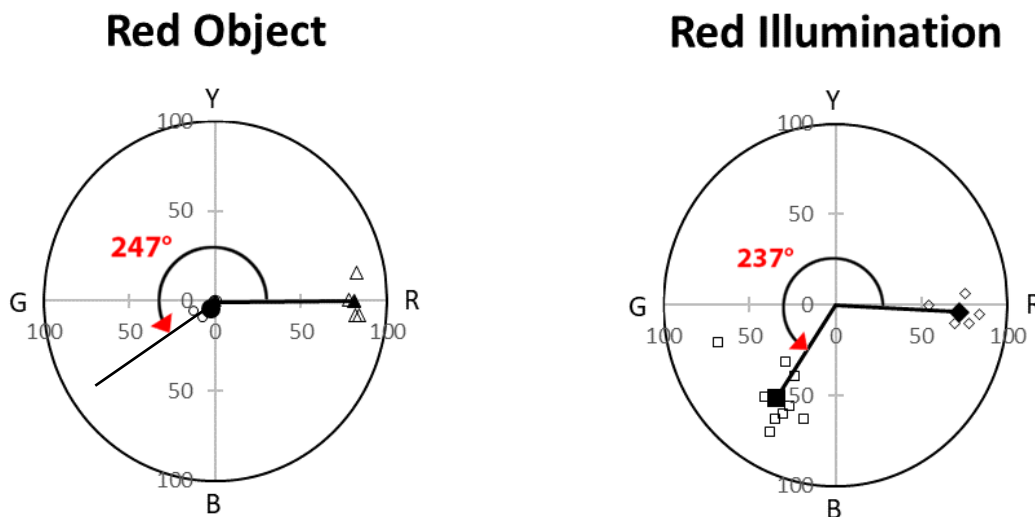


Figure 4. The hue shift of red object and illumination. Open triangles and diamonds represent the individual color appearance of the colored surround of each subject for object and illumination condition respectively. Open circles and squares represent the individual color appearance of the patch of each subject for object and illumination condition respectively. The solid symbol shows the average value of each condition. The arrows show the hue shift of each condition.

Although the amount was very small it is true that some subjects perceived the chromaticness with the object mode. This indicates the brain chromatic adaptation takes place for a colored object, though it is weak. Ikeda et al. hypothesized that a RVSI can be constructed on the colored object.<sup>5)</sup>

Table 1 Apparent hue angle difference

	Object $\Delta\theta$ (deg)	Illumination $\Delta\theta$ (deg)
Red	247	237
Yellow	188	173
Green	155	152
Blue	161	153

## References

- 1) M. Ikeda, P. Pungrassamee, P. Kateamke, A. Hansuebsai. The brain adaptation to the color of illumination and not the retinal adaptation to the color of objects that determines the color appearance of an object in the space. *Opt. Rev.* 13 (2006) pp 388–395.
- 2) C. Phuangsuwan and M. Ikeda. Chromatic adaptation to illumination investigated with adapting and adapted color. *Color Res Appl.* 42 (2017) pp 571-579.
- 3) P. Cunthasaksiri, H. Shinoda, M. Ikeda. Recognized visual space of illumination: A new account of center-surround simultaneous color contrast. *Color Res Appl.* 29 (2004) pp 255-260.
- 4) P. Cunthasaksiri, H. Shinoda, M. Ikeda. Recognized visual space of illumination: no simultaneous color contrast effect on light source colors. *Color Res Appl.* 31 (2006) pp 184-190.
- 5) M. Ikeda, H. Shinoda, and Y. Mizokami. Phenomena of apparent lightness interpreted by the recognized visual space of illumination. *Opt. Rev.* 5 (1998) pp 380-386.

# SIMULTANEOUS COLOR CONTRAST IN AFTERIMAGE

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, Faculty of Mass Communication  
Technology, Rajamangala University of Technology  
Thanyaburi, Thailand

Chanprapha Phuangsuwan

Color Research Center, Faculty of Mass Communication  
Technology, Rajamangala University of Technology  
Thanyaburi, Thailand

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

## 1. Introduction

The simultaneous color contrast is a well-known phenomenon and text books explain that if a gray patch is placed at the center of a red paper, it appears a complementary color, or green and if it is placed on a green paper the patch appears green. But in the reality the color of the gray patch does not appear colored vividly as the text books say even if there is any.

We experienced to our surprise that the gray patch appeared very vivid if we gazed the pattern for a few seconds and shifted the eyes to a uniform white field. In other words, the simultaneous color contrast becomes very evident in the afterimage. Such phenomenon was also found by Shively<sup>1)</sup> and he named it a new afterimage. Shively investigated the relation of the afterimage color of the central gray test patch to the color of the background and found they were same. That is, if the surround is red the afterimage of the test patch is also red. He explained the phenomenon by the lateral inhibition. But his color appearance expression was qualitative. We will measure the color appearance by the elementary color naming method and investigate the visual mechanism of the afterimage

## 2. Experiment

Patterns for which the color of afterimages was measured were presented on a display. The central test patch was of the size 14 x 14 cm<sup>2</sup> and luminance 14.6 cd/m<sup>2</sup> and white color of  $x=0.299$  and  $y=0.325$ . The display was placed in a test room and a subject observed it from a subject room through a window opened at the separating wall between the two rooms, of which size was 24 cm high and 38 cm wide, giving 8° and 13° arc of visual

angle, respectively, with the viewing distance 170 cm. The test size became 4°×4°. Thirteen colors were employed as the background by adjusting R, G, B of the monitor. They are shown on the CIEu'v' diagram of Fig. 1 by open circles and tentatively numbered 1 through 13. The white color of the background is same as the test patch and the luminance was 150 cd/m<sup>2</sup> and is shown by an open square in the same figure. Figure 2 shows an example of the patterns.

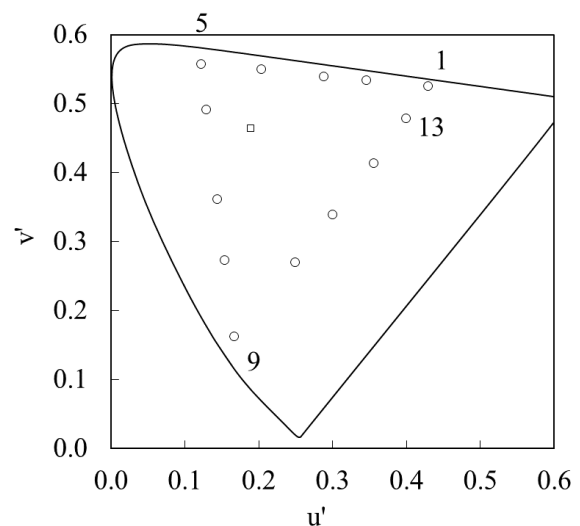


Figure 1. Thirteen colors of the background.

When a subject gets in the subject room where dimly illuminated he/she gazed at the center of the test patch, the pattern shown in Fig. 2 for 15 seconds, then the pattern was changed to a uniform white field, on which the subject could see the afterimage of the pattern. He/she judged the color of the afterimage of the test patch by the elementary color naming method, namely the percentage of the chromaticness, whiteness, and blackness. Then the apparent hue(s) of red, yellow, green, and blue in percentage. The afterimages fade away very quickly and the subject should remember the colors after the fade. If necessary, he/she could ask

experimenter to show the original pattern once again.

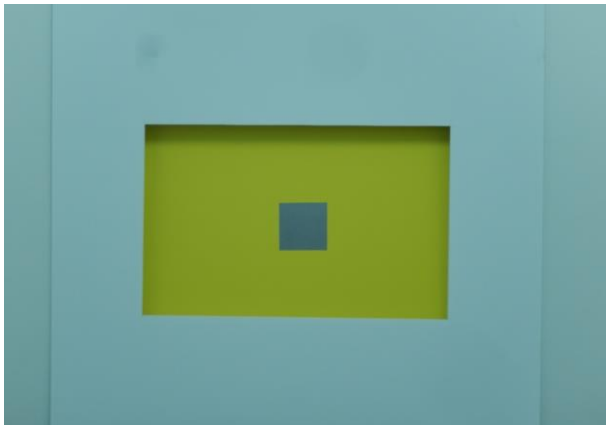


Figure 2. Front view of the subject.

We also measured the color of background and its afterimage color. For the former the judgment was made for a surrounding area of the test patch but near to it when the entire pattern was presented. Another measurement was for the afterimage color of background. A stimulus of the same size as the test patch was made same color as the background and the subject judged its afterimage color after gazing for 15 seconds.

Three subjects, CP, MI, and YM participated in the experiment, who were all normal for the color vision and experienced in psychophysical experiment.

### 3. Results

Results are plotted on polar diagrams used in the opponent colors theory as shown in Fig.3. The amount of chromaticness is shown by the radius direction, zero being at the origin and 100% at the circumference. Amounts of red and green unique hues are shown along the horizontal axis and those of yellow and blue along the vertical axis. Open circles in (a) indicate the color appearance of the background and filled circles the appearance of the afterimage of test patch. As seen here the chromaticness of the afterimage is not small and the afterimage color is quite vivid unlike the case of normal simultaneous color contrast. The apparent hues of the background field and of the afterimage of the test patch are similar as pointed out by Shively. The angle that the data point gives from the R axis is specified by  $\theta$ . Then the angle of the afterimage  $\theta_{\text{test}}$  can be plotted for the angle of the

background color appearance  $\theta_{\text{back}}$  to see the relationship between the two, which is shown in Fig. 4. Open circles correspond to the background colors and a slid line is a  $45^\circ$  line. All the thirteen points come close to the line implying that  $\theta_{\text{test}} = \theta_{\text{back}}$  or the apparent hue of the afterimage of the test patch is same as that of the background. A dotted line is a regression line for those thirteen points.

Figure 3b shows by solid squares the color appearance of the afterimage of the background. The relationship between  $\theta_{\text{back}}$  and  $\theta_{\text{backafterimage}}$  is well agreement with the previous results<sup>2)</sup> Figure 3c shows the color appearance of the afterimage of the background by open triangles and the afterimage color of the test patch by solid triangles. They appeared already in (a) and (b).

### 4. Discussion

We confirmed Shively's finding that the simultaneous color contrast is very clearly observed in the afterimage and that the color appearance of the afterimage of test patch is same as the color appearance of the background. By measuring the color appearance by the elementary color naming method, the quantitative analysis became possible and we showed the relationship between the color appearances of the background and the test patch afterimage quantitatively.

Shively explained the color appearance in afterimage by lateral inhibition. But we take a different position, that is, the phenomenon is the simultaneous color contrast in the afterimage. When, for example, the background is red, the afterimage of the background is cyan as shown by our pervious work<sup>2)</sup> or by the present result of Fig. 3b. The central patch is then the result of the cyan background and it is red, same as the background in the original pattern. The relation of the central patch color to the background color is used from the result obtained in the two rooms technique.<sup>3)</sup>

The arrangement of the two rooms technique is shown in Fig.6. It is composed of two rooms, a subject room and a test room. A subject observes a test board T placed in the test room through a window W opened on the separating wall of the two rooms. Both rooms are illuminated independently by different lights, which gives the name to the technique the environment- stimulus independent



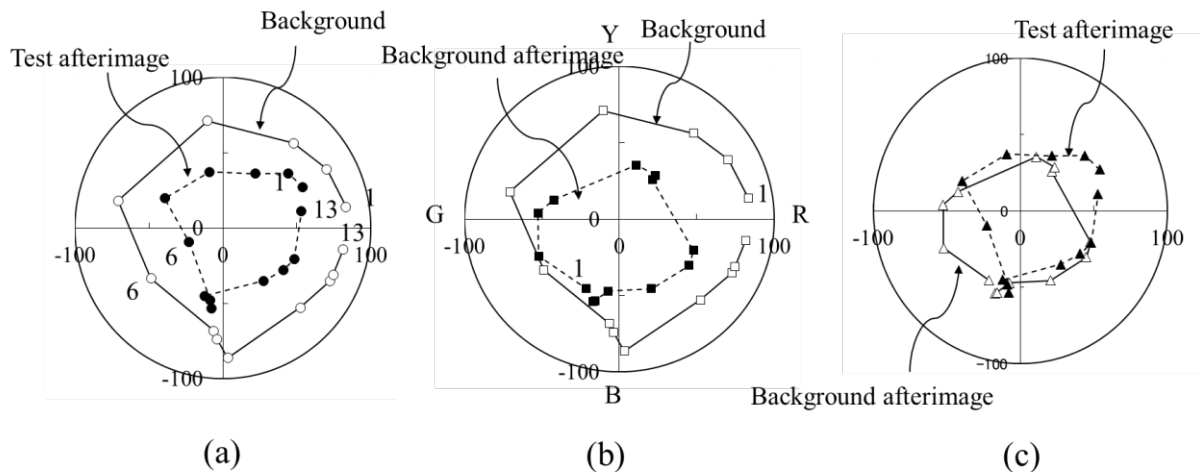


Figure 3. The results are plotted on the polar diagram.

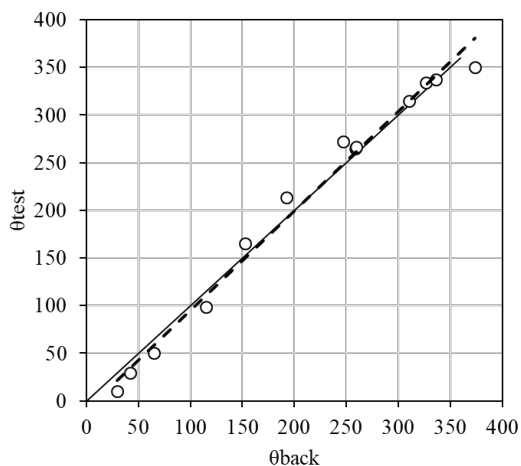


Figure 4. The relationship between  $\theta_{back}$  and  $\theta_{test}$ .

illumination technique. If we illuminate the subject room by red light, the white board T or rather the window W appears very vivid cyan. By changing the color of the subject room and measuring the window color we can obtain the relationship between the adapting color (subject room color) and the adapted color (window color). The apparent hue can be expressed by the angle in the polar diagram measured from the red axis  $\theta_{ing}$  and  $\theta_{ed}$ , respectively. We can define the angle difference  $\Delta\theta = \theta_{ed} - \theta_{ing}$  and can plot  $\Delta\theta$  for  $\theta_{ing}$ , which is shown by open symbols in Fig. 6 taken from the previous work<sup>3)</sup> A similar analysis can be made for the afterimage color of the background,  $\theta_{backafter}$ , and for the afterimage color of the test patch,  $\theta_{testafter}$ , and obtain  $\Delta\theta = \theta_{testafter} - \theta_{backafter}$ . The angle difference  $\Delta\theta$  is plotted for  $\theta_{backafter}$  by

by filled circles in Fig. 6. The points come close to the results of the two rooms technique, implying that the afterimage simultaneous color contrast is similarly constructed as in the case of the two rooms technique where the visual system adapts to the illumination.

#### References

- 1) F. Shively: A new afterimage (Color contrast afterimage?). *Perception and Psychophysics*. 13 (1973) pp 525-526.
- 2) C. Phuangsuwan, M. Ikeda, and J. Mepean: Color appearance of afterimages compared to the chromatic adaptation to illumination. *Col. Res. Appl. Early View Feb.* (2018).
- 3) C. Phuangsuwan, M. Ikeda: Chromatic Adaptation to Illumination Investigated with Adapting and Adapted Color. *Col. Res. Appl.* 42 (2017) pp 571-579.

# COLOR APPEARANCE OF OBJECTS UNDER VIVID COLORED LED LIGHTS

Nischanade Panitanang

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

Mitsuo Ikeda

Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Chanprapha Phuangsuan

Color Research Center, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

**Keywords:** Color appearance, Color constancy, Elementary color naming, LED light, Color chip.

## 1. Introduction

LED lighting is widely used nowadays because its advantages in potential energy saving, long lifetime, a variety of colors and adjustable intensity. It is not unusual to experience very vivid color in our daily life, such as in a club, in an exhibition or on a street. Vivid colored LED light have a huge impact to change color appearance of objects and sometime the vivid color light could break a property of color constancy in human vision, sometime people may make a mistake or misunderstanding about an object because the color of the object may change according to the color of the lighting.

To investigate the color appearance of objects under vivid LED lights, C. Pipornpong, et al.<sup>1)</sup> employed twenty-four color chips taken from the Color Checker and measured their color appearance by the elementary color naming method under 10 different colors of illumination. They found that the color constancy rapidly decreased for more vivid color of illumination for all the four colors of illumination, red, yellow, green, and blue. It was pointed out that smaller steps of color difference for changing illumination color was necessary to understand where the color constancy begins to break out. In this report we employ small steps of color change of illumination so that we can get points of breakdown of the color constancy accurately.

## 2. Experiment

We used the same experimental room as C. Pipornpong, et al.'s room which simulated a normal living room in daily life. The room was illuminated by LED composed of three colors, red, green, and blue. An example of the spectral power distribution SPD to simulate D65 is shown in Fig. 1. We employed only red color for the illumination but 9 different colors by changing the purity. They are shown in Fig. 2 by dots, the leftmost dot shows D65. To this the red

light was gradually added to produce 9 lights and they were denoted R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, and R9. The left most dot represent D65. Beyond R3 an almost equal interval on the CIEu'v' diagram was taken to get the next light. The illuminance was kept at about 100 lx for all lights.

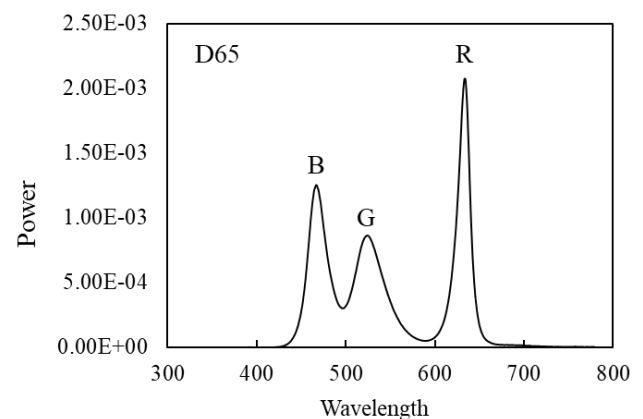


Figure 1. the spectral power distribution SPD to simulate D65.

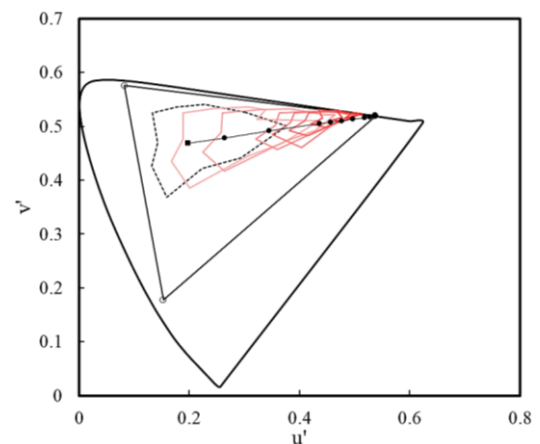


Figure 2. The interval of colored lights and the physical measurement of eleven color chips under each light.

Eleven color chips out of twenty-four color chips were employed for the analysis and their chromaticities under respective colored lights were measured with Konica Minolta Luminometer CS100 and they are connected by dotted lines for D65 and solid lines for the rest of illumination in Fig.2. The contour gradually shrank for more vivid color of illumination and it had no area at all at R9.

In the experiment each color chip was randomly placed one by one on a table in front of a subject, for which the subject was asked to do the color naming. Five subjects participated in the experiment, each subject entered the room and adapted to each light for two minutes then assessed the color appearance of the chip by answering the amounts of chromaticness, whiteness, and blackness in percentage, and the apparent hue by unique red, yellow, green, and blue in percentage. Each subject repeated three times for each light.

### 3. Results and discussion

The data after the elementary color naming are plotted on the polar diagram used in the opponent colors theory and the points were connected to make a smooth contour.

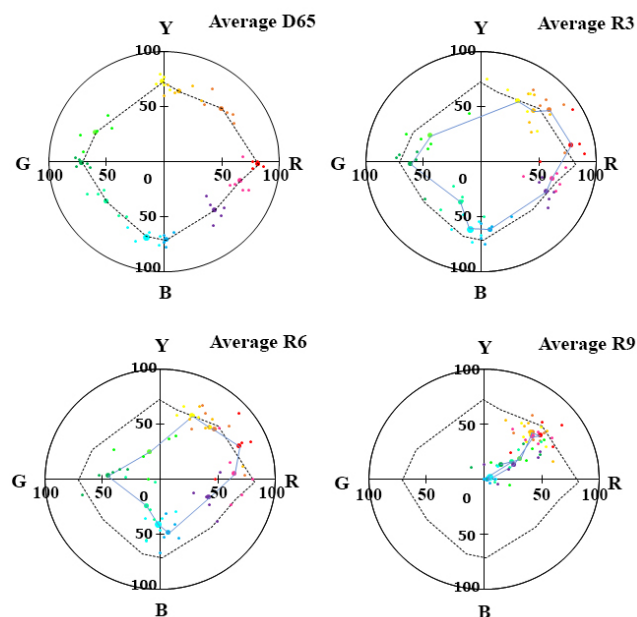


Figure 3. Color appearance of eleven objects plotted on polar diagrams for D65, R3, R6, and R9. The blue line indicated each light compare to D65 which represented by dashes line.

Examples of the results after taking the average of five subjects are shown in Fig. 3 for D65, R3, R6, and R9. Small

points indicate individual data and the averaged points are connected by lines. The contour of D65 is replotted for other illuminations R3, R6, and R9 by dotted lines. The change of each contour from that of D65 indicates the effect of color of illumination for the color appearance of patches. Under R3 the contour shrank, particularly in the side of green while color appearance remained similar to that under D65 at the side of red. The tendency increased for more vivid illumination R6 causing the area of contour smaller compared to D65. At the extremely red illumination R9, the color appearance of patches distributed along a line connecting the origin to reddish yellow. In other words all the color patches appeared same hue of orange but with different saturation.

To assess the color rendering property of illumination we calculated the rate of the area of a contour to the area of D65 and plotted for the distance of the color from D65 on the  $u'v'$  diagram. The results are shown in Fig. 4. It is seen that the drop of the ratio for the separation from D65 is very smooth but beyond R4 the drop became rapid to show a rapid deterioration of the color rendering ability of the illumination.

The horizontal dashes line at 0.8 was drawn in Fig. 4 arbitrarily defining the limit for the color constancy. The distance of the illumination from D65 is 0.2.

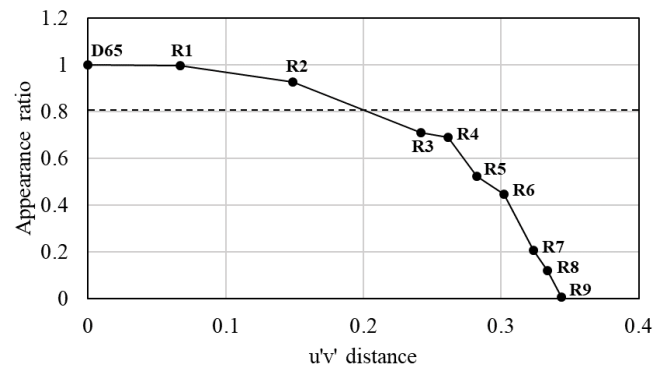


Figure 4. The correlation between the appearance ratio and the  $u'v'$  distance of each light. The dashed line used for defined as the color constancy index.

The apparent hue is another factor in considering the color rendering ability of illumination. angle of each color chip was compared with the corresponding hue angle obtained under D65 and the angle difference was obtained for 11 chips and for 9 lights, R1 to R9. The root mean square error was calculated and the averaged results of five subjects are shown in Fig. 4. The changes of hue angle are larger for more vivid color of lights. This also suggests the deterioration of the color constancy for more vivid color of the lights.

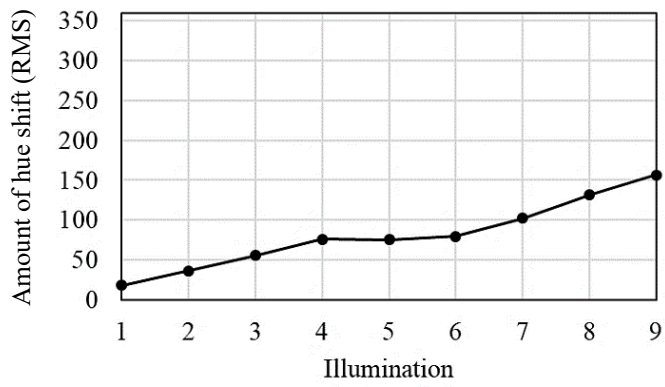


Figure 5. Average result of hue angle change from D65 for each light calculated by root mean square error.

### Reference

- 1) C. Pipornpong, C. Phuangsuwan, M. Ikeda; Color appearance of objects under LED lights of various colors investigated by the elementary color naming method. CSAJ conference 2016.



# Relationship Between the Brightness Perception and Macular Pigment Density

Tomonori Tashiro Yamagata University  
Ryosuke Sato Yamagata University  
Takehiro Nagai Yamagata University  
Yasuki Yamauchi Yamagata University

**Keywords:** Brightness Perception, Luminance, B/L ratio, Macular pigment density, Matching.

## 1. Introduction

Luminance that based on a luminous efficiency function  $V(\lambda)$ , is often used as an index of brightness evaluation for color light.  $V(\lambda)$  is defined by the Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) in 1924, and indicate the average spectral sensitivity of human visual perception of brightness. However, it is a well-known that luminance does not represent the perceptible brightness for individual. Brightness to Luminance ratio (B/L) is correctly evaluated the perceptual brightness, but there are large individual differences.

Many factors of individual differences in brightness perception have been reported<sup>1-3)</sup>, such as the lens density, the macular pigment optical density (MPOD), the cone sensitivity, and the L/M cone ratio. In particular, the lens density is considered to be a major factor of individual difference in brightness perception depending on age, because the absorption of the lens in the short wavelength region increases with aging. MPOD may also be a factor of individual differences in brightness perception as the macular pigment (MP) has an absorption region in short wavelength similar to that of the lens, and a large individual difference has been confirmed. This study investigated the quantitative relationship between individual differences in B/L ratio and that in MPOD.

## 2. Measurement of macular pigment optical density

### 2.1 Macular pigment<sup>4)</sup>

MP is a yellow pigment which exists in the range of 3 to 5 degrees in diameter including the

fovea. MP absorbs the short wavelength light of the visible region as shown as Fig.1, which works as a kind of yellow filter. The absorption peak of MP is about 460 nm.

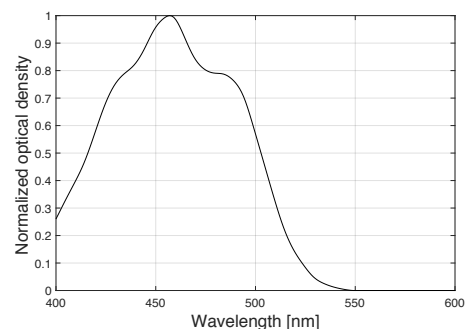


Fig.1 Normalized optical density of macular pigment

### 2.2 Methods and conditions

MPOD of each subject was measured with the heterochromatic flicker photometry method (HFP). HFP is a psychophysical method which conduct the brightness matching between reference and test light alternatively presented at a constant frequency. In this study, individual MPOD was calculated from the results obtained in central vision and peripheral vision (eccentricity of 6 degree). The reference and test lights used monochromatic LEDs and presented to the subject through the aperture of 1.6 degree. The peak wavelength of the reference light was 570nm, and the luminance was constant at 4.8 cd/m<sup>2</sup>. The peak wavelength of the test light was 470 nm, and the luminance was changed by adjusting the duty ratio. The flicker frequency was 20 Hz.

### 2.3 Results

Ten subjects in their twenties including 6 males and 4 females participated in this experiment. The measurement was performed three times with the right eye, and the average value was used as individual MPOD. The results are shown in Fig.2. The minimum, maximum and av-

erage values of MPOD in this study were 0.16, 0.55, and 0.36, respectively. The minimum, maximum and average values of MPOD in our past study<sup>5)</sup> which measured 55 Japanese subjects, were 0.07, 0.67, and 0.38, respectively. This means that the subjects of this study cover a wide range of individual differences in MPOD.

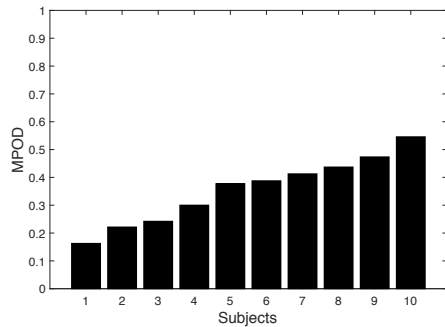


Fig.2 Results of MPOD measurement

### 3. Brightness matching experiment

#### 3.1 Methods and conditions

The brightness matching experiment was conducted using a liquid crystal display. The subjects adjusted the brightness of the test stimuli so that it would have the same brightness as the achromatic reference stimulus set to any luminance.

The chromaticities of the reference and the test stimuli are shown in Fig.3. For the reference stimulus, the chromaticity  $[x, y]$  was  $[0.313, 0.329]$ , and the luminance was  $45.5 \text{ cd/m}^2$ . For the test stimuli, 22 colors were selected in consideration of the color gamut of a display, and 5 different levels of the initial luminances were set for each color. Each stimulus was presented on the gray background whose luminance was  $3.36 \text{ cd/m}^2$ . The reference stimulus was always presented on the left side, and test stimuli were presented on the right side. The size of the stimuli were about 2 degrees in visual angle. Color and initial luminance of the test stimuli were presented in a random order.

#### 3.2 Results

Subjects whose MPOD were measured as described in Section 2 participated in this experiment. The average value of the results at each initial luminance was used as the matching luminance. The B/L for each test stimulus was calcu-

lated from the ratio with the luminance of the reference stimulus and the average luminance of each test stimulus. Fig.4 shows the logarithmic B/L contour line on the CIE xy chromaticity diagram. In this paper, the results of 4 subjects, Sub1, 4, 7, and 10, were shown.

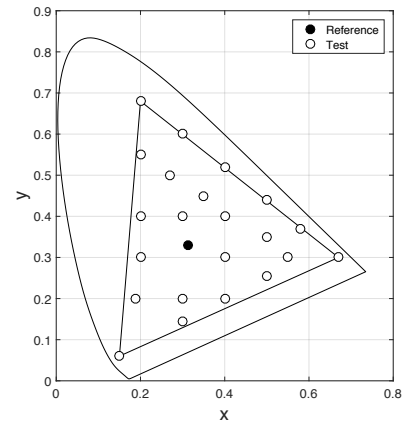


Fig.3 The chromaticities of the reference and the test stimuli

### 4. Discussion

We investigated the quantitative relationship between the individual differences in MPOD and that in B/L ratio.

First, the spectral distribution of each stimulus was measured, and the influence degree of the absorption characteristic of MP was examined. The result is shown in Fig.5. The numbers in the figure indicate the proportion of the amount which is absorbed by the MP for each stimulus.

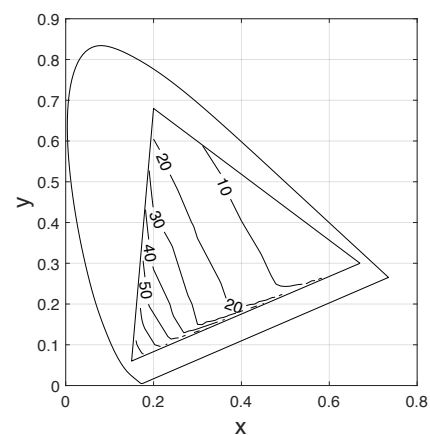


Fig.5 The proportion of absorbed amount of MP for each stimulus.

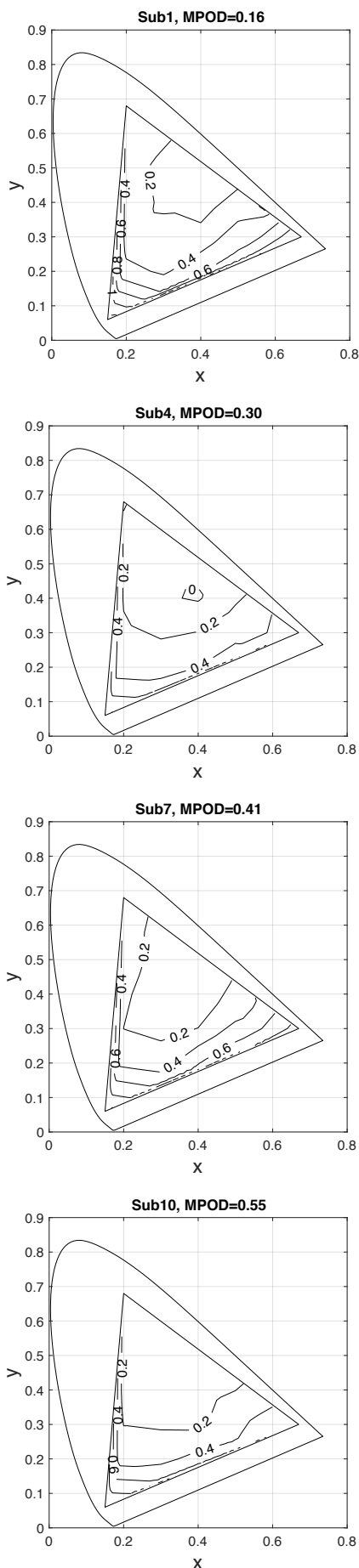


Fig.4 Results of B/L measurement

Next, the correlation between B/L and MPOD for each stimulus was confirmed. B/L and MPOD were plotted on the vertical and horizontal axis, respectively, and the correlation coefficient by linear approximation is calculated. As a result, there was a negative correlation except for one color stimulus ( $[x, y] = [0.399, 0.401]$ ). This means that the B/L of color stimulus decreases as the MPOD increases.

Finally, we investigated the relationship between the correlation coefficient of B/L and MPOD and the proportion of absorbed amount of MP for each stimulus. The result is shown in Fig.6. MP has the characteristic of absorbing short wavelength light. Therefore, it seems that there is a strong influence on the stimulus that contains large amount of short wavelength light such as blue and cyan. However, the result of this study also showed nearly the same effect on the stimulus that does not contain short wavelength light such as red and magenta. This suggests that there may be the higher mechanism that the compensation for the short wavelength region extends to other regions.

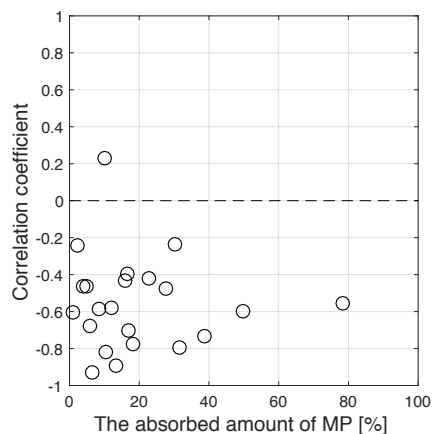


Fig.6 B/L contour line with MP correction

### 5. Conclusion

In this study, the quantitative relationship between MPOD and B/L was investigated. The results showed that a negative correlation between individual differences in MPOD and that in B/L. The same effects were also observed for color light with little effect of MP. This suggests that there may be the visual mechanisms due to MPOD that affect brightness perception.

**References**

- 1) M.Ikeda, J. Ikeda and M.Ayama: "Specification of individual variation in luminous efficiency for brightness", *Color Res.* 17, pp.31-44 (1992).
- 2) J.M.Stringham and B.R.J.Hammond: "Compensation for light loss due to filtering by macular pigment: relation to hue cancellation", *Ophthalmic and Physiological Optics*, 27, pp.232-237 (2007).
- 3) K.Sagawa and Y.Takahashi: "Spectral luminous efficiency as a function of age", *J. Opt. Soc. M. A.* 18, pp.2659-2667 (2001).
- 4) G.Wyszecki and W.S.Stiles: *Color Science*, John Wiley & Sons (1982).
- 5) T.Hayasaka and Y.Yamauchi: "Individual differences in macular pigment optical density and color perception", *AIC2012* (2012).



# L/M 錐体数比と輝度検出特性の関連性 -交照法による間接的検討-

## The relation between L / M cone number ratios and luminance detection characteristics

### - Indirect consideration by psychophysical heterochromatic flicker photometry -

齋藤 隆介	Ryusuke Saito	山形大学大学院	Graduate School of Yamagata University
永井 岳大	Takehiro Nagai	山形大学大学院	Graduate School of Yamagata University
山内 泰樹	Yasuki Yamauchi	山形大学大学院	Graduate School of Yamagata University
田代 知範	Tomonori Tashiro	山形大学大学院	Graduate School of Yamagata University
内川 恵二	Keiji Uchikawa	神奈川大学マルチモ ーダル研究所	Research Institute for Multimodal Sensory Science, Kanagawa University

**Keywords:** 錐体, 輝度, 心理物理学.

#### 1. はじめに

人間の網膜上には、光受容器の働きをする視細胞が存在し、視細胞は光に対する感度特性によって桿体細胞と錐体細胞に二分される。桿体細胞は光に対する感度が高く暗い場所でも機能する一方で、色知覚には基本的には寄与しない。これに対して、錐体細胞は明るい場所で機能し、輝度だけでなく色の知覚にも強く寄与する[1]。また、錐体細胞は光の波長に対するピーク感度によってL錐体、M錐体、S錐体に分類される。L錐体は長波長(約560 nm)、M錐体は中波長(約530 nm)、S錐体は短波長(約430 nm)の光に対して、ピーク感度を持つ。人間は眼球内に光が入射したとき、L、M、S錐体の3種類の応答の組み合わせにより光の波長の違いを検出し、それを色や明るさとして知覚する。

ところで、補償光学による網膜画像の直接撮影や網膜電図による電気生理学的測定などにより、網膜上における錐体の数の比率には大きな個人差があることが明らかになっている[2][3]。3種類の錐体の中でも、特にL錐体とM錐体の割合(L/M錐体数比)において顕著な個人差が見られ、「L:M=9:1」の被験者もいれば、「L:M=3:7」の被験者もいるなど、大きな個人差が存在する[3]。しかし、L/M錐体数比の個人差が、輝度や色の知覚特性にどのような影響を与えているかについては、ほとんど知られていない。

そこで本研究では、輝度の知覚特性に着目し、L/M錐体数比の個人差が人間の輝度検出特性に与える影響を調べた。本研究は以下に示す3つのステップにより構成される。

第1ステップでは、L/M錐体数比を反映する可能性のある、2種類の心理物理実験(実験1, 実験2)を行った。実験1では、L、M錐体へのみ影響を与える刺激(L錐体刺激, M錐体刺激)を用いて、輝度検出に対するL/M錐体刺激寄与比を測定した。実験2では、L、M錐体の感度を低下させる刺激(Lノイズ, Mノイズ)を用いて、輝度検出に対するL/Mノイズの効果量比を測定した。なお、これらの心理物理学的特性に大きな個人差があることは、過去の研究から示されている[4]。

第2ステップでは、交照法を用いることで、被験者のL/M錐体数比を間接的に推定した。過去の研究では、高時間周波数のフリッカー刺激を用いた交照法により測定した被験者の分光感度と、網膜電図により測定した被験者のL/M錐体数比の間には、強い相関関係があることが報告されている[5]。そこで、本研究では、交照法による実験結果を、L/M錐体数比の間接的な指標として用いた。

第3ステップでは、輝度検出に対するL/M錐体刺激寄与比とノイズ効果量比という、2つの心理物理特性の個人差と、心理物理実験により間接的に測定したL/M錐体数比の個人差を比較し、両者が相関するか検討した。

#### 2. 実験方法

本研究では3つの心理物理実験を行った。実験1では、輝度検出に対するL/M錐体刺激寄与比を測定した。実験2では、輝度検出に対するL/Mノイズの効果量比を測定した。実験3では交照法を用いることでL/M錐体数比を間接的に測定した。また、これら3つの実験には全19名の被験者が参加した。

## 2. 1. 実験 1

### 2. 1. 1. 実験原理

輝度検出に対する L/M 錐体刺激寄与比を心理物理実験により測定した。実験では、テスト刺激を LM 錐体コントラスト平面上で定義した。この平面上において刺激色は、原点である無彩色背景に対するテスト刺激の L, M 錐体応答量のコントラストとして定義される。LM 錐体コントラスト平面上において、 $0^\circ$  方向を L 錐体コントラストの正方向、 $90^\circ$  方向を M 錐体コントラストの正方向とすると、およそ第 1, 第 3 象限方向への色変化は輝度チャンネルにより、およそ第 2, 第 4 象限方向への色変化は色チャンネルにより検出されることが知られている[4]。したがって、本研究では、この平面上で定義したテスト刺激の検出実験を行い、第 1, 第 3 象限における閾値輪郭の傾きを被験者の輝度検出特性として算出した。この閾値輪郭の傾きは輝度検出に対する L/M 錐体刺激の寄与比を反映すると考えられる。

なお、本研究では、錐体分光感度として Stockman & Sharpe[6]のものをを用いた。

### 2. 1. 2. 刺激

$20 \text{ cd/m}^2$  の等エネルギー白色を背景として、その背景上に実験刺激及び固視を補助する 4 つの黒点を呈示した。隣り合う黒点間の距離は  $2.7 \text{ degrees}$  であり、被験者は実験の際に 4 つの黒点の中央付近を固視した。その背景上に、テスト刺激とノイズ刺激と呼ばれる 2 種類の刺激が重ね合わされて呈示された。

テスト刺激は、図 1 に示すような空間周波数  $1 \text{ cpd}$  (cycles/degree) のガボール刺激であった。ガボールの色方向は、 $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $150^\circ$  の 9 種類のいずれかであった。また、刺激のコントラストは、LM 錐体コントラスト平面上における、ガボールの最大コントラスト色と原点とのユークリッド距離として定義された。



図 1 実験刺激

ノイズ刺激は、 $1 \text{ cpd}$  の垂直成分を多く持つランダム画像であった。具体的には、 $135^\circ$  と  $315^\circ$  の 2 色からなるホワイトノイズに  $1 \text{ Hz}$  の垂直方向付近の成分のみを抽出するガウシアンフィルタにより作成された。 $135^\circ$  と  $315^\circ$  への色変化は主に色チャンネルによって検出されるため、このノイズ刺激をターゲット刺激に重畳させることで、ターゲット検出における色チャンネルの感度を低下させることができる。これにより、効率的に輝度チャンネルの特性を取り出すことができる。なお、ノイズ刺激の時間周波数は  $20 \text{ Hz}$  であり、モニタの 3 フレームに一度ノイズ刺激が更新された。

### 2. 1. 3 手続き

各セッション開始時に、被験者にはノイズ刺激に 1 分間順応してもらった。順応終了後にビープ音が鳴り、被験者がマウスクリックすることで試行が開始される。各試行は、 $0.2 \text{ s}$  のインターバル 2 つと、その間にある  $0.4 \text{ s}$  のブランクにより構成された。テスト刺激はインターバル 1 か 2 のどちらかのみランダムで呈示され、ノイズ刺激は試行期間中常に呈示された。各インターバル開始時にはビープ音が鳴った。被験者はテスト刺激が呈示されたと感じたインターバルを、二肢強制選択法によりマウスクリックで応答した。各試行におけるテスト刺激のコントラストは、PSI 適応階段法[7]に基づきコントロールされた。各セッションではテスト刺激の 9 種類の色方向の試行がランダムな順序で実施され、各色方向について 40 試行行われた時点で実験が終了した。したがって、1 セッションでは全条件を合わせて 360 試行を行ったことになる。1 セッションを終えるのに 20 分ほど要した。実験全体では 3 セッションを行った。

## 2. 2. 実験 2

### 2. 2. 1. 実験原理

輝度検出に対する L/M ノイズ効果量比を心理物理実験により測定した。主な実験方法は実験 1 と同じであるが、実験 2 ではノイズ刺激として L ノイズ (L 錐体のみを選択的に影響するノイズ)、M ノイズ (M 錐体のみを選択的に影響するノイズ) を使用し、テスト刺激と重畳して呈示した際の検出閾値を測定した。L ノイズ時の検出閾値と M ノイズ時の検出閾値の比を取ることで、被験者の輝度検出に対する L/M ノイズ効果量比を計測した。

## 2. 2. 2. 刺激・手続き

テスト刺激は実験1と同じくガボール刺激であり、色方向は $45^\circ$ と $135^\circ$ の2種類のみであった。また、Lノイズの色方向は $0^\circ - 180^\circ$ 、Mノイズの色方向は $90^\circ - 270^\circ$ であった。それ以外の実験条件・手続きは実験1と同様であった。

## 2. 3. 実験3

### 2. 3. 1. 実験原理

MacLeod-Boynton色度図における $r$ 軸(L-M軸)上の様々な色度に対して、交照法を用いることで、各被験者の無彩色背景との主観的等輝度に対応する測色的輝度値を測定する。色度に伴ってL錐体とM錐体の寄与量が変化するため、L-M軸上における主観的等輝度の傾きを、L/M錐体数比の間接的指標として用いる。なお、この傾きは、正に大きいほど輝度チャンネルに対するM錐体の寄与が大きいことを示す。

### 2. 3. 2. 刺激

背景は $20 \text{ cd/m}^2$ の等エネルギー白色であり、参照刺激と同一であった。背景上のモニタ中央に、黒輪郭線で囲まれた直径 $4.5 \text{ degrees}$ の円形均一色刺激である参照刺激とテスト刺激が $21.7 \text{ Hz}$ で交互に呈示された。テスト刺激の色度は、L-M軸を等間隔に3等分して得られた4つの色度から、試行毎にランダムで選択された。

### 2. 3. 3. 手続き

実験は調整法により行った。各試行では、被験者はテスト刺激の輝度をトラックボールにより変化させ、ちらつきが最小になったと感じたところでクリックすると試行が終了した。各セッションでは、テスト刺激の4つの色度について10回ずつ試行を行った。このセッションを2度繰り返して、全試行の結果を平均することで各色度の主観的等輝度に対する測色的輝度値を算出した。

## 3. 実験結果

図2に1名の被験者の実験1の結果を示す。L/M錐体コントラスト平面上の検出閾値に対して輝度・色チャンネルの足し合わせモデルを回帰し、第一象限方向の閾値輪郭の傾きを、輝度検出に対するL/M錐体刺激寄与比として被験者ごとに推定した。

図3に1名の被験者の実験2の結果を示す。Lノイズ下とMノイズ下の閾値の比を、輝度検出

に対するL/Mノイズ効果量比として被験者ごとに推定した。

図4に実験1で得られた輝度検出におけるL/M錐体信号の寄与比と、実験2で得られた輝度検出におけるL/Mノイズ効果量比の関係を示す。図4より輝度検出においてL/M錐体刺激寄与比とL/Mノイズ効果量比の間には相関関係があることが分かる。この結果は、輝度検出における2つの心理物理特性の個人差が同一の生理学的要因に起因している可能性を示唆している。

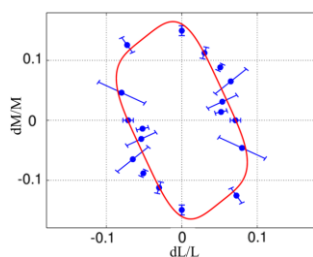


図2 実験1の結果

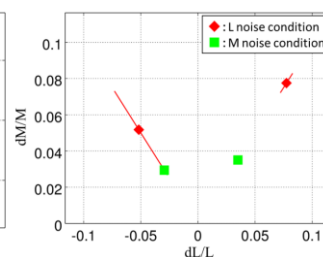


図3 実験2の結果

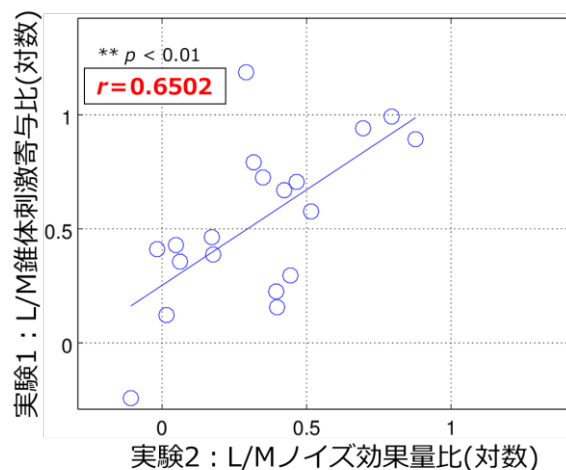


図4 輝度検出に対するL/M錐体刺激寄与比とL/Mノイズ効果量比の関係

図5、6にそれぞれ、実験1と実験3の結果の比較、実験2の $45^\circ$ 条件に対するL/Mノイズ効果量比と実験3の結果の比較を示す。どちらの図においても、統計的に有意な相関関係が見られた。これらの結果はL/M錐体数比が輝度検出へのL/M錐体信号寄与比とL/Mノイズ効果比に深く関連することを示唆している。



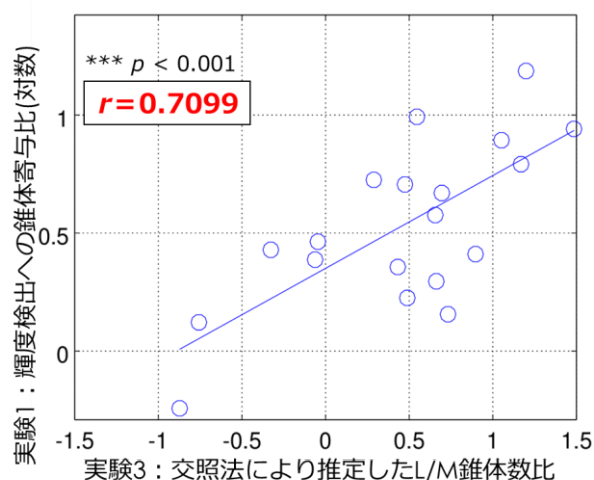


図5 実験1と実験3の結果の関係

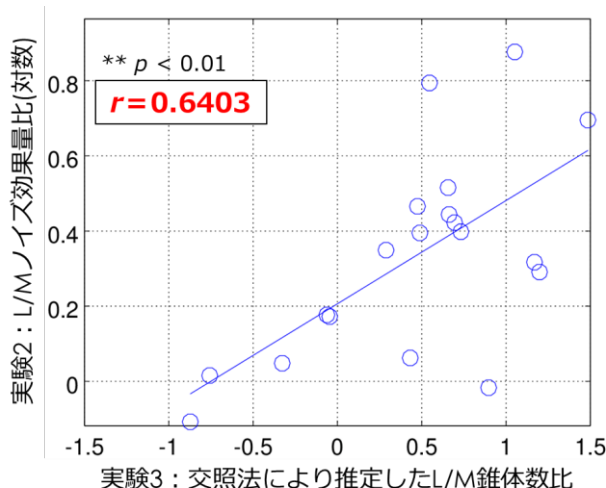


図6 実験2の45°条件の結果と実験3の結果の関係

#### 4. 総合考察

本研究では、輝度検出に対するL/M錐体刺激寄与比とL/Mノイズ効果量比という2種類の心理物理的特性を実験により測定した。その結果、2つの心理物理特性の間に強い相関関係が存在したことから、両者が同一の生理学的要因に起因していることが示唆された。また、輝度検出に対する2種類の心理物理特性と、交照法を用いて測定した間接的L/M錐体数比指標との間にも相関関係が見られた。この結果は、輝度検出における2種類の心理物理特性の個人差が、L/M錐体数比の個人差に起因することを示唆している。すなわち、輝度検出メカニズムにおいては、L/M錐体数比に伴う錐体信号のアンバランスさが補正されていないと考えられる。

しかし、本研究で得られた心理物理学的指標間

の相関は統計的には有意であるものの、相関係数の絶対値自体は0.6から0.7程度でありさほど高くはなかった。これは、L/M錐体数比の計測を、ERGなどの電気生理学的手法と比較して精度の劣る心理物理実験を用いて行ったことが原因の一つであると考えられる。したがって、被験者のL/M錐体数比を、網膜電図などを用いてより正確に計測することが、今後の課題として挙げられる。また、これまでは人間の輝度検出特性にのみ着目していたが、色の検出や色の見えなど、色の知覚特性に対するL/M錐体数比の影響を明らかにしていくことも、今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] G. R. Cole, T. Hine, W. McIlhagga, "Detection mechanisms in L-, M-, and S-cone contrast space", *Journal of the Optical Society of America A*, 10(1), 38–51 (1993).
- [2] H. D. Baker, W. A. H. Rushton, "The red-sensitive pigment in normal cones", *The Journal of Physiology*, 176(1), 56–72 (1965).
- [3] H. Hofer, J. Carroll, J. Neitz, M. Neitz, D. R. Williams, "Organization of the human trichromatic cone mosaic", *The Journal of Neuroscience*, 25(42), 9669–9679 (2005).
- [4] F. Giulianini, R. T. Eskew Jr, "Chromatic masking in the ( $\Delta L/L$ ,  $\Delta M/M$ ) plane of cone-contrast space reveals only two detection mechanisms", *Vision Research*, 38(24), 3913–3926 (1998).
- [5] J. Kremers, H. P. Scholl, H. Knau, T. T. Berendschot, T. Usui, L. T. Sharpe, "L/M cone ratios in human trichromats assessed by psychophysics, electroretinography, and retinal densitometry", *Journal of the Optical Society of America A*, 17(3), 517–526 (2000).
- [6] A. Stockman, L. T. Sharpe, "The spectral sensitivities of the middle- and long-wavelength-sensitive cones derived from measurements in observers of known genotype", *Vision Research*, 40, 1711–1737 (2000).
- [7] G. R. Cole, T. Hine, W. McIlhagga, "Chromatic difference steps of moderate size measured along theoretically critical axes", *Color Research and Application*, 5, 13–23 (1980).



# 階層的クラスタ分析を用いたアゲハチョウ科の蝶の色彩分析

## Hierarchical cluster analysis in color applied to the papilionidae butterflies

梯 絵利奈	Erina Kakehashi	千葉大学大学院	工学研究科	Chiba University
村松 慶一	Keiichi Muramatsu	埼玉大学大学院	理工学研究科	Saitama University
崔 庭端	Jeongseo Choi	千葉大学大学院	工学研究科	Chiba University
日比野 治雄	Haruo Hibino	千葉大学大学院	工学研究科	Chiba University

**Keywords:** 色彩分析, 自然の色彩, Histogram Intersection, 階層的クラスタ分析, アゲハチョウ科.

### 1. はじめに

自然のもつ色彩美はこれまで人間に様々なインスピレーションを与えてきた。例えば、自然の色彩を応用し、カラーデザインを支援する様々なツールが開発されている(1-4)。また、鳥や昆虫の発色構造は織物などの材料開発に応用されている(5, 6)。心理学的な観点においても、自然のもつ色彩の調和が明らかになっており(7, 8)、自然の色彩が人工的な色彩よりも調和する可能性を示唆している。このように、自然のもつ色彩がカラーデザインに応用され、色彩調和が示唆される一方で、その配色体系は定量的に研究されていない。自然の配色体系の解明は、色彩教育ひいてはカラーデザインの発展と充実に貢献すると考えられる。自然界において特に蝶は種によって多様な色彩をもつ(9)。また、カラフルな昆虫や羽のある昆虫はヒトに好まれ(10)、特に蝶は他の昆虫よりも好まれる(11)。さらに蝶は芸術的な価値が高く、様々な工芸品の装飾や芸術作品のモチーフとなっている(12, 13)。これらのことから、蝶はヒトの色彩嗜好や芸術的感性を反映した配色体系を持つと考えられる。そこで、本研究では蝶の中でも特に大型で美麗種が多いアゲハチョウ科に着目し(14)、その配色体系を解明することを目的とした。

### 2. 方法

本研究ではアゲハチョウ科の配色体系を把握するため、アゲハチョウ科の各種を色彩の特徴から分類し、各クラスタの色彩傾向を調査した。

#### 2.1. 種の選択

まず、蝶の中でも特に人に好まれる種は、一般向けの書籍に頻りに掲載されていると考えられる。そこで、蝶の専門家による写真集や図鑑から、2冊以上に掲載されているアゲハチョウ科の蝶 47 種を採

用した(表 1)。さらに生物画像データベースから 15)、上記 47 種と同じ種で性別や亜種、翅の裏表によって色彩(模様)が異なる個体の画像 108 枚を収集し、分析に用いた。

表 1 分析対象種の学名一覧

Genus	Species	Genus	Species
1 Battus	belus	25 Papilio	demodocus
2 Battus	philenor	26 Papilio	demoleus
3 Bhutanitis	lidderdalii	27 Papilio	glaucus
4 Eurytides	marcellus	28 Papilio	karna
5 Graphium	agamemnon	29 Papilio	maackii
6 Graphium	antiphates	30 Papilio	machaon
7 Graphium	doson	31 Papilio	memnon
8 Graphium	policenes	32 Papilio	multicaudata
9 Graphium	sarpedon	33 Papilio	palinurus
10 Graphium	weiskei	34 Papilio	paris
11 Losaria	neptunus	35 Papilio	polymnestor
12 Luehdorfia	japonica	36 Papilio	polytes
13 Ornithoptera	alexandra	37 Papilio	thoas
14 Ornithoptera	chimaera	38 Papilio	ulysses
15 Ornithoptera	goliath	39 Pharmacophagus	antenor
16 Ornithoptera	paradisea	40 Protographium	thyastes
17 Ornithoptera	priamus	41 Trogonoptera	brookiana
18 Ornithoptera	victoriae	42 Troides	aeacus
19 Pachliopta	hector	43 Troides	amphrysus
20 Papilio	antimachus	44 Troides	andromache
21 Papilio	arcturus	45 Troides	helena
22 Papilio	bianor	46 Troides	hypolitus
23 Papilio	blumei	47 Troides	magellanus
24 Papilio	bootes		

#### 2.2. 画像処理

画像の編集には Adobe Photoshop CC 2017 を用いた。まず、画像の背景と虫ピン、翅の欠損部を全て透明ピクセル (A=0) に置換した。画像のサイズは 400×400pixel で、カラープロファイルは sRGB に統一し、PNG 形式で保存した。

#### 2.3. 階層的クラスタ分析

以前の筆者らの研究では、目測で抽出した代表色からアゲハチョウ科の蝶画像を分類した(16)。しかし目測による代表色抽出は客観性に乏しく、作業効率も低い。そこで、本研究では Histogram Intersection (HI) とクラスタ分析を用い(17, 18)、客観的な色彩情報にもとづく蝶画像の自動分類を試みた。HI とは、二つの画像間の類似度を色の頻度に

もついで計算する手法である。n 個のビンを含むヒストグラム  $I$  と  $M$  が与えられるとき、二つのヒストグラムの積集合  $S$  は

$$S = \sum_{j=1}^n \min(I_j, M_j)$$

で定義される (17)。なお、本研究では各ヒストグラムにおけるビンの値 ( $I_j$ ,  $M_j$ ) の総和が 1 となるよう事前に正規化し、上記の式に適用した。したがって、 $S$  は 0 から 1 の値をとり、 $S = 1$  のとき二つの画像は完全に一致する。これにより得られた  $S$  の値を用いて、 $1-S$  を画像間の距離 (非類似度) と定義した。画像間の距離を階層クラスタ分析の変数に用い、ward 法によってクラスタ間の距離を計算した。なお、HI に用いたヒストグラムのビン数は 512 であった。

#### 2.4. CIE L\*C\*h ヒストグラム

絵画などの色彩分析には目測で抽出した代表色がよく用いられる (19)。しかし、代表色抽出によって画像内の情報が単純化されることで、ヒトが認知していない僅かな変化も一つの色に集約されてしまう。本研究では、こうした僅かな変化も蝶の色彩の特徴として捉えるため、各クラスタのヒストグラムから色彩傾向を分析した。分析には CIE L\*C\*h 色空間を用いた (20)。画像の色空間を sRGB から CIE L\*C\*h に変換し、各クラスタの画像群から  $L^*$ 、 $C^*ab$  を 10 分割、 $hab$  を 12 分割したヒストグラムをそれぞれ作成した。

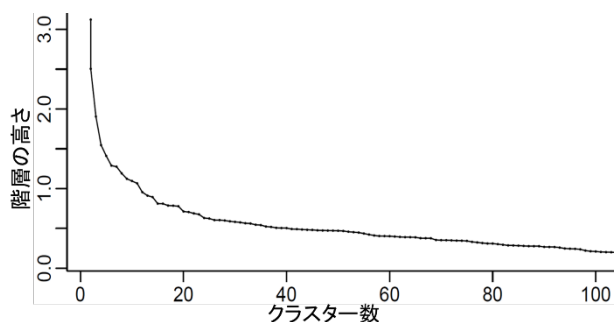


図1 各階層の高さとクラスタ数

### 3. 結果

#### 3.1. クラスタ数

クラスタ分析から得られたデンドログラムを図1に示す。本研究では、階層間の高さの変化量が増加する点でのクラスタ数を採用した。各階層の高さとクラスタ数を図2に示す。図2から、クラスタ数 20 以上でプロットのカーブが緩やかになっており、階層間の高さの変化量が減少していることがわかる。よって、本研究ではデンドログラムを高さ 0.78 で切断し、19 クラスタを採用した (表 2)。

表 3  $L^*$  の傾向

クラスタ	分布特性
C1, C2, C3, C4, C12, C18	分布: 二峰性 (10-50に集中) ピーク間の $\Delta L^*$ : 50-70
C5, C8, C9, C14, C17	分布: 二峰性 (0-20に集中) ピーク間の $\Delta L^*$ : 70-90, 60-80 (C8)
C7, C10, C11, C13, C15, C19	分布: 二峰性 (二峰間の偏りが少ない) ピーク間の $\Delta L^*$ : 60-80, 70-90 (C15)
C6	分布: 単峰性 (20-80に集中) ピーク: 0-20
C16	分布: 単峰性 (0-10に集中) ピーク: 0-10

表 4  $C^*ab$  の傾向

クラスタ	分布特性
C1, C2, C3, C4, C5, C7, C8, C9, C12, C14, C16, C17	分布: 単峰性 (0-30に集中) ピーク: 0-10, 10-20, 20-30のいずれか
C6, C10, C18	分布: 単峰性 (10-50に集中) ピーク: 20-30, 30-40 (C6)
C11, C19	分布: 二峰性 (0-10に集中) ピーク間の $\Delta C^*$ : 20-40, 30-50 (C19)
C13, C15	分布: 二峰性 (二峰間の偏りが少ない) ピーク間の $\Delta C^*$ : 60-80, 70-90 (C15)

表 5  $hab$  の傾向

クラスタ	分布特性
C1, C2, C3, C4, C10, C14, C17, C18, C19	分布: 二峰性 (30-120° に集中) ピーク間の $\Delta H^*$ : 90-150° (C10), 120-180° (C1, C3, C14, C18, C19), 150-180° (C2, C4, C17)
C5, C6, C7, C9, C13, C15	分布: 単峰性 (30-120° に集中) ピーク: 30-60° (C5, C6), 60-90° (C9, C15), 90-120° (C7, C13)
C8	分布: 単峰性 (60-150° に集中) ピーク: 120-150°
C11	分布: 二峰性 (90-180° に集中) ピーク間の $\Delta H^*$ : 60-120°
C12	分布: 二峰性 (180-210° に集中) ピーク間の $\Delta H^*$ : 90-150°
C16	分布: 二峰性 (120-150° に集中) ピーク間の $\Delta H^*$ : 120-180°

#### 3.2. CIE L\*C\*h の分布傾向

$L^*$ 、 $C^*ab$ 、 $hab$  の傾向をそれぞれ表 3~5 にまとめた。また、各属性の特徴が顕著な例を図 3~5 に示す。 $L^*$  の傾向は、主に 50 以下に分布が集中しており、色相や彩度に比べて各段階の分布の差が小さかった。なお、二峰性分布の場合、各峰のピーク間の色差  $\Delta L^*$  は 50-90 であった。また、 $C^*ab$  の傾向は、主に 50 以下に分布が集中しており、二峰性分布の場合、各峰のピーク間の色差  $\Delta C^*ab$  は 20-50 または 60-90 であった。さらに  $hab$  の傾向は、主に 30-120° または 90-180° に分布が集中しており、二峰性分布の場合、各峰のピーク間の色差  $\Delta hab$  は 60-150° または 120-180° であった。これらの特徴をまとめると、アゲハチョウ科の蝶の色彩傾向について主に次のことが言える。(1)低明度色や、明度が段階的に変化する配色が多い。また、明度差が大きい

配色も多い。(2)低彩度色が多い。一部では彩度差が大きい配色もみられる。(3)色相は赤～黄緑や黄～青緑が多く、これらの補色にあたる色がわずかに分布する。

#### 4. おわりに

本研究では HI を用いたクラスター分析によって蝶画像を分類し、CIE L\*C\*h の各属性におけるクラスターごとの色彩傾向を調査した。今後はカテゴリカルカラーや三次元空間での分布傾向などについてさらなる分析を行い、アゲハチョウ科の配色体系を明らかにしたい。

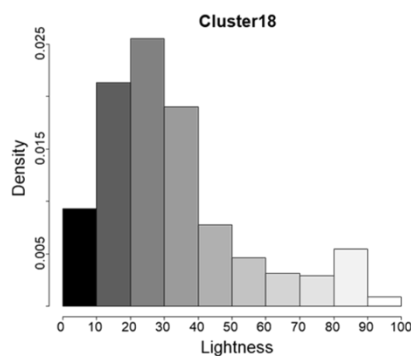


図3 クラスタ18のL\*の特徴

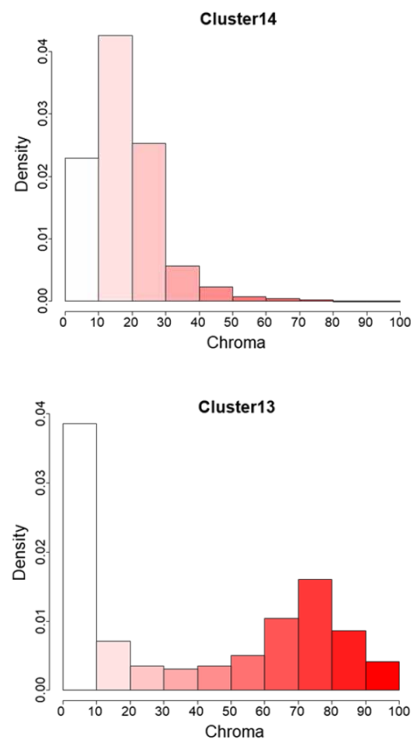


図4 クラスタ14(上)と13(下)のC\*abの特徴

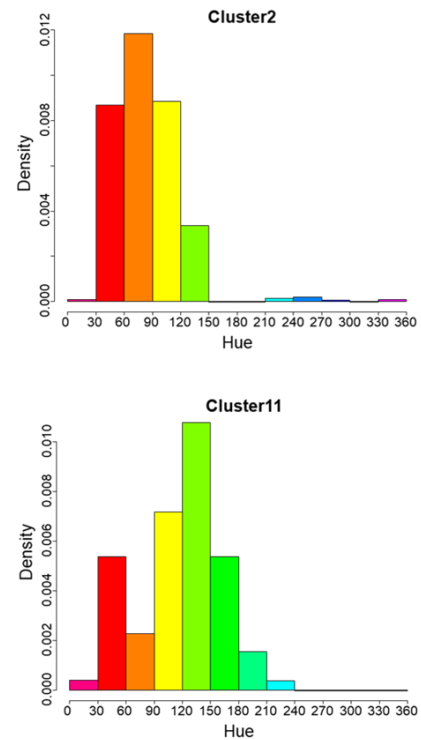


図5 クラスタ2(上)と11(下)のhabの特徴

#### 参考文献

- 1) 草木雅広. 花からはじめる自然色彩学. 六耀社. 2002
- 2) 徳永聖一郎. 色彩調和理論と生活者の色彩嗜好 - 「1/f ゆらぎカラーシステム」とファッションカラー - . 繊維製品消費科学, 39(7), 432-436, 1998
- 3) Design Seeds - For All Who Love Color: <https://www.design-seeds.com/> (Accessed 2018. 3. 7)
- 4) Hsiao S., Tsai C., Transforming the natural colors of an image into product design: A computer-aided color planning system based on fuzzy pattern recognition, Color Research and Application, 40(6), 612-625, 2015
- 5) Kinoshita S., Yoshioka S., Structural Colors in Nature: The Role of Regularity and Irregularity in the Structure, ChemPhysChem, 6(8), 1442-1459, 2005
- 6) Li J., Li X., Yu F., Chen Y., Huang W., Mechanism and analysis of structural color in two typical butterfly scales, 2010 IEEE 5th International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, 723-727, 2010
- 7) 松家 雄一. ナチュラル・ハーモニーとコンプレックス・ハーモニーの配色評価の違い. 基礎造

- 形, 6, 51-56, 1997
- 8) 足立吉隆, 大山妹子, 草木雅広, 高野佳子. 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, 2008
  - 9) Beldade P., Brakefield P., The genetics and evo-devo of butterfly wing patterns, *Nature Reviews Genetics*, 3, 442-452, 2002
  - 10) Gabriele B., Schlegel B., Kauf P., Rupf R., The Importance of Being Colorful and Able to Fly: Interpretation and implications of children's statements on selected insects and other invertebrates, *International Journal of Science Education*, 37(16), 2664-2687, 2015
  - 11) Shipley N., Bixler R., Beautiful Bugs, Botherome Bugs, and FUN Bugs: Examining Human Interactions with Insects and Other Arthropods, *Anthrozoös*, 30(3), 357-372, 2017
  - 12) 松香光夫. アジアの昆虫資源. 農林水産省国際農林水産業研究センター, 1998.
  - 13) 渡邊恵. 蝶の模様 -文学に見られる蝶のイメージとの関連性について-. 服飾文化学会誌, 9(1), 81-91, 2008
  - 14) Layberry R., Hall P., Lafontaine D., *The Butterflies of Canada*, University of Toronto Press, 77, 1998
  - 15) iDigBio: <https://www.idigbio.org/> (Accessed 2018. 3. 7)
  - 16) 梯絵利奈, 笠松慶子. アゲハチョウの翅における色構成に関する調査. 日本色彩学会誌, 39 (5\_SUPPLEMENT), 25-26, 2015
  - 17) Michael J S., Dana H B., Color indexing. *International Journal of Computer Vision*, 7(1), 11-32, 1991
  - 18) Santhana K., Mohamed A M., Image browsing using hierarchical clustering. *Proceedings IEEE International Symposium on Computers and Communications*, 301-307, 1999
  - 19) 筒井亜湖, 近江源太郎. マルク・シャガールの油彩画に関する視感測色による統計分析の試み: 年代変化を中心に. 日本色彩学会誌, 2006, 30(2), 58-68
  - 20) CIE Colorimetry, CIE Publication, 15, 2004

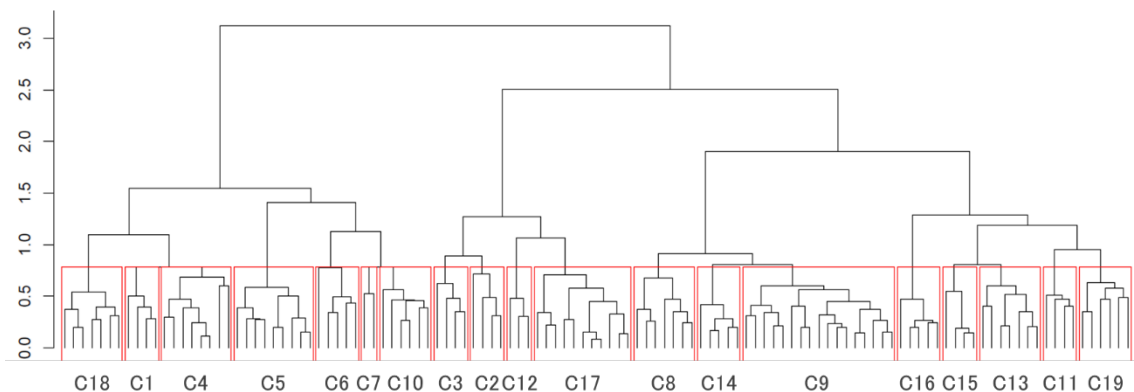


図2 デンドログラム

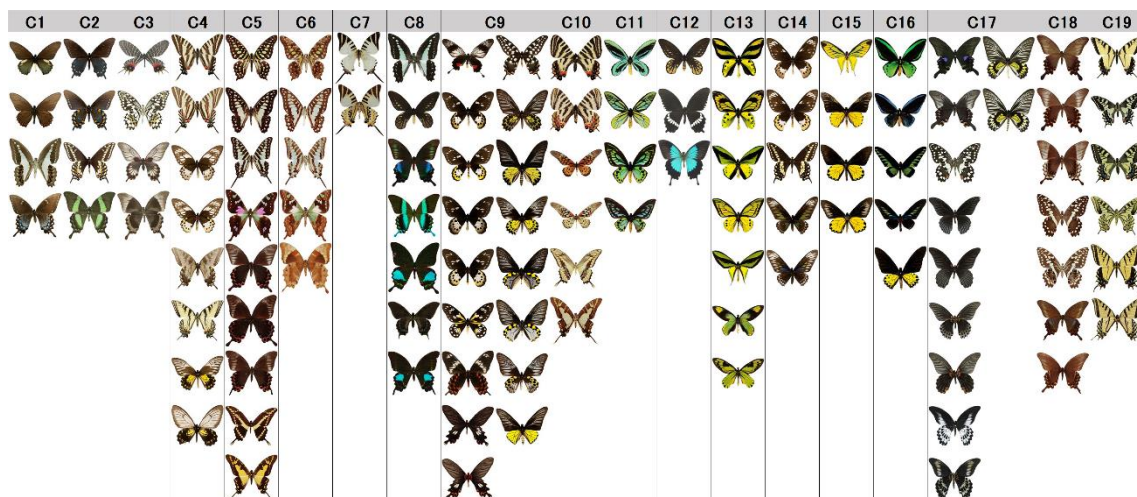


表2 19クラスターに分類された蝶画像



# ディスプレイと映り込みの空間周波数特性が視認性に与える影響

## The effect from display and spatial frequency of reflected images on visibility

野添 佑揮 Yuki Nozoe 立命館大学大学院 Graduate School of Ritsumeikan University

篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学 Ritsumeikan University

**Keywords:** 空間周波数成分 DCR 法

### 1. はじめに

現代、スマートフォンやディスプレイが普及し、屋外・屋内を問わず使用されている。太陽光や蛍光灯などの外光が液晶画面に映り込むことで表示されているものの見えを妨害している。

ディスプレイへの外光からの映り込みは、本来見たいディスプレイの視認性を低下させ、眼精疲労の原因や仕事効率の低下を引き起こすと報告されている。ディスプレイへの外光の映り込みを防止する表面処理の設計・評価指標として、これまでは反射率やヘイズ値などの光学特性が用いられてきた。しかし、実際に表面処理を施して実環境で観察すると、指標とのズレが大きく、人の見えと一致するような映り込みの評価指標の確立が求められている。

### 2. 映り込みの再現方法について

一般に映り込みの起きているディスプレイの輝度はディスプレイから放射される光とディスプレイに映り込む光の和となる。そのため、今回は実際に映り込みを引き起こすのではなく、原画像と映り込みによる反射画像を重畳させることで容易にかつ定量的にシミュレーションできるため、この手法を用いた。

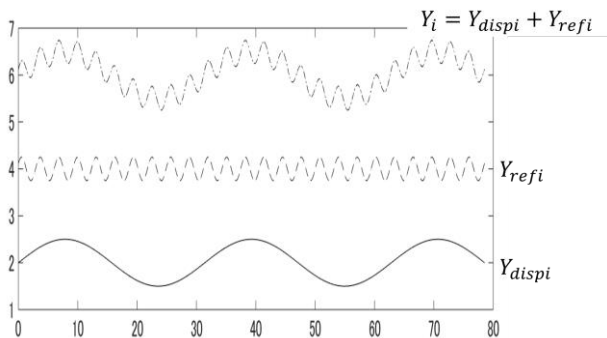


図 1 映り込みのシミュレーション

図 1 は正弦波上の  $i$  番目のピクセルの輝度分布

$Y_{dispi}$ 、反射画像の  $i$  番目のピクセルの輝度分布  $Y_{refi}$ 、それらが重畳した物理的な輝度分布  $Y_i$  となっている。図 1 より、映り込みが引き起こされると輝度  $Y_i$  は上昇し、コントラストは複雑かつ低下する。これより、映り込みが起きたディスプレイに最も影響を与えるのは輝度とコントラストであると考えた。

### 3. 実験手法

#### 3.1 被験者

被験者は、正常色覚者 21～22 歳の男女 2 名で、視力 1.0 以上(矯正を含む)であるものとした。

#### 3.2 実験装置

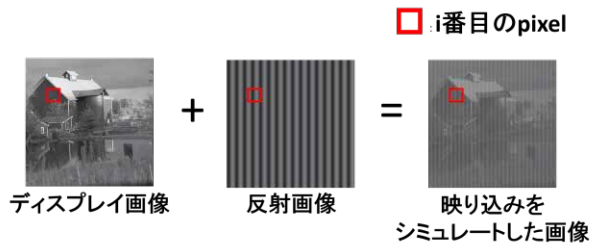
暗室にて実験を行った。暗室の大きさは 200cm × 150cm × 210cm となっており、作業台の高さは 70cm、椅子の高さは、43cm 視距離は 60cm で固定した。

実験用の PC は、HP ProBook 430 G3 を使用し、これを 23 インチワイド液晶ディスプレイ (Pavilion 23bw 23 インチ IPS 非光沢モニター HP) にアクリル系ハードコート付きトリアセチルセルローズフィルムをアクリル系粘着剤で貼合したものに接続して用いた。

#### 3.3 刺激

実験画像は Kodak 社 Photo CD PCD0992 の画像データセット 24 枚すべてを使用した。反射画像は輝度 50%、コントラスト 80%とし、図 2 に示される Campbell et al. の 500 [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ] コントラスト感度曲線から正弦波の周期を決定した<sup>[1]</sup>。正弦波格子画像はコントラスト感度曲線のピークを含むように 0.61, 1.23, 2.46, 4.93, 9.87 [cpd] の 5 種類の空間周波数を用いた。

実験画像と反射画像を重畳させた画像を評価画像とする。基準画像輝度調整係数  $d$  (0.5, 0.25, 0.125) と反射画像輝度調整係数  $r$  (0.5, 0.25, 0.125) を含む式 (1) を用いて重畳させた。(図 2)



$$Y_i = dY_{dispi} + rY_{refi} \quad (1)$$

$$d + r \leq 1$$

### 3. 4 主観的評価実験

本研究では、映像品質評価に幅広く用いられている DCR 法を用いた主観的評価実験を行った。DCR 法は ITU-T 勧告で規定されている映像品質であり、参照映像に対する画質の劣化度合いを 5 段階で相対的に評価する手法である。しかし、本実験では輝度の向上により相対的に評価が向上する可能性も考慮し、9 段階で相対的に評価することとした(表 1)。

表 1 9 段階評価

9	向上が認められ、非常に好ましい。
8	向上が認められ、好ましい。
7	向上が認められ、わずかに好ましい。
6	わずかに向上が認められるが、好ましいほどではない。
5	向上も劣化も認められない。
4	わずかに劣化が認められるが、気になるほどではない。
3	劣化が認められ、わずかに気になる。
2	劣化が認められ、気になる。
1	劣化が認められ、非常に気になる。

### 3. 5 実験手順

1 回の試行において、基準画像と評価画像がそれぞれ 2s ずつ提示される。その間に 1.5s のブランクが提示される。被験者は満足いくまで刺激を確認したのち、評価を行った。(図)

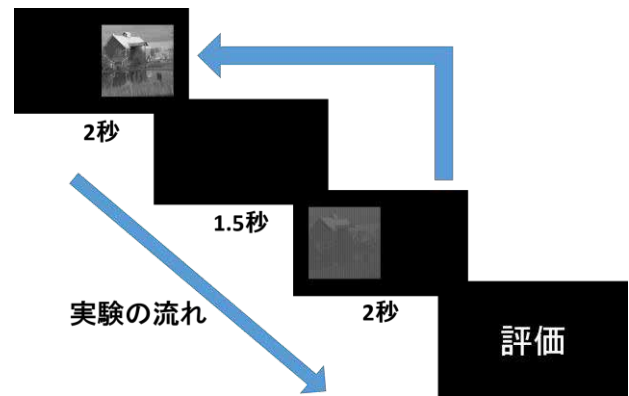
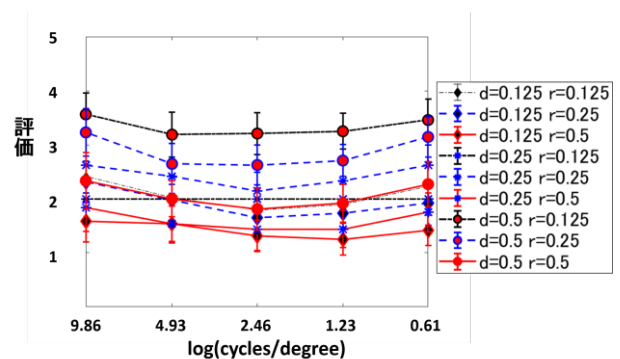


図 2 実験手順

## 4. 結果

図 5 に実験結果を示す。縦軸に DCR 法の評価を表し、縦軸に空間周波数を表す。図 3 は評価画像の結果を全て平均し、輝度の 9 条件で示したものである。エラーバーは標準偏差を示す。



## 5. 考察

本研究の結果としては、基準画像の輝度が高く、反射画像の輝度が低いほど視認性が向上し、基準画像の輝度が低く、反射画像の輝度が高いほど視認性が低下することが確認された。また、コントラスト感度曲線のピークに近いほど視認性の低下がみられた。

エラーバーより画像ごとの差は無視できないと考えられる。そのため、今後は画像の平均輝度などにも着目していく必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) F.W.Campbell, and J.G.Robson. "Application of Fourier analysis to the visibility of gratings." The Journal of psychology 197.3(1968):551

# デジタルカメラを用いた光学媒体の変調伝達関数 ( MTF ) の計測

## Measurement of Modulation Transfer Function of Optical Media using Digital Camera

山内 優希

Yuki Yamauchi

立命館大学

Ritsumeikan University

篠田 博之

Hiroyuki Shinoda

立命館大学

Ritsumeikan University

**Keywords:** 変調伝達関数, フーリエ変換, HDRI, ディスプレイの表面処理, バターワースフィルタ.

### 1. はじめに

ディスプレイの表面処理は, 反射・散乱特性を表す反射率・ヘイズ値で映り込み度合いを評価されているが, 実際の見え方と一致しない. 反射率・ヘイズ値は1点で定義・測定される光学的な指標であるのに対し, 人はディスプレイ全体を様々な方向から観察している. ディスプレイの表面処理の特性をディスプレイ全体に対して定義・評価できる指標を確立する必要がある.

ディスプレイの表面処理がディスプレイの見え方に及ぼす影響を評価する指標を確立したい. ディスプレイの表面処理 (光学媒体) による画像全体の変化を空間周波数の関数として表す変調伝達関数 (Modulation transfer function, MTF) で表現する. 上記の MTF をデジタルカメラで計測する手法の確立を目指す.

光学媒体の MTF は表面処理をしていない原画像と, 表面処理後の画像のそれぞれのフーリエ変換<sup>1)2)</sup>で得られた振幅成分の比によって与えられる. そのために, デジタルカメラを用いて画像の輝度分布計測を行う. 具体的に, 異なる露光時間で撮影して High Dynamic Range 画像 (HDRI)<sup>3)</sup>を作成し, HDRI の RGB 値から CIEXYZ 三刺激値に変換する.

### 2. 実験方法

提示する画像は JIS X 9204 N6RGB.TIF (4096 × 3072) を 768 × 768 の大きさにトリミングし白黒化した (図 1)<sup>4)</sup>. 上記の画像を原画像とし, 表面処理後の画像を作成するにあたって, 仮想的な MTF としてバターワースフィルタを使用した. 原画像のフーリエスペクトルにバターワースフィルタを適用させ, 逆フーリエ変換を用いることによって, 表面処理後の画像を作成した (図 2). フィルタのカットオフ周波数は 0.1 cycles/pixel とした. 実験はディスプレイ上に上述した 2 種類の画像

を提示しデジタルカメラで撮影した. 撮影距離は 1170 mm で行った. 露光時間は, 1/30, 1/15, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2 秒の計 7 パターンで撮影した. 撮影した画像をそれぞれ HDRI 合成したのち, CIEXYZ 三刺激値に変換した<sup>5)</sup>. 輝度成分にあたる Y 画像の中心部分を 1 次元フーリエ変換した. フーリエ成分の絶対値をとり, 表面処理後の画像から原画像を割ることで MTF を導出した.



図 1 原画像

図 2 表面処理後の画像

### 3. 結果

#### (1) 輝度分布計測

図 3 は Y 画像の中心 1 行の輝度をプロットした. 黒線は原画像で, 赤線は表面処理後の画像の輝度を表している. 画像の形状の変化はなく, 輝度の強度の変化が見てとれることから, デジタルカメラを用いた解像特性を測定できると推測できた.

#### (2) フーリエスペクトル

図 4 と図 5 は図 3 の Y 画像をフーリエ変換し, 得られたフーリエスペクトルの絶対値を取ったものをプロットした. 図 3 と同様に黒いシンボルは原画像, 赤いシンボルは表面処理後の画像である. 図 4 では散見できないが, 図 5 から低い周波数成分は減衰されず, 高い周波数成分では減衰しておりローパスフィルタの特性が見られた.

#### (3) MTF 算出

図 6 の赤いシンボルは, 表面処理後の画像のフーリエスペクトルから原画像のフーリエスペクトルを割ったものをプロットしたものである. 黒い線は, 1 次元のバターワースフィルタをプロットしている.

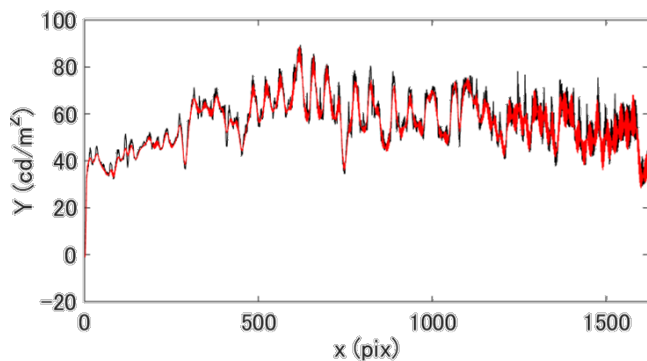


図3 輝度分布

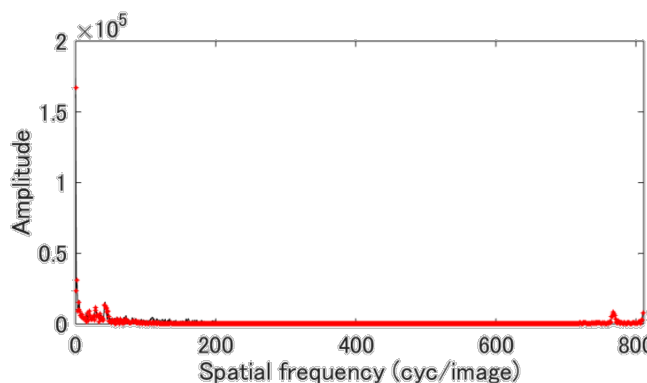


図4 フーリエスペクトル

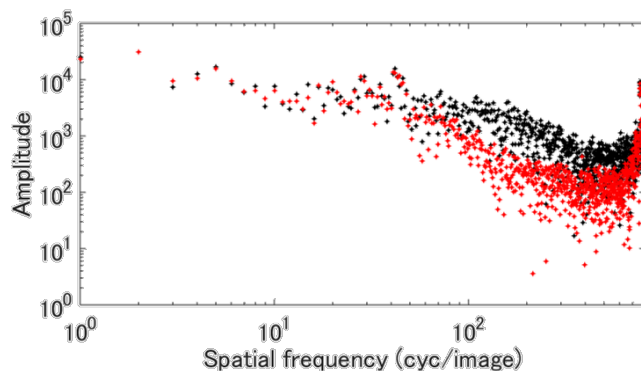


図5 フーリエスペクトル(対数表示)

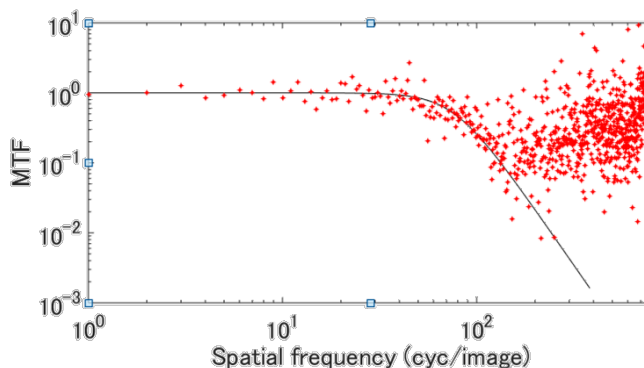


図6 MTF

#### 4. 考察

精度は高くないが、MTF をデジタルカメラで計測することは可能であることが分かった。精度を落としている要因の一つに、モアレと呼ばれる干渉縞が映り込んでしまっていることが分かっている。モアレの映り込みを除去することで、MTF を計測する際、その精度を高められることが期待される。

#### 参考文献

- 1) J.W.Cooley and J.W.Tukey: An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series, Math. Comput. 19 (1965) 297-301
- 2) 篠原 広行, 中世古 和真, 橋本 雄幸: C 言語による画像再構成入門 フーリエ変換の基礎と応用, 医薬科学 (2014) 123
- 3) P.E.Debevec and J.Malik: Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs (1997)
- 4) 倉地 紀子: CG Magic:レンダリング, オーム社 (2007) 117
- 5) 篠田博之, 藤枝一郎: 色彩工学入門, 森北出版 (2007) 73



# 空間分解分光(SRS)法を用いた肌の透明度測定装置の開発

## Development of skin transparency meter using SRS

高松 操 Misao Takamatsu (株)分光応用技術研究所 Spectral Application Research Laboratory Inc.

松本 和二 Kazuji Matsumoto (株)分光応用技術研究所 Spectral Application Research Laboratory Inc.

**Keywords** : 空間分解分光法, SRS, 肌色, 透明度測定, 透明感, 光拡散方程式.

### 1. はじめに

肌は角層・表皮・真皮・皮下組織という半透明の層構造の中にヘモグロビンやメラニンといった色素が偏在する構造的な複雑さゆえ、一般的な色彩計にて肌の色を測色することは難しい。そのため、ヘモグロビンやメラニンといった色素や角層など肌の色の見えに影響する各要素についての研究がなされているが、皮膚の物理的な透明度も肌の色の見えに影響する要素の一つと考えられる。

また、「透明感」という言葉は肌の美しさを表現する用語として非常に重要であり、化粧品開発などにおいて「透明感」の定量的な評価法が必要とされている。物理的な皮膚の透明度は「透明感」印象の重要な要素であることが予測できる。

このようなことから肌の色の見えの研究において、皮膚の透明度の測定は興味深い研究対象と言える。研究例としては、皮膚の内部反射光は偏光性が失われることを利用し、ゴニオメーターやカメラなどを利用して表面反射光と拡散反射光に分離し拡散反射光を内部反射光として測定しているもの<sup>1),2)</sup>、表面での反射をスリットによって遮断することで内部を通った光だけを検知するスリットライトセンサーを開発し、スリットからの距離と内部反射光の輝度分布を測定しているもの<sup>3)</sup>などが挙げられる。また、吉田ら<sup>4)</sup>は光干渉断層計という眼科など生体計測に使用される手法を用いて、肌からの反射光の奥行方向の分布を計測し、にぎり肌の光学特性をモデル化している。こういった肌の物理的な透明度を測定しようとする研究は、輝度・明度といった色情報あるいは顔・肌の画像解析結果などと透明感視感評価との相関を検討する研究<sup>5),6),7)</sup>に比べると比較的少ない。

今回、我々は肌の透明度の測定を主な目的とした半透明試料の吸収係数及び散乱係数を測定・算出できる装置を開発したので報告する。

### 2. 拡散方程式と SRS について

一般的な測色用光学系としては、積分球や $45-0^\circ$ の光学系(Fig.1)を用いて、試料からの反射光を受光する測定系にてデータを取得する方法がある。これらの測色用測定器では、クベルカムンク方程式が利用されている。クベルカムンク方程式にて吸収係数と散乱係数を個別に得るためには、試料のスライスなど破壊試験が必要なため生体などには不向き<sup>8),9)</sup>であり、非破壊での測定を行う場合は拡散方程式を用いることが多い。

拡散方程式とは入射光と出射光を同一方向に向けた光学系(Fig.2)を使い、一点から光を入射したときの時間とともに光が拡散していく情報を一般式化したものである。平均散乱距離( $z_0$ )、平均散乱距離を加味したファイバ間距離( $\rho$ )、効

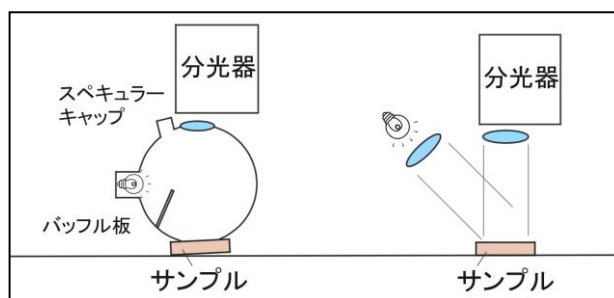


Fig. 1 一般的な測色用光学

(左：積分球光学系、： $45-0^\circ$  光学系)

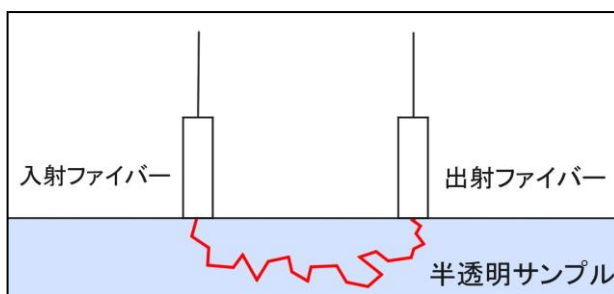


Fig. 2 拡散方程式の光学系

果的減衰係数( $\mu_{\text{eff}}$ )と光強度( $R$ )の関係は(1)式で表される。(1)式で用いた定数の定義は(2)~(4)式に示す通りである。このとき、吸収係数( $\mu a$ )、散乱係数( $\mu s'$ )、照射用 - 受光用ファイバ間距離( $r$ )とする<sup>(10), (11)</sup>。

$$R = z_0 \left( \frac{1}{\rho} + \mu_{\text{eff}} \right) \frac{\exp(-\mu_{\text{eff}} \cdot \rho)}{2\pi\rho^2} \quad (1)$$

$$z_0 = \left( \frac{1}{\mu s'} \right) \quad (2)$$

$$\rho = \left[ r^2 + \left( \frac{1}{\mu s'} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\mu_{\text{eff}} = (3\mu a(\mu a + \mu s'))^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

拡散方程式を利用した吸収係数及び散乱係数の測定方法の一つとして空間分解分光法 (Spatially Resolved Spectroscopy (SRS))がある。半透明試料に光を入射し、入射光からの距離が異なる複数箇所にて試料内透過光を受光した場合、距離が遠い受光ポイントでは近いポイントよりも試料内物質の影響をより多く受けた透過光を受光することになる (Fig. 3)。SRSはこのようにして空間的に異なる複数の分光情報を同時取得することで吸収係数と散乱係数を未知数とした連立方程式を立て、吸収係数及び散乱係数の算出を可能にしている<sup>(12), (13)</sup>。今回、皮膚の透明度を測定することを主な目的とし、半透明試料の吸収係数及び散乱係数を測定・算出できる装置として可視の帯域に合わせた小型(プローブ測定面: 20×90 mm, プローブ高さ: 60 mm, 分光部: 40×40×150 mm, 光源部 70×70×110 mm)のSRSを開発した。

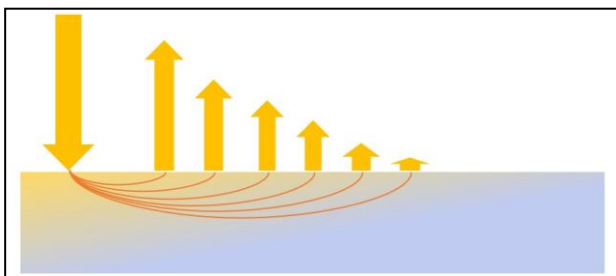


Fig. 3 SRS の概念図

### 3. SRS を利用した透明度測定装置

本装置は光源ボックスから光ファイバを通して光を試料に照射、試料内を透過してきた光を光ファイバにて受光し弊社製分光イメージングユニット (SPECT-100vis) に導光する (Fig. 4, 5)。プローブには受光箇所を 6 点 (Pos1~6) 設け、各箇所には 6 本のファイバを入射光位置に対して垂直に並べている (Fig. 6)。照射用 - 受光用ファイバ間距離 ( $r_{1\sim6}$ ) は、マスクの位置を変えて検討を行った結果、1.46, 1.72, 1.98, 2.24, 2.50, 2.76 mm としている。

また、透明度の指標を色彩の評価として同等レベルに載せるため、光源の分光分布を JISZ8720 に準拠できるように、ミニチュアハロゲンランプ (12V5W) をベースとして色温度変換フィルタ (LB シリーズ) が使えるよう設計した。本研究ではランプは LNS-MD7-540 12V1A ROYAL 色温度 2800°、色温度変換フィルタは LB135 を使用した。

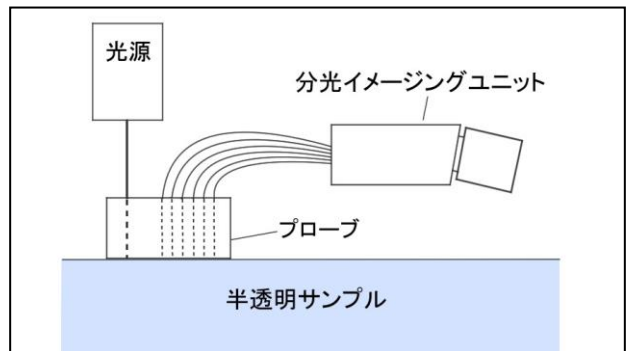


Fig. 4 透明度測定装置の概略図



Fig. 5 透明度測定装置の実物写真

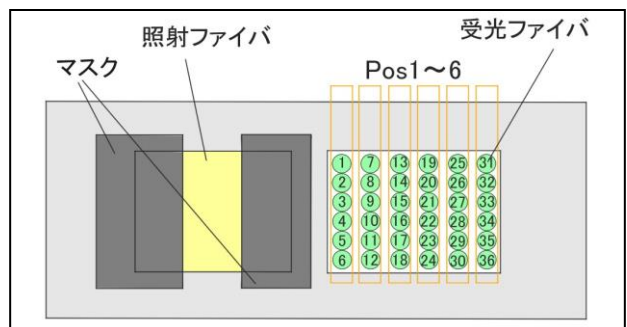


Fig. 6 プローブ測定面模式図

#### 4. 測定と吸収係数・散乱係数の算出

プローブを手のひらに当て皮膚の透明度を測定した際のデータを例に、測定・算出の流れを説明する。

白黒補正装置(Fig. 7)による校正後、測定すると分光イメージングユニットカメラによる  $960 \times 1280$  pixel の画像データ(Fig. 8)と光量分布の数値データが得られる。画像には6受光ポイント $\times$ 6本のファイバによる36本の光量分布が横一列に並び、縦の長さは波長を示す。数値データは、各ファイバの両端は隣の光が影響するため、中心から33.3%の信号のみを抽出している。1つの受光ポイントにつき6ファイバ分のデータが得られるので、平均値を各受光ポイントにおける基準透過率(Transmittance(White & Black calibrated))とし、これをFig. 9に示す。Fig. 8, 9から、入射位置から受光ポイントまでの距離が遠くなるにつれて透過率が低くなっていることがわかる。

Fig. 9 の値を(1)~(5)式の拡散方程式に光強度( $R$ )=Transmittance(White & Black calibrated) $\times$ 補正係数として代入、技術計算ドキュメント化ソフトMathcadを用いて、6連の連立方程式を立て、未知数である $\mu a \cdot \mu s'$ を算出する。この際、補正係数を導入し、連立拡散方程式内で発散しない値を導き出している。Fig10に算出した $\mu a \cdot \mu s'$ を

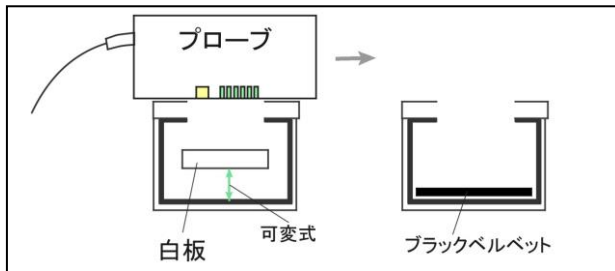


Fig. 7 白黒校正装置

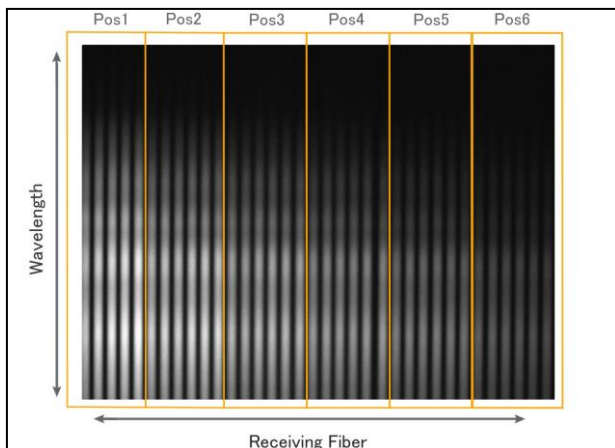


Fig. 8 画像データ

示す。今回は受光ポイント Pos1 の1ファイバのデータが取得できなかったため、Pos2~6の5点のデータを代入し5連の連立方程式にて算出した。

Fig. 9 の基準透過率に補正係数を掛けて光強度( $R$ )=相対透過率(Transmittance(Arbitrary))を求め、入射光からの距離と相対透過率との関係をグラフにし、算出した $\mu a \cdot \mu s'$ を用いて拡散方程式から計算した理論値と実測値とを比較した(Fig. 11)。実測値がほぼ理論値とほぼ一致していることから連立方程式から正確に $\mu a \cdot \mu s'$ が算出されていることが分かる。

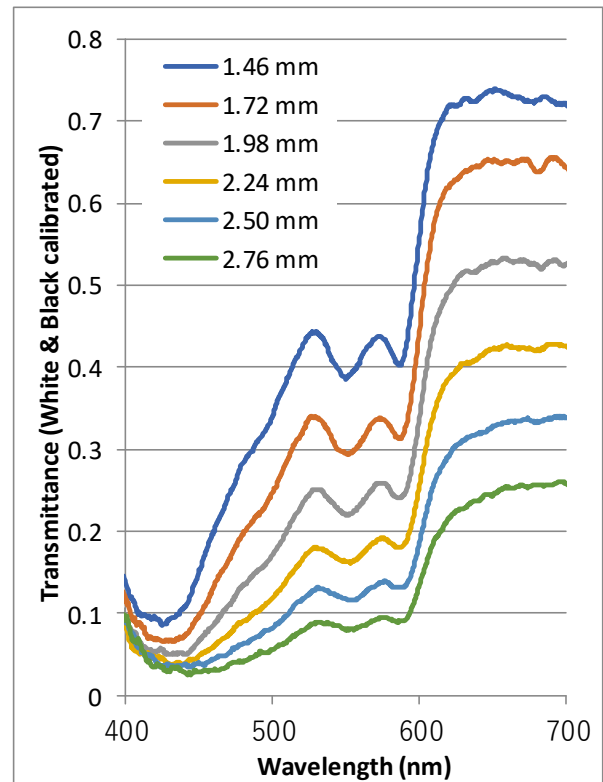


Fig. 9 入射光からの距離と基準透過率

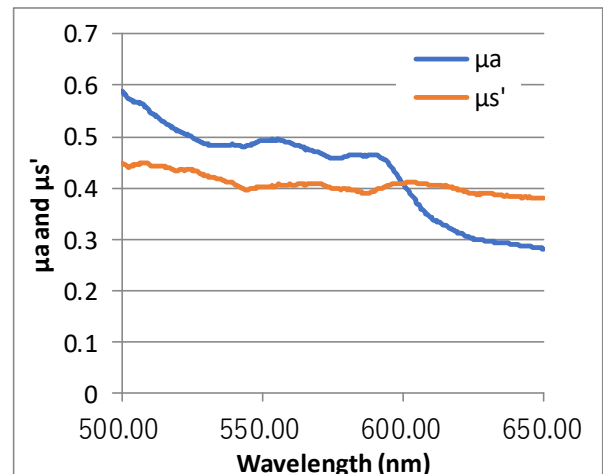


Fig. 10 算出された吸収係数・散乱係数

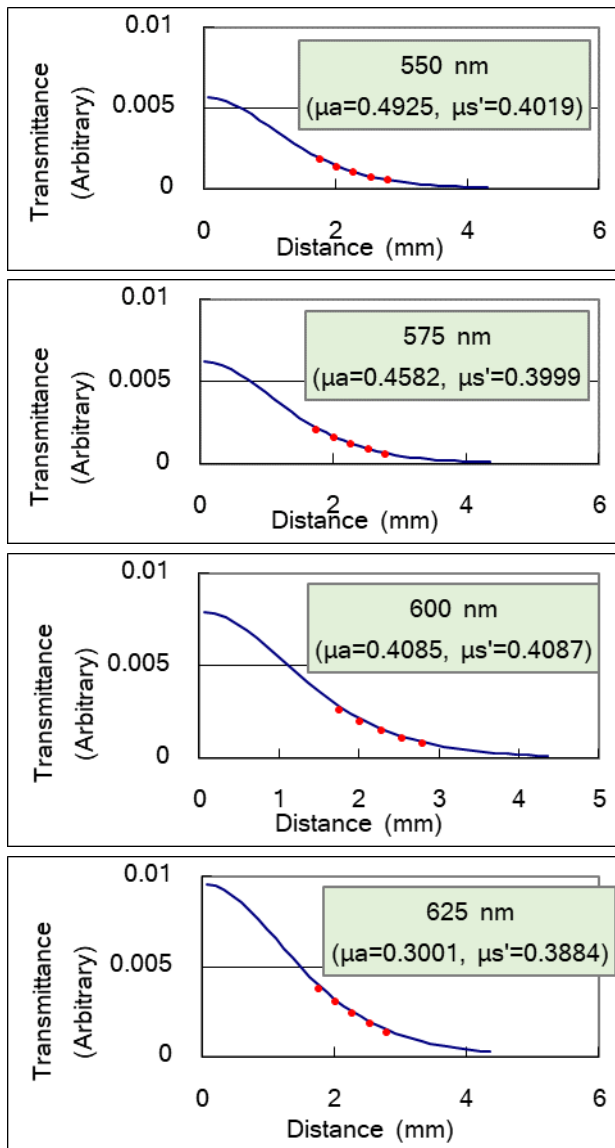


Fig. 11 拡散方程式理論値と実測値の比較

—理論値 ●実測値

## 5. まとめと今後の展開について

開発した小型 SRS による透明度測定装置にて、ヒトの肌の吸収係数・散乱係数を算出できることがわかった。

この SRS 方式の装置では、絶対透過率を求めることは難しく精度の高い ND フィルタを用いた装置の開発が必要となる。今回はその過程を省略して簡易的な白黒補正装置によって校正し、補正係数を導入して散乱係数・吸収係数を算出しており、あくまでも装置としての検証をしたに過ぎない。今後は絶対透過率のトライアル実験、他手法との比較実験を課題として取り組む予定である。また並行して、人の肌のデータを集め、本装置による測定値と視感評価との相関を調べ、絶対透過率の必要性についても検討する予定である。

## 6. 文献目録

1. 透明感・クスマの評価・測定法. 舛田勇二. 2010年, FRAGRANCE JOURNAL, 第 6 巻, ページ: 37-43.
2. 肌の透明感やツヤ感など視覚的要素と皮膚の反射特性. 中島紀子. 2007年, FRAGRANCE JOURNAL, 第 1 巻, ページ: 63-65.
3. 肌の透明感測定. 桑原智裕. 11, 2010年, 光学, 第 39 巻, ページ: 524-528.
4. 光干渉断層像と偏光画像の画像解析による肌の透明感・にごりの評価. 吉田那緒子, ほか. 2013年, FRAGRANCE JOURNAL, 第 3 巻, ページ: 29-35.
5. 肌透明感と画像統計量・測色値の定量的関係. 中西ゆな, ほか. 6, 2017年, 日本色彩学会誌, 第 41 巻, 第 61 号, ページ: 29-30.
6. 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. 五十嵐崇訓, ほか. 2, 2015年, J. Soc. Cosmet. Chem. Jpn., 第 49 巻, ページ: 95-106.
7. 肌の透明感における輝度と色の影響. 西牟田大, ほか. 12, 2014年, 映像情報メディア学会誌, 第 68 巻, ページ: 543-545.
8. クベルカムンク理論の吸収・散乱係数算出から拡散方程式へ. 松本和二. 2017年, 日本色彩学会測色研究会 2017 年度研究発表会, Proc., ページ: 10-15.
9. 歯科補綴材料の色合わせにおける色予測方法の検討. 松本和二, ほか. 1989年, 第 6 回色彩工学コンファレンス, Proc., ページ: 153-156.
10. *Optical properties of highly scattering media determined from the ratio of changes in attenuation, phase and modulation depth.* Kohl, Matthias, Watson, Russel and Cope, Mark. s.l.: SPIE, 1997. Vol. 2979, pp. 105-115.
11. *Optical Properties of Phantoms and Tissue Measured in vivo from 0.9-1.3  $\mu\text{m}$  using Spatially Resolved Diffuse Reflectance.* Bruulsema, J. T., et al. s.l.: SPIE, 1997, Ploc., pp. 325-334.
12. *A diffusion theory model of spatially resolved, steady-state diffuse reflectance for the noninvasive determination of tissue optical properties in vivo.* J. Farrell, Thomas and Patterson, Michael S. . 4, 1992, Medical Physics, Vol. 19, pp. 879-888.
13. *Time resolved reflectance and transmittance for the noninvasive measurement of tissue optical properties.* Patterson, Michael S., Chance, B. and Wilson, B. C. 12, 1989, APPLIED OPTICS, Vol. 28, pp. 2331-2336.



# 再帰的 2 分割による任意波長を持つ階段関数系による

## 絵画画像の色彩変化の計量の試み

A wavelength analysis for painting arts with a step function system based on recursive bi-divided region

室屋泰三 Taizo Muroya

国立新美術館

The National Art Center, Tokyo

**Keywords:** 絵画画像, 色変化, 波長分析, 再帰的分割, 完全正規直交系, パワースペクトル.

### 1. はじめに

色彩画像の画面上の色変化の「大きさ(波長)」に対して、色変化の「強さ」を対応させる「波長分析」[1]として、Haar 基底など完全正規直交系を用いて、その展開係数から絵画画像の色変化の特徴を計量的にとらえることを試みてきた。しかし、画面を均等に分割することにより、何等かの意味でひとまとまりとしてとらえるべき色変化を分割して計量してしまう可能性や色変化と基底関数の位置関係により分析結果が変わってしまう「位相の問題」が生じた。そこで、分割の方法の自由度について検討を重ね、Haar 基底のような 2 等分ではなく、再帰的に 3 等分する基底系を考案した[3]。また、均等な分割での限界にも着目し、任意の分割を許容する基底系を作ることができないかを検討し[2]、画面を再帰的に 4 分割することで任意波長を持つ基底系を構成できた[4]。本研究では、より単純な構造で画面上の色変化により良く適応する自由度を持つ任意波長の基底系を構成する試みとして、画面を再帰的に 2 分割する方法について提案する。

### 2. 波長分析

画面上のさまざまなスケールの色変化を「色変化の空間的な大きさ(波長)」と「色変化の強度」という 2 つの軸で計量する。画面の縦、横それぞれの方向に対する波長を「縦波長」、「横波長」と呼ぶ。

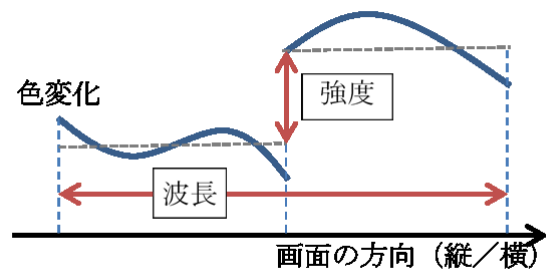


図 1. 波長分析

### 3. 再帰的 2 分割による完全正規直交系の構成

色彩画像  $S$  を縦方向または横方向のいずれかについて 2 分割した矩形領域を  $S'$ 、 $S''$  とする。ここで、 $S = S' \cup S''$  である。また、 $S'$ 、 $S''$  は各矩形領域の面積を示すものとする。本研究ではまず画面を横方向に分割し、その後、縦方向に分割することとした。これは分割が横方向または縦方向のみに分割方向が偏ってしまい、基底が持つべき完全性を失ってしまうことを防ぐためである。本研究では簡単のため、横方向の分割から始めることとするが、本来ならば、分割の方向を縦横のどちらから始めるかについては、対象とする色彩画像の色変化から定めるべきである。

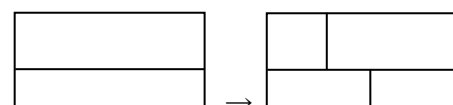


図 2. 再帰的な 2 分割手順

分割 $S'$ 、 $S''$ について、基底関数 $\varphi_S$ を

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

と定義する。以降、矩形領域 $S'$ 、 $S''$ を再帰的に横→縦→横→縦…と分割し、それぞれについて $\varphi_{S'}$ 、 $\varphi_{S''}$ を求めていくことにより、完全正規直交系 $\{\varphi_S\}$ が得られる。

#### 4. 波長分析

色彩画像の色成分（例えば、 $L^*$ ）を示す関数を $f(x,y)$ とする。 $\{\varphi_S\}$ による $f$ の展開係数 $c(s)$ は

$$c(s) = \langle f, \varphi_S \rangle = \iint_S f(x,y)\varphi_S(x,y)dx dy$$

である。展開係数を横波長 $w$ 、縦波長 $h$ について分類し、パワースペクトルを求める。分類の基準として、ここでは Haar 基底との比較をしやすくするために、元の画像の幅 $W$ と高さ $H$ の比 $p, q$ ：

$$p = w/W, \quad q = h/H$$

を2のべき乗 $i, j$ について分類し、それぞれについてパワースペクトル

$$P(i,j) = \left\{ \sum_{2^{-(i+1)} < p \leq 2^{-i}, 2^{-(j+1)} < q \leq 2^{-j}} c(s)^2 \right\}^{1/2}$$

を求めた。 $i, j$ が大きくなるにつれて、分割が進み、短い波長の変化の計量することに相当する。

#### 4. 分割点の定め方

分割として、色彩画像の代表色（再帰出色）と各画素の色差に関する重心を分割の基準とする。この「色差重心」は画面 上の構成のある種のバランスを与えるものと考え。重心を分割点として画像を横方向（または縦方向）に2分割し、分割後の個々の部分領域についてその代表色を求め、各部分画像についての色差重心を求めることで再帰的に分割を繰り返すこととした。なお、これまでの研究において 色差が最大となる点で分割す

る方法（[2]）も試みたが、画面上には分割点の候補となる複数の最大点（または多数の極大点）が存在し、分割を一意に定めることが難しいという問題があった。そのような経緯から本発表では重心を分割点として用いることとした。

#### 5. 絵画画像の分析例

ポール・シニャックの作品（図4(1)）を対象とした分析例を示す。画面上から代表色を抽出（図4(2)）し、この代表色との色差画像（図4(3)）を基底を定める分割を求めるための対象とした。この色差画像および再帰的に分割した各部分画像の重心を基準に横方向、縦方向の順番に分割を再帰的に繰り返していく。この分割に基づいて、基底系を生成し、展開係数

$c(s)$ を求め、それらからパワースペクトル $P(i,j)$ を得た。図5に $L^*$ 値、 $a^*$ 値、 $b^*$ 値のパワースペクトルを示す。比較のため Haar 基底の結果も併せて示す。それぞれ、 $i, j$  平面にパワースペクトル $P(i,j)$ をプロットしている。提案手法によるパワースペクトルには、画面上のタッチ（図3）のような短い波長（画面上の小さな変化）に対する色変化を鋭敏に捉えている。構図に伴う画面上の大きな色変化（長波長）のパワースペクトルに対して細部のパワースペクトルが大きくなっているが、点描の存在感と全体の調和感という作品の印象と符合する結果であり、シニャックの画法をよく反映したものと考えられる。一方、Haar 基底によるパワースペクトルでも長波長よりも短波長のパワースペクトルが大きいという傾向が得られているが、グラフは $i, j$  平面に広く広がっている。これは、Haar 基底の定義上生じる、画面上では必ずしも構図やタッチ等との関連性を持たない「細



図3. 作品の細部

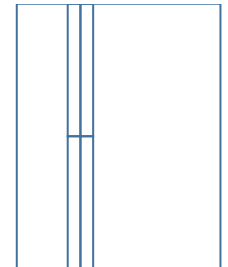


図4. Haar 基底の一例

長い」基底 (図 4) に関するパワースペクトルを求めてしまうためである。また、Haar 基底の結果ではパワースペクトルの収束の傾向が見られないが、これは画面上にある色彩の分布とは独立して、画面の分割を定めていることにより、一つの色変化を分割する際の残差をさらに小さな基底で計量しているためと考えられる。提案手法では色変化に応じて分割を定めているため、Haar 基底と比較して展開係数の収束が早くなっている。

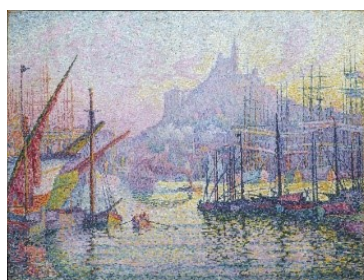
## 6. まとめと今後の課題

再帰的な 2 分割による完全正規直交系を構成し、絵画画像の色変化の計量を試みた。結果として、色変化の特徴をよく捉えた結果を得ることができた。今回は簡単のため、横方向から分割を始めたが、これについても適応的に分割を始める方向を定めるように改良することが直近の課題である。また、分割の基準として代表色との色差重心を用いたが、平均色など基準の取り方のバリエーションが考えられる。本研究では、画面全体から再帰的に小さな領域に分割していったが、これは初期の分割 (構図などに起因) が細かな分割を定めてしまうことにつながる。タッチ等に起因する細かな分割 (短波長の変化) を捉えたいならば、ある程度小さな波長により、いったん分割を行い、それらを組み上げて、より長い波長の基底を構成するこ

とにより基底系を構築することも考えられる。これは提案手法の基底が隣接する 2 つの領域の面積により定義される自由度の高い関数であるからである。将来的には矩形分割をより自由度の高い分割に拡張することも検討する。併せて、さまざまな色彩的特徴を持つ絵画画像についての分析を通して、分析方法としての意味を考察する。

## 参考文献

- [1] Mituo Kobayasi, Taizo Muroya, "A Spatial Wave-length Analysis of Coarseness or Fineness of Color Variation in Painting Arts", Elsevier, Pattern Recognition Letters, Vol. 24(11), pp. 1737-1749 (2003).
- [2] 室屋泰三, 小林光夫, 適応的な階段関数系を用いた絵画画像の色変化の計量, 2004 年度日本色彩学会全国大会.
- [3] 室屋泰三, 区間 3 分割による階段関数系を用いた絵画画像の色彩変化の計量の試み, 日本色彩学会 平成 28 年度研究会大会 4 研究会合同研究発表会, 2016.
- [4] 室屋泰三, 任意波長を持つ階段関数系による絵画画像の色彩変化の計量の試み, 日本色彩学会 平成 29 年度研究会大会 6 研究会合同研究発表会, 2017.



(1) ポール・シニャック  
《マルセイユのノートルダム・ド・ラ・ギャルド大聖堂》1905-6

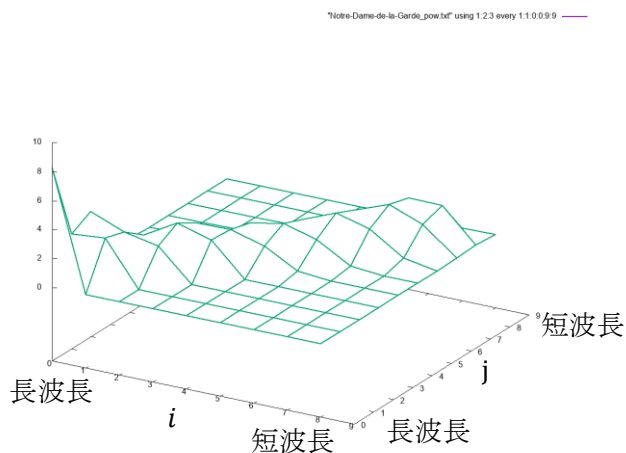


(2) 代表色

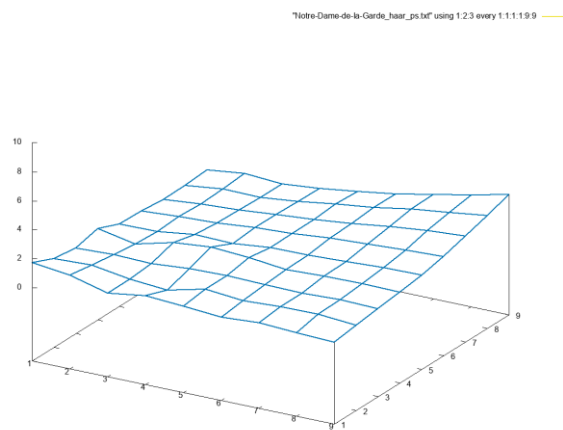


(3) 代表色との色差画像

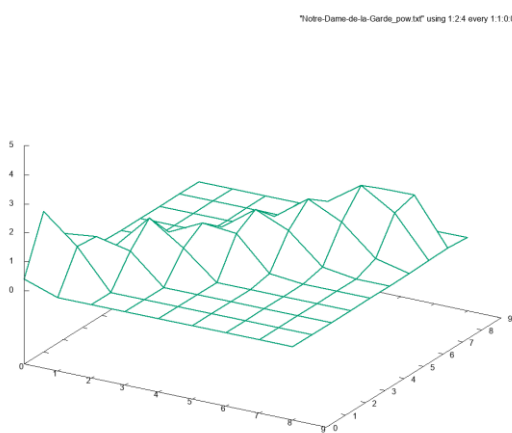
図 5. 分割の基準



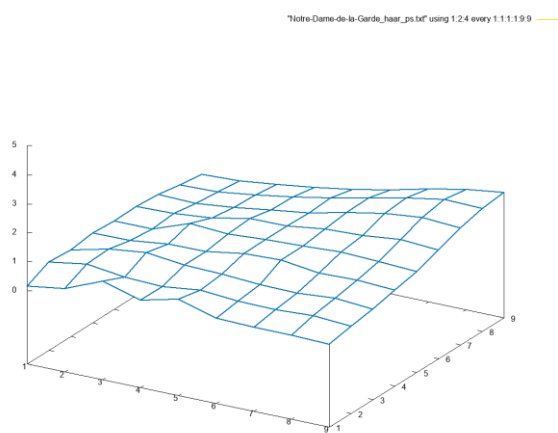
(1) 提案手法による  $L^*$  のパワースペクトル



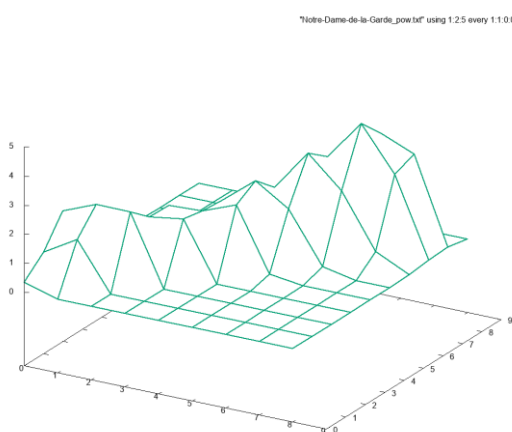
(2) Haar 基底による  $L^*$  のパワースペクトル



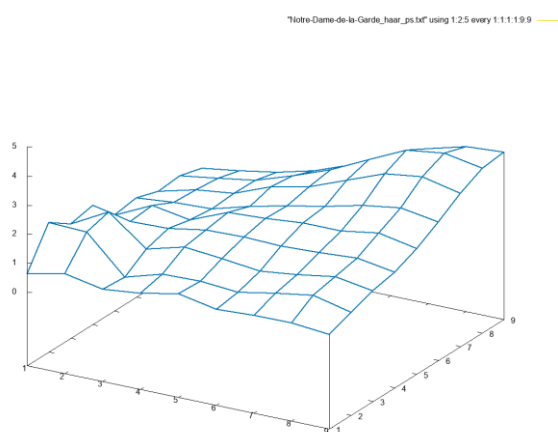
(3) 提案手法による  $a^*$  のパワースペクトル



(4) Haar 基底による  $a^*$  のパワースペクトル



(5) 提案手法による  $b^*$  のパワースペクトル



(6) Haar 基底による  $b^*$  のパワースペクトル

図 6. パワースペクトルの比較



# 色彩による誘目性の定量化に関する研究

～離角及び色の三属性の差と誘目性との関係～

## The Key Factors in Visual Conspicuity of Color

～Focusing on Eccentric Angle and Differences in Three Attributes of Color～

高田瑠美子 Rumiko Takata 女子美術大学大学院 Joshibi University of Art and Design  
原直也 Naoya Hara 関西大学 Kansai University

**Keywords:** 誘目性, 定量化, 離角, 色の三属性.

の有意差を考慮し, 色の三属性の差と離角による影響を検討した.

### 1. はじめに

本研究では, 誘目性に影響する離角(中心視からの偏心角)と色の三属性の差に着目し, 色彩による誘目性の定量化により, まち並み形成のデザインに役立つ汎用性の高い指標について改善の指針を見出すことを目的としている. 誘目性とは注意喚起表示や屋外広告物など, 注意を向けていない対象への自働的な視線誘導で, 人の視覚の近中心視～周辺視にかかわる課題である. 現在, 色相に着目した順位付けにより明所視では純色の赤や黄の誘目性が高いとされ, 一般に広く知られている. 近年, ディスプレイ表示による視覚的表現の自由度が高まり, 誘目性を高めるための高彩度の暖色系を多用する傾向にあり, サイン標識類の視認性に影響を与えるだけでなく, まち並みの印象の変化にまで波及している. また, 住宅と商業施設が混在する神戸や京都などでは景観印象に配慮した規制が厳しくなり, 良好な景観を維持した上で, 見る意識を伴わない人の目を引き付けるデザイン手法が求められている. 中心視に注視点を設定し, 偏心角を離角として視標の位置を実験変量とすれば, 視線の中央付近にある場合と視野の周辺部にある場合とで誘目性に違いがあるかを知ることができる.

### 2. 実験手法

離角及び色差と誘目性との関係の検討方法には,  $5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  の4離角を実験変量とし, 背景と視標の色差を系統的に調整した刺激を用いて, モニタを使用した一対比較法(浦の変法)で被験者実験を行った. 均等色空間 CIECAM02 を採用し, 色の属性は  $H$  (Hue quadrature),  $J$  (lightness),  $C$  (Chroma)を使用した. 被験者の評価結果より, 各離角における  $JC$ ,  $HC$ ,  $HJ$  を固定した色相, 明度, 彩度の属性グループごとに解析を行った. 全てのグループにおいて目立ちの主効果に統計学的有意差が認められたことから, 95%信頼区間における各視標間

### 3. 実験結果

色相と目立ちの主効果に着目した順位づけ(図1)は, 全離角を通してユニーク赤が高く, ユニーク黄が低かった. ユニーク緑は $5^\circ$ から遠周辺視の $15^\circ$ ,  $30^\circ$ で順位づけが低下し,  $45^\circ$ ではユニーク赤と同程度にまで再び上昇した. ユニーク青は離角と色相間の順位づけが正の相関関係を示し,  $45^\circ$ ではユニーク赤よりも誘目性が高いと判断できた. さらに,  $45^\circ$ では視標間での尺度値の幅が $5^\circ$ ～ $30^\circ$ までと比較して小さくなり, 背景より明度の高い無彩色が最も高い順位づけであった.

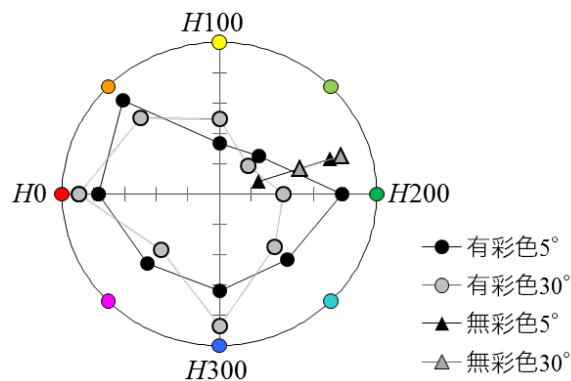


図1 離角別の色みと目立ちの基準化主効果

明度と目立ちの主効果に着目すると(図2),  $5^\circ$ ～ $30^\circ$ までは背景と視標の明るさの差が誘目性と正の相関関係を示し, 特に, 背景より視標が明るくなる場合に誘目性への影響が大きくなると判断できた.  $45^\circ$ では, ユニーク黄を除き,  $30^\circ$ までとは異なる傾向を示した. ユニーク赤は背景より視標が暗くなる場合に背景と視標の $\Delta J$ と誘目性が負の相関関係を示し, ユニーク緑及び青は背景より視標が明るくなる場合に背景と視標の $\Delta J$ と誘目性が正の相関関係を示した.

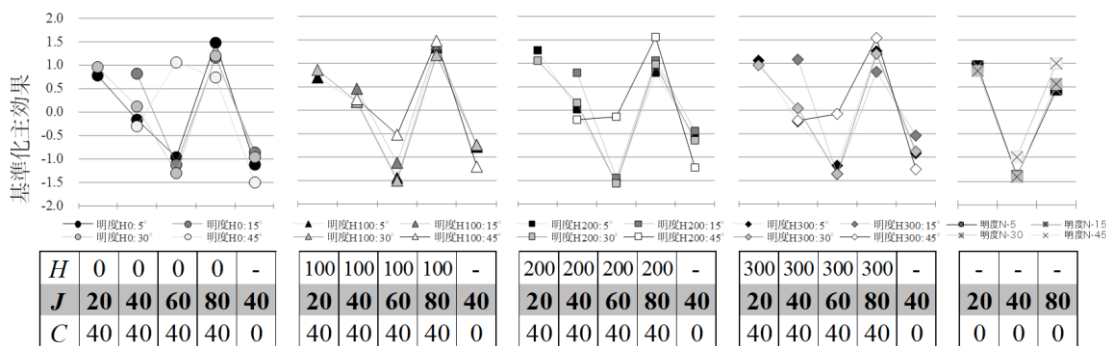


図2 離角別の明るさと目立ちの基準化主効果

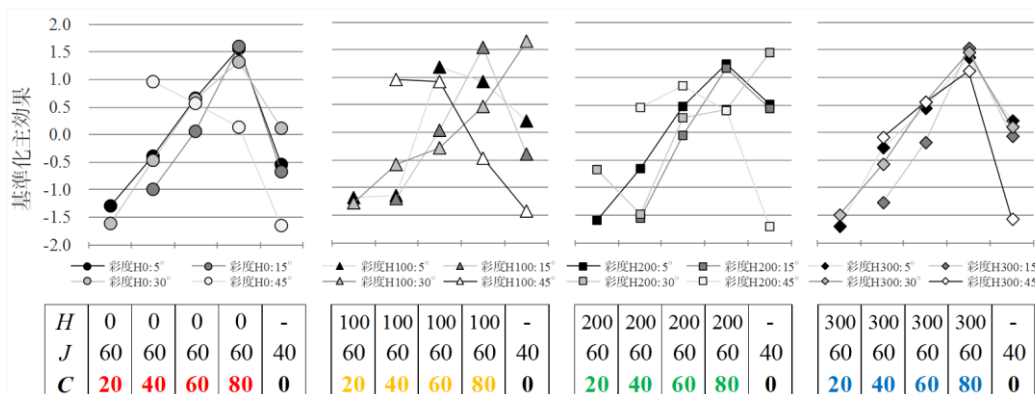


図3 離角別のクロマと目立ちの基準化主効果

彩度と目立ちの主効果に着目すると(図3)、全体の傾向として5°~30°までは彩度差と誘目性が正の相関関係を示した。ユニーク黄は15°より、ユニーク緑は30°より遠周辺視で彩度の影響が低下した。45°では、ユニーク青を除き、30°までとは異なる傾向を示した。ユニーク赤及び黄では彩度差と誘目性が負の相関関係、ユニーク緑では視標間に有意差が認められなかった。また、分散分析結果より、左右の位置効果は5°で全ての色の属性において有意であり、同じ視標対でも向かって左に位置させた場合に誘目性の評価が高くなることが確認できた。

4. 考察

明所視環境下における色差と離角による影響を大局的に判断すると、近中心視~周辺視の5°~30°と周辺視45°では傾向が異なった。目立ちの主効果における色の属性間の連結結果より、30°~45°を境界とする遠周辺視では、色相・彩度差の影響が低下し、背景と視標の明度差が与える影響が相対的に高くなることが明らかになった。また、明所視で誘目性が最も高いとされる赤は、離角30°までで色相間の順位づけが高く、離角45°の周辺視では青の色相のほうが目立つと判断できた。ユニーク黄に関しては全離角を通して色相による順位づけは相対的に

低く、背景との明度差が誘目性に与える影響が大きいことが示された。これらの結果は、離角を考慮せずに、無彩色より有彩色、特に彩度の影響が高く、暖色系の色相の誘目性が高いとは判断できないことを示唆している。誘目性の検討は色の属性単体で定性的に判断するのではなく、背景と対象の色差を定量的に検討し、対象物を見る人を起点とした水平方向の視野領域、さらには左右の位置をも考慮する必要があることを示した。

【参考文献】

- 1) 神作博. 色光の誘目性について. 照明学会雑誌. 1967, vol.51, no.11, pp.684-690.
- 2) 神作博, 福本純一. 安全色彩の誘目性について. 日本色彩学会誌. 1972, vol.1, no.1, pp.4-14.
- 3) 芦澤昌子, 池田光男. 色の目立ちへの照度レベルの影響. 日本色彩学会誌. 1987, vol.11, no.1, pp.18-19.
- 4) 池田光男, 芦澤昌子. 周辺視野位置と色の目立ち. 日本色彩学会誌. 1993, vol.16, no.3, pp.140-147.
- 5) 吉岡陽介, 一色高志, 岡崎甚幸. 探索歩行時にみられる特徴的行動と中心視および周辺視. 人間工学. 2003, vol.39, no.1, pp.9-15.
- 6) 矢口博久. CIE色の見えモデル(CIECAM02)の概要とその応用. 日本写真学会誌. 2005, vol.68, no.1, pp.16-20.

## 単色と配色から想起される基本味の検討

### A study of single colors and color pairs to communicate basic tastes

岡 千晶 Chiaki Oka 早稲田大学人間科学 School of Human Sciences, Waseda  
部 University  
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:** 基本味, 単色, 配色.

#### 1. はじめに

食品の性質や特性を知る上で色彩は大きな手がかりとなることが知られている。Woods&Spence (2016)は単色と配色から想起される基本味の検討を行い、色と基本味のイメージとの関連を明らかにした。その一方で配色刺激が総組合せではないといった問題点も指摘できる。また、日本は和食や茶道など食と色彩は密接に関連した文化であると言える。そこで本研究では刺激数の問題点の改善および文化比較の観点から Woods&Spence (2016)の追試研究を行うことを目的とした。

#### 2. 方法

【被験者】色覚が正常な大学生 60 名(男女比 1:1; 平均年齢 20.65 歳;SD=1.42)が参加した。

【刺激】色刺激には、赤、黄、緑、青、紫、ピンク、黒、白の 8 色の正方形(75×75pixel)を用いた。以下表 1 に RGB 値とともに示す。刺激パターンは単色(8 刺激)および配色(56 刺激)の計 64 種類とした。配色刺激を提示する際は、カラーパッチは 5pixel 離し、上下配置および左右配置とした。配置の向きは被験者内で統一した(図 1)。刺激の背景には灰色(RGB;122, 122, 121)を用い、刺激は被験者ごとにランダムに提示した。色の提示条件については、iPad Air 2 (Apple)のディスプレイを用い、輝度を最大として提示した。

【手続き】被験者は iPad 中央に提示された色刺激を最も表現している味覚を「甘い」「酸っぱい」「しょっぱい」「苦い」の 4 つから選択した(図 2、3)。それらにその選択に対する自信度を 5 段階で評価した。

また、画面ごとに刺激が提示されてから味覚イメージをタップするまでの反応時間も計測した。

#### 3. 結果と考察

##### 3. 1. 単色刺激の選択頻度の比較

単色刺激における選択された味覚語の割合を図 2 に示す。単色ごとに選択された味覚に有意な差があるかどうかを検討するために 1 標本 Kolmogorov-Smirnov 検定を行なった(図 2)。その結果、全ての単色刺激において味覚選択に有意な差が認められた( $p < .001$ )。このことから単色刺激の色の違いが味覚の選択に影響を与えていることが示された。

表 1. 色刺激 RGB 値

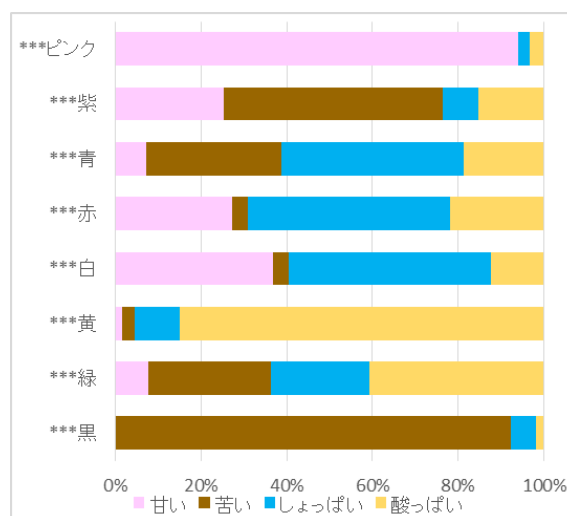
	赤	黄	緑	青
R	255	255	0	0
G	0	255	255	0
B	0	0	0	255

	紫	ピンク	黒	白
R	128	255	0	255
G	0	192	0	255
B	128	203	0	255



図 1. 刺激配置パターン



\*\*\*は Kolmogorov-Smirnov 検定を示す ( $p < .001$ )

図 2. 単色刺激 味覚語選択率

### 3. 2. 配色刺激の提示向きの影響の検討

配色刺激において配色刺激の提示向きおよび同一配色の組違いによって選択された味覚に有意な差があるかどうかを検討するために Fisher の正確確率検定を行った。その結果、配色の 28 パターンすべてにおいて有意な差は認められなかった ( $p > 0.05$ )。このことから、配色刺激の提示向きの違いは味覚の選択に影響を及ぼさないことが示された。この結果から、配色刺激において提示向きの影響がないことを考慮し、提示向き全 4 パターンの合計を配色刺激のデータとした。

### 3. 3. 配色刺激における味覚語選択度数の比較

単色刺激と同様に、配色ごとに選択された味覚語の割合を図 3 に示す。配色の違いによって選択された味覚に有意な差があるかどうかを検討するために 1 標本 Kolmogorov-Smirnov 検定を行なった (図 3)。その結果、全ての配色刺激において味覚選択に有意な差が認められた ( $p < .001$ )。このことから配色の違いによって想起される味覚のイメージは異なることが示された。

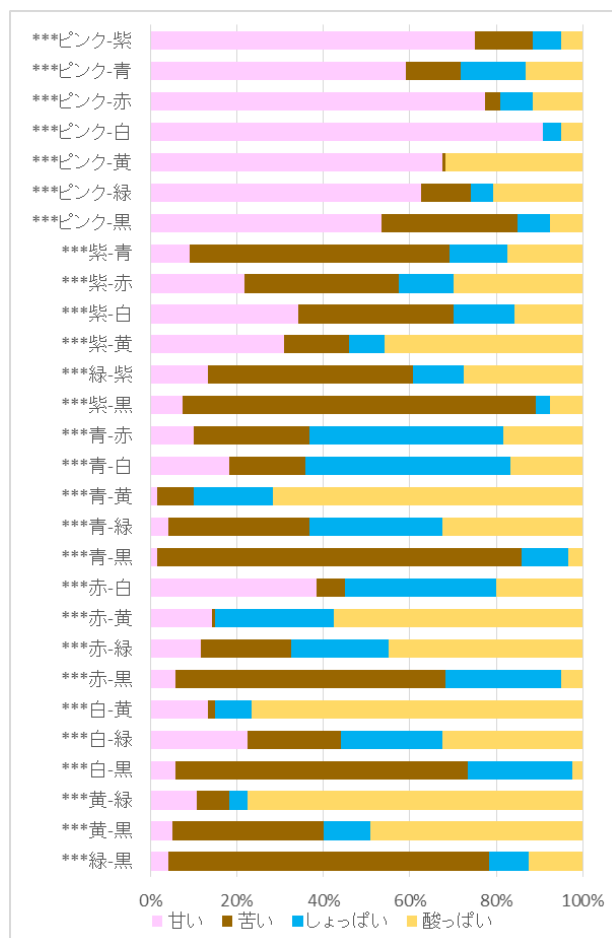


図 3. 配色刺激 味覚語選択率

### 3. 4. 味覚語ごとの色の選択傾向

4 つの味覚イメージごとに整理するため、図 2 の単色の味覚選択と、図 3 の配色の内容を組み合わせ、単色刺激と配色刺激において各味覚が選択された割合から各味覚のマトリックスプロットを作成した (図 4)。このマトリックスプロットでは、背景の灰色の正方形の 1 辺を選択率 100%とし、内部の正方形は単色刺激および配色刺激に対する各味覚の選択率を 1 辺として作成した。

単色刺激では、黒に対する「甘い」の選択率は 95.0%、「甘い」における黒の被選択率は 40.1%であった。同様にピンクに対する「甘い」の選択率は 95.0%、「甘い」におけるピンクの被選択率は 43.8%であった。黄に対する「酸っぱい」の選択率は 88.3%、「酸っぱい」における黄の被選択率は 41.1%であった。「しょっぱい」の選択率は、赤と白で 35.0%、青で 30.0%と他の味覚と比較して低かった。このことから苦味と黒、甘味とピンク、酸味と黄に強い関連性が示された一方で、塩味においては特定の 1 色との関連は見られなかった。苦味、甘味、酸味においては、Woods&Spence (2016) の結果と類似した傾向が見られたが、本研究では先行研究とは異なり、塩味と赤との関連が示された。これは食品パッケージの印象から選択されたものであり、日本人に特有の結果だと考えられる。単色刺激において特定の味覚を想起させやすいことが示された黒、ピンク、黄を含む配色刺激では、それぞれ苦味、甘味、酸味を想起させるものが多かった。しかしその選択率は単色で提示した場合よりも低下したことから、色と想起される味覚との関連は配色で提示した場合に単色の場合よりも弱まることを示された。これらの味覚では配色として提示することで最も想起させやすい色が占める面積が減少するため、味覚との一致性が低下したと考えられる。塩味については、単色刺激で関連が示された白、赤、青を配色として提示することで塩味に対する選択率は増加した。塩味を想起させやすい色を用いて配色刺激を作成した場合には 2 色の相乗効果で味覚との一致性が増加したと考えられる。

### 3. 5. 反応時間と自信度の関係性

反応時間と自信度の関係性を検討する為、自信度を独立変数、反応時間を従属変数として単回帰分析を行った。単色刺激、配色刺激は別の条件とし、配色刺激については上下配置および左右配置は別の群としてそれぞれ分析を行った。その結果、



反応時間と自信度の方に負の相関関係が見られた。また、単色が最も決定係数が高く、配色は上下および左右によって大きな違いは見られなかった(図 5)。このことから色刺激を見て味覚を選択した時の自信度が高ければ高いほど、その判断をするために要した時間は短く、反応が速いことが明らかになった。

4. 結論

Wood&Spence(2016)の研究と本研究において類似した傾向が見られた。単色刺激と配色刺激に共通して、黒と苦味、黄と酸味、ピンクと甘味に関連が見られ、色から各味覚を想起させやすいことが明らかになった。この3つの味覚に関しては単色で提示することで味覚との一致性が増加することが明らかになった。一方で塩味に関しては想起させやすい白、赤、青から2色を配色して提示することで味覚との一致性が増加することが明らかになった。

参考文献

1) Woods Andy T. and Spence Charles (2016), Using Single Colors and Color Pairs to Communicate Basic Tastes, *i-Perception* 7(4), pp.1-15.

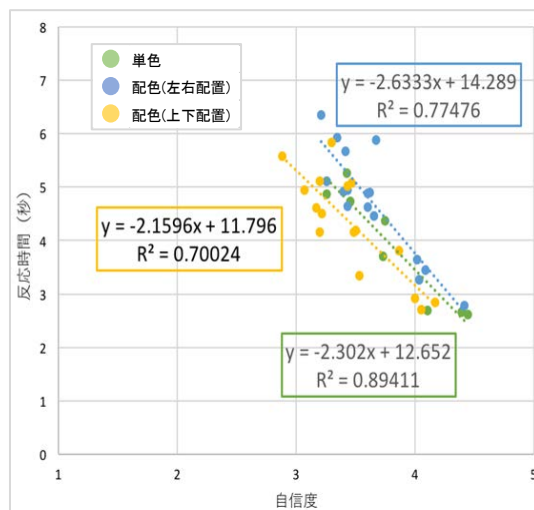


図 5. 反応時間と自信度 回帰分析結果

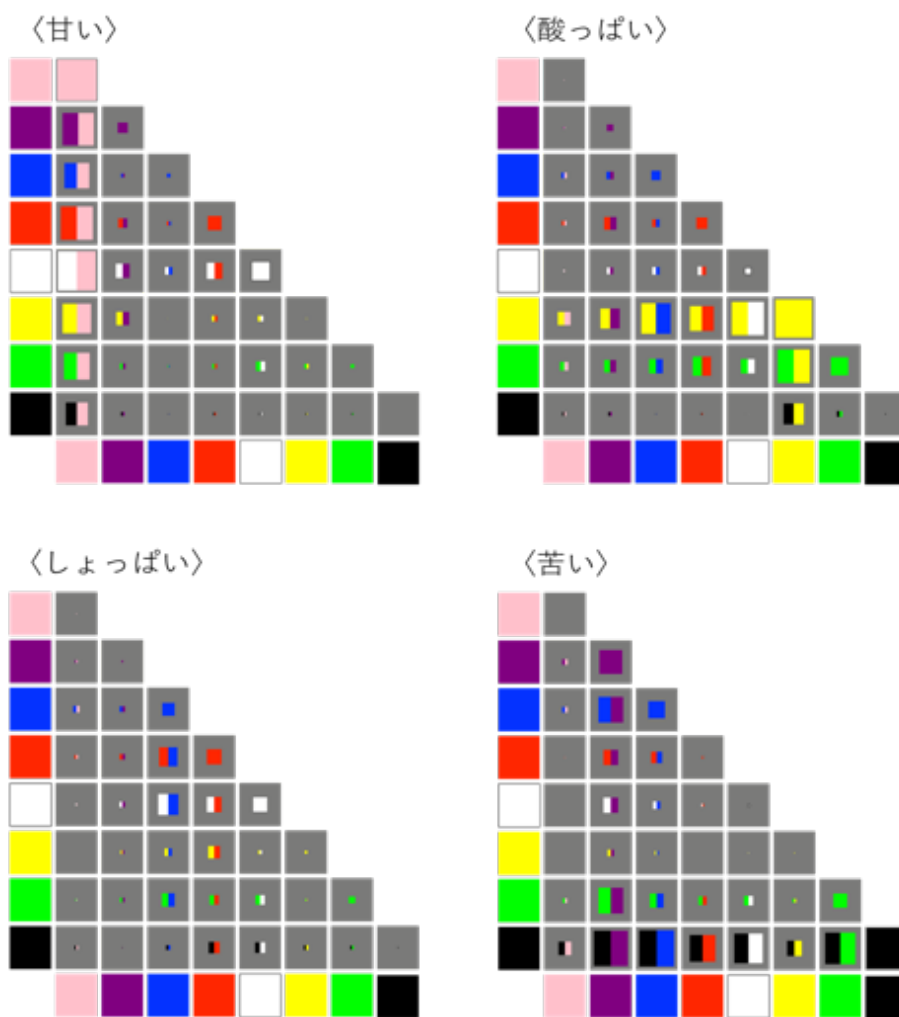


図 4. 色選択マトリックス

## 色、香り、音楽に共通する印象次元の検討 2

### A study of common dimensions on the impression of color, fragrance and music 2

若田 忠之 Tadayuki Wakata 早稲田大学人間科学 Faculty of Human Sciences, Waseda  
 学術院 University  
 森谷 春花 Haruka Moriya 早稲田大学人間科学 School of Human Sciences, Waseda  
 学術部 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:** 色, トーン, 香り, 音楽, 印象, "Brilliantness".

#### 1. はじめに

前報である Wakata&Saito(2017)では、複数の感覚間の関係性に着目した Cross-modal 研究における、色(視覚)、音楽(聴覚)、香り(嗅覚)の3つの感覚に共通する印象次元を抽出し、その印象次元における各感覚の関係性の検討を行った。その結果、多感覚に共通する印象次元として4つの因子が得られ、色の明るさとあざやかさの統合次元である”Brilliantness”の概念を定義することで、特に、第1因子および第2因子は色の明るさ、あざやかさと対応することが示された。また、印象空間における各感覚の広がりについては、色と香りには類似する一方で、音楽は他の2つとは異なる傾向が見られた。

そこで、本研究ではデータ数を増加させて結果の安定化を図ると共に、前報の結果に加えて香り、音楽に対する調和色の傾向と印象との関係性を検討することを目的とした。

#### 2. 方法

##### 2. 1. 刺激

**色刺激:** 色の選択は、Practical Color Co-ordinate System(PCCS)を基準に選出した。トーン刺激は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]ごとに12色相(1.5cm×1.5cm)で構成された色相環を台紙(10cm×10cm)に貼付した(図1)。色相刺激は12色相[2:R, 4:r0, 6:y0, 8:Y, 10:YG, 12:G, 14:BG, 16:gB, 18:B, 20:V, 22:P, 24:RP]ごとに12トーン(3cm×1.5cm)を台紙(5cm×21cm)に帯状に貼付した(図1)。また、無彩色は9段階(1.5[Bk]-9.5[W])のグレースケールを色相刺激と同様に台紙に貼付した。台紙はニュートラルグレイを用いた。色刺激の総数はトーン12、色相12、無彩色

1の計25刺激とした。また、トーン、および色相はそれぞれA3サイズの台紙(30cm×42cm)に貼付ものを全体の刺激として用いた。

**香り刺激:** 香り刺激は予備調査を基に選出した30種類の香りを用いた(表1)。香料は20mlの褐色遮光瓶の中に入れた2cm四方の脱脂綿にしみ込ませたものを使用した。香りの濃度は嗅いだ際に一定になるように、10 $\mu$ l~500 $\mu$ lの間で調節した。ブランク刺激としてコーヒー豆を上記の褐色遮光瓶に入れたものを用いた。

**音楽刺激:** 音楽刺激はRWC研究用音楽データベース(音楽ジャンル)における音楽の各ジャンルから、中分類の40ジャンルの楽曲を用いた(表2:後藤ら;2002)。各楽曲は冒頭部分を中心に1分~2分程度の長さで編集した。ブランク刺激としてホワイトノイズを用いた。刺激提示にはタブレット(iPad Air 2:Apple社)およびヘッドフォン(QuietComfort 35 wireless headphones:BOSE)を用いた。

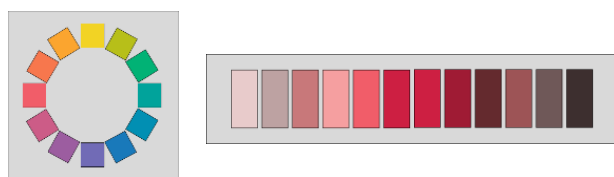


図1. 刺激例(左:トーン刺激、右:色相刺激)

表1. 香り刺激

クラスター	香り名	量( $\mu$ l)	クラスター	香り名	量( $\mu$ l)
CL1	ブルーベリー	100	CL3	ローズ	100
	フランボワーズ	100		緑茶	300
	メロン	75		ジャスミン	500
	ストロベリー	100	CL4	ジンジャー	200
	バナナ	100		サンダルウッド	100
オレンジ	200	ペパーミント		100	
グレープフルーツ	200	ラベンダー		100	
CL2	レモン	100	CL5	メープル	100
	アップル	100		チョコ	75
	ラフランス	200		ココナッツ	100
	ピーチ	100		パニリン	50
	パッションフルーツ	100		キャラメル	100
	パイナップル	100		アーモンド	10
	ライチ	100		シナモン	150
	巨峰	100		ハニー	100

2. 2. 評価項目

20 形容詞対, 7 段階評定の Semantic Differential (SD) 法にて印象評価を行った. 色刺激は明るい - 暗い, あざやか - くすんだについて Visual Analog Scale (VAS) による評価を行った. 香り刺激, 音楽刺激は, 提示された刺激に最も調和する色および不調和な色をトーン・無彩色から 1 つずつ, 色相から 1 つずつの計 4 色選択した. 各評価は iPad 上で動作するアプリケーションを用いて行った.

2. 3. 実験環境および実験参加者

実験環境は大学の教室内の一般的な蛍光灯照明下 (800~1,000lx) で行った. 実験参加者は 51 名 (平均年齢 21.2±1.2, 男女=22:29) であった.

2. 4. 手続き

色刺激は SD 法による印象評価および VAS による明るさ, あざやかさの評価を行った. 香り刺激は印象評価を行った後に, トーンおよび無彩色と色相からそれぞれ調和色, 不調和色を計 4 色選択した. 香り間には嗅覚疲労低減の為にコーヒーの香りを嗅ぎながら 1 分間休憩をとった. また, 嗅覚の疲労を考慮し, 10 刺激ずつ 3 つの群に分け, 群間には十分な休憩を設けた. 音楽刺激は香りと同様に印象評価を行った後に調和色, 不調和色の選択を行った. 刺激間には 10 秒間のホワイトノイズを提示した.

刺激提示および SD 法形容詞対の順序には複数の群を設け, 被験者ごとにランダムに組み合わせることでカウンターバランスに考慮した.

3. 結果

3. 1. クラスタ分析

香り, 音楽については色のような明確な分類が示されていない為, 本研究では印象による分類として, 各刺激に対する平均因子得点を用いたクラスタ分析 (ward 法, 平方ユークリッド距離) によってそれぞれ分類を行った. その結果, 香り, 音楽ともに 5 クラスタでの分類が得られた. クラスタの分類結果は表 1, 4 の刺激の中に併記した.

3. 2. 因子分析

色, 香り, 音楽に共通する印象次元を抽出する為, 各刺激に対する SD 法による印象評価値を用いて因子分析 (最尤法, プロマックス回転) を行った. 負荷量が低いため, 「すっぱい - すっぱくない」は削除した. その結果, 4 つの因子が得られた (表 3). 各因子の解釈に関しては Wakata&Saito (2017) と共通する結果となった. これらの 4 つの因子を色, 音楽, 香りに共通する印象次元として定義した. また各刺激の印象については平均因子得点を求め, 第 1 因子および第 2 因子における対応関係をプロットした (図 2, 3, 4).

3. 3. 色の明るさ, あざやかさの統合

Wakata&Saito (2017) と同様に, PCCS の 12 トーンにおける VAS 評価による明るさ, あざやかさの間には正の相関関係が見られた ( $r = 0.733$ ). そこでトーン刺激の VAS 評価値を対象とし, 主成分分析を用いて明るさとあざやかさの合成得点を算出した. その結果, 主成分負荷量は 0.931, 寄与率は 86.74% であった. この点から, 本研究においても明るさとあざやかさを統合した "Brilliantness" を定義した. 統合次元における各トーンの関係性に着目する為, 主成分得点をプロットしたものを図 5 に示す.

3. 4. コレスポネンス分析

香り刺激と音楽刺激については, それぞれ調和色, 不調和色の選択を行った. そこで, それらの選択度数を用いて香りと色および音楽と色の対応関係を検討することを目的としてコレスポネンス分析を行った. 分析は香り, 音楽ごとに調和トーン, 調和色

表 2. 音楽刺激

クラスタ	ジャンル	中分類	大分類	クラスタ	ジャンル	中分類	大分類	
CL1	フュージョン	ジャズ		CL3	民謡	邦楽		
	レゲエ	ラテン			雅楽	邦楽		
	ポップス	ポップス			カンツォーネ	声楽		
	古典派(管弦楽)	クラシック			演歌	邦楽		
	フラメンコ	ワールド			フォーク	ワールド		
	ブラスバンド	行進曲			インド	ワールド		
	タンゴ	ラテン			バラード	ポップス		
	近代(管弦楽)	クラシック			ビッグバンド	ジャズ		
	バロック(器楽)	クラシック			ロマン派(器楽)	クラシック		
	ロマン派(管弦楽)	クラシック			ア・カペラ	ア・カペラ		
CL2	ヘビーメタル	ロック		CL4	ロマン派(室内楽)	クラシック		
	ラップ/ヒップホップ	ダンス			ゴスペル	ワールド		
	ハウス	ダンス			シャンソン	声楽		
	サンバ	ラテン			ブルース	ワールド		
	ロック	ロック			モダンジャズ	ジャズ		
	ファンク	ダンス			バロック(管弦楽)	クラシック		
	ソウル/R&B	ダンス			ボサノバ	ラテン		
	テクノ	ダンス			CL5	古典派(室内楽)	クラシック	
	アフリカン	ワールド				近代(器楽)	クラシック	
						カントリー	ワールド	
			古典派(器楽)	クラシック				

表 3. 因子分析結果 因子負荷量行列

	7	1	因子1	因子2	因子3	因子4
騒がしい	-	静かな	.842	-.313	-.042	-.063
動的な	-	静的な	.821	-.179	.036	-.051
派手な	-	地味な	.706	.164	-.026	-.096
陽気な	-	陰気な	.639	.121	.350	.092
明るい	-	暗い	.517	.259	.312	.174
はつきり	-	ぼんやり	.432	.382	-.419	-.103
美しい	-	汚い	-.102	.771	.131	-.062
澄んだ	-	濁った	-.047	.699	-.060	.163
すっきりした	-	すっきりしない	-.003	.661	-.176	.160
好きな	-	嫌いな	-.004	.651	.238	-.121
落ち着く	-	落ち着かない	-.496	.601	.232	-.123
やわらかい	-	かたい	-.127	.056	.693	.059
緊張した	-	緩んだ	.121	.149	-.677	-.081
あたたかい	-	つめたい	.248	.054	.616	-.173
甘い	-	甘くない	.107	.107	.581	-.113
鋭い	-	鈍い	.344	.347	-.452	.062
男性的な	-	女性的な	-.019	-.229	-.436	-.044
淡泊な	-	濃厚な	-.205	.010	-.184	.720
軽い	-	重い	.105	.151	.174	.612
因子間相関		因子1	1.000	.378	-.016	.234
		因子2	.378	1.000	.244	.454
		因子3	-.016	.244	1.000	-.040
		因子4	.234	.454	-.040	1.000

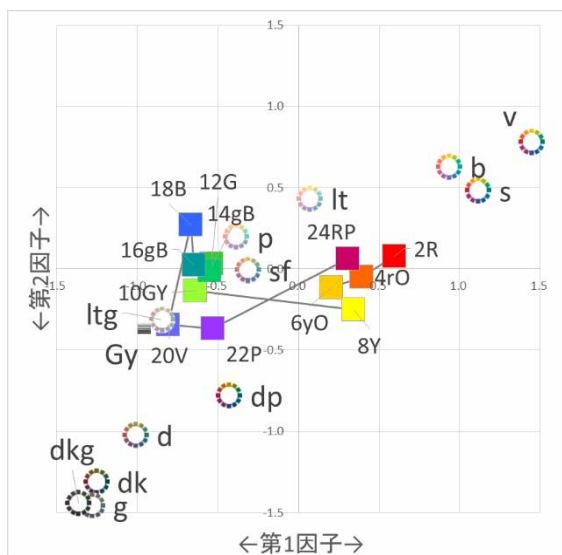


図 2. 平均因子得点：色刺激

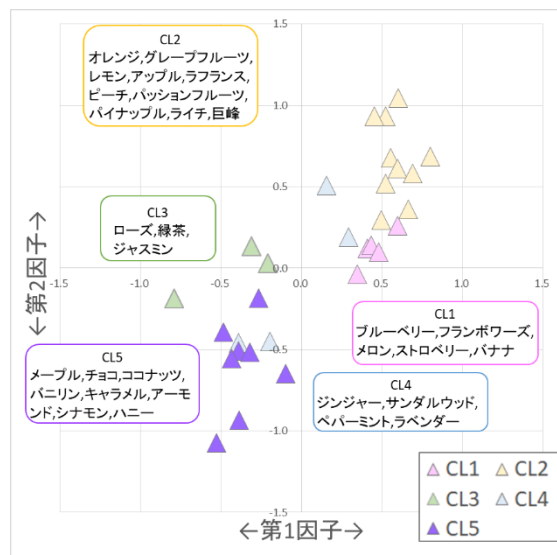


図 3. 平均因子得点：香り刺激

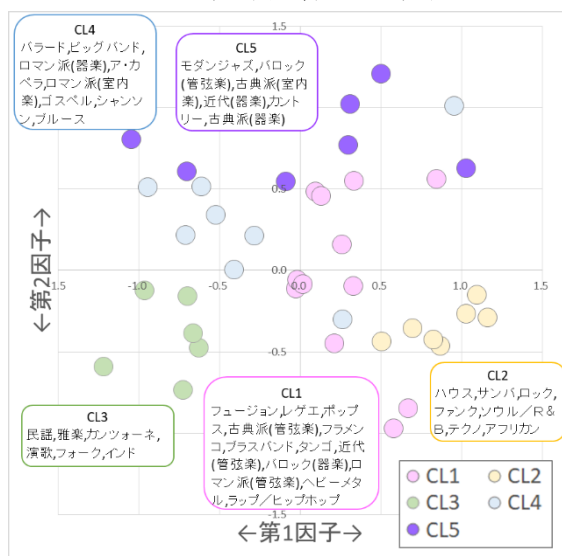


図 4. 平均因子得点：音楽刺激

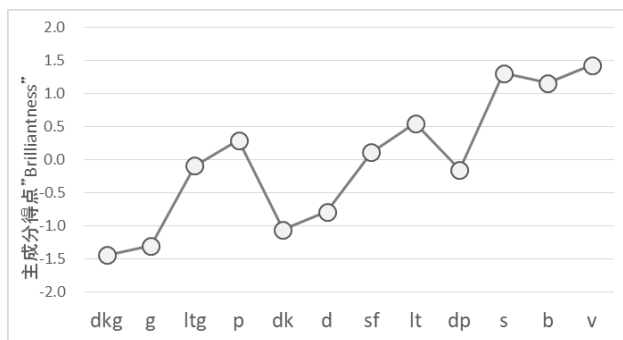


図 5. 主成分得点”Brilliantness”プロット

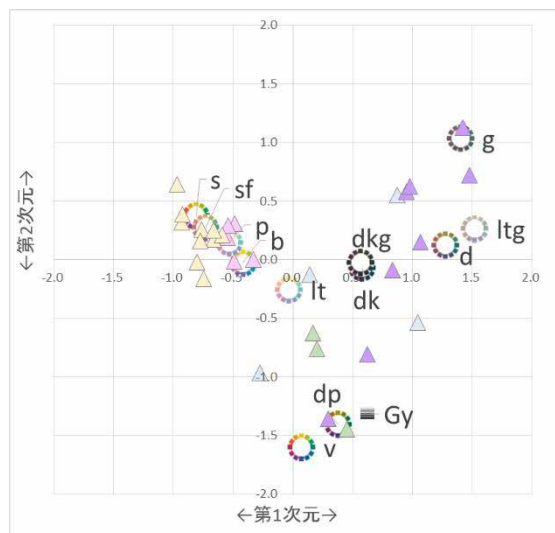


図 6. コレスポネンス分析：香り・トーン

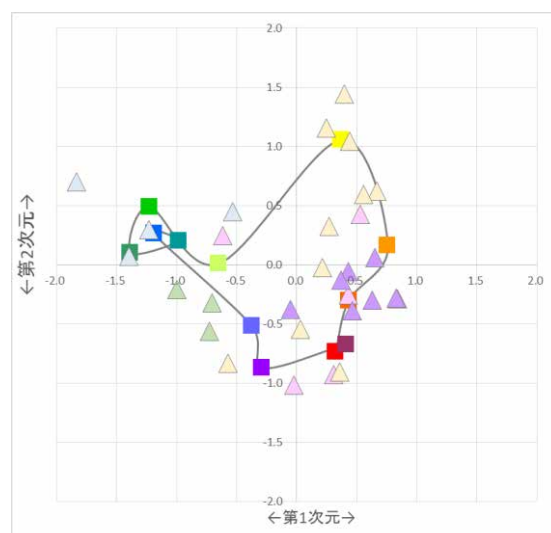


図 7. コレスポネンス分析：香り・色相

表 4. 香り、トーン次元得点、因子得点、VAS 評価相関

香り	因子1	因子2	因子3	因子4	VAS 明るさ	VAS あざやかさ
香り次元1	-.902**	-.929**	.044	-.721**	-	-
調和	.341	-.034	.175	-.303	-	-
トーン	-.669*	-.694**	-.422	-.374	-.626*	-.636*
トーン次元2	-.292	-.264	.257	.040	-.089	-.458

表 5. 音楽、色相次元得点、因子得点、VAS 評価相関

香り	因子1	因子2	因子3	因子4	VAS 明るさ	VAS あざやかさ
香り次元1	0.146	-0.065	.774**	-.490**	-	-
調和	.237	.434*	-.301	.466**	-	-
色相	.837**	-.2937	.785**	-.357	.608*	0.218
色相次元2	-.088	.141	-.274	.863**	.195	-.250



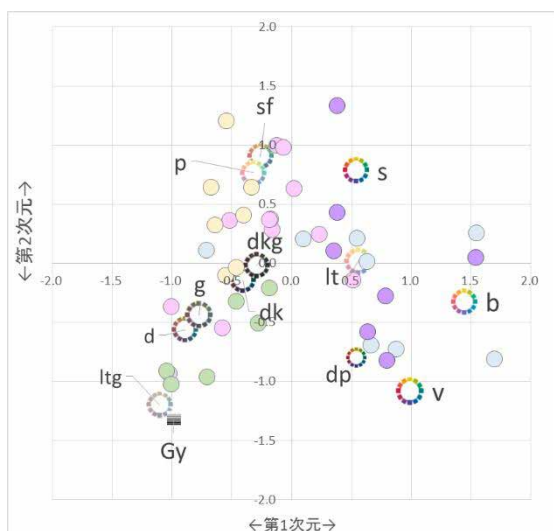


図 8. コレスポネンダ分析：音楽・トーン

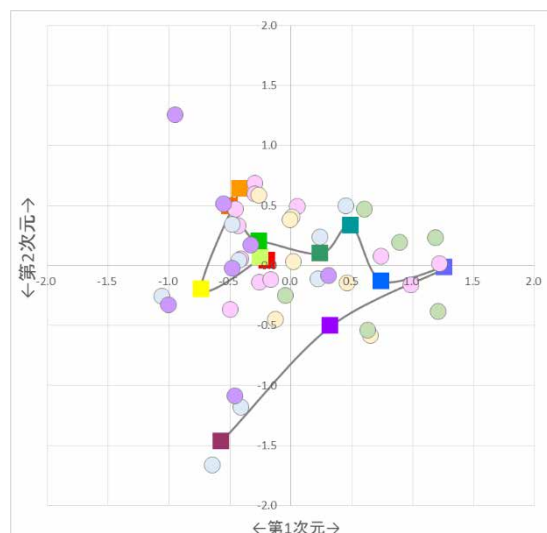


図 9. コレスポネンダ分析：音楽・色相

表 6. 音楽、トーン次元得点、因子得点、VAS 評価相関

音楽	因子1	因子2	因子3	因子4	VAS 明るさ	VAS あざやかさ
音楽次元1	-0.159	.828**	.726**	.545**	-	-
音楽次元2	.720**	.186	.072	.358*	-	-
トーン次元1	.833**	.643*	.262	.174	.553*	.813**
トーン次元2	.147	.177	.410	.131	.244	.022

表 7. 音楽、色相次元得点、因子得点、VAS 評価相関

音楽	因子1	因子2	因子3	因子4	VAS 明るさ	VAS あざやかさ
音楽次元1	-0.298	-.714**	-.592**	-.642**	-	-
音楽次元2	.226	-.085	-.106	.008	-	-
色相次元1	-.757**	-0.080	-.791**	-.310	-.945**	-0.573
色相次元2	-.101	-.005	-.140	.407	.032	-.280

表 8. トーン明るさ、あざやかさ、因子得点相関

	因子1	因子2	因子3	因子4
VAS明るさ	.823**	.957**	.791**	.855**
VASあざやかさ	.962**	.836**	.211	.334

表 9. 色相明るさ、あざやかさ、因子得点相関

	因子1	因子2	因子3	因子4
VAS明るさ	.853**	.258	.829**	.301
VASあざやかさ	.624*	.598*	.558	-.008

表 10. 主成分得点”Brilliantness”、因子得点相関

	因子1	因子2	因子3	因子4
主成分	.964**	.972**	.558	.652*

相の選択度数に対して行った。本稿では不調和色に対する分析は含めなかった(図 6-9)。香り刺激、音楽刺激はクラスターごとにプロットした。

### 3. 5. 相関分析

上記の分析間の対応関係を検討する為、VAS による明るさ、あざやかさ評価の平均値、因子得点、”Brilliantness”得点として主成分得点、コレスポネンダ分析の次元得点を用いてそれぞれの相関関係を求めた(表 4-10)。

### 4. 考察および

印象次元と”Brilliantness”の関係性に注目すると、トーンにおいて特に第1因子、第2因子ととの対応関係が見られた。また、香りと音楽に対する調和色についてもトーンに着目すると、コレスポネンダプロットおよび相関係数から双方に共通して第1次元において明るさ、あざやかさとの対応関係が見られた(表 4, 6)。また、これらの得点は因子1, 2とも相関関係が見られた(表 4, 6)。これらの結果から、色の明るさ、あざやかさ、印象と感覚間の調和判断については対応関係があることが示唆された。コレスポネンダ分析にプロットに着目すると、香り、色双方ともに印象による分類のクラスターごとに類似した布置の傾向が見られることから、印象が類似する香りや音楽は、それぞれ調和する色が共通

すると思われる。

色相については特に香り刺激のコレスポネンダ分析プロットにおいて色相環状の布置が見られた(図 7, 9)。香り、音楽に共通して第1次元方向に暖色の傾向が見られると共に、第1次元は明るさの評価と相関関係が見られた(香り： $r=.608$ 、音楽： $r=-.945$ )(表 5, 7)。この点については色相の次元1は香り、音楽ともに因子1と相関関係が見られ(香り： $r=.837$ 、音楽： $r=-.757$ )(表 5, 7)、色相の明るさも因子1と相関関係が見られたことから( $r=.853$ )(表 9)、特に色相についての調和判断に明るさおよび因子1の印象が関連することが示唆された。

### 5. まとめ

色、香り、音楽に共通する印象次元として4因子が得られた。特に因子1は明るさ、あざやかさの判断と関連し、その判断が感覚間の調和関係に影響を与える傾向が示された。

#### 参考文献

- 1) T. Wakata and M. Saito(2017), A study of common dimensions on the impression of color, fragrance and music, 日本色彩学会誌 41(3), pp. 54-57
  - 2) 後藤真孝・橋口博樹・西村拓一・岡隆一(2002), "RWC研究用音楽データベース: 音楽ジャンルデータベースと楽器音データベース, 情報処理学会 音楽情報科学研究会 研究報告 2002-MUS-45-4 2002(40), pp.19-26
- 本研究はJSPS科研費 16K16139の助成を受けたものです。

## 調性とテンポの異なる楽曲について色と単語の組み合わせの検討

## A study of combination of color and word with music that varies in key and tempo

中移 絵美 Emi Nakautsuri	早稲田大学大学院 人間科学研究科	Graduate School of Human Sciences, Waseda University
若田 忠之 Tadayuki Wakata	早稲田大学 人間科学学術院	Faculty of Human Sciences, Waseda University
齋藤 美穂 Miho Saito	早稲田大学 人間科学学術院	Faculty of Human Sciences, Waseda University

キーワード：楽曲，色，単語，調和，印象評価

## 1. はじめに

これまでに様々な音楽と色に関する研究が行われてきた。矢島・郭・齋藤 (2008) では音楽と相応しくない色の組み合わせよりも、音楽のみや音楽と相応しい色との組み合わせがポジティブな心理的効果を与えることが明らかとなった。一方で金澤 (2003) は言葉からイメージされる色を検討した結果、被験者の半数以上に共通して選択される言葉もあれば、選択が難しい言葉もあることが明らかとなっている。このように音楽と色だけではなく、単語からイメージされる色などもあり、音楽、色、単語の3つの関係も考えられる。そこで本研究では、楽曲についてその題名やテーマとして相応しい単語、調和色・不調和色を検討した。

## 2. 予備調査

**目的** 楽曲と単語の調和色、楽曲にふさわしい単語の選択から、用意した楽曲、単語、色刺激の使用妥当性の検討を目的とした。

**刺激 楽曲刺激**：MacBook Air 内蔵の楽曲作成ソフト GarageBand (Apple 社製) において、Steinway Grand Piano を用いて作成した。ハ長調、120 テンポで作成した約 30 秒の楽曲をベースとし、その楽曲の調性（ハ長調、ハ短調）とテンポ（80 テンポ、120 テンポ、160 テンポ）を変化させ合計 6 種の楽曲を用意した。各楽曲の調性やテンポは表 1 に示した。

楽曲作成時には、テンポや調による印象や調和色の違いを検討するために、テーマや意図を含めずにできるだけニュートラルな楽曲となるよう配慮した。

**色刺激**：①色相群 日本色研 PCCS ハーモニックカード 201 を 3.0×1.5cm にカットし、同一色相内

ではスケール型で配置し、A3 銀鼠色の色上質紙を横画面で使用して縦に 6 色相、横に 2 色相となるように配置した。

②トーン群 カラーカードを 1.5×1.5cm にカットした。A3 色上質紙を縦画面で使用し、同一トーンを色相環で縦に 4 トーン横に 3 トーンの合計 12 トーンを配置した。また、3.0×1.5cm にカットしたカラーカードをスケール型で配置した無彩色もトーン群に含め、提示する際はトーンごとの A3 用紙の下に配置した。

**単語刺激**：無形概念であり、比較検討ができるよう上位概念が共通することを条件として、四季（春、夏、秋、冬）と Ekman and Friesen (1971) の 6 感情から感情語（喜び、悲しみ、怒り、驚き、恐れ、嫌悪）を採用した。

表 1. 楽曲刺激一覧

	調性	テンポ	曲の長さ (秒)
楽曲 1	ハ長調	120	32
楽曲 2	ハ短調	120	32
楽曲 3	ハ長調	80	47
楽曲 4	ハ短調	80	47
楽曲 5	ハ長調	160	24
楽曲 6	ハ短調	160	24

**被験者** 21～24 歳の男女 14 名（男性 7 名、女性 7 名、そのうち音楽経験者 9 名）を対象とした。平均年齢は 22 歳、標準偏差は 1.5 歳であった。

**手続き** MacBook Air に接続したヘッドホン (BOSE 社製, QuietComfort2) を通して楽曲を聴取させ、各楽曲について相応しい色（調和色）を色相群とトーン

ン群から1つずつ選択させた。そしてその楽曲の題名やテーマとして相応しい単語を四季群と感情語群から1つずつ選択させた。また、当てはまるものがある場合のみ単色での選択も行った。楽曲6刺激についてはこれを1セットとして実施した。楽曲を流す順番は参加者によってランダムで、次の楽曲に移るまでであれば何度でも聴取できることとしたが、同一楽曲内でも部分によって印象が変化することも考えられるため、1回目は必ず最後まで聴取した後、直感で調和色や単語を選択するよう教示した。楽曲パート終了後、単語についても相応しい色(調和色)を色相群とトーン群から1つずつ、また当てはまるものがある場合のみ単色も選択させた。これを1セットとして単語10刺激について実施した。

選択した色や単語は質問紙に記入させ、すべてについて選択理由も記入させた。

**結果 特徴的な調和色の選択**：色相群とトーン群それぞれにおける調和色の選択率を算出したところ、1つの色相群に約30%以上の選択が集中した楽曲は、楽曲1(ハ長調, 120テンポ)、楽曲4(ハ短調, 80テンポ)、楽曲5(ハ長調, 160テンポ)の3曲であった。トーン群では、楽曲3(ハ長調, 80テンポ)、楽曲6(ハ短調, 160テンポ)以外の4つの楽曲刺激において1つのトーンについて約30%以上の選択が集中した。

**相応しい単語の選択**：全楽曲を通しての各単語の選択度数をまとめた結果、四季群では「夏」の選択率が全体を通して8回(n=84)と低かった。また感情語群においては、楽曲の6刺激すべてを通して「怒り」と「嫌悪」は1回で、「驚き」「恐れ」についてもそれぞれ4回と5回のみ選択であった(n=84)。

### 3. 実験

**目的** 予備調査の結果から採択した刺激を用いて、楽曲の調和・不調和色と相応しい単語及び、各刺激に対する印象評価を実施し、楽曲について調和色と単語の組み合わせの検討を目的とした。

**刺激 楽曲刺激**：予備調査と同様の6種を用いた。

**色刺激**：予備調査では色相群よりトーン群において選択が集中する傾向が見られたため、トーン群のみを用いた。

**単語刺激**：四季群は選択率の低い「夏」のみを除くと不自然になることから4単語(春, 夏, 秋, 冬)

全てを、感情語群は「喜び」「悲しみ」だけでは限定的になってしまうことから、選択率上位4単語(喜び, 悲しみ, 驚き, 恐れ)を用いた。

**SD 法形容詞対**：多感覚研究における基本的な項目である「軽い-重い」「明るい-暗い」「陽気な-陰気な」「好きな-嫌いな」「あたたかい-つめたい」「派手な-地味な」「鋭い-鈍い」に加えて1つのモダリティに特化した形容詞対が入らないよう配慮して、SD法を用いた多感覚研究である齋藤・若田(2015)などを参考に「美しい-汚い」「個性的な-平凡な」「騒がしい-静かな」「動的な-静的な」の合計11対を採択した。

**被験者** 19~24歳の男女20名(男性4名, 女性16名, そのうち音楽経験者13名)を対象とした。平均年齢は22歳, 標準偏差は1.2歳であった。

**手続き** 予備調査と同様の教示をし、各楽曲について11形容詞対7段階SD法による印象評価, 調和色及び不調和色をカラーチャートから1つずつ選択させた。また、楽曲の題名やテーマとして相応しい単語を四季群(春・夏・秋・冬)と感情語群(喜び・悲しみ・驚き・恐れ)から1つずつ選択させた。各単語についても同様に印象評価及び、調和・不調和色を選択させた。そして色刺激は各トーン(12トーン)及び無彩色について印象評価を行った。楽曲・単語・色それぞれに実施する印象評価ではすべて共通する形容詞対を用い、印象評価以外の質問項目については選択理由も記入させた。また刺激は、楽曲・単語・色それぞれの中で被験者ごとにランダムな順で提示した。

### 結果と考察

**楽曲について特徴的な調和色の選択**：楽曲4について grayish トーンが55%, 楽曲5については bright トーンが45%を占めた。

**楽曲について特徴的な不調和色の選択**：楽曲4以外の楽曲において dark grayish トーンが最も選択され、中でも楽曲1・5では60%を占めた。また、楽曲4については vivid トーンが40%を占めた。テンポ別では、80テンポで vivid トーンが33%, 120テンポと160テンポで dark grayish トーンがそれぞれ45%と48%を占めた。また調性別では、長調について dark grayish トーンが48%, 短調では vivid トーンが32%を占めた。

**楽曲について相応しい組み合わせ**：楽曲について選択された調和色と相応しい単語（四季群，感情語群）それぞれで選択率が最も高かったものを相応しい組み合わせとして表2に示した。相応しいと選択された単語は，四季群では調性やテンポごとでの傾向は見られなかった。しかし感情語群では，長調の楽曲1，楽曲3，楽曲5において「喜び」，短調の楽曲2，楽曲4，楽曲6では「悲しみ」と，調性ごとに共通の単語が最も選択された。

表2. 楽曲に調和する色と単語の組み合わせ  
(選択率, %)

	四季	感情語	調和色
楽曲1	春(60)	喜び(55)	lt(25)
楽曲2	秋, 冬(35)	悲しみ(40)	d(25)
楽曲3	冬(50)	喜び(50)	p, ltg, sf (20)
楽曲4	冬(65)	悲しみ(70)	g(55)
楽曲5	春(55)	喜び(90)	b(45)
楽曲6	秋(60)	悲しみ(40)	d(30)

**単語についての調和色**：各単語について最も選択率の高かった調和・不調和色を表3に示した。表2の楽曲の調和色と，相応しい単語の調和色を比較すると，楽曲1，楽曲2，楽曲6では四季群単語の調和色と共通しており，楽曲5では感情語群単語の調和色と共通していた。また楽曲4では両群単語の調和色と共通していたが，楽曲3では両群単語の調和色とは別のトーンが調和色として選択され，楽曲の調和色とその楽曲に相応しい単語の調和色に一貫性はないことが示された。しかし本研究では1つの楽曲の調性を変換し，調性の中でもハ長調とハ短調のみを用いたため，他の楽曲で同じように実施した場合もこのような傾向が見られるか，また他の調性に対しても長調と短調で選択が分かれるのかより詳細な検討を行う必要がある。

**因子分析**：楽曲・単語・色の合計27刺激に対する印象評価値を統合して，最尤法，プロマックス回転の因子分析を行なった。その結果2因子が抽出された。因子負荷量は表4に示す。第1因子は「明るい-暗い」「軽い-重い」「好きな-嫌いな」「陽気な-陰気

な」「あたたかい-つめたい」「美しい-汚い」で構成されており，評価性因子とした。そして第2因子は，「動的な-静的な」「騒がしい-静かな」「派手な-地味な」「鋭い-鈍い」で構成されていたため，活動性因子とした。なお「個性的な-平凡な」は共通性の値が0.200以下であったため除外した。

表3. 単語についての調和・不調和色(選択率, %)

	調和色	不調和色
春	lt(70)	dkg(60)
夏	v(75)	dkg(50)
秋	d, dk(30)	p(40)
冬	g, 無彩色(25)	v(50)
喜び	b(40)	dkg(65)
悲しみ	g(55)	b(45)
驚き	v(45)	p(30)
恐れ	dkg(50)	p, v(25)

表4. 因子分析(楽曲+単語+色)負荷量

	評価性	活動性
明るい-暗い	0.844	0.174
軽い-重い	0.761	-0.018
好きな-嫌いな	0.761	-0.116
陽気な-陰気な	0.760	0.273
あたたかい-つめたい	0.752	0.144
美しい-汚い	0.648	-0.294
動的な-静的な	0.001	0.935
騒がしい-静かな	-0.008	0.915
派手な-地味な	0.290	0.667
鋭い-鈍い	0.225	0.390

因子間相関  $r = .524$

**因子得点散布図と検定**：印象にはどのような特徴があるか検討するために，全27刺激の平均因子得点を用いて散布図を作成した(図1)。その結果，楽曲刺激について特徴的なプロットが見られた。評価性因子に着目すると，楽曲5，楽曲1，楽曲3，楽曲6，楽曲2，楽曲4の順でプロットされており，調性別で見ると評価性因子得点は長調の方が高いことが観



察された。次に活動性因子に着目すると、楽曲5、楽曲6、楽曲1、楽曲2、楽曲4、楽曲3の順にプロットされており、テンポ別で見るとテンポが速いほど活動因子得点が高いことが観察された。

そこで評価性因子得点について同じテンポの楽曲ごとにt検定を行なった。その結果、楽曲1と2、楽曲3と4、楽曲5と6の全て間において、有意差が認められた（順に  $t(19)=2.228, p<.050$ ,  $t(19)=5.822, p<.001$ ,  $t(19)=4.976, p<.001$ ）。このことから長調の楽曲の方が短調の楽曲よりも評価性因子得点が高いことが明らかとなった。また活動性因子得点については、同じ調性の楽曲ごとに1要因3水準の分散分析を行なった。その結果、長調楽曲の楽曲1・3・5の間と短調楽曲の楽曲2・4・6の間共に有意差が認められた（順に  $F(2, 38)=22.000, p<.001$ ,  $F(2, 38)=9.470, p<.001$ ）。それぞれについて多重比較を行ったところ、長調の楽曲では全ての間で有意差が認められたが、短調の楽曲では楽曲2と楽曲6の間以外で有意差が認められた。

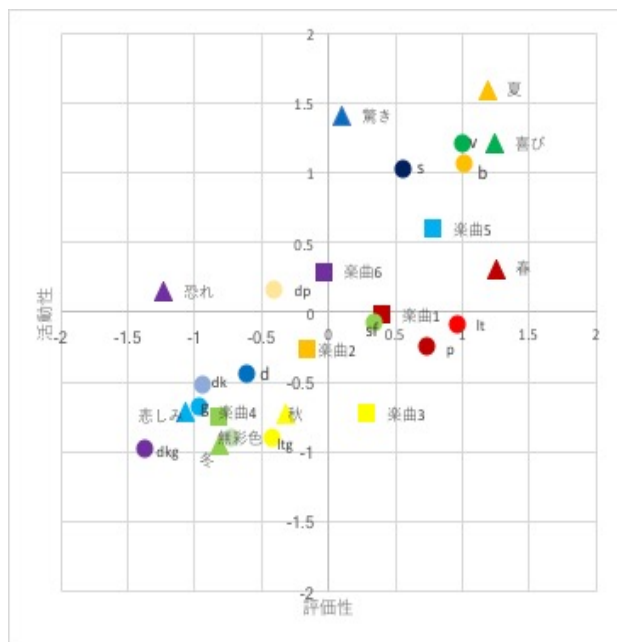


図1. 因子得点散布図

また楽曲の調和色と、その楽曲に相応しい単語の調和色について、楽曲の調和色が両群単語の調和色と共通していた楽曲4と、反対に両群単語の調和色とも共通していなかった楽曲3に着目すると、楽曲4の組み合わせは全て第3象限にプロットされているが、楽曲3の組み合わせは第1・3・4象限と多岐

に渡っている。特に楽曲3で最も選択された「冬」と「喜び」は対極にプロットされている。そこで活動性について楽曲3は6水準、楽曲4は4水準の1要因分散分析を行なった。その結果楽曲4では有意差が認められなかった。一方で楽曲3では有意差が認められた ( $F(5, 95)=46.700, p<.001$ ) ため多重比較を行なったところ、「冬」とltg、「冬」と楽曲3、pと他の2トーン、楽曲3とp、ltg以外の間に有意差が認められた。

楽曲の調和色は楽曲3以外において四季群単語もしくは感情語群単語、または両単語の調和色と共通していたが一貫性は見られなかった。活動性の印象が楽曲4のように近い色や単語を楽曲に相応しいと判断する場合や、楽曲3のように対極となる単語が選択される場合もあることが示された。

#### 4. 結論

楽曲に相応しい感情語群単語から、長調には「喜び」、短調には「悲しみ」が最も選択されることが示された。また、評価性因子は短調の楽曲よりも長調の楽曲の方が高く評価されることが明らかとなった。しかし、楽曲の調和色とその楽曲に相応しい単語の調和色に一貫性は見られなかった。楽曲3では相応しい単語として活動性の印象が近い「冬」とその印象が異なる「喜び」の両方が選択され、楽曲と異なる印象を持つ単語が題名やテーマとして相応しいと選択されることが示されたが、実際に題名やテーマから受ける印象と異なる曲調の楽曲も少なくはない。このような組み合わせの楽曲において、その組み合わせで同時に提示した時にどのような印象や調和度を持たれるか検討することを今後の展望とする。

- 1) Ekman, P., & Friesen, W.V. (1971). Constants across cultures in the face and emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124-129.
- 2) 金澤 律子 (2003). 言葉における色のイメージ調査 日本色彩学会誌, 27 (SUPPLEMENT), 118-119.
- 3) 矢島 礼・郭 洋・齋藤 美穂 (2008). 音楽と色の組み合わせによる心理的効果 日本色彩学会誌, 32 (SUPPLEMENT), 134-135.
- 4) 若田 忠之・齋藤 美穂 (2015). 音楽の調変化に伴う音の高さと PCCS トーンの対応についての検討 日本色彩学会誌, 39 (4), 147-158.

# 中国色譜の成立背景およびロシア・ボンダルツェフ色譜との対比

## Background of China Color Scale and Comparison with Russia A. C. Бондарцев Color Scale

木本晴夫

Haruo kimoto

名古屋市立大学

Nagoya City University

### Keywords:

色譜, 中国, ロシア, 色彩比較, 色名比較.

### 1. はじめに

本研究は, 中国科学院出版の色譜<sup>[1][2]</sup>の成立背景とロシアのボンダルツェフ色譜<sup>[3]</sup>との対比を報告する.

中国の色譜としては代表的なものとして, 1957年に中国科学院が出版した色譜(以下, 中国色譜とする)と, 1986年に日本の大日本インキ化学が発行した中国の伝統色(以下, 中国の伝統色とする)とがある. 中国の伝統色は, 色の選定は画家の王定理とデザイナーの王崑によってなされ, 応用は主に美術・デザイン方面にある. 中国色譜は呂<sup>[4][5]</sup>が種々の分析をしている. また, 日中韓常用色名小事典<sup>[6]</sup>で引用されている. 本報告では, 動物学, 植物学, 鉱物学, 絵画, 染色など幅広い応用を目的とした中国色譜について, その成立背景および, 作成の参考とされたロシアのボンダルツェフ色譜との対比を報告する.

### 2. 中国色譜の成立について

中国色譜の成立過程や編集関係資料などは, 詳細は不明とされている. それは, 中国色譜の出版は1957年であるが, 文化大革命が1966年から全面的に発動されて1976年まで続いて, 中国色譜の編集委員達はちりぢりばらばらになり, 連絡が取れない状態になってしまった. そして文化大革命時には多くの資料が損壊・遺棄されて, 中国色譜の編集関係資料も行方不明のままであるからである.

近年, インターネットの普及によって, 世界中の種々様々な情報がアクセス可能となった. 本研究では, インターネットを利用して, 中国色譜編集委員の経歴調査を行い, それを通して中国色譜の成立背景を考察する. 関係資料として, 特に, 中国色譜が参考としたロシアのボンダルツェフ色譜を入手して中国色譜との対比を行い, 中国色譜への影響について考察する.

最初に, 中国色譜の編集委員の経歴について述べる. 中国色譜の編集目的は「生物学, 鉱物学, 印刷染色, 絵画などの各領域で使い易いために」とされている. 設計者は严幼芝と张兆麟であり, 色名の選定は,

周太玄を中心とする14人の委員の審査と選定による. 各委員の専門, 職位, 留学経験などは次のとおりである. なお, 中国科学院の初代院長は, 郭沫若である. 郭沫若は, 歴史学者, 詩人, 作家, 政治家として有名である.

各委員: 文金扬(1915-1983), 油絵, 絵画技法理論, 中央美術学院教授. 杜燕孙(1912-健在), 捺染専門家, 高級技師, 紡績科学研究院副院長. 壽振黄(1899-1964), 魚類, 鳥類, 獣類学家, 中国科学院動物研究所副所長, カリフォルニア大学留学, Hopkins 海洋生物研究所研究員. 周太玄(1895-1968), 生物学者, 教育家, 政治評論家, 社会活動家, 詩人. 四川大学理学院部長, モンペリエ大学, パリ大学留学. 胡铁生(1911-1997), 書法家, 上海大学教授, 中国工業美術設計協会副理事長, 日本《中国現代書画作品集》他に作品を展示掲載. 孙君立(1902-1992), 化学繊維専門家, 紡績科学研究院化学繊維研究室副主任. 张春霖(1897-1963), 水生生物専門家, パリ博物館研究員, ロンドン自然博物館勤務, 北京大学理学部長, 中国政府学術用語統一委員会委員. 郑作新(1906-1998), 鳥類学家, 北京大学教授, 北京自然博物館副館長, 中国鳥類学会理事長, 国際キジ協会会長, ミシガン大学修士, 博士. 严幼芝(1900~1988), 出版家, 印刷技術開発者, 龍門書局創始者, 科学出版社社長, マンチェスター工科大学, ライプニッツ印刷学院留学. 夏伟琿, 消息不明. 张兆麟, 金属錯体染料に関する著作として金属络合染料[M](化学工业出版社, 1986)が有る. 熊尧, 中国科学院昆虫研究所勤務. 潘承浩, 消息不明. 龔明安, 消息不明.

以上のことから考察として, 編集委員達は各専門分野で高い専門知識を有していて, 幅広い分野の人たちが集まっている. また, 英国, ドイツ, フランス, アメリカなどへの留学経験者も多い. 印刷出版技術においても, 当時の世界水準の知識と技術を有していたと考えられる. 編集の中心的な役割を, 教育家, 詩人である周太玄が勤めていて, 一般利用者の立場や, 学生・生徒にも分かり易いことを考慮して, 各専門にわたってまとめていると考えられる.

### 3. 中国色譜とその参考文献との関係・影響

中国色譜(1957年出版)は、次のものを参考としている。ロシアのボンダルツェフ色譜<sup>[3]</sup>、(色数105色、色名数227、1954年、以下、ボンダルツェフ色譜とする)、アメリカのA.メルツとM.R.ポールの色彩辞典(A. Maerz and M. R. Paul: Dictionary of Colour, 7,056色、色名数3,467、1950年、以下、メルツとポールの色彩辞典とする)、ドイツのオストワルトの色譜(W. Ostwald: Colour Album, 1921年、以下、オストワルト色譜とする)である。

以下、上記の参考文献それぞれについて、中国色譜との関係・影響について考察する。

#### (1) ボンダルツェフ色譜

中国色譜の前言で次のように述べられている。「ソ連の色譜は全部で105色ある。基本的には色名で色を説明する。例えば、黄白、金黃、紅橙、藍緑などである。それら以外は、動物名、植物名を使っている色名もある。例えば、カナリア黄、薔薇紫、ピーコックグリーンなどである。色調の増減によってつけた色名も入れると、全部で227色ある。もし、ソ連の色譜だけをそのまま使ったら、動物図鑑、植物図鑑、鉱物図鑑、画家、染色の仕事をする人たちを満足させることができないであろう」

中国色譜とボンダルツェフ色譜の作成過程を比較する。比較項目は、(a)出版時期、(b)目的、(c)選定者である。色と色名の対比は4節で述べる。

#### (a) 出版時期の比較：

ボンダルツェフ色譜が1954年で、中国色譜は1957年であり、相互に近い。

#### (b) 目的の比較：

中国色譜の目的は、該書で次のように書かれている。「生物学関係者、印刷染色関係者ほか関係方面に提供するために、色彩標準と統一色彩名称を制定する」。同じく、内容提要において以下のように書かれている。「動物、植物、鉱物図鑑、および、画家、染料関係者の要求を満足させる」。このことから、中国色譜の目的は科学研究、科学図鑑出版、美術、印刷関係者などの広範な分野を対象としていると考えられる。

ボンダルツェフ色譜の目的は、該書で次のように書かれている。「生物理論科学と生物応用科学の研究専用」、および「主として真菌植物(キノコ)を記述・描写して同定する業務で応用される。もちろん、他の分野での応用も可能である」。これらのことから、主として、真菌植物(キノコ)の記述説明と同定を行うのが直接の目的であるが、他の科学研究分野での応用も可能である。以上のこ

とから、これらの色譜の目的はかなり異なる。

#### (c) 選定者の比較：

中国色譜での選定者は2節で述べたとおり、周太玄を中心とする14人の委員である。ボンダルツェフ色譜での選定者はボンダルツェフである。彼は細菌学者で、植物学の専門家である。

植物学の専門家が作った色譜は、ボンダルツェフが引用しているが、ロシアでは、遡って、Л.И.Мищенкоの色譜<sup>[7]</sup>があり、この色譜は、同じく植物学の専門家であるイタリアのP.A.Scaccardoの色譜<sup>[8]</sup>をベースとして編纂されている。これらの色譜の応用分野は、ともに植物学と動物学である。Л.И.Мищенкоの色譜の色数は50色で、ボンダルツェフはこの色数が少なすぎることから、色数を増やした色譜を作成したと述べている。Scaccardoの色譜も色数は50色である。Scaccardoの色譜では、色名がイタリア語、フランス語、ドイツ語、英語、ラテン語で併記されていることは興味深い。これらの色譜は植物、動物の色をもとにして構成されている。色相、明度、彩度をスケールとして作ったものではない。自然由来のものであり、人に馴染みやすいと考える。自然のものは全国各地で異なり、全国各地の独自性が出るとも考える。

#### (2) メルツとポールの色彩辞典

中国色譜の前言で次のように述べられている。「アメリカの色彩辞典には7000以上の色が含まれている。ところが、色名のつけられている色は多くない。このために、私たちにあって、全般的に使うことができない」。このことから、あまり参考にしていないと考えられる。

#### (3) オストワルト色譜

中国色譜の前言で次のように述べられている。「ドイツの色譜は全部で344色ある。この本の一番の目的は色を標準化することである。色名は付けられていない。我々はその配列方法を参考にし、拡充して、全部で1617の有彩色と13の無彩色からなる色譜を作った」このことから、色の配列方法を参考にしている。

### 4. 中国色譜とボンダルツェフ色譜の対比

ボンダルツェフ色譜は中国色譜の前言で次のように述べられている。「もし、ソ連の色譜だけをそのまま使ったら、動物図鑑、植物図鑑、鉱物図鑑、画家、染色の仕事をする人たちを満足させることができないであろう」。このように述べられていることの検証を色と色名について以下に行う。



4. 1 色の対比

以下に、中国色譜の色と色名の例(赤紫色系統, 橙色系統, 黄色系統)を、日本の色, 色名と併せて, 図1~3に示す. ボンダルツェフ色譜(全体)を図4に示す. これらを見ると, 中国色譜とボンダルツェフ色譜とは, 色そのものはかなりの差異が有ると考える.

ボンダルツェフ色譜の周囲に書かれている, キリル文字と数字は, それらを組み合わせてコードとして, 色を区別するために使われている. ボンダルツェフ色譜のコード表を図5に示す. 個々の色には, ロシア語とラテン語で, それぞれ色名が付けられている. +, -, のなどの記号を使って類似する色を示している.



図3 中国色譜黄色系統での色と色名(図中の右側)



図1 中国色譜赤紫色系統での色と色名(図中の右側)



図4 ボンダルツェフ色譜(色部分全体)



図2 中国色譜橙色系統での色と色名(図中の右側)

РАСШИФРОВКА ОБОЗНАЧЕНИЙ ЦВЕТОВ

Обозначение по шкале цветов	Русское название	Латинское название
a1	Черный	Niger, ater
a1-a2	Угольно-черный Черноватый, почерневший	Ater, anthracinus Nigrescens, nigricans, sub-niger, atratus
a2	Темносерый	Atratus, atricolor
a3	Серовато-фиолетовый	Griselo-violaceus
a4	Мышино-серый	Murinus, myochrous
a5	Бледносеровато-фиолетовый	Pallido-griseo-violaceus
a6	Бледносероватый	Pallido-griseolus
a7	Голубовато-зеленоватый, бледнобурозеленый	Glaucescens, pallido-callianus
61	Ультрамаринный	Ultramarinus
62	Васильковый, синий	Cyanus
∞ 61	Темносиний, темнолазуревый	Atro-cyanus
62	Синевато-зеленый	Cyanus-viridis
63	Желто-зеленый	Flavo-virens, chlorinus
64	Бледнобурый	Argillaceus
	Буроватый	Fuscatus, subfuscus, fumatus
64-к6	Буро-желтоватый	fulvidus
65	Желто-бурый	Flavo-fuscus
	Охристый	Ochraceus (не в смысле Сахардо)
∞ 65	Буро-желтый	Fulvescens, fusco-luteus
	Буровато-желтый	Fuscescens-flavus
65 + д3	Грязно-желтый	Gilvus
66	Бледноохристый	Pallido-ochraceus
66 + д3	Кремовый	Cremeus
67	Цвет слоновой кости, желтовато-белый	Eburneus, eburnus
в1	Оливково-желтый	Olivaceo-flavus
	Буровато-красный	Fuscato-rubidus
	Красно-бурый	Rubiginosus

図5 ボンダルツェフ色譜のコード表 (部分)



#### 4. 2 色名の対比

両方の色譜の色名を列挙して対比をおこなう。最初に、ボンダルツェフ色譜の色名の例(赤系統)を示す。以下に、個々の色名ごとに、色名、(ボンダルツェフ色譜でのコード)、(和訳)の順に示す。

красно-бурый, (в1), (赤褐色)  
 темнокрасный, (г1), (ダークレッド)  
 кроваво-красный, (г3), (血のような赤)  
 желтовато-рыжий, (г7), (黄赤色)  
 малиновый, (д6), (えぞイチゴ色)  
 ржавый, (ж1), (さびた, さび色)  
 темнофиолетовый, (з2),  
 (ダークバイオレット)  
 красновато-бурый, (з5), (赤褐色)  
 карминово-красный, (м5), (カルミン赤,  
 鮮紅色, 洋紅, カーミン)  
 бледнокрасновато-бурый, (м6), (薄赤褐色)  
 фиолетово-карминовый, (н6),  
 (バイオレットカーミン)  
 оранжево-красный, (п4), (オレンジ - 赤)  
 вермильон, (п7), (辰砂(しんしゃ), 朱)

次に中国色譜での色名の例(赤系統)を示す。

[草木類] 玫瑰紅, 草珠紅, 初荷紅, 薊粉紅, 白芨紅, 垂絲海棠紅, 扁豆花紅, 酢醬草紅, 嫩菱紅, 荷包海棠紅, 龍須紅, 石蕊紅, 芍藥緋紅, 吊鐘花紅, 紫荊紅, 藏花紅, 月季紅, 松葉牡丹紅, 楊梅花紅, 粉團花紅, 石竹紅, 草茉莉紅, 報春紅, 孟加拉玫瑰紅, 夾竹桃紅, 錦葵紅, 蓮瓣紅, 蓮瓣紅

[動物] 兔眼紅

[野菜・果物類] 菠薐紅, 山藜豆紅, 姜紅, 豉豆紅

[鉱物] 晶紅, 錳(マンガン)菱紅

[明暗・色調] 暗紫苑紅, 淡緋, 淡茜紅, 淡蕊香紅

[自然風景・気候] 霞光紅, [慣用語] 殷紅, 水紅

両者の比較を行う。中国色譜では草木類と野菜・果物類などの植物の名前を含む色名が多い。ボンダルツェフ色譜では植物のほか、虫、鉱物・稀土類などの名前を使った色名が有る。色名では両方の色譜では顕著な類似性は見られない。

複合語色名に着目して、ロシア語と中国語の言語機能での対比をおこなう。ロシア語は屈折語で語尾変化によって修飾-被修飾関係を作る。一方、中国語は孤立語で、語順によって修飾-被修飾関係を作る。ロシア語では修飾関係を作るためには、

語尾変化が必要であるが、中国語は語の形はそのまま、語を並べるだけで修飾関係を作ることができる。このことから、中国語では複合語造語の自由度が高く、その結果、複合語の色名も豊富多彩である。ロシア語は複合語造語の自由度が高くないことから、複合語色名は中国語ほど豊富ではないと考える。このことは、中国人が報告した論文<sup>[9]</sup>において指摘されている。

また、同論文<sup>[9]</sup>では、ロシア語色名ではメタファー表現が見られないと報告している。例として、中国色名では「宝石紅」が有るが、それに対してロシア語では、「рубиновый」(ルビー色)であり、「海軍藍」は「темно-синий」(黒ずんだ青)である。また、「草原遠緑」のような色名はロシア語色名には見あたらない。複合語造語の自由度が高くないことがひとつの要因と考える。

これらのことから、中国色譜の前書に、次のように書かれていることがうなずける。「ソ連の色譜だけをそのまま使ったら、動物図鑑、植物図鑑、鉱物図鑑、画家、染色の仕事をする人たちを満足させることができないであろう」

#### 5. まとめ

中国色譜の成立背景を報告した。また、ロシア・ボンダルツェフ色譜との対比をおこなった。対比の結果、顕著な類似性は見られなかった。中国色譜はその自然、文化を反映して、色、色名などを幅広い分野にわたって独自に作られたものとする。色名造語も自由闊達で、多種多様である。

#### 参考文献

- 1) 中国科学院編譯出版委員会, 色譜, 科学出版社, 1957
- 2) 海上雅臣:中国色名綜覧, カラープランニングセンター, 1979
- 3) А.С. Бондарцев, Шкала Цветов, Издательство Академии Наук СССР, Москва, Ленинград, 1954
- 4) 呂清夫:中国語と英語との色名に関する比較研究, 日本色彩学会誌, Vol.15, No.3, pp.155~161, 1991
- 5) 呂清夫:中国語と日本語との色名に関する比較研究, 日本色彩学会誌, Vol.19, No.2, pp.50~60, 1995
- 6) 財団法人日本色彩研究所編集, 日中韓常用色名小事典, 株式会社クレオ, p.60, 2007
- 7) П.И. Мищенко, Шкала Цвѣтовъ, Петроград, 1915
- 8) P.A. Saccardo, Chromotaxia seu Nomenclator Colorum, Patavii, Typis Seminarii, 1894
- 9) 贾彦红, 汉俄颜色词对比研究, 黑龙江大学硕士学位论文论文, 2014

# ブリティッシュカラーカウンシル公認のイギリス伝統色

## Official British Traditional Colours Listed by The British Colour Council

日高 杏子 Kyoko Hidaka

芝浦工業大学

Shibaura Institute of Technology

**Keywords:** ブリティッシュカラーカウンシル, 伝統色, 標準化.

**Keywords:** British Colour Council, Traditional Colours, Standardization.

### 1. はじめに

ブリティッシュカラーカウンシル (BCC) は、1931年に「イギリスの伝統色を標準化すること」を目的に設立され、1930年代から1950年代にかけて、活発に出版物を発行した色彩標準化団体であった。本発表では、色彩文化の視座からBCCが1930年代に公式発行した2点のカラーチャートを中心に、イギリス伝統色を色名・染料・測色値から調査する。第1に1934年発行「色彩標準事典」Dictionary of Colour Standards, そして第2に1937年発行「イギリス伝統色」British Traditional Coloursを検討資料とする。本発表の目的は、イギリス伝統色の色名とチャートから、色相・明度・彩度を明確にする点にある。この調査結果から、どの色相や明度・彩度への偏りがあるかを検討していく。同時に、上記の出版物が発行された1930年代の社会背景を観察したい。先行研究として、BCCの色彩の表記に関する歴史背景を論じた小論文、Batyによるイギリスの塗料カラーチャート総覧の書籍がある。

### 2. 1934年「色彩標準事典」(図1)

この「色彩標準事典」は、ブリティッシュカラーカウンシルが定めた240色の色名、番号、記号、絹リボンを配列したものである。2巻に分かれ、ひとつは染色されたリボンが一覧で貼り付けられたカラーチャート、もうひとつはアルファベット順の色名解説書のセットである。表紙には、本事典の目的として「色彩とデザインのコーディネートのために」と補足されている。本調査に使用したものは、東京大学農学生命科学図書館所蔵1951年第2版

のリプリント版(1961年)である。

(表1)このカラーチャートは、無彩色40、赤色36、橙色10、黄色38、緑色35、青緑色3、青色46、紫色18、茶色14種類のリボンを掲載している。色相の特徴としては、かなりバランスよく各色相があるが、配列には論理的順序がない。特徴として、明度は偏りが少ないが、彩度が非常に高い色が多い。

本事典は、色名の点からはリッジウェイの色名集に強い影響を受けている。時代の変化を如実に映しているのは、「B.C.C 20 AFRICAN BROWN」で、1934年初版当初は、アフリカ系人種に対する差別用語である「Nigger Brown」となっていた。しかし、1950-1960年代のアメリカ公民権運動や人種差別に対する反対勢力の拡大により、人種差別につながる色彩語を省くようになったのである。

### 3. 1937年「イギリス伝統色」(図2・3)

#### (1) ジョージ6世の戴冠式

「イギリス伝統色」が刊行された目的は、ジョージ6世の戴冠式典に使用する色彩を、イギリスの伝統色で統一するためであった。本書には、イギリス国旗、王侯貴族の衣裳の色、吹き流しの旗、軍隊、タータンの色彩を制定している。

「イギリス伝統色」は、カラーチャートというよりも、配色集として編纂されている。

#### (2) イギリス王室、貴族、軍隊、紋章、タータンの色彩

1930年代は、ナチズム、ファシズムの台頭により、極右ナショナリズムがヨーロッパ全体に影響を与えていた。自国の文化・国家を強調する社会情勢が、イギリス独自の伝統であるタータンの色彩を制定させたと考えられる。

### 4. 考察

クエニとシュワルツの著書では、BCC カラーチ

ャートに関する解説として,不完全で異例なタイプの表色系として分類している.工芸な完成度にもかかわらず,論理的な表色系としては成立しなかった.

しかしながら,参考文献(3)で小職はBCCの色彩の表記の独自性について考察したが,伝統色の制定という見地からは,BCC は大きな貢献をしたのである.

本発表における2種類のBCCカラーチャートの3属性や色名の検討を通じ,ヨーロッパとアメリカにおける1930年代のナショナリズム・人種差別台頭の時代から,1950-60年代の人権・反人種差別運動の状況が読みとれる.今後,BCCと大戦間期から戦後デザイン,工業規格の発展との関連性を考察する余地があると思われる.



■無彩 ■赤 ■橙 ■黄 ■緑 ■青緑 ■青 ■紫 ■茶

図1 「色彩標準事典」チャート (東京大学農学生命科学図書館 所蔵)

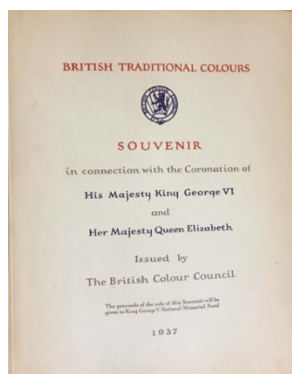


図2 「イギリス伝統色」表紙 (Robert B. Haas Family Arts Library, Yale University 所蔵)

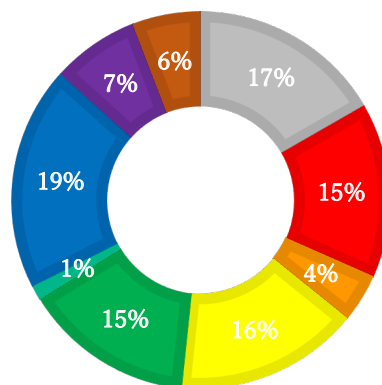


表1 「色彩標準事典」でイギリスの伝統色に制定された240色における色相比率



図3 「イギリス伝統色」のタータンの色彩 (Robert B. Haas Family Arts Library, Yale University 所蔵)

参考文献

- 1) BCC: Dictionary of Colour Standards, British Colour Council, (1934, 1951)
- 2) BCC: British traditional colours : souvenir in connection with the coronation of His Majesty King George VI and Her Majesty Queen Elizabeth, (1937)
- 3) 日高杏子: ブリティッシュカラーカウンシルの刊行物における色彩の表記の独自性, 日本色彩学会誌, 40巻1号(2016) 13-22
- 4) P. Baty: The Anatomy of Color, Thames & Hudson, (2017)
- 5) 日高杏子: 20世紀前半における色彩の標準化と British Colour Council, 日本色彩学会誌, 35巻 (Supplement) (2011) 58-59
- 6) R.Kuehni & A. Schwarz, Color Ordered, Oxford University Press, (2008)



# 中国ミャオ族伝統色のシンボル学研究

## Study on the traditional color semiotics of the Miao

鄭曉紅 Zheng Xioahong 中国人民大學

Renmin University of China

**Keywords:** ミャオ族伝統色, 記号化, 女性特色, 色彩審美, 趨利避害, 生殖崇拜, 生存環境.

### 1. はじめに

ミャオ族は中国最古の少数民族の一つであり、二千年前から中国長江中下流と黄河下流の広大な地域で住んでいた、その祖先何度も敗戦し、中原大地から長江中流へ移転し、数千年に渡り移動し、中国南西、華南、中南山岳地域へ移住し、一部のミャオ族が中国雲南から東南アジアの国と世界各地へ至る。ミャオ族の住む地域は高山が険しい地域であり、交通が不便なので、閉鎖的な環境の中で、彼らは2000年前からの古い文明を伝承し、その服装の伝統色は記号化されている。シンボル学の角度から、その伝統色を考察し、複雑な歴史の霧の中で、相対的にはっきりしたミャオ族伝統色彩の変化道を見つけることができる。

### 2. ミャオ族伝統色の女性特色

#### 1) 母系の氏族文化を残る

ミャオ族の結婚式は中国の漢民族と比べ静かであり、花嫁がただ傘を差し、肩に衣類などを入った物籠を背負い、母親と親友に伴い、夫の家へ歩いて行く。花嫁は結婚した最初3日間の晩には母親と寝る。花嫁の母親から請求した「乳金」を払った後、新婦新郎が同居する。苗族の女性が結婚した後に、「不落夫家」の習慣がある、その風習は女子嫁入り後、まもなく実家に住み、妊娠や出産した後、やっと夫の家に定住する。その結婚風習は母系の氏族文化の反映である。

#### 2) 女性から伝承した伝統文化

ミャオ族を農耕民族であり、ほとんど山岳地域に定住し、棚田を耕するはミャオ族主な生産方式である。畑は遠く、苦労した農耕スタイルは群体の協力作業を形成した、春の種まきや秋の収穫が

助け合って協力し、感情の交流と民族意識を強まった。ミャオ族民族衣装の制作は、常に女性グループで行われる。伝統的な生産や生活サイクルは、民族衣装の作業期間と様式を定める。例えばピカピカの布の制作の期間は農閑期の旧暦八月から、第二年の春の種まき前続く、平日の空き時間も服飾制作に使われる。時間の不連続性は伝統服製作の重要な特徴であり、一つ服装を完成するには長い時間が続く。農閑期間、婦人たちが一緒に座り、染織技術を交流しながら服装をつくる。女性同士で討論し、他人の良い技法を見て、自分も使う。娘の結婚衣装は主に母親をつくり、刺繍の図案を決またら、娘も手伝って刺繍する、遊び気分で仕事しながら、伝統衣装を完成させる。ミャオ族女性の染織技術は代々の母親の知恵を集め、言葉で伝授し、服飾の伝統文化を伝承する。伝統衣装をつくり事を学ぶため、女性達は少年時代から訓練を受け、体で覚えた染織技術は、伝統服飾に高度な統一性を与えた。ミャオ族は統一した文字がなく、民族の歴史や先祖への尊敬など、女性達の衣装に織り込まれ、同じ地域の伝統服が百年以上変わらない。伝統色や柄を通じて、ミャオ族共通な審美や絆になり、民族記号のような存在である。(図1)



図1 ミャオ族女性グループは伝統服を作る



### 3) 民族共感と色彩審美

中国漢民族の色の審美は階級感を持っている。黒、白、赤、青、黄を正色と見られ、また陰陽や相生相克の信仰に従い、間色をが五正色の間に介在し、庶民の服装色に使用する。ミャオ族伝統衣装の色は、全く階級差がない。ミャオ族女性が作る伝統な図案、色や染織技術等、何世代も変わらず、強い伝承性と集団性を強調され、「個性」や「自分の独特な風格」を強調しない。ミャオ族女性は個人から民族の共通点を求める、群体の共通な審美を継承し、その民族衣装が共通なシンボルとしてミャオ族社会の規範と秩序の一部になり、共通な価値観を凝集した。伝統色は重要なメディアとして、民族意識を拾い認め、そして強めて行く。

### 4) 多ければ多いほど美しい

ミャオ族衣装の伝統色を見ると、最も直感的な感じは「多い」である。色の種類が目くらくらするほど「多い」である。ミャオ族女性が尊ぶ審美と現代的な審美が違って、これも女系の民族文化の遺物である。

ミャオ族では女性のセクシーさよりも手先の器用さを大事にしている。ミャオ族女性は小さい時から染織技術を学び、自分の心を込めた刺繍した祭りのドレスを祝日に着る。そのドレスは比較的肥大であり、体に覆われ、女性らしいセクシーな輪郭が殆ど見えない。その衣装はできるだけ多くの労働の成果を誇る、女性の体よりも手先の器用さが誇りになる。ミャオ族女性は豊を誇る心理もあり、これも衣装の審美に反映している。衣装の上では、できるだけ多くの物を身に着ける。以前、ミャオ族は移動民族であり、連年の戦乱もあり、女性達ができるだけすべての財産を身につけて移動する。祭りの時、ミャオ族女性は派手なスカートやさまざまなアクセサリを身につけて富を示す。

ミャオ族女性服の色が豊富であり、刺繍の部分には色彩のコントラストをよく使う。明度が低い地色の上に、色彩のグラデーションやコントラストを組み合わせて使用し、装飾感や立体感を表す。例えば、生地の色が鮮やかであれば、柄の色は対比色を使い、紋様を際立たせる。柄も色々な刺繍技法を使用し、図案が浮き彫り式の立体感と華やかさを表す。もうし生地色の明度の低いと冷たい色調の場合、柄色が比較的に自由である。ミャオ族女性衣装の袖部分の色相だけ七、八色以上

があり、強いコントラストを求め、躍動感に富んでいる。(図2、図3)

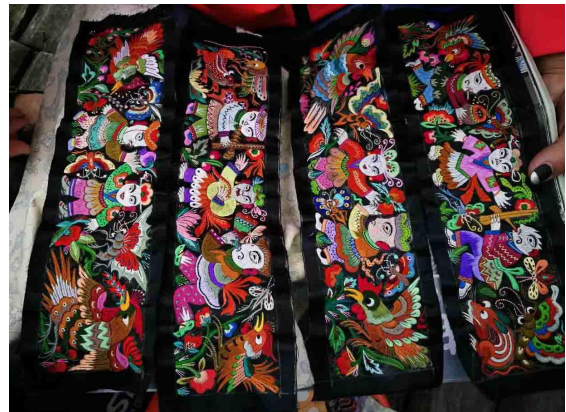


図2 伝統服の袖部分



図3 ミャオ族女性の晴れ着

## 3. ミャオ族伝統色と民族宗教

フランス有名彫刻芸術家オーギュスト・ロダンは、「色彩の全体は明らかに一種の意義を表し、その意義が無く、美もなく」。民族宗教は一つ古い文化体係として、人や自然と文化の関係をあらわす。長期的な発展と進化の中で、ミャオ族は民族宗教から色彩の意義を形成し、そのうち「趨利避害」や「生殖崇拜」がその恒常なテーマである。

### 1) 趨利避害

赤色はミャオ族服装に使用頻度が最も多い色で



ある。例えば、そのピカピカ布は、自家製の藍で染めた棉布を豆汁に浸し、草木の抽出液を染め重ね、さらにミャオ族にとって神聖なブタの血に浸し、たたいてピカピカに仕上げる。不思議な色や光沢をもち、青や黒に血の赤色を重ね、明らかな呪術色である。ミャオ族の人々は、赤色が魔よけな色であり、赤色を着て「趨利避害」の作用がある。血もミャオ族の呪術によく使うものであり、例えば、ミャオ族融水地域には、呪術を施行する前に、使った服に気吹き、そしてシャーマンが呪術を施行する。そのとき、ピカピカ布の服は呪術を行う通神な物になる。(図4、5)



図4 ピカピカ布を作る



図5 ピカピカ布の帽子

## 2) 生殖崇拜

ミャオ族の「生殖崇拜」の意識は原始社会から遡る、自然災害や戦争の脅威が多いため、ミャオ族は人口の繁殖に対して非常に大事にしている、民族衣装にも生殖の観念を強調している。例えば、蝶紋は最もよく使用した柄の一つである。蝶はミャオ族の祖先であり、生命の源でも見られ、「蝶ママ」と敬称している。ミャオ族の古い伝説では、「蝶ママ」が12個の卵を生み、その中に彼らの遠祖「姜央」が誕生した。今では、ミャオ族が「鼓社祭」の行事を行い、「蝶ママ」が彼らの生命を育てる歌を唄う。蝶は「生殖崇拜」の象徴であり、女性達の銀製アクセサリーやスカートにも蝶紋

を頻繁に使われ、人々は始祖蝶の姿が母親と見られ、村の安寧や子孫の繁栄などを加護することを願う。ミャオ族蝶紋の造型が豊満であり、翼の部分はいつも他の動物や植物の凶案を飾り、母親と見られる蝶の二本の翼は子孫を加護している。

(図6) 母系の氏族社会では、昆虫を崇拜する事があり、ミャオ族服飾に表す蝶紋のイメージが古い事がわかる。



図6 ミャオ族衣装の蝶紋

## 3) 宗教儀式で文化を伝承する

ミャオ族は通用する民族の文字が無く、民族衣装は身を守りや装飾する機能だけでなく、それは一種の独特な教育テキストでもある。毎年様々な宗教儀式や祭りなどを通じて、民族の歴史と信仰は衣装により直感的に現れ、参加者たちに集団記憶を与える。伝統衣装の色や凶案が民族歴史文化を勉強する手本となり、週期的に行う宗教儀式は集団記憶を強化し、これからの歳月の中で、共通な経験を与える個体が思い出も共有し、ミャオ族の人々の心の中に道徳観念と価値基準を構成する。(図7)



図7 ミャオ族の宗教儀式

#### 4. 環境とミャオ族伝統色

人々は生存環境によって制限され、自然の要素は人々の審美や芸術表現に影響している。例えば、中国湘西地域のミャオ族は赤色を衣装の地色として使うため、「紅苗」と呼ばれる。その原因は、湘西地域で水銀鉱、赤鉄鉱の鉱石が沢山あり、古くからミャオ族の人々が地元の鉱石を染料として使い、赤色を好むより環境がミャオ族伝統色に影響している。

##### 1) 植物染料

宋代の『後漢書』には、ミャオ族に対して「染以草実」と「衣裳斑斕」という記述がある。ミャオ族の生活する地域は植物が茂っている、ミャオ族が昔から植物染料を利用して染織を行う。植物染料以下のように：青色—インディゴ染料；赤色—アカネ、紅花、蘇芳；黄色—エンジュ、ターメリック、クチナシ、オウバク；紫色—紫根、シソ；ブラウン—薯蕷；黒色—五倍子、蘇木など、ミャオ族は種類豊富な植物染料によって、華やかな服を作る。その「染以草実」というのは、草や実から染料を抽出することに限らない。その環境の影響で、ミャオ族は現在でもカラフルな色を好む。

##### 2) 天人合一

ミャオ族女性は伝統色を用いて、自然を愛する意識を強く表現している。草花や樹木を表す色彩を衣装に好んで使い、自然環境と調和している。刺繍や織物の図案には動物や植物の紋様も沢山あり、自然から美のヒントを得て創造を行い、彼らは自然と親和し、自然と一体になっている。ミャオ族伝統服の主な装飾の位置は襟ぐり、袖口、胸、襟、スリット、スカートの腰部分などである。これらの位置を装飾する原因は、衣装を着用する時、襟ぐり、袖口、襟等の位置が磨かれる易いため、ミャオ族女性達様々な紋様がきれいに刺繍し、補強する作用がある。刺繍した飾りは、この衣装を破損した後に、また他の服に縫っていくことができる。刺繍する1本の糸には、五色の細い糸を用いて、刺繍の過程で色が変わっている。『後漢書』に描かれた「毛五彩」はこの特徴と一致している。ミャオ族は先祖が五色の毛があると思って、刺繍には華やかな色を使い、先祖への崇拝が表れている。(図8)



図8 ミャオ族伝統服の装飾

ミャオ族の伝統衣装の色彩は、明度が低い黒、青、紫を生地色として使うことが多く、他の華やかな色は装飾色として使い、濃い生地色に綴る。ミャオ族は黒、青、紫の生地を使う原因は、インディゴは最も一般的な染料として、大量に使用することができる。しかも、深い色が汚れが目立たなく、実用性から審美性になり、同時には、ミャオ族最も好きな装飾色が明度が低い生地の上で鮮やかに引き立てる。

#### 5. まとめ

ミャオ族のほとんどは山岳地域に住み、その生活のリズムがゆっくりしているため、彼ら服装文化には、現代人が失った人類文化の要因がある。ミャオ族衣装の色や柄は、一種の非言語のシンボル記号とした、時空を超えて、昔人類祖先の様々な情報を伝えている。

#### 参考文献

- 1) 中国西南少数民族图腾研究：民族学，王进 (2016) 8-13
- 2) 观念之色: Color Science, 陈彦青 (2107) 35-41



## 日本文化と中国文化における鬼を表す色 —和文化の基底に見られる陰陽五行説—

### Colors Associated with Demons in Japanese and Chinese Culture: The Theory of Yin-Yang and the Five Elements Considered as a Basis of Japanese Culture

吉村 耕治 Kohji Yoshimura 関西外国語大学短大部名誉教授 Kansai Gaidai University

山田 有子 Yuko Yamada 色彩講師・イラストレーター Color Instructor, Illustrator

キーワード：日本の昔話、陰陽道、色彩文化、鬼  
Keywords: Japanese folk tales, the Way of Yin and Yang, color and culture, demons

#### 1. はじめに—日本文化における鬼の姿と意味

日本の昔話の「一寸法師」「瘤取り爺さん」「桃太郎」などには、赤鬼、青鬼、黒鬼などが登場する。鬼は、中国や韓国の仮面劇にも登場し、悪鬼を追放する宮廷儀礼に前身があると指摘されている。2010年代の現在、日本文化と中国文化に見られる鬼の容姿や性質には、顕著な相違も見られる。そこで、中国文化の鬼と比較しながら、昔話や節分などの日本文化に登場する鬼の象徴性とその色の意味について考察したい。

鬼は、死者の霊で、人に災いをもたらすと考えられる、超自然的な力を持つ想像上の怪物である。『字源』（増補版）に拠ると、鬼は、容姿が人に似ているが、頭に（牛のような）角があり、口が裂け、（虎のような）長い牙を持ち、虎の皮のパンツをはいている（p. 2273）と解説されている。古代中国の「陰陽道（おんようどう）」の「陰（おん）」や、姿を隠した「穩形（おんぎょう：姿や形のない気体に過ぎない魔物）」の「隱（おん：以前はオヌ）」という語から「おに（鬼）」が生じている。平安時代中期に編纂された辞書『倭名類聚抄（わみょうるいじゅしょう）』（931-938年）では、姿の見えないモノを意味する漢語「穩（おん）」が訛って「鬼」と読まれるようになったと解釈されている。

陰陽道では、邪悪な鬼が出入りする門になっているため忌み避けるべきであると考えられている方角がある。艮（うしとら：十二支の丑寅；北東）を意味する「鬼門」である。鬼に対して、桃は、中国では太陽の恵みを受けて美味しくなる果実で、五木（桃・梅・柳・桑・杉）の中でも邪気を祓う最高の木とされている。そこで、鬼の風貌が牛と虎に由来しているのに対し、日本の昔話「桃太郎」に登場する桃太郎の家来が、犬と猿とキジ、つまり、鬼に立ち向かう最強の構成員が、十二支の申（さる：猿）・酉（とり：キジ）・戌（いぬ：犬）になっている。北東の鬼門に対して、南西の申酉

戌が桃太郎の家来になっている。このような昔話の構成には陰陽五行説の考えが反映している。

人間は、天変地異の前では無力である。太古の時代から恐ろしいことや、人知を超えたこと、つまり、災害や疫病などの災いは、鬼の仕業に因ると考えられていた。目に見えないものに対する恐怖の念が、「鬼」になっている。しかし、鬼は、人を襲う恐ろしい生き物として、さまざまな悪事の象徴として用いられるだけではなく、人に退治される運命にある悪役にされたり、人に優しく親しみの持てる生き物にされたりしている。

俵屋宗達の作とされる国宝「風神雷神図」では、風神（風を司る神）と雷神（雷を司る神）が恐ろしい鬼の姿で描かれている。「北野天神縁起絵巻」では、菅原道真の怨霊が雷神と化して、平安京（794-1869年）の清涼殿（内裏の天皇の日常生活の場）に雷を落とすシーンが躍動的に描かれている。その雷神の姿が鬼の描写になっている。

#### 2. 日本語と中国語の「鬼」の語源

鬼の語源は、「たましい（魂）、死者の靈魂、亡霊」（cf. 簡野道明：2273）を意味する。中国語の「鬼（き）」は、死霊、あるいは幽霊（つまり、肉体から遊離した死者の靈魂）を意味する。古代中国では人が亡くなると、まず「鬼」になり、次いで鬼から善鬼（つまり、神）と悪鬼に分かれると考えられていた（cf. 徐華竜 1995: 14）。人に災いをもたらしたり、人をたぶらかして悪の道に誘い込んだりする「悪魔」、つまり、人に害を与える悪神・悪魔が「鬼」と呼ばれていた（cf. 簡野道明：2273）。鬼は「悪魔」と同じ意味を持つことがあるが、神としてまつられることによって、人に善い働きをする「善鬼」も存在する。鬼は、西洋の「悪魔」よりも意味の範囲が広い。

諸橋轍次（著）（1957, 修訂第二版 1932）『大緩和辞典』では、人が死ぬと、心や思いを司る魂は天にのぼって神となり、形体は地に帰り、形体の主宰である魄（はく：主として人の肉体を主宰し、五官の機能はすべてこの気の働きと言われる霊）は鬼になる（巻 12, p. 676）と説明している。



魔(ま)は、人を惑わし障害をなす悪鬼(第12巻、p. 705)と説明している。

古代インドの梵語(サンスクリット語)、māraを音訳した「魔羅」(仏教では「悟りの妨げになるもの」の意)の略語が、「魔」である。まさに魔とは、鬼を意味している。

鬼を表す象形文字の上部の「田」の部分は、大きな頭の形を表し、この世の人の姿とは異なっていることを示している(cf. 白川 静: 106)。鬼の最上部の「ノ」は、香りのついた酒をふりかけて、清め祓っていることを示していると考えられている。「鬼」の上部の字形は、鬼の頭を象っている。その下部の字形は「人」を表す、「ム」は「私」の本字(正体の漢字)で、人に害を与えることから「ム」と表記されている(cf. 上田万年・他4名(編)(1993)『新大字典(特装版)』東京: 講談社、p. 2627)。

### 3. 日本の昔話に登場する鬼の色

日本の昔話「瘤取り爺さん」では、

- 1) その洞窟の真ん中には、10人ほどの大きな小鬼が踊っていました。肌の青い小鬼と赤い小鬼がいました。その周りにはさらに多くの小鬼がいて、太鼓を叩いている者、笛を吹いている者、そして歌を歌っている者がいました、大きな酒の樽がいたところにありました。(Book 2, pp. 81-82) (下線筆者、以下引用中の下線も同様)
- 2) ほら穴から顔を出して見ました。やって来たのは、人ではなく、鬼です。体の赤いもの、青いもの、黒いもの、それぞれ目がキラキラと光っています。おじいさんは、あわてて顔をひっこめ、息をひそめていました。(千葉幹夫: 162)
- 3) 赤い鬼、青い鬼、大きい鬼、ちっこい鬼。いやはや、みんなそろって飲めや歌っての大にぎわい。(川内彩友美(編)(1997)『まんが日本昔ばなし(決定版)』東京: 講談社、p. 70.)
- 4) 天狗どもが五、六人もどかどかとはいつて来た。そっとのぞいて見てみると、どれもこれも身の丈は六尺ほどあり、赤ら顔がてら光る鼻高どもだ。(稲田浩二・稲田和子(編)(2003)『日本昔話百選(改訂新版)』東京: 三省堂、p. 132.)

と語られている。1)では「肌の青い小鬼と赤い小鬼」、2)では鬼の「体の赤いもの、青いもの、

黒いもの」、3)では「赤い鬼、青い鬼」、4)では「赤ら顔」をした天狗が登場する。1)の小鬼の「小」は、「大きな小鬼」と語られることから分かるように体の大小の意味ではなく、人の日常生活に対する影響が小さいことを示している。

鎌倉時代前期、13世紀前半頃に成立した日本の中世の説話物語集『宇治拾遺物語』では、

- 5) 赤き色には青き物を着、黒き色には赤き物を禪(たふさぎ)にかき、(三「鬼に瘤とらるる事」、p. 28)

(赤い色の体には青い物を着、黒い色の体には赤い物をふんどしに締めて、)

と語られている。100人ほどの異形(いぎょう)の者たちが、所狭しと集まって、火を日輪のように真っ赤にともして、翁の居る洞窟の木の前に、ぐるりと輪になって座っている。

つまり、同じ昔話でも版によって鬼の色に微妙な相違が見られる。昔話の鬼の色は、赤と青が一般的で、それらの他に、黒が用いられている。

### 4. 節分の「鬼の色」の意味—五種類の鬼の色

節分で頻繁に登場する鬼も、主に赤鬼と青鬼である。しかし、鬼の種類が多い場合には、5種類の色の鬼が登場する。その五色とは、赤と青の他に、黄(あるいは白)、緑、黒の鬼が存在する。これは仏教や五行説と密接な関係がある。

節分は、本来は「季節を分ける」日の前日を表し、季節が移り変わる節目となる立春・立夏・立秋・立冬ごとに、1年に4回あった。日本では立春が1年の始まりとして、特に尊ばれたため、次第に節分は春の節分(立春の前日: 2月3日)を指すようになっていく。節分は、季節の変わり目であることから、邪気(病気などを引き起こす悪い気)が入り込みやすい日とされ、節分には炒った豆を蒔くことで鬼(邪気)を退治し(あるいは追い払い)、福を呼んで各自の数え歳の数の豆を食べることによって1年を健康に過ごせるといふ習俗が生じている。1つの季節で少しずつたまっていく邪気を払わないでいると、次の季節で悪いことが生じるという考えが背景にある。

豆を用いるのは、豆が五穀の「米・麦・粟(アワ)・稗(ヒエ)・豆(大豆)」にも含まれており、言葉遊びの洒落で、「魔目(まめ)」や「魔滅(まめ)」に通じるという説がある。炒り豆を用いるのは「魔目を射る」の語呂合せになっている。

節分の鬼の色には意味があり、仏教の五蓋(ごがい: 仏教における瞑想修行の妨げになる五つの障

害；五つの煩惱の総称)と結び付けて理解されている。蓋(がい)は、認識を覆う障害・妨害の意。

赤鬼は、金棒を持っており、渴望・欲望・食欲という悪い心を象徴する。豆をぶつけることで自身の悪心が取り除かれると考えられている。

青鬼は、刺股を持ち、瞋恚(しんに：悪意・憎しみ・怒り)を象徴する。貧相で欲深い自身に豆をぶつけることで、福々しい顔つき(福相)や、幸福・利益に恵まれると考えられている。

黄鬼(白鬼)は、両刃のこぎりを持ち、掉挙(じょうこ：平静な心を失っている状態：心の浮動)・悪作(おさ：後悔)・我執(がしゅう：我が儘)を象徴している。豆をぶつけることで、自己中心的な甘えを取り除き、公平な判断ができる心になるという願いが込められている。

緑鬼は、薙刀(なぎなた)を持ち、昏沈(こんちん：倦怠)・睡眠(すいめん：眠気)・不健康・怠惰・過食・不真面目を象徴している。自身の不摂生を反省し、健康に保つことを言い聞かせながら、健康を願って豆がぶつけられる。

黒鬼は、斧を持ち、疑(ぎ：疑いの心)・愚痴を象徴している。豆をぶつけることで、卑しい気持ちを追い払い、心の平穏を祈願している。

## 5. 節分の「鬼はらい」の儀式の由来

鬼はらいの儀式は、元々は中国から伝わった風習であるが、平安時代に鬼を追放する宮中の儀礼であった「追儺(ついな)」とか「鬼やらい」「儺(な)やらい」と呼ばれる儀式が、民間行事として地方に伝播し、発展してきたものである。

中国の春秋時代の思想家、孔子(紀元前 552年-紀元前 479年)を中心とする言行録を収めた『論語』(巻第五郷党第十、八)には、

- 6) 郷人の儺(だ：鬼やらい)には、朝服(ちょうふく)して阼階(そかい)に立つ。(同郷の里人たちが[疾(やまい)を起こす鬼を家から追い払うために]「儺々(だだ)」という声を挙げて[家々にやって来るが]老先生の邸に来たときには、老先生は正装をして[孔家の祖先を驚かせないため、孔家の宗廟の]東階に[警護に]お立ちになって迎えられた。—「儺」は、疫鬼を放逐する行事で、日本では追儺(鬼やらい)という。要するに疫病神の厄払いで、3月、8月、12月に行われたという。) (加地伸行(2009)『論語(増補版)』講談社学術文庫 Y1250、東京：講談社、p. 229)

という鬼払いの記述が見られる。

平安時代(794-1192年)初期に編纂された勅撰史書の『續日本紀』(巻第三、国立国会図書館オンライン、コマ番号 25；全 40 巻；697-791 年までの 95 年間の歴史を扱う)では、飛鳥時代の文武天皇の慶雲 3 年(706 年) 12 月の条に「天下ノ諸国、疫疾アリテ、百姓多ク死ス。始メテ土牛ノ大キナ儺(疫鬼やらい)ヲ作ル」と記されている。

平安時代中期における律令の施工細則を述べた藤原時平・藤原忠平(編纂)『延喜式』によると、大内裏の 12 の門に、土牛童子と呼ばれる彩色した土で作成された牛と童子の人形(土偶)が 12 組、飾られていた。その人形は、童子が牛を引く形になっており、大寒の日の前夜に立てられ、立春の日の前夜に撤去されていた。平安京大内裏の外郭の十二の門に、青い土牛童子は東の陽明門と待賢門に、赤い土牛童子は南の美福門と朱雀門に、黄色い土牛童子は東の郁芳門、南の皇嘉門、西の殷富門、北の達智門に、白色の土牛童子は西の藻壁門と談天門に、黒色の土牛童子は北の安嘉門及び偉鑿門に立てられたと言及されている。

室町時代(1336-1573年)に編纂された一条兼良(著)・關根正直(校註)『公事根源(くじこんげん)新釋』(下巻、東京：秀英舎、p. 194)には、朝廷の儀式・行事などの起源・沿革が述べられており、十二月の百七十「土牛童子ノ像ヲ立ツ」には、「青色は春の色、ひんがしに立つ。赤色は夏の色、南にたつ。白色は秋の色、西に立つ。黒色は冬のいろ、北に立つ。四方の門に、また黄色の土牛を立て加ふるは、中央土の色なり。木火金水に土は離れぬことわり(理)あ(有)り」とある。陰陽五行説の五色が基本色になっている。

## 6. 仏教の五色—仏陀の精神を表す仏旗の色

仏教の五色は、仏陀(如来：真理に到達した僧の意；修行中の僧が「菩薩」)の 5 つの精神(真理)や智慧(ちえ)を表している。その五色とは、青・赤・黄・白・黒で、青の代わりに緑、黒の代わりに樺色や紫が使われることがある。

真言密教の五色は、青(または緑)、赤、黄(または金色)、白、黒(または紫)である。唐の時代(618-907年)の高僧、不空(ふくう：705-774年；父はインド北部出身のバラモン、母は康国の人)が定めた 5 色では、黄(金色)は、中央の大日如来(だいにちによらい)に用いられ、法界体性智(ほうかいたいしょうち：物事の本質を明らかにし、統合させて絶対なる智慧)を表す。青(緑)色は、

大日如来(だいにちによらい)の東方に位置する阿闍如来(あしやくによらい)に用いられ、大円鏡智(だいえんきょうち:鏡のように現世の全てものを差別なく映し出す智慧)を表す。赤色は、南方の宝生如来(ほうしょうによらい)に用いられ、平等性智(びょうどうしょうち:すべての現世のものが平等であることを知る智慧)を表す。白色は、西方の阿弥陀如来(あみだによらい)に用いられ、妙観察智(みょうかんさつち:すべての現世のものを正しく見極める智慧)を表す。黒(紫)色は、北方の不空成就如来(ふくうじょうじゆによらい)に用いられ、成所作智(じょうそさち:すべての現世のものを完成させる智慧)を表す。

仏教を象徴する旗は、仏旗(ぶつき)、あるいは「六色仏旗」、「六金色旗(ろっこんしよくき・ろっこんじきき)」、「仏教旗」とも呼ばれる。国際仏旗は、左から青、黄、赤、白、橙、一番右の列には5色を上から順番に並べた縞模様となっており、それらの色にはそれぞれ意味が込められている。青は仏陀の頭髪の色(定根:宗教的な精神状態に入ること)を、黄は仏陀の身体の色(金剛:極めて堅固で壊れないもの)、赤は仏陀の血の色(精進根:ひたすら仏道に励むこと)、白は仏陀の歯の色(清浄:煩惱や罪などがなく、清らかなこと)、橙(樺)は仏陀の袈裟の色(忍辱:種々の侮辱や苦しみを耐え忍び、心を動かさないこと)を表す。日本国内で用いられている旧来の色は「緑、黄、赤、白、黒(紫)」の五色で、現在でも旧来の五色を用いている寺院もある。

## 7. 能面の鬼の色

能面の「般若」は、鬼女の面で表現され、赤般若・白般若・黒般若の三種類がある。赤般若は「道成寺」、白般若は「葵上」、黒般若は「安達原」などで使用されている。般若は、通常燃えたぎるような嫉妬を表す手段として用いられ、鬼のような顔をした女の面で表現されている。「般若」に似た面に「蛇」があるが、般若には耳があり、蛇には舌が出ていることで区別されている。

## 8. 中国の鬼一人類に共通する「怨霊信仰」

中国の隋(581-618)の時代に、蕭吉(しょうきつ)によって撰述された『五行大義』(全5巻;古今の五行説(五行思想)をまとめたもの)の巻3で、「鬼は婦なり。古は死人を婦人と為すと謂う」「鬼即婦(きそくき)」とあり、鬼は死者であり、婦人と捉えている。鬼が人間に利益をもたらさず場

合には、善い鬼(つまり、神)、損害をもたらさず場合には、悪鬼と捉えられている。

古代中国の礼をまとめた書物である『礼記』の「祭法」でも、人には死があり、死ぬと人は、肉体を失い、鬼になると考えられている。鬼は人と対立する別世界の形象と捉えられている。怨みを抱いて亡くなった人の霊(怨霊)の祟りが生じないように、霊を神として祀り上げ、霊の怨みを穏やかにさせる、霊を慰撫する儀礼や、善い鬼(つまり、鬼神)の加護を受けることを待望する儀礼が行われている。人は、太古の時代から、靈魂の概念を有し、人の死後も靈魂が生き続けることができると考えていた。原始社会では、自然界の諸現象の根拠が明確にされていないことが多いため、本能的に感じる想像に基づいて思考する傾向があった。原始時代の人々は、死者は別のところに行って生活すると信じており、原始社会の思想に基づいて神・鬼・鬼神・悪鬼が生じている。

## 9. おわりに一五色の鬼と鬼の種類

鬼には、地獄にいる赤鬼と青鬼の他に、黄(白)・緑・黒の鬼もいる。これらの鬼の五色には陰陽五行説の影響が見られる。五種類の鬼が仏教と結びつく場合には、人間の心身を悩まし苦しめる煩惱、つまり、五蓋を象徴している。鬼の色は、地域によっては赤・青・黄や、赤・緑・黒という3鬼のところもあり、赤の頻度が最も高い。

人生には「陰陽」がある。その陰の部分から、鬼が発生しており、日本では怪物のイメージから自然界にある主要な5色を利用して鬼が描写されている。それに対して、現代中国では「死者の魂」の意から「幽霊」のイメージが強く、怖いモノと考えられ、色で表現されないことが多い。

### 参考文献

- 簡野道明(1955)『字源』(増補版)東京:角川書店。  
 小林保治・増古和子(校注・訳)(1996)『宇治拾遺物語』(新編日本古典文学全集 50)東京:小学館。  
 佐藤 淳(編)(2015)『幻想の世界の「鬼」完全図鑑』東京:コスミック出版。  
 白川静(2012)『常用字解』(第2版)東京:平凡社。  
 ジャパンタイムズ「週刊 ST」(編)(2005)『日本昔ばなし—(CD付き)英語で読む—』(Books 1-5)東京:ジャパンタイムズ。  
 徐 華竜(1991)『中国鬼文化』上海:上海文芸社。  
 [鈴木 博(訳)(1995)『中国の鬼』東京:青土社。]  
 千葉幹夫(編著)(2010)『日本昔ばなし—(CD付き)英語で楽しむ!—』東京:ナツメ社。



## ゲーテの色覚異常観察法

# Goethe's Methods of Observing Color Blindness

馬場 靖人 Yasuhito Baba

早稲田大学

Waseda University

**Keywords:** ゲーテ, 色覚異常, 色盲, 青色盲.

### 1. はじめに

J. ドルトンによる歴史上初めての学問的な色盲論の発表(1794年)から16年後、ゲーテは『色彩論』(1810年)を公刊した。ゲーテは同書の第一篇「生理的色彩」の「付録」で「病理的色彩」について論じている。ここで事例のひとつとして取り上げられているのが、現在で言うところの色盲である。しかし実はゲーテは『色彩論』の公刊よりも十年以上前の1798年と1799年に、ある色盲の被験者と数度にわたって実験と観察と対話を行っていた。その被験者の一人は、当時イエーナの学生だったギルデマイスターという人物だったことがわかっている<sup>1</sup>。本報告では、ゲーテ研究において参照されることの少ないゲーテの色盲実験に関する資料や、ゲーテの色盲研究法を仔細に検討したW. イェーガー(Wolfgang Jaeger, 1917-1995)の所説を参考にしつつ、ゲーテがどのようにして彼の有名な「青色盲」説を導き出したのかを明らかにしてみたい。

### 2. 「青色盲」説とは何か?

ゲーテは独自に実験を行なった結果、彼の被験者が正常色覚者と違った仕方で色を見るのは、その被験者に「青」の感覚が欠けているからだと考えた。彼はギリシア語から造語して、その色覚を「青色盲(Akyanoblepsie)」と名づけた<sup>2</sup>。これが「青色盲」説である。

しかし現在では、この説は誤りだったことが知られている。色を司る錐体細胞(赤, 緑, 青)のうち、赤ないし緑に異常のあるものが、いわゆる赤緑色盲、すべての錐体細胞を持たない場合が全色盲、そして、青錐体に異常のある場合が青色盲である<sup>3</sup>。ゲーテの言う「青色盲」は、定義上、この青色盲に近いはずであるが、先天的な青色盲の

発生頻度はきわめて稀であることが知られており、ゲーテの被験者が青色盲だった可能性は低い。

加えて、20世紀にイェーガーがギルデマイスターの子孫を突き止め、アノマロスコープで検査したところ、その人物は赤色盲であることが判明した<sup>4</sup>。そのため、その先祖であるゲーテの被験者ギルデマイスターが青色盲であった可能性は低い。

つまり、以上のことから推測すると、ゲーテは実際には赤緑色盲であった被験者を「青色盲」と名づけたことになる。

### 3. ゲーテの色盲観察法

ではゲーテは実際にどのような方法によって色盲者を観察し、「青色盲」の説を提起したのだろうか。その説に至るまでの過程を検討してみよう。イェーガーは『色彩論』、および1798年、99年の観察記録を検討した上で、ゲーテの観察法を以下の四つに腑分けしている<sup>5</sup>。

- (1) 灰色のグラデーションによる検査
- (2) 複数の色彩斑点による混同色の特定
- (3) 茶碗に塗りつけた色による検査
- (4) 紙に塗りつけた色による検査

- (1) 灰色のグラデーションによる検査

イェーガーの議論にしたがって、(1)から順に詳しく見てみよう。ゲーテはまず、彼の被験者たちに明るい灰色、中くらいの明るさの灰色、そして暗い灰色を見せた。その際の色盲被験者のふるまいをゲーテは次のように記述している。「彼は明るい灰色を美しい明るい青と言う——彼は最も暗い灰色を茶色と言う」<sup>6</sup>。

もちろんそうした検査結果は灰色の色調の性質に大幅に依存している。白い絵具と黒い絵具を混ぜると、軽く青みがかかった灰色が生じる。それゆえ、ゲーテの灰色も軽く青みがかっていた可能性がある<sup>7</sup>。たとえば、ゲーテの検査を現代の色立



体の灰色の列を用いて再現し、それを緑色盲者に見せると、彼は明るい灰色を青とは呼ばないことがわかっている。しかしその一方で、若干の赤色盲者は、ゲーテによって記述されたのと同様の誤りを犯す。

いずれにせよ、先述のように、ゲーテは彼の被験者たちが青と灰色を混同することを観察し、これらの被験者たちにおいて、青は色として知覚されないという説の着想を得たのだった。こうして彼は、青色盲というものを推定したのである。そして彼はこの推定が正しいことを、次の検査、すなわち色彩斑点を用いた検査によって確証したと考えた<sup>8</sup>。

## (2) 複数の色彩斑点による混同色の特定

ゲーテは彼の被験者たちに、赤、黄、緑、青という基本色を見せる。次に彼はそれらの中間色である橙、黄緑、バラ色を見せる。色彩論に添付されている色彩図(図1)には、相互に混同される橙の斑点と黄緑の斑点が上下に図示されている

(右図、右行、上から三列目の四角形のなかの斑点)。テキストにおいても、赤緑色盲が混同する典型的な色彩が語られており、黄緑は黄色と、緑は赤と混同されると記されている。また彼の被験者は、バラ色を青と呼んだ<sup>9</sup>。

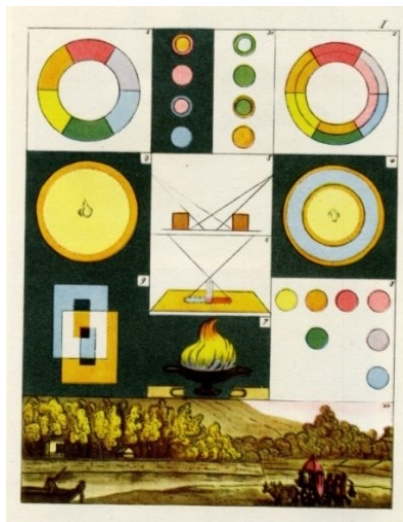


図1 ゲーテの色彩図

(Goethe, *Corpus der Goethezeichnungen Band V<sub>A</sub>*  
NR, E.A. Seemann, 1963, p. LXXXIIIr.)

このように青と赤が混同されるとすると、二つの可能性が浮上する。すなわち、青が独立した色として知覚されえないのか、あるいは赤が独立した色として知覚されえないかのどちらかである。ところで、上述のようにゲーテは青が灰色と混同されるということ、灰色の列による検査によって見出していたのだった。ゲーテは(1)と(2)の結果——青と灰色の混同、および青と赤の混同——から、彼の被験者は青色盲だと確信したのだと考えられる<sup>10</sup>。

## (3) 茶碗に塗りつけた色による検査

1799年2月12日、ゲーテは彼の二人の被験者とともに実験を継続する。彼はその際、茶碗に塗りつけた色を用いた。色の粉末が水に溶かされて茶碗に塗りつけられると、茶碗の内壁から下方に流れた色が明るく半透明になる一方で、茶碗の底には暗い沈殿物が生じた。このようにして被験者たちはより明るい色彩とより暗い色彩を比較したようだ<sup>11</sup>。

その際、ゲーテはベルリンブルー＝紺青(Berliner Blau)を用いた。被験者たちは明るい部分も暗い部分も同様に青と言った。だが、ギルデマイスターはカーマインがいくらか黄色に見えると主張し、茶碗が透けて見える明るい部分を青と言った<sup>12</sup>。

現在市販されているカーマインを用いて赤色盲者と緑色盲者を検査してみても、彼らはそうした言い方をしない。ゲーテの遺品のカーマインを見てみると、そこには異常なほど多くの青が含まれている<sup>13</sup>。ゲーテの被験者がそれを青と呼んだのは、ゲーテが実際に用いたカーマインがかなり青味の強いものだったせいであると考えられる。

## (4) 紙に塗りつけた色による検査

ゲーテが図(図2)のように紙の上に色を塗りつけると、ギルデマイスターはカーマインを青と呼び、ベルリンブルーを青と呼んだ。彼は薑色を完全な青と呼び、それを純粋な青から区別できなかった。また、橙のなかに濃いカーマインが混ぜられると、彼はそれをいくらか青いものと言った。黄色を混ぜた青、すなわち緑を、彼は橙と比較した。こうしてこの検査は、カーマイン、青、薑色のすべてが青と呼ばれるという結果となった。橙と緑色はそれぞれ黄色と赤に見えた。

現在赤色盲として知られている者は、ちょうどここでゲーテによって記録されているのと同じようにふるまうことがわかっている。緑と黄色に関しても同様である。

だが、緑色盲者も赤色盲者もともに、現代の市販のカーマインを青と呼ぶことはない。これは、茶碗を用いた検査の場合と同様に、ゲーテのカーマインがかなり多くの青を含んでいたせいであろうと考えられる<sup>14</sup>。

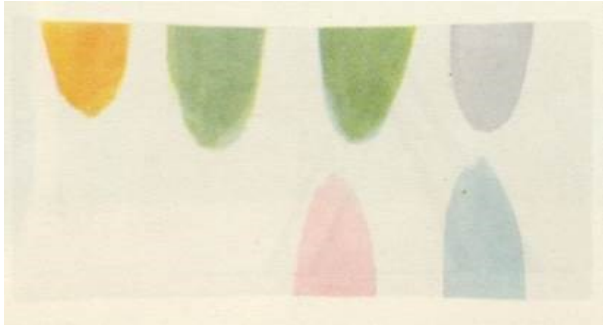


図2 紙に塗りつけた色  
(Goethe, 1963, *op.cit.*, p. LXXIXr.)

#### 4. おわりに

以上の実験に共通して認められるのは、ゲーテが用いた物質が、いずれも現代のものよりも多くの青味を含んでいたということである。ここから推測されるのは、彼が「青色盲」説という「誤った」説を導き出してしまったのは、当時の色彩生成技術という物理的制約によるところが大きかったのではないかということだ。

しかしその一方で、ゲーテの色盲観察法には、現代の色覚検査法にもつながる優れた洞察が含まれていたと考える者もいる。たとえばイェーガーは、上記観察法(2)を、後のファーンズワース＝マンセル・テストやパネル D15 テストの原型となる発想として高く評価している<sup>15</sup>。たしかに被験者に一種の「色当てゲーム」をさせるという点では、ゲーテと後の検査法とは一致しているように見える。だがそれは見かけの上でのことではない。実はゲーテの観察法は、彼を近代の閥の向こう側にとどまらせる「認識論的障害」<sup>16</sup> (G. Bachelard) をも同時に併せ持っていた。その障害とは、彼が他者の色彩現象を知るための媒体として言語(色名)に信頼を置いていたこと、これである。たとえば、実験(2)における色彩斑点は形の上では仮性同色表に酷似しているが、機能においてはそれとは全く異なる。ゲーテはこの色彩図を見せて、被験者に色名を言わせた(そして全ての実験において、彼は被験者に色名を言わせること

に固執した)。これに対して仮性同色表による検査では、色名ではなく、表に浮かび上がる図(多くの場合は数字)を言わせる。この二つの違いは大きい。たとえば前者には、ひとが青い色を知覚したとすれば、そのひとはその知覚された色を名指すために必ず「青」という色名を使うはずだという想定がある。このような想定のもとで、もし正常色覚の検査者には赤に見える色を、その被験者が「赤」ではなく「青」と呼んだとすれば、それはそのひとには「青」という感覚が欠けているか、「赤」という感覚が欠けているかのいずれかだということになるだろう。そして、被験者における「青」という言葉の過剰から、「青」という感覚の欠如を推論すること、それこそが、ゲーテが実際に行なったことであった(この推論を行なったときのゲーテには、「赤」の感覚が欠けている可能性も同時に与えられていたのだから、彼は「青色盲」ではなく「赤色盲」という結論にたどり着いてもよかつたはずなのだ)<sup>17</sup>。色名を通して他者の色彩現象に接近できるというこの先入観が、ゲーテが仮性同色表の発明者となることを妨げ、また「青色盲」説をもたらす間接的な原因となったのである。色名に依存しない検査法の発明は、ゲーテよりも後のアウグスト・ゼーベック (August Seebeck, 1805-1849) を待たねばならなかった<sup>18</sup>。

さて、ゲーテは『色彩論』でこう述べていた。

この説明の仕方に十分な確信がもてるので、われわれは通常の視覚からのこの注目すべき逸脱を青色盲 (Akyanoblepsie) と名づけ、わかりやすくするために、いくつもの図を描き彩色をほどこした。[……] そこにはまた一枚の風景画があり、これらの人間が自然をおそらくこう見ているに違いないという仕方に従って着色してある。すなわち空はバラ色で、緑のものはすべて黄色から赤褐色にいたる色調に保たれ、ほぼ秋のように見える。<sup>19</sup>

ゲーテの遺品のなかには、この引用文中に書かれている通りの風景画が数点含まれている(図3、図4)。そこには自然の風景が描かれており、ゲーテの理論にしたがって青を除いた色で塗られている。本来は青が含まれるべき空や水からそれが取り除かれることによって、ゲーテの言う通り全体的に「秋」のような雰囲気醸し出している。

注目すべきは、これが色盲者の色世界を可視化しようとする歴史上初めての試みだったという

ことである。後世から見れば「青の欠如」というゲーテの説は誤っていたが、彼は色盲者との対話と実験を繰り返すことにより、色盲者の色世界を言語としてではなく絵画として、まさに実際に眼に見えるかたちで現実化したのである。これは現代の色覚シミュレーション技術の先駆とも言えるものであった。さらに、青を用いない絵画はアマチュア画家であったゲーテの手を離れ、彼の色彩論に共鳴したひとりの職業的芸術家によっても描かれることになった<sup>14</sup>。その画家——アンゲリカ・カウフマン(Angelika Kauffmann, 1741-1807)——の絵画は、ゲーテによれば「誰かある愛好家の手許に」<sup>20</sup>あり、現在では目にすることができないが、彼女の絵画によって、色盲者の色世界が文字通りの芸術作品となったのである。



図3, 図4 ゲーテが描いた風景画

(Goethe, 1963, *op.cit.*, p. LXXVIII.)

## 参考文献

- 1) Johann Wolfgang von Goethe, „Von Personen welche gewisse Farben nicht unterscheiden können Jena am 19 Nov. 1798”, *Naturwissenschaftliche Schriften. Optik und Farbenlehre, Physik - Kapitel I.*
- 2) Johann Wolfgang von Goethe, *Zur Farbenlehre. Bd. 1*, Cotta, 1810, S. 113. (木村直司訳『色彩論』ちくま学芸文庫, 2001年, p. 163).
- 3) 深見嘉一郎『色覚異常——色盲に対する誤解をなくすために』(改訂第三版), 金原出版, 1995年 pp. 11-15.
- 4) P. Lanthony, trans. Colin Mailer, *The History of Color Blindness*, Wayenborgh Publishing, 2013., p. 28.
- 5) Wolfgang Jaeger, „Goethes Untersuchungen an Farbenblinden”, *Heidelberger Jahrbücher*, Springer-Verlag, 1979., p. 30.
- 6) *Ibid.*, p. 31.
- 7) *Ibid.*
- 8) *Ibid.*
- 9) *Ibid.*
- 10) *Ibid.*, pp. 31-32.
- 11) *Ibid.*, p. 33.
- 12) *Ibid.*
- 13) *Ibid.*, p. 34.
- 14) *Ibid.*
- 15) *Ibid.*, p. 32.
- 16) バシュラールは、科学的認識の発展の妨げとなる固定観念群をこう呼んだ。Cf. Gaston Bachelard, *La Formation de l'esprit scientifique: Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*, Vrin, 1938.
- 17) ゲーテがなぜ赤ではなく青の欠如を結論したのか、その理由を詳細に検討するためには別稿を要する。
- 18) Lanthony, *op.cit.*, p. 61. アウグストの父トマス・ゼーベックは、ゲーテの色彩研究の協力者だった。色覚検査法の歴史とその認識論的含意については、拙論「世界の色を塗りかえる——知覚と言語の〈色盲〉近代史」(早稲田大学博士学位請求論文, 2017年)を参照のこと。
- 19) Goethe, *op.cit.*, S. 113. (一六二 - 一六三頁)。
- 20) Goethe, *Zur Farbenlehre Bd. 2*, Cotta, 1810, p. 673. (南大路振一, 嶋田洋一郎, 中島芳郎訳『色彩論 第二巻』工作舎, 1999年, p. 507)。



# 在日中国人留学生における女性のチークメイクに対する印象評価の検討

## Study of Impression Evaluation for Women's Cheek Makeup in Chinese International Students in Japan

王 詩洋      Shiyang Wang      早稲田大学大学院      Graduate School of Human Science,  
人間科学研究科      Waseda University  
若田 忠之      Tadayuki Wakata      早稲田大学      Faculty of Human Science,  
人間科学学術院      Waseda University  
齋藤 美穂      Miho Saito      早稲田大学      Faculty of Human Science,  
人間科学学術院      Waseda University

**Keywords:** 顔、チークメイク、印象、化粧方法

### 1. はじめに

口紅と共にチーク(頬紅)は化粧の一部として昔から多くの女性たちに使用されている。「化粧品マーケティング要覧 2017」により、近年日本ではチークの売り上げが連続的に伸び、チーク商品の市場が拡大している傾向が見られる(東京マーケティング本部第二部; 2017)。「女性の化粧行動・意識に関する実態調査 2017・メイク篇」によると、チークの使用率は上位になっており、年齢層別に着目して、15歳から29歳までの若年女性の間では86%以上の方がチークを使用していると報告された(ポーラ文化研究所; 2017)。一方、「中国人女性に対する化粧品の需要特徴調査」により、中国の20代女性普段使用しているメイクアイテムとしてはチークが選ばれず、必要な時に使うアイテムとして選ばれた。(香港貿發局; 2015)

小林(2001)によると女性のチークメイクの色、形の変化により様々な顔のイメージを表現することが示された。また、化粧の濃度の許容範囲に関して、チークメイクの濃度の変化が人の印象にも影響を与えることが示唆された(好川他, 2015)。このように化粧の印象に関する研究は数多くなされている一方で、チークメイクを中心に顔の印象を検討する論文はあまり見られない。

### 2. 目的

そこで本研究は在日中国人留学生におけるチークの化粧方法の各要素が顔の印象に及ぼす影響を検討することを目的とした。

### 3. 方法

#### 3-1 被験者

18名の東京在住中国人留学生(大学、大学院生)が参加した(平均24±1.61歳 男女比8:10)。日本での平均在住年数は2.14年であった。

#### 3-2 刺激の作成

##### 平均顔

中国人女子大学生4人、日本人女子大学生4人(平均22.8歳)の顔写真を撮影し、平均顔を作成した。撮影背景とした壁の平均照度は約900lxであった。被写体の鼻先から約15cmを離れたところにカメラ(Canon EOS Kiss X8i)を設置し、髪型は統一し、無表情の状態写真を撮影した。Norrkross Software社のモーフィングソフトMorphX2.10を用い、1枚の顔写真に合成したものを平均顔とした。画像編集ソフトAdobe Photoshop CCを用いて、色、仕方(位置と形状)、濃度を変化させ、平均顔にチークメイクを施した。

##### 色の選定(予備調査)

チークメイクの色を選定するため予備調査を行った。チークの色は、@COSMEにおいて当時のパウダー状チーク商品人気ランキング第1位(20代前半)である井田ラボラトリーズ社のパウダー状チーク商品キャンメイクパウダーチークスを使用した。

@COSMEのHPで掲載された商品色サンプル(計10色)をiPadで同時に呈示し、普段使用しているチークの色3色を選択させた。調査には32名の日本人と中国人女性(平均年齢23±1.19歳)が参加した。

チークの色は予備調査から選択率の上位5色を使用した。各色のL\*a\*b\*値を表1に表示した。

表1. 使用した色のL\*a\*b\*値

色番号	L*a*b*値
色1	L*=64 a*=47 b*=22
色2	L*=74 a*=34 b*=8
色3	L*=67 a*=40 b*=40
色4	L*=73 a*=36 b*=2
色5	L*=68 a*=41 b*=23



## 位置と形(仕方)

チークの仕方について、大竹(2015)及び落合ら(2008)を参考にし、頬の高い部分を中心に丸くつける仕方(丸型)と頬骨に沿って口角から耳の中心に向かって細長くつける仕方(細長型)の2種類を使用した。チークメイクの仕方はPhotoshopにおける着色のために、以下の基準を設けた。

丸型チークメイクはまず両眼の黒目の中心を通った直線を引き、次に下瞼の一番下に通った線を引いた。この範囲で黒目の中心を通った線の外側および下瞼の下に通った線の下側と正接する楕円をブラシツールで図2のように施した。ブラシツールの大きさは頬の一番高い部分を覆うように調整した。ブラシの先端の真円率を90%にし、角度は10°とし、硬さは0とした。

細長型チークメイクは下瞼の最も下に通った線と両眼の黒目の外側と正接する線を引いた。次に黒目の外側と正接する線の外側および下瞼の下を通った線の下側と正接する楕円をブラシツールで図3のように施した。ブラシツールの大きさは頬骨に沿って、頬骨の下部分を覆うように調整した。ブラシ先端の真円率を50%に、角度は53°とし、硬さは0とした。

## 濃度(予備調査)

チークの濃度の設定について予備調査を行った。Photoshopを用いて、選定された5色の不透明度をそれぞれ3%刻みで26%から100%までの25段階にし、1つの画面に呈示した。各色の刺激をランダム順番で1枚ずつ呈示し、刺激の中から日常生活において自然であると思う最も高い不透明度の写真を10名の日本人と中国人女性(平均23.7±1.06歳)に選択させた。選ばれた写真の不透明度の平均値を求めて、チークメイクの高水準にし、チークメイクの低水準は高水準の2分の1にした。その結果は表2に示した。

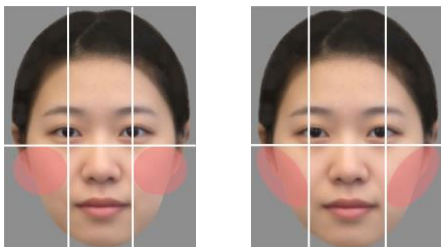


図2(左). チークメイクの作成基準(丸形)

図3(右). チークメイクの作成基準(細長型)

表2. チークメイクの濃度の各色の高水準と低水準

	色①■	色②■	色③■	色④■	色⑤■
高水準	49%	69.10%	57.40%	64.30%	62.20%
低水準	24.50%	34.50%	28.70%	32.20%	31.10%

平均顔に対してPhotoshopを用いて以上の基準で色、仕方(位置と形状)、濃度を変化させ、20種類のチークメイクを施した。刺激の一覧を巻末に示す。

## 3-4 手続き

作成した画像刺激および平均顔計21枚をiPad airを使用し、ランダムに被験者に呈示した。実験はカーテンのある蛍光灯照明の部屋で行い、平均照度は1000x以上のテーブルにiPadの角度を45°に固定し、被験者の前約40センチのところに設置した。観察時間は制限なく、ほかの刺激と見比べせず評価させた。それぞれ12形容詞対(女性的な・男性的な、品のない・品のある、魅力的じゃない・魅力的、柔らかいー硬い、地味なー派手な、子供っぽいー大人、可愛くないーかわいい、暗いー明るい、つめたー暖かい、好ましくないー好ましい、弱弱しいー力強い、シャープなーふくよかな)を用いて7段階のSD法による印象評価を行った。

## 4. 結果

### 4-1 因子分析

SD法評価値に対して因子分析(最尤法、プロマックス回転)を行った。因子負荷量が0.4以下の項目を除いた11形容詞対で再度因子分析を行った結果、3因子が抽出された。

第1因子は「魅力的じゃないー魅力的」、「好ましくないー好ましい」、「暗いー明るい」、「可愛くないーかわいい」、「女性的なー男性的な」の印象により構成されたため、女性顔の魅力と関連していると考え、「魅力因子」と命名した。第2因子は「地味なー派手な」、「品のないー品のある」、「子供っぽいー大人っぽい」に負荷量が高く、「活動因子」と名付けた。第3因子は「弱弱しいー力強い」「柔らかいー硬い」「シャープなーふくよかな」といった力量性を表したため、力量因子と命名した。その後刺激ごとに因子得点の平均値を求めた。また、魅力因子と力量因子の間で負の相関が見られた。

表3. 因子負荷量行列及び因子間相関

	魅力因子	活動因子	力量因子	共通性
魅力的じゃない・魅力的な	.751	.201	-.143	.42
好ましくない・好ましい	.605	.326	-.131	.435
暗い・明るい	.581	-.257	-.104	.51
可愛くない・可愛い	.572	-.14	-.094	.544
女性的な・男性的な	-.469	.245	.158	.449
地味な・派手な	.175	-.71	.234	.371
品のない・品のある	.369	.549	-.064	.43
子供っぽい・大人っぽい	.074	.522	.212	.508
弱弱しい・力強い	.084	-.176	.731	.541
柔らかい・硬い	-.157	-.112	.66	.424
シャープな・ふくよかな	0.017	-.091	-.481	.276
魅力因子	1.0	-.0304	-.57	
因子間相関	活動因子	1.0	.307	
	力量因子	-.057018	0.30745	1

#### 4-2 分散分析

チークメイクの色、仕方と濃度が印象の差異に与える影響を検討するため、因子得点の平均値を用いて3要因分散分析を行った。

「魅力因子」では、2次交互作用が示された( $F(2, 498, 42.464)=4.273$   $P<.05$ )。さらに低濃度において色と仕方の単純交互作用( $F(4, 68)=10.5$   $P<.001$ )及び細長型において色と濃度の単純交互作用が有意であった( $F(4, 68)=8.62$   $P<.001$ )。また、色2( $F(1, 17)=11.01$   $P<.01$ )、色3( $F(1, 17)=6.49$   $P<.05$ )において仕方と濃度の単純交互作用が見られた。下位検定の結果、色2と3の低濃度チークメイクにおいて細長型の評価は有意に高かった。色4の高濃度において、細長型より丸型の得点が有意に高い傾向が見られた。細長型チークメイクは色1, 2, 3, 4において低濃度の評価値が有意に高い傾向が見られ。細長型で低濃度のチークメイクにおいて色2の評価が色1, 4, 5より有意に高く、丸型で低濃度及び高濃度のチークメイクにおいて色2と4に対する評価が色3より有意に高かった。

「活動因子」では2次の交互作用が有意であった( $F(4, 68)=5.531$ ,  $P<.01$ )。濃度の低水準( $F(4, 68)=11.83$ ,  $P<.001$ )と高水準( $F(4, 68)=11.67$ ,  $P<.001$ )において色と仕方の単純交互作用が有意であった。さらに、丸形( $F(4, 68)=4.53$ ,  $P<.01$ )および細長型( $F(4, 68)=7.71$ ,  $P<.001$ )において色と濃度の単純交互作用が有意であり、色1( $F(4, 68)=11.83$ ,  $P<.001$ )と色2( $F(4, 68)=11.83$ ,  $P<.001$ )において濃度と仕方の単純交互作用が有意であった。下位検定の結果、色1, 2, 4, 5の細長型と色2, 3, 5の丸型において高水準のチークメイクが低水準より活動性が有意に高かった。色2, 3の低水準において丸形より細長型の得点が有意に高い傾向が見られたが、色4の低水準において丸形の活動性がより高い傾向が示された。細長型で低い水準において色2より色5の活動性が有意に低いと示唆され、丸形で低水準において色4は色2より有意に活動性が高いと示唆された。丸形で高水準では、色5は有意に他の色より活動性が低かった。

「力量因子」では、色、仕方、濃度の2次の工合作用が見られず、色と仕方( $F(4, 68)=4.083$   $P<.01$ )の交互作用が見られた。細長型で色2と色5における仕方の単純主効果が有意であった。また、色と濃度( $F(4, 68)=3.957$   $P<.01$ )の交互作用も有意であった。濃度の各水準における色の単純主効果と色1と5における濃度の単純主効果が認められた。下位検定の結果、細長型のチーク

メイクにおいて色3が色2, 4, 5より力量性が高有意に高く。色5において丸形のチークメイクはより力量性が高く見えた。高濃度のチークメイクにおいて色3は色2, 4, 5より力量性が高い。低濃度のチークメイクにおいて色3と色5は色2と色4より力量因子の得点が高かった。

#### 4-3 クラスタ分析

画像刺激を分類し、グループごとの印象及びチークメイクの特徴を検討するため、3因子の因子得点の平均値を用いて、クラスタ分析(平方ユークリッド距離、Ward法)を行った。その結果は表4のように4つのクラスタが得られた。

表4. クラスタ分析の結果

クラスタ1	クラスタ2	クラスタ3	クラスタ4
No.10:1sl	No.05:2rh	No.03:1sh	No.09:3sl
No.18:5rh	No.20:4rh	No.06:3rh	No.12:5rl
No.08:2rl	No.11:2sh	No.17:3sh	No.15:3rl
No.21:4sl	No.14:4sh		
No.16:2sl	No.01:5sh		
No.19:4rl	No.13:1rh		
No.04:5sl			
No.07:化粧無			
No.02:1rl			

左の数字は刺激番号を示す

右の列:  
 [数字]:色の番号、  
 [r/s] r:丸型, s:細長型  
 [h/l] h:高濃度, l:低濃度

### 5. 考察

#### 5-1 因子分析

因子得点の平均値から、魅力因子では、チークメイクが低濃度で、色が2のようなピンク系の刺激は評価が高く、その一方色3においてすべての仕方と濃度水準の魅力に関する評価が低い傾向が見られた。すべての刺激の中で色4の細長型の薄いチークメイクが最も魅力因子の得点が高く、色3の細長型の濃いチークメイクが最も評価が低かった。活動因子では、チークメイクの濃度による影響を受けていると考えられ、濃いメイクより薄いメイクの活動性が高いことが示唆された。力量因子では、色との関連が仕方と濃度の要素より強く、それに色2の力量性の評価が低く、色1の力量性得点が高いと示された。

#### 5-2 チークメイクが印象に及ぼす影響

分散分析の結果からチークメイクの色、仕方、濃度という要素が独立的に顔の印象に影響を与えるのではなく、魅力因子と活動因子で色、仕方と濃度において2次の交互作用が見られた。そのため、色、仕方と濃度の組み合わせによって様々な印象を表すことができると考えられる。また、チークメイクの濃さと色が活動因子の印象に影響を及ぼしていると示され、それは色の軽重感覚と関連していると考えられる。力量性に関するメイクの印象が、色との関係が強いことが示された。その原因は色の膨張感や収縮感と関連していると考えられる。

### 5-3 クラスターごとのチークメイクの傾向

クラスター分析の結果より、クラスター1は刺激番号2、4、7、8、10、16、18、19、21の顔写真のまとめりであり、魅力因子(魅力的、好ましい、女性的な、かわいい)の評価が高く、活動性(地味な、品のある、大人っぽい)と力量性(力強い、硬い、シャープな)についての評価が低い傾向が見られた。クラスター2において刺激番号5、20、11、14、1、13が含まれており、魅力因子と活動因子についての評価がともに高く、力量因子の評価が低いことが示唆された。クラスター3は(刺激3,6,17)魅力因子の評価が低く、活動因子と力量因子の評価がともに高いことが示され、クラスター4(刺激9,12,15)は魅力因子と活動因子の評価がともに低く、力量因子の評価は高い傾向が見られた。

また、低濃度チークメイクの魅力因子の評価は高い傾向があった。色1,2,4,5のようなピンクや赤系の色について魅力因子の評価が高いことが示唆され、色3のようなオレンジ系の色は魅力因子についての評価が低かった。チークメイクの仕方について明確な傾向が見られなかった。

### 6. まとめ

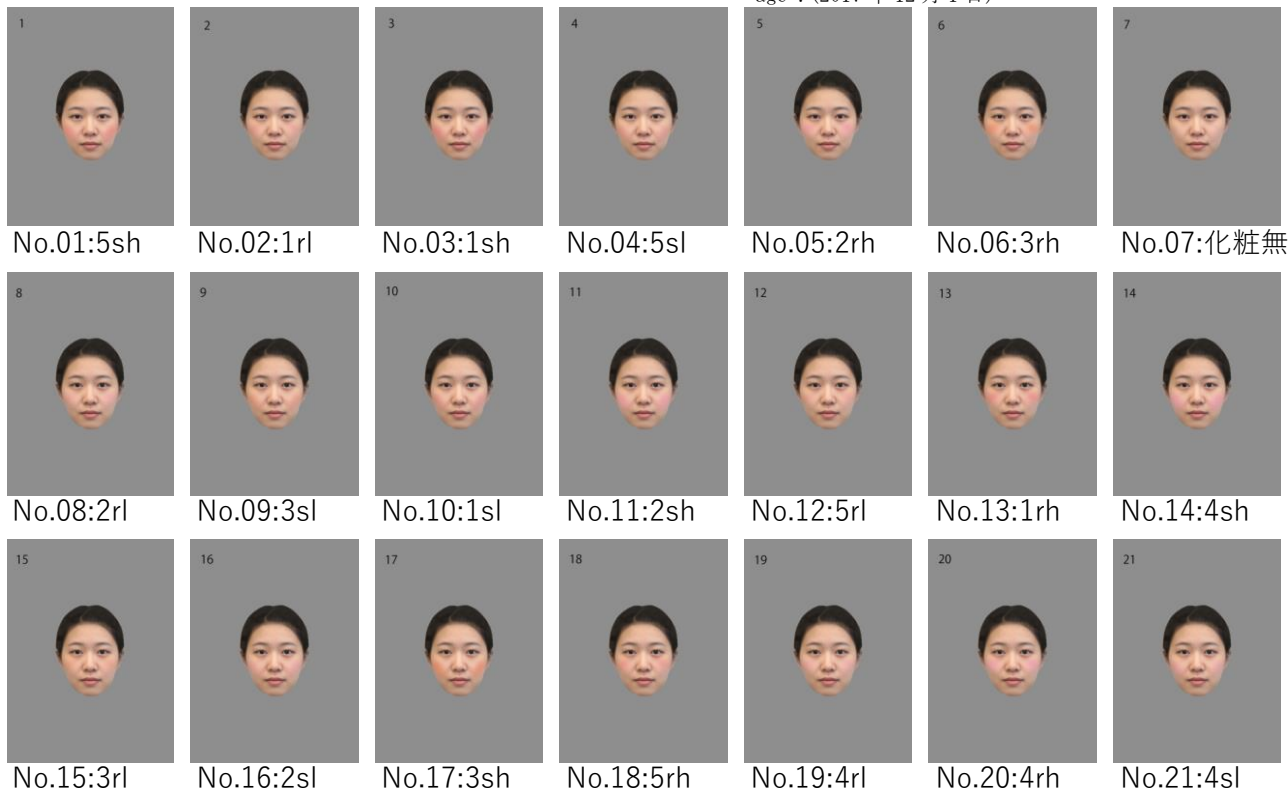
本研究は21種類のチークメイクに対して印象評価を行い、因子分析の結果からチークメイクの印象が「魅力因子」、「活動因子」、「力量因子」

から構成された。魅力因子と力量因子の間で負の相関が見られたが、魅力因子と活動因子の間では相関が見られなかった。チークメイクの色と仕方、濃度の組み合わせは魅力因子や活動因子に与える影響が大きく、力量因子はチークメイクの色と強く関連していることが示唆された。

今回の研究は日本在住中国人留学生だけを対象にして調査を行ったが、今後は被験者の数を増やし、日本在住日本人と中国在住中国人に対して調査を行い、チークメイクの印象の国際間比較を行う予定である。

#### 参考文献

1. 東京マーケティング本部第二部(2017).『化粧品マーケティング要覧2018』,富士経済.
2. 「女性の化粧行動・意識に関する実態調査 2017 メーク篇(2017).<http://www.po-holdings.co.jp/csr/culture/bunken/report/pdf/20171120make2017.pdf>(2017年10月13日)
3. 「中国人女性に対する化粧品の需要特徴調査」(2015).<http://economists-pick-research.hktdc.com/business-news/article/研究文章/中国女性對化妝品的需求特徵/rp/tc/1/1X000000/1X0A5LZA.htm>.(2017年10月13日)
4. 小林照子(2001).『メイクの新「基本」テクニック:なりたいたい自分になる』,旬報社.
5. 好川・若田・齋藤(2015).化粧における色の濃さの許容範囲に関する検討 日本色彩学会誌 39 151-154
6. マサ大竹(2005).『MAKE-UP BEAUTY 美しさはひとつではない』,女性モード社.
7. 落合・永井・齋藤(2008).日本人女性における素顔の顔立ちの違いが化粧の効果に及ぼす影響 日本感性工学会論文誌 8(1), 145-154
8. 「@cosme チークランキング年代別口コミ情報」(2017).[http://www.cosme.net/item/item\\_id/914/ranking\\_age](http://www.cosme.net/item/item_id/914/ranking_age).(2017年12月1日)



巻末資料：刺激画像一覧

[数字]:色の番号, [r/s] r:丸型, s:細長型 [h/l] h:高濃度, l:低濃度

# ディスプレイの図と地の配色における感性と視認性に関する 世代差と地域差

## Generational and Regional Differences of Kansei and Visibility in Color Scheme of Figure and Ground on the Displays

馬 君 Kun Ma 大阪市立大学大学院 Osaka City University  
 岡田 明 Akira Okada 大阪市立大学大学院 Osaka City University  
 山下 久仁子 Kuniko Yamashita 大阪市立大学研究支援課 Research Support Department  
 酒井 英樹 Hideki Sakai 大阪市立大学大学院 Osaka City University

**Keywords:** 配色, 感性, 視認性, 世代差.

### 1. はじめに

近年、マルチメディア、デジタル、インターネットなどの言葉に代表される情報化の発展により、いつでもどこでも情報を引き出すことが可能となり、様々な情報を入手する機会が増えつつある。中には、色の組み合わせにより情報が提供されることがあり、配色に配慮して、すべての人に対して認識しやすく分かりやすい情報提供を行う必要がある。そのため、パソコン等のディスプレイでよく使用される図形・文字の配色を考えなければならない。

本論文の目的は、日本と中国の高齢者と若年者を対象として比較実験を行うことで、世代と文化による好みと視認性の違いを検証することである。ディスプレイの配色における感性評価と視認性に関する評価を実施し、ディスプレイに呈示する適切な配色を導くことを試みた。

### 2. コンピュータ画面の好きな色彩傾向に関する調査

**[目的]** 日本と中国の高齢者と若年者を主な調査対象とし、コンピュータ画面の配色の好みに関する共通点、異なる点が存在するかどうか比較する。

**[方法]** 色の好みに関するアンケートを作成し、中国在住中国人と日本在住日本人に100枚ずつ配付した。その結果、日本人75名、中国人82名から回収した。なお、若年者は20歳～30歳、高齢者は62歳～72歳であった。

**[結果と考察]** 日本と中国の被調査者の好み、歴史文化により、好きな色は異なっていた。画面の色は国の差と年齢差によらず、青や緑を好む傾向があった(図1)。アイコンの色彩に関する調査結果により、日本と中国の被調査者の好みはブルー系、緑系を好む結果が見られたが、特に中国の若年者はベージュ系を好む傾向もあった(図2)。

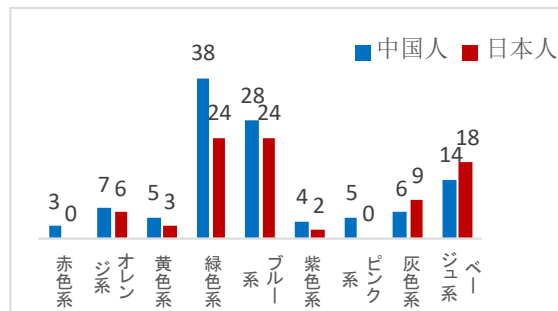
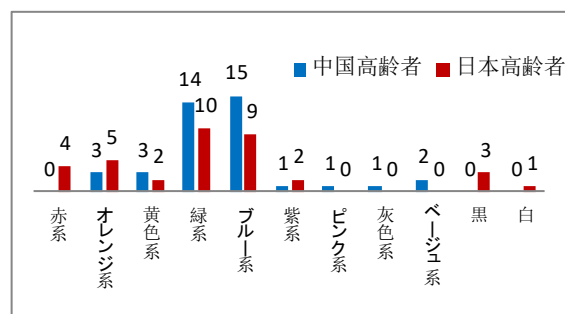
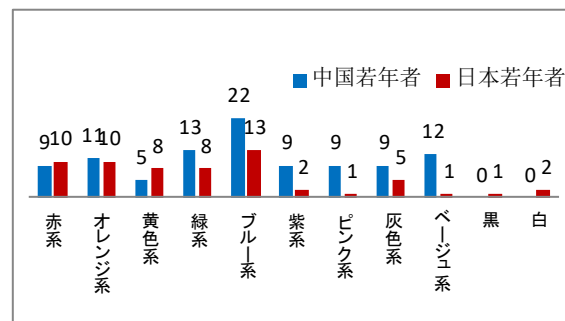


図1 コンピュータ画面の好きな色彩傾向に関する調査の結果(一部抜粋)



高齢者



若年者

図2 アンケート結果



### 3. 視認性に関する客観的評価

画面の図と地のコントラストと視認性との関係を高齢者と若年者を対象として客観的に評価するために、様々な図と地の配色を変えた際のその認識速度を指標とした実験を行った。

#### [実験方法]

比較するターゲット色、背景色は「カラーユニバーサルデザイン推奨配色セット (第3版 2013) のRGB値を参考にした(図3)。予備実験の結果から、全20色を背景色として使い、アクセントカラー9色と誤認しにくい無彩色4色の計13色をターゲット色(図形色・文字色)として使用した。呈示するターゲット色と背景色の組み合わせは247 (=19×13)組である。

色覚の多様性に配慮した案内サイン図表等用のカラーユニバーサルデザイン推奨配色セット (第3版 2013)		色覚の多様性に配慮した案内サイン図表等用のカラーユニバーサルデザイン推奨配色セット (第3版 2013)	
アクセントカラー	小面積の文字・サインにも使える高彩度な色	大面積の塗り分け専用の高明度の色	視認性が高い無彩色
赤	R, G, B* 255, 40, 0	明るいピンク	R, G, B* 255, 255, 255
黄	250, 245, 0	クリーム	明るいグレー
緑	83, 161, 107	明るい黄緑	200, 200, 203
青	0, 65, 255	明るい青色	グレー
空色	102, 204, 255	ベージュ	127, 135, 143
ピンク	255, 153, 160	明るい緑	黒
オレンジ	255, 153, 0	明るい黄	0, 0, 0
紫	154, 0, 121	明るい紫	
茶	102, 51, 0	199, 178, 222	

図3 カラーユニバーサルデザイン推奨配色セット (第3版)<sup>2)</sup>

図形色の場合は、図4に示すような一辺265ピクセルの丸みのある正方形が画面に呈示され、そのいずれかの辺に直径9ピクセルの円形の凸部が付加されている。文字色の場合は、図5に示すように上下左右の方向を表す漢字は16ポイント1文字が表示される。



図4 図形

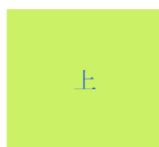


図5 文字

#### ・参加者

若年者 20名(中国人 10名・日本人 10名)  
高齢者 10名(中国人 5名・日本人 5名)  
いずれも日本在住者である。

#### ・実験環境

実験前にイスの位置、高さを任意に調節し、楽

と感じる姿勢で実験課題を行った(図6)。また、高齢者は実験室まで来るのが困難なため、その場合、自宅において出来るだけ実験環境を合わせて実施した。なお、老眼である高齢者は、ピントが合うように画面との距離を調整した。



図6 実験中の様子

・実験装置 PC 16インチディスプレイ  
ソフトウェア Visual Basic Version 6.0を用いて作成した。

#### ・実験手順

練習を30回行った後、本番の実験は図形表示・文字表示とも配色を変え、それぞれ247回行った。

「実験開始」ボタンを押すと画面に図形または文字が提示され、その図形の突起部分の方向或は文字が示す方向を選んで対応するテンキーを押す。そして、「Enter」キーを押すと、次の問題へ移る。この一連の作業を247回繰り返し、実験は終了する。

#### [結果と考察]

反応時間の成績については、2つの国で差があまり著しくなかった。日本と中国の若年者平均反応時間は図形・文字共に日本と中国の高齢者より有意に短かったことを示した(図7、図8)。

図形・文字視認性に関する定量的評価実験の参加者(計30名)の実験中の状態を観察すると、眠気や疲れ及び心身状態が反応時間や誤答数などに影響を与えることが分かった。そのため実験前後の自覚症状の変化に関する調査も必要といえる。

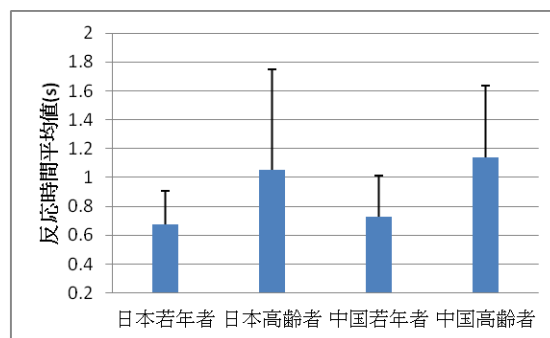


図7 図形成績結果

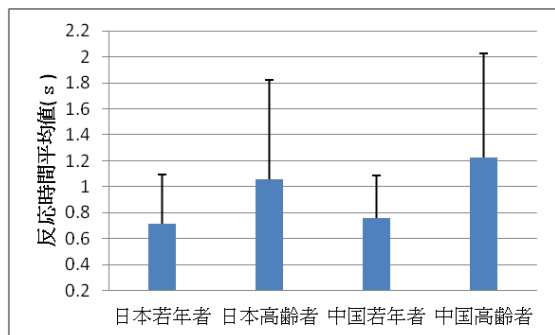


図8 文字成績結果

そして視認性に関する客観的評価の結果により、図形・文字の視認性を表す平均反応時間において、全体に若年者グループは高齢者グループに比べて短く、若年者グループの図形平均反応時間は文字平均反応時間より短い傾向を示した(表1)。

表1 視認性に関する客観的評価

内容	若年者グループ		高齢者グループ	
	平均反応時間	標準偏差	平均反応時間	標準偏差
図形	173.37s	0.259	270.59s	0.570
文字	182.03s	0.273	262.95s	0.587

しかし、高齢者グループの成績はそれとは異なり、図形の平均反応時間は文字の平均反応時間より遅かったことが分かった。

## 5. まとめ

本論文は日本と中国の高齢者と若年者を対象として、ディスプレイ画面の配色における感性と視認性の関係についての比較実験を行うものであり、結果から以下の点が明らかとなった。

### ● 視認性とコントラストとの関係

グレー—青/緑、黄色—白/クリーム/ピンク/オレンジ、明るい緑—白/黄色/明るいグレーの組は平均反応時間が遅く、特にコントラストが弱い場合、高齢者の視認性は若年者に比べて、容易に影響され、反応時間が遅かったことを示した。聞き取り調査結果においても、コントラストが弱すぎ、あるいは強すぎると高齢者でも、若年者でも視認性は低下し、図形文字を見続けることに疲労しやすくなることが明らかとなった。

高齢者グループの聞き取り調査の結果から、「左」の文

左 → 左

右 → 右

図9 イメージ

字と「右」の文字の「ナ」の下部の「エ」か「ロ」かがわからなくて、識別しにくくなる。”という感想があった。情報内容を認識するため、コントラストが弱くなると、視認性が低下し、情報を認識しにくい傾向があり、コントラストの依存性との関係もみられた(図9)。

高齢者グループの成績により、誤答数、判断できない組数は若年者のグループと比較して多く、さらに、情報の識別程度はコントラストの依存性が高くなっていることが分かった(表2)。

表2 高齢者グループと若年者グループの視認性に関する結果

若年者 20名	図形	文字
誤答数総計(組)	38	49
判断できない組数(組)	0	0
高齢者 10名	図形	文字
誤答数総計(組)	50	68
判断できない組数(組)	0	13

### ● 視認性と視覚情報処理における眼球運動

今回の聞き取り調査の結果では、「突起部を見つけるため、丸みの正方形の上から下まで、或は左から右まで探して、時間がかかると感じた」という感想があった。その理由として視野の解像度は均一ではなく、視覚は中心視による情報を獲得する機会が多いが、中心視に近い周辺視野は次の注視点の移動先の決定に関わっているからと思われる<sup>6)</sup>。つまり、突起部方向位置が変わると、突起部方向を認識するため、注視点が丸みの正方形の周辺に沿い、移動する必要があるためである(図10)。

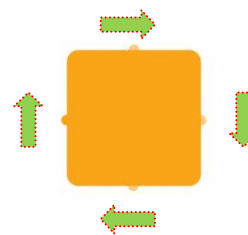


図10 注視点を移動するイメージ

しかし、加齢にともない、水晶体の弾力が低下し、調節力も減退するので、注視点の移動する速度が遅くなっている。高齢者と若年者の視覚情報処理における眼球運動の違いのために、対象情報を認識するため、要する時間が延長したと考えられる<sup>9)</sup>。

### ● 視覚情報処理過程とコントラストとの関係

情報処理過程は知覚システム、認知システム、運動システムから構成され、文字、画像など情報は眼から捉えた後、知覚システムで処理され、対応する意味的な処理が認知システムで行われ、判断される。また、必要な場合は運動システムにより、対応動作を作り出す<sup>10)</sup>。

今回の実験における図形と文字の情報処理過程を図 11 に示した。



図 11 図形と文字の情報処理過程

図形と文字は情報処理過程が違い、文字は図形に比較して、情報処理過程が少なく、眼から対象情報を捉えて、認識する速度が速いと推定される。つまり、情報対象の特性が違い、要する時間も異なっている可能性がある。

しかし、今回の実験結果では、文字の反応時間は図形の反応時間より遅かった事を示した。その理由として情報内容を伝える場合に情報対象の配色を不適当にすると、情報対象の特性を認識するために、要する時間が延長されることが推測される。

従って、情報を正確に認識するため、ディスプレイの図と地の配色が視認性に対して非常に重要な要素であることが考えられる。

### 参考文献

- 1) 岩田三千子, 高齢者の色の好みとイメージに対する若年者の誤解を解く, 日本色彩学会誌, 108-109 . 2014
- 2) カラーユニバーサルデザイン推奨配色セットガイドブック (2013)  
<http://jfly.iam.u-tokyo.ac.jp/colorset/>  
2017. 8
- 3) 齋藤大輔, 他: 白色背景における Web セーフカラーに対する視認性の加齢変化, 生体医工学, pp, 68-75. 2005
- 4) カラーユニバーサルデザインガイドライン  
東京都

<http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kiban/machizukuri/kanren/color.files/colorudguideline.pdf>, 2017. 8

5) 佐田 佳美: 漢字および図形に対する認知機能評価, 脳と発達, pp. 491-497, 2002  
vol. 35, pp. 848-851, 2012

6) 障害者・高齢者のヒューマンインターフェイス

[http://www.ritsumei.ac.jp/ocw/se/2006-53924/lecture\\_doc/2006-53924-11.pdf](http://www.ritsumei.ac.jp/ocw/se/2006-53924/lecture_doc/2006-53924-11.pdf), 2017. 10

7) 片岡之子, 細島美智子, 阿山みよし: VDT 上の文章表示の視認性. 平成 16 年電気学会電子・情報・システム部門大会抄録集, pp. 659-661, 2004

8) 戸梶 亜紀彦: VDT 作業時の画面表示色設定に関する人間工学的研究. 広島大学マネジメント研究, pp. 39-48, 2001

9) 山中仁寛: 他: 若年者と高齢者の視覚情報処理における眼球運動の違いに関する研究, 日本生理人類学会誌, pp. 39-48, 2008

10) 高橋 里奈, 高齢者に優しいウェブデザインのための基礎的研究 知覚 — 認知・運動能力と画面情報量がウェブでの情報探索時間に及ぼす影響, 人間工学 Vol. 44, pp, 1-13, 2008

# 日本近代における色彩の教育の諸相

## Aspects of Colour Education in Modern Japan

國本 学史 Norifumi Kunimoto 慶應義塾大学

Keio University

**Keywords:** 色彩教育, 近代日本, 色図, 教科書.

### 1. 色彩教育の諸相

日本は近代化・西洋化の過程で、明治時代以前からあった文化・習俗という土台に、明治時代以降は欧州や米国の文化・知識を急速に取り入れていった。その過程において、色彩の知識がどのように示され、教育されて行くのか、という点については、未だに不明点が残っている。本研究は、近代日本における色彩知識の伝授や色彩の教育に、どのような要素があったのかについて歴史的に追い、日本近代における色彩の教育の諸相を明らかにする。特に、色の学習者が最初に「色」という概念や、識別のための色名を学ぶ、初等教育段階における色彩の教導を中心に見て行くことが必要である。「色図」のような充実した初等の色彩教育が数年で姿を消し、その後自由画教育の隆盛や、太平洋戦争、戦後、と時代が変化して行く過程において、色彩の知識伝授や教育は、画一的な色彩教育という枠組みで全てを捉えられるものではない。色彩の教育は、教育制度にのみ依存するものではなく、雑誌や教科書以外の参考書等における教導や、材料・道具の変化、社会体制の変化の影響を受けている。色彩の教育は、単一の教育制度のみならず、複合的な要素を含む性質のものであったことを整理する。

### 2. 先行研究

これまでの研究においては、教育現場で実務に携わった経験から色彩研究のみならず日本の美術教育全体について概要をまとめた、山形寛による『日本美術教育史』が白眉である\*(1)。同書は、近代日本の美術教育の歴史を微細に整理している。美術教育における色彩教育の歴史については、豊田敦「日本の美術教育における色彩教育の問題」『和光大学人文学部紀要』3\*(2)が簡潔にまとめられている。また、近代以降の色彩教育の歴

史についての研究文献の検討には、辻泰秀、水野雅普、小江和樹らによる「色彩教育の展開とそれに関する文献研究」『岐阜大学カリキュラム開発研究センター研究報告』15-2\*(6)が有用である。また、明治初期の「色図」の教育内容については、緒方康二による「明治とデザイン 色彩教育としての「色図」」『夙川学院短期大学研究紀要』6\*(3)が、明治初期の「色図」の教育に焦点をあてた論考として顕著である。いずれの研究も、教科書等の一次資料を活用し、色彩教育の系譜を論じている。しかし、近代日本の色彩の知識の伝授は、前節で述べたように、必ずしも色彩教育の枠組みの中だけでは説明されない部分がある。以下に、色彩知識教育の歴史的変化を見て行きたい。

### 3. 色図と色彩の教育

日本近代における色彩教育の嚆矢は、「色図」教育の学制への導入である。「色図」は、教師が掛図などの手本を指し示しながら、生徒と問答を通じて原色等の基礎的な色彩論的知識を伝授する「問答形式」の科目であった。色図は明治6(1873)年に、「小学校教則」に登場している。近代以前には、西洋的な文化・知識・材料が、広く一般的な階層の人々にまで伝えられていたとは言い難い。そのため、社会の西洋化の希求にあって、初等教育で西洋近代の色彩知識の教育が行われることは、先進の科学的知識の習得にも寄与するものとして考えられた側面もあろう。色彩の知識が初等教育のカリキュラムに組み込まれたことは、近代的な教育の体制の発展として意義深い。色図に関する当時の教科書等には、様々な書籍が現存する。これらの資料を比較すると、文言・説明に違いはありながらも、用いられている図は基本的に共通している。色図の科目は、大型の掛図が教室に掲げられ、問答が行われた。教科書等に載る当該図には、明治7(1874)年8月改正、という表記がある(図1)。



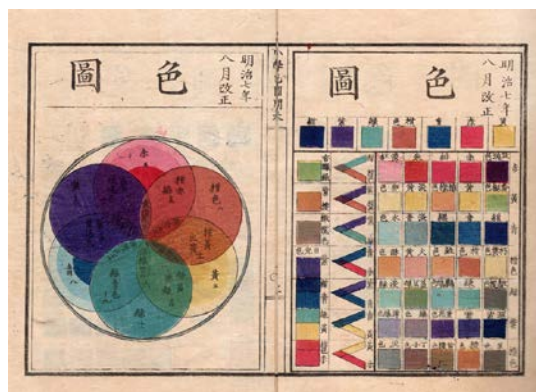


図1.「色図」説明図 橋本貫一『色図問答』

色図という科目は、小学教則制定後の8年後、明治14年(1881)の「小学校教則綱領」の制定に伴い、教育制度から姿を消している。辻泰秀は、当時色彩を取り扱う描画材料が十分普及していなかったことや、多色刷りの図版を目にする機会が少なかったこと、墨を基調とする毛筆画教育が主流であったことを教科削除の理由の一つとしてあげている\* (4)。事実、当時の絵具は、ものにも依るであろうが、例えば5号チューブの絵具一つで明治二分金一枚、と高価な道具であった(淡島寒月「明治初年の洋画」『梵雲庵雑話』)。

上記に加え、当該色図の知識は、初学者にとって、やや難解な内容であったと指摘できる。色図に関する教科書類を見てみると、色彩の用語の説明で漢語の色名が用いられており、初等教育の段階において生徒が理解できるかどうか疑問を生じる。例えば、原色(赤・黄・青)を混ぜてできる第二色(柑・緑・紫)を、二つずつ混ぜてできる第三色として、香櫞(こうえん、シトロンのこと)・橄欖(かんらん、オリーブのこと)・紫櫻(ししゅ/しろう、棕櫚の毛色)という色名が出てくる。これらは複雑な漢字を用いた色名であり、さらに形容的な色名の元となっている植物自体についても、初等の学習者が知悉していたとは考えにくい。また、色図を教える側の教師たちが、正しく色彩の知識を有していたか留意する必要がある。橋本小六(海関, 1852-1935)による『色図問答』や、教師用の解説書である静間密(1855-?)編『下等小学色図問答』を見るに、図が掲載されず、詳細な解説がなされないで、単純に問答の設定が記される程度の参考書がある。また、教師用参考書である諸葛信澄『小学教師必携』に、色図教授法が掲載される。同資料には、

色図ヲ問答スルニハ、先ズ一ノ色ヲ指シテ、其ノ名ヲ呼バシメ、正色[黄・赤・青ヲ云フ、]間色[橙・緑・紫・紺ヲ云フ、]間色等ノノ區別ヨリ、

其混化シタル色[鶯茶ハ、緑ト橙トヨリ成リ、海老色ハ、紫ト/橙トヨリ成ルガ如シ、]ノ大略ヲ問答シ稍(ショウ、すこ ふち やや ようや)ニ其名目ヲ記憶ノシ得ル後ハ、色ノ札ヲ出シテ其名ヲ呼バシメ、/又ハ教師、自兮(ケイ 置き字見た目調整)及ビ生徒ノ着シタル衣服ノ色、/或ハ教場ニアル、諸器械ノ色ヲ指シ示シテ、問答ス可シ、

という、概略的な説明しか記されていない。

また、こうした色図問答の書籍を著した編著者の、橋本海関や静間密は、江戸期に武家の藩校等で学んだ武家階級出身者である。一方、明治初期に初等教育を受ける側は、経済的余裕があるとしても「庶民」階級であり、教導に際して前提知識・学力の差が十分考慮されたか不確かである。

緒方による先行研究でも指摘されている通り、色図の難解さは、「光学専門ノ語ヲ教フルヲ以テ童子ハ其何故タルヲ解セズ.....」\* (3)、という状況をもたらした。色図は教育制度から消失した。ただ、当時民間において、「色図」以外の色彩知識の伝授は試みられている。例えば、明治24-25年(1891-1892)の児童向け雑誌『小國民』には、「彩色法」として、色彩(彩色)に関わる話題が若干見られることは、子供たちに色彩知識を教える方法の模索として見ることができる。

明治29年(1896)の文部省検定済の記載がある『小学読本』には、色図や色彩論的知識は説明されていないながら、和名の色名や五色について述べられている。初等教育から色彩教育が姿を消した一方で、色彩に関わる話題や知識は消失してはいない。ただし、明治中後期まで、カラー印刷による教科書的な出版物は少ない。江戸期よりの多色刷木版画の技術が残っていた影響か、明治初期の「色図」関係の参考書に比較的色鮮やかな色図版を目にするすることができる(図2)。それに対して、明治38年(1905)に小学校で用いられた『高等小学毛筆画手本』では(図3)、あまりカラーの図版が見られない。色を付与する前提となる技術・知識の習得プロセスへの配慮という問題もあるためか、中等教育の段階に達してからの方が、色が示されるようである。明治34年(1901)『女子高等画帖』では、カラー図版が見られる(図4)。初等教育段階から多彩な色彩のサンプルが示されることは、色彩の知識の習得・理解を助ける。しかし、色図後に学校教育の場において、色彩サンプルの提示が十分になされていなかったことは、当時の教育における、色彩の知識教授の不十分さを指摘できると言って良い。毛筆画・鉛筆画

論争の弊害もあり、色彩の教育方法まで十分な検討が足りていなかった制度上の背景や、費用・技術面での制約があった点も軽視できない。こうした状況が変化するには、『新訂画帖』の登場や、色彩への関心の高まりを待たねばならない。

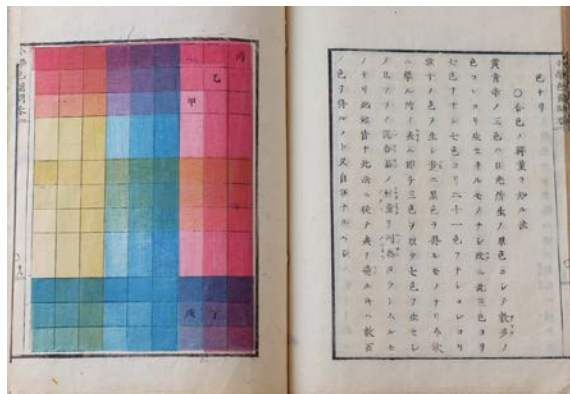


図2.橋本貫一『色図問答』

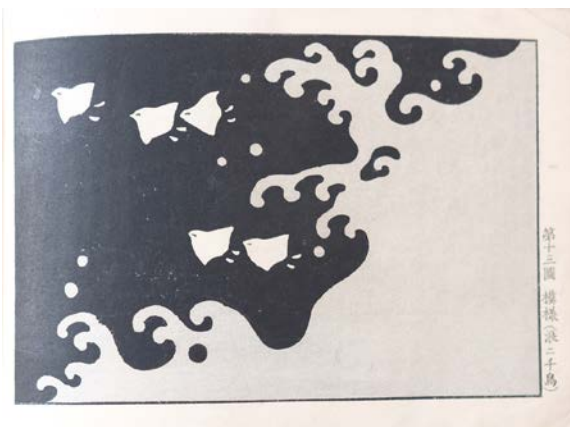


図3.『高等小学毛笔画手本』女生用第三学年



図4.『女子高等画帖』第七巻

#### 4. 『新訂画帖』と自由画教育

色図後の色彩の教導は、日本画的彩色の知識や、書籍に登場する漢名の色名が見られ、やや「古い」内容である。例えば先述した『小学読本』には、

「深く極むれば、唯青、黄、赤の三色を大本となる。但し実地染色及び絵の具の上にては、五色を本として総べての色を得ることなり。」とあるように、むしろ色図の知識より後退するような解説が記されている(図5)。明治43年(1910)に、浮世絵・ポンチ絵師の田口米作が、日本画家の立場から色彩についての書を著すなど\*(10)、日本近代の色彩知識は、旧来の知識と西欧から新たに輸入された知識とが、混然と併存していた。色彩への興味は継続してありながらも、学制から近代的な色彩の教育が失われ、前項で指摘した教科書等のカラー図版不足等、近代的色彩知識の広がり停滞した要因は様々にある。

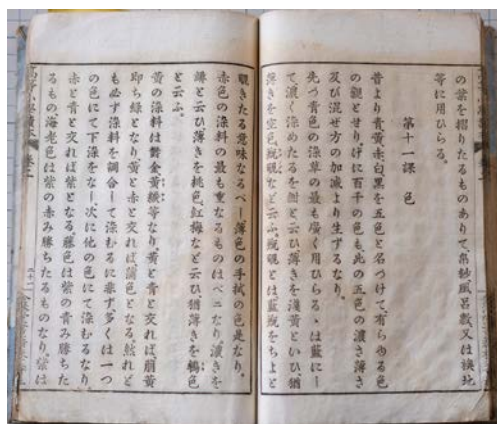


図5.明治29年(1896)『小学読本』

しかし、明治37(1904)年頃から、美術教育者として名高い白濱徹(1866-1928)の活躍が顕著となる。同年、白濱の『図画教授法：文部省講習会』における記述に、「色図」的知識が掲載されるなど、再び色彩知識が教育の場で教育者に取り入れられていることが確認される。明治43年(1910)には、白濱徹等によって、『新訂画帖』が刊行され、色彩教育に再び制度的確立が試みられた。同書は、明治35年(1902)に設けられた「普通教育に於ける図画取調委員会」での検討や、米欧への留学により海外の美術教育を見聞した白濱徹の知見を活用した、国定教科書である。昭和初期の『小学図画』刊行に至るまで、同書は長く使い続けられた。当該書を用いる教育では、米欧や欧州における美術教育の視点を取り入れ、以前の問答形式等とは異なる美術教育の形式を示すことで、教育方法の大きな転換がなされた。この新たな美術教育では、従来の観察や模写に基づく臨画とは異なり、学年毎に教授内容を定めたシステムティックな内容が示された。さらに、白濱徹は、明治44年(1911)刊行の『図画教授之理論及實際』や、大正3年(1914)『図画理論教科書』において、色彩についてカラー図版解説を付



し、明治44年(1911)に『色彩の練習』を刊行するなど、色彩教育の充実がはかられた。

ところが教師側は、必ずしも『新訂画帖』を活用できなかった部分がある。同書は旧来の臨画の実用性からの脱却を目指していたが、教育の場は新しい方式に追いつかず、従来型の臨画的指導が行われもした。このことは、洋画家の山本鼎(1882-1946)等が、大正7年(1918)頃より自由画教育運動を展開する事に繋がる。山本は臨本的教育について、自著の『自由画教育』で「従来の教導によりますと、児童は粗悪な印刷に附せられた大人の画を模写する時間が、自然から直接に、形なり彩なりを汲み取る時間よりも多いのであります。＜中略＞いぢけた臨本を与へれば、児童の眼と手は其通りいぢけてしまいひます。＜中略＞大体、児童の画に、大人のやうな観照力を奨める事は間違つた事です。児童はなるたけ野ばなしにせねばいけません。」と否定的である(山本鼎『自由画教育』1921, p.57)。

山本は国産パステルの製造にも尽力した。パステルは賦彩に際して技巧上の制約が少なく、比較的安価で国産品として提供され得ることで、初等教育における色彩表現の多様化をもたらす一助となったと考えられる。(目黒区美術館編『日本パステル画事始』2017.1014) 加えて、明治30年代半ばから起こった水彩画ブームも手伝い、芸術を生業としない人々の間でも、美術や色彩に対する興味関心が醸成された事実は大きい。ただし、白濱徹が、昭和2年(1927)刊行の『小学校の図画教育』の中で、「本邦人の色彩感の未熟」として日本人の色彩知識・技術の不備を指摘している。これは自由画教育の影響で、『新訂画帖』忌避や不作為的美術教育があり、色彩がシステマティックに教導されなかった弊害であろう。これに加え、色材の増加により、自由で多彩な色彩の使用が増加した。さらにこの頃、教科書や色彩に関わる書籍等の中で、洋名の絵具やパステルが増え、漢名の色名が減る変化が生じている。これは、江戸期までの「古い」色彩から、同時代的な「新しい」色彩への転換現象の一端でもある。こうしたことも、色彩知識の混乱に与ったと指摘できる。

## 5. 色彩知識の広がり

昭和7年(1932)から、新たな国定教科書である『小学図画』の発行を経て、日本では昭和16年(1941)に「国民学校令」の制定が行われた。この際、色彩知識を含む美術教育は、国家精神の高揚や実用的知識習得を重視する性格をも有し

ていた。そのため、当時の色彩の教育は、明治・大正期のような知識伝授・芸術的感性の涵養よりも、実用性を重視する前提があったことを否定できない。さらに、戦時中の色料輸入の不足は色材確保の困難と生産物の減少にも繋がり、色彩が減少する社会状況をもたらした面がある\* (9)。

第二次大戦終戦後の昭和22年(1947)に、新しく学習指導要領や学習指導書が作成されたものの、初等の色彩の教育に関する項目は、知識獲得・芸術性の涵養いずれにおいても、前時代の十分な素地を元に作成されたとは言い難い側面がある。むしろ、デザインや理化学の知識としての色彩知識の活用が伸展し、和田三造(1883-1967)等による色彩教育委員会や日本標準色協会の設立が行われるなど、色彩の社会への浸透は形を変えて行われた。以上のように、色彩の教育は、制度的な教育の枠組のみでは全てを俯瞰することはできない。明治時代以降の色彩の知識は、色材の変容と文化的な変換に伴う色名の変化といった、社会・文化の希求にも関係しながら、多様な形で示されて来たのである。

## 参考文献

- 1) 山形寛『日本美術教育史』黎明書房, 1967.
- 2) 豊田敦「日本の美術教育における色彩教育の問題」『和光大学人文学部紀要』3, 1968.03, pp.165-187
- 3) 緒方康二「明治とデザイン 色彩教育としての「色図」」『夙川学院短期大学研究紀要』6, 1981.12, pp.64-85.
- 4) 辻泰秀「色彩教育の移入における問題点--「新定画帖」の考察をもとにして」『大阪教育大学紀要.第5部門, 教科教育』34(1), 1985.08, pp.153-170.
- 5) 佐藤秀夫, 中村紀久二『文部省掛図総覧』10, 東京書籍, 1986.
- 6) 辻泰秀, 水野雅普, 小江和樹「色彩教育の展開とそれに関する文献研究」『岐阜大学カリキュラム開発研究センター研究報告』15-2, 1995.03, pp.21-40.
- 7) 金子一夫, 新訂増補『美術教育の方法論と歴史』中央公論美術出版, 2012.
- 8) 國本学史「日本における色彩論受容」『日本色彩学会誌』41(1), 2017.01, pp.3-13.
- 9) 國本学史「近代日本における絵具をめぐる状況」『芸術学』20, 2017.03, pp.65-78.
- 10) 國本学史「田口米作の『色彩新論』とその周辺」『日本色彩学会誌』41(6), pp.237-248. 他

# 抽象的な色彩嗜好とプロダクトの色彩嗜好

## —日本・韓国・台湾の評価比較—

### Comparison of the preference of abstract color and product color among Japanese, Korean and Taiwanese

榎 究 Kiwamu Maki

実践女子大学

Jissen Women's University

関根みのり Minoru Sekine

元実践女子大学

Jissen Women's University

Keywords : 色の好み, 印象評価, 物品

#### 1. はじめに

色彩嗜好の国際比較をしたものとして、齋藤らのもの<sup>1)</sup>などがあり、東アジアに白を好むという特徴を明らかにしている。他に千々岩らのもの<sup>2)</sup>などあるが、多くは抽象的な色彩嗜好を扱ったものであり、物品の嗜好色を国際比較したものは、稲葉のもの<sup>3)</sup>など少数に限られる。

今回、地域的には東アジアに限られるが3カ国のプロダクトの色彩嗜好を比較し、各国の色彩嗜好の特徴を浮かび上がらせることを試みる。

#### 2. 調査概要

抽象的な図柄1つと10種類のプロダクト、合計11種類の画像を各々20色にカラーシミュレーションし、作成した計220枚の画像の嗜好調査をWeb上のアンケート機能を用いて実施した。評価したのは、日本、韓国、台湾の3カ国の調査協力者である。

《カラーシミュレーション元画像》

抽象的画像は110mm×110mmの正方形の領域を背景となる180mm×180mmの正方形の領域に配したものである。プロダクト画像は、ネット上の画像を同一の背景にレイアウトしている。

10種類のプロダクトは、主に物品の色の好みを扱った榎ら<sup>4)</sup>に依拠して選出している。当該論文において榎らは、単色に彩色された物品の色の好みは靴・腕時計のような個人所有物とエアコン・バスタブのような共有物で異なる傾向があることを明らかにしている。そのような傾向が日本以外の国においても存在する可能性を考慮し、元画像としてPrivate ⇄ Publicの度合いが異なる物品を選出している。[図1]

《カラーシミュレーション色彩》

色の好みにはトーンの影響が大きいこと<sup>5)</sup>を

考慮し、図2に示す6区分にそれぞれ3色以上を用意した。背景色はW, Gy-5.0と差別化するため、Gy-7.0相当と考えた(RGB=173,173,173)とした。

《調査》

Google アンケート機能を使用して、Adobe Photoshopで作成したカラーシミュレーション画像220枚を配置したアンケートを作成した。

アンケートは、研究の主旨とデータの扱いやアンケートの構成について述べた序文、色の好みを尋ねる本体部分、性別・年齢・職業・使用機器を尋ねるプロフィール記入部分で構成される。序文において、携帯電話で回答する場合にはフィルターなしに設定してもらうよう依頼した。本体部分においては、まず抽象的な色彩の評価を実施し、続いて各プロダクトの20色を1ページとして配置した。評価画像の下に5段階の評価尺度を配置して画像を見ながら評価できるようにしている。画像はiPhone 7s(幅2.6 inch)で見たときに4.5cm四方で表示される。

アンケートは各言語バージョンを作成した。

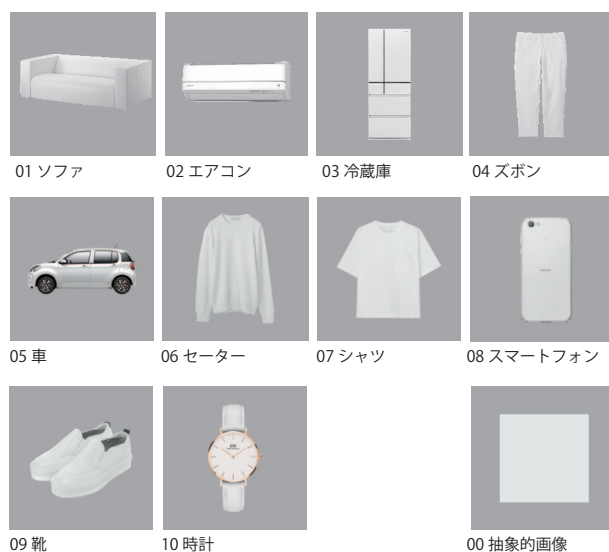


図1 調査に使用した画像例



その文章については、日本語と韓国語、日本語と中国語を理解する留学生・現地学生にチェックしてもらっている。

作成したアンケートはSNS (Twitter、言語交換アプリ「ハロートーク」等) を使用して呼び

表1 アンケート調査協力者の属性

性別	日本	韓国	台湾
女性	40	16	22
男性	28	30	19
合計	68	46	41



※ 各色彩のRGB階調値と、画面上でPCCSハーモニックカード201と見比べたときに最も類似していると判断したPCCS記号を示している。本図カラーチップの背景色は、(RGB=173,173,173)としている。

図2 カラーシミュレーション色彩

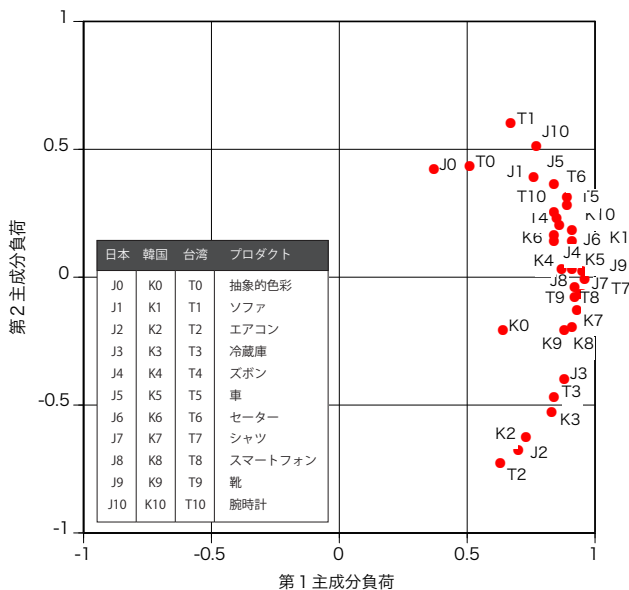


図3 主成分負荷 (第1×第2主成分)

かけ、各国40名以上の回答を得た。36歳以上の回答者を除いたため、表1に示す回答者の年齢はすべて19歳～35歳に分布している。

### 3. 結果および考察

主成分分析結果に基づいて全体的な傾向について述べる。

#### 3-1. 日韓台における色彩嗜好の主成分分析

##### 3-1-1. 結果および解釈

国ごと性別ごとに、プロダクトごと色彩ごとの評定平均値を算出した。続いて、性別ごとの評定を平均することで国ごとの評定平均値を算出し、その値を用いて主成分分析を行った。その結果を図3～6に示す。

第1主成分は全体に共通な傾向を表現していると捉えることができる。国別プロダクト別の第1主成分がすべて+側に位置していること [図3]、第1主成分の色彩のレンジが第2・第3主成分の2倍以上あること [図4,6]、第1主成分の寄与率が69.3%と第2主成分の11.9%、第3主成分の9.2%を大きく上回っていたことから、3カ国の評定の共通性は高いと言える。評価が高いのは、W、Bk、Gy-5.0という無彩色で、低いのはv22、v12、dp8、b8、v5などの高彩度色である。 [図4]

第2・第3主成分は国・プロダクトによる評価についての個別性の代表的な傾向を表現していると解釈される。したがって、図5・6においては、原点からの距離が大きいほど個別の特

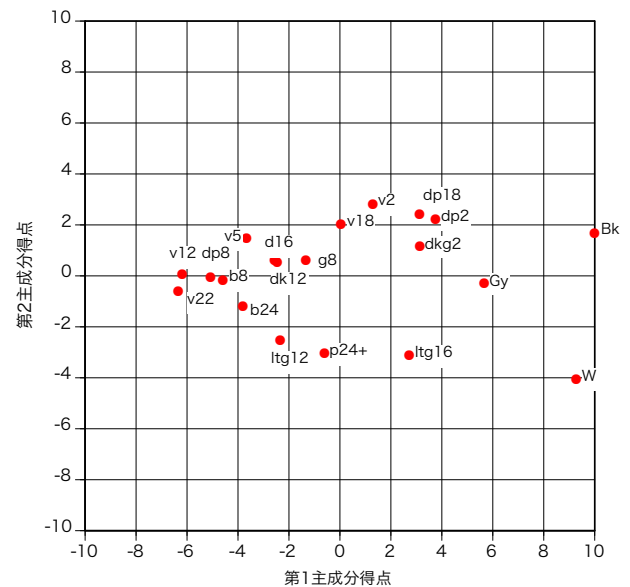


図4 主成分得点 (第1×第2主成分)

徴を示していると考えられる。図5と6の布置を見比べることにより、図6上に位置するv2・v18は韓国・台湾・日本の抽象的な色彩(K0, T0, J0)で平均より好まれ図6下に位置するg8・dp8・dk12・dkg2は好まれない、図6右のdp2・dp18は日本の抽象的な色彩および台湾のソファや日本の腕時計(J0, T1, J10)あたりで平均より好まれる、図6下に位置するg8・dp8・dk12・dkg2は日本・台湾のソファ・腕時計(J1, J10)で平均より好まれる、図6左のW・ltg16・ltg12・p24+は3カ国共にエアコン・冷蔵庫で好まれると解釈される。

ここから、以下の3点を指摘しておきたい。

1つめは、抽象的な色彩嗜好がプロダクトの色彩嗜好との関連はそれほど大きくはないのではないかということである。抽象的な色彩嗜好(J0, K0, T0)は第1主成分において負荷がプロダクトの色彩嗜好より小さく、第3主成分負荷において負荷が大きい。これは抽象的な色彩はプロダクトとは異なる個別性を持っていることを表している。図7は、第1主成分得点と3国の抽象的な色の好み関係を示しているが、3国の共通性と比べ、プロダクトとの関連は小さいことが読み取れる。相関係数を計算してみても、J0との間で0.37、K0との間で0.64、T0との間で0.51と、3国間の抽象的な色彩嗜好間における0.68, 0.72, 0.89よりだいぶ小さい。

また、図5においてJ1, J4, J10は第3主成分負荷がマイナスであり、図6下側の鈍い色のグ

ループを好む傾向が見られるが、J0の第3主成分負荷は韓国・台湾と同程度で大きくプラス側と方向が逆である。このように、抽象的な色彩嗜好とプロダクトの色彩嗜好には直接的な関係性を想定できない事例が存在する。

2つめは、色彩の好みに及ぼすトーンの影響が大きいことである。第1～第3主成分得点において、基本的には類似トーンの色は近傍に位置している。その中で、v2・v18が他のvividトーンの色と距離があるのが目立つ。だからこそ、赤や青は色彩嗜好に於いて特別な意味合いを帯びていると解釈することも可能であろう。

3つめはプロダクトの色の好みの国による違いについてであるが、エアコン・冷蔵庫のように共通する傾向からのずれが3カ国で共通するものと、日本のソファ・腕時計で鈍い色が好まれるというような国民性が現れるものがあると

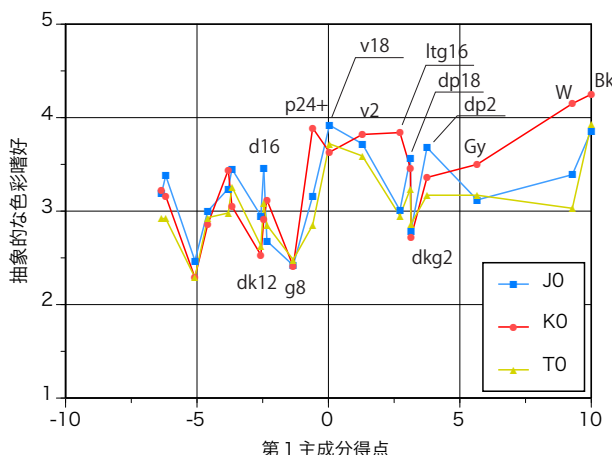


図7 第1主成分得点と抽象的な色の好み

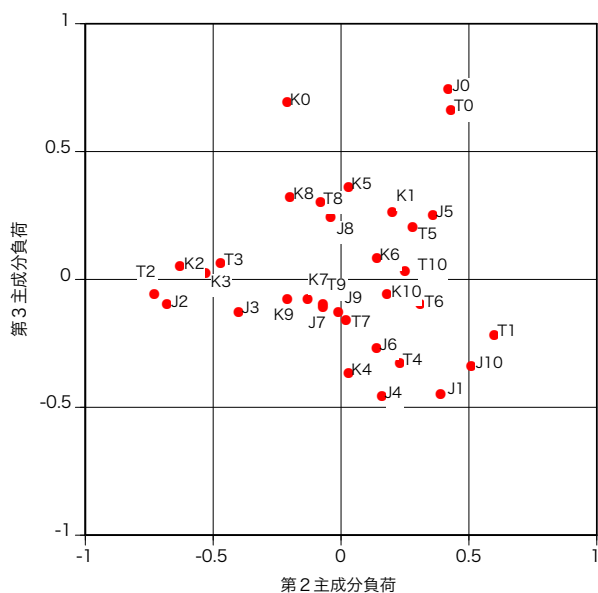


図5 主成分負荷 (第2 × 第3主成分)

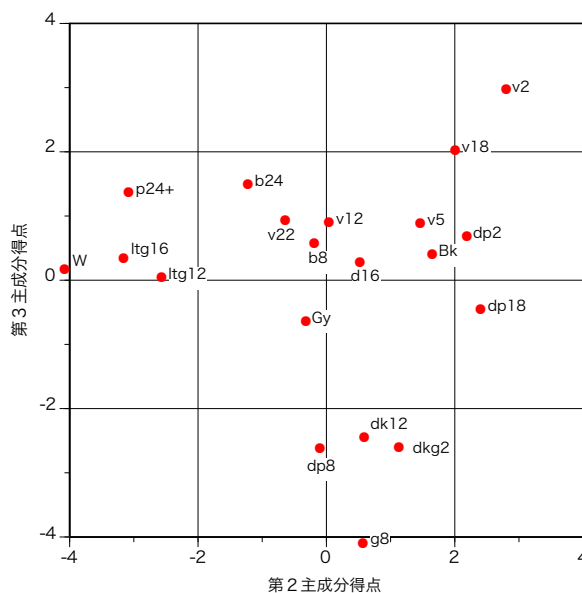


図6 主成分得点 (第2 × 第3主成分)

いうことである。抽象的な色彩嗜好において、韓国 (K0) は日本・台湾 (J0・T0) と相違が大きい。図3では韓国のプロダクトの色彩が日本や台湾より K0 側に位置するという傾向は見られないが、図5ではソファ・クルマ、セーター (K1, K5, K6) において日本や台湾との違いが見られ、それは K0 側への変異を示している。これは、抽象的な色彩嗜好がプロダクトの色彩嗜好に影響を及ぼしている事例と解釈することが可能であろうし、国民性の表れと捉えることができる。

### 3-1-2. プロダクトの色彩嗜好をもたらす要因

3国の色彩の好み類似していたプロダクトとして、②エアコン、③冷蔵庫、④ズボン、⑧スマートフォン、⑦シャツ、⑨靴が挙げられる。これらは、図3上での配置が日本・台湾の抽象的な色彩嗜好 (J0・T0) から遠い位置を占める、つまり第2主成分の得点がマイナスの Itg, p+, W といったトーンの薄い色が好まれる物品である。一方、差異が見られたものとして、⑩抽象的な色、①ソファ、⑤車、⑥セーター、⑩時計がある。

このうち、エアコン、冷蔵庫、スマートフォンは電化製品であり Global に商品展開が為されるものである。新しい製品が随時投入され広告の影響も大きいところに、共通性を生む土壌があるのかもしれない。一方、ズボン、シャツ、靴はファッションのベースとなる物品である。このような物品に色彩嗜好の国際的な共通性があり、その上にまとうセーター、身に付ける時計に差異が生じたのは興味深い。車も含め、個性を表現する物品と捉えられている可能性がある。そう考えると、ソファは室内を構成するベーシックなアイテムというより個性を表現するアイテムという位置づけを獲得しているとの解釈も可能性があるように思われてくる。

槇ら<sup>4)</sup>では Private ⇄ Public の度合いが色彩嗜好に関連する可能性を指摘しているし、三浦ら<sup>6)</sup>は「身につける色」と「周辺の色」の嗜好傾向は異なるとしている。しかし、上述の結果から考えると、個性を表出するアイテムとその基盤となるベーシックアイテムによって色の好み変化すると解釈した方が良いかもしれない。

### 3-2. 抽象的な色彩嗜好との相違およびそれを生み出す要因に関する推察

近江はその著書<sup>7)</sup>の中で、抽象的な色の好みと様々な物品の色の好みの相関関係について報

告している。こういった解析の背景には、抽象的な色の好みは物品の色の好みのベースにあるが、それを表出させる程度が物品によって異なるというメタ理論があると推察される。しかし、前節で検討したように、抽象的な色彩嗜好とプロダクトの平均的な色彩嗜好を表現している第1主成分負荷の関係は大きくはないし、日本では抽象的な色彩嗜好側への偏向とは反対の側への偏向が見られた。したがって、抽象的な色彩嗜好との単純な関連は想定しづらい。

水谷ら<sup>8)</sup>は、ファッション意識は日韓に多くの共通性があるが、自己顕示・他者承認期待や表現性に関する意識に相違があると指摘し、韓国の学生は自分の意思を優先させて衣服を通じて個性を表現していると考えられるのに対し、日本の学生は社会的受容、社会規範性、集団規範性が強いために、目立たず、人にインパクトを与えないような地味な衣服を着用する傾向があると述べている。韓国に於いて、好みの色への偏向が一部のプロダクトで見られたのは、こういった自己表出に関する社会的規範の影響が想定できるように思う。

単に抽象的な色彩嗜好との関連を調査するのではなく、嗜好に影響するプロダクト固有の要因を探る研究が望まれる。

### 参考文献

- [1] 齋藤美穂：アジアにおける色彩嗜好の国際比較研究 (1)：日韓比較・白嗜好に着目して、日本色彩学会誌 16(1), 1-10, 1992
- [2] 稲葉 隆：生活分野別の色彩嗜好に関する世界7都市比較調査、日本色彩学会誌 36(Supplement), 118-119, 2012
- [3] 中小企業振興事業団報告書：消費者の色彩嗜好に関する研究、中小企業振興事業団, 1972
- [4] 槇 究, 赤松摩耶：物品の色の好み—呈示刺激による評価の差異の検討を中心に—、日本色彩学会誌, 第33巻, 第3号, p.239-250. 2009
- [5] 槇 究：カラーデザインのための色彩学、オーム社, 2006
- [6] 三浦 久美子, 齋藤 美穂：<身につける色>と<周辺の色>の嗜好比較、日本色彩学会誌 28(3), 163-175, 2004
- [7] 近江源太郎：好みの心理、創拓社, 1985
- [8] 水谷千代美, 大槻早希, 上田哉子, 朴淳志：日韓の着衣とファッション意識の比較、Journal of Textile Engineering, Vol.54, No.1, pp.9-14. 2008

# ワークショップによる「まちの色彩」の把握手法

## —2013~2016 台東区の事例より

### Method to Grasp the Town-colors through Workshop —Case study of Taito-city (Tokyo) from 2013 to 2016

杉山朗子 Akiko Sugiyama 日本カラーデザイン研究所 Nippon Color&Design Research Institute Inc.

**Keywords:** 景観色彩, ワークショップ, 台東区,

#### 1. 背景と目的

現在全国平成 29 年 3 月 31 日時点 景観行政団体 698 団体の内景観計画策定団体は 538 団体, 屋外広告物条例制定も 88 団体となり, 毎年増加している. 基本的に専門家による現地の色彩の状況の調査をもとに色彩の規制の範囲や推奨する色などを考案しているが, 地域住民や建築・広告の専門家たちに理解・認識され, 活かしてもらっているのであろうか. 景観協議されている大型建築物では効果が上がっているだろうが, 平成 29 年度の市民対象の調査では 1 割程度しか色彩に関する認識がなかったという報告も見られた.

筆者は現地での調査を重視している立場であるが, 台東区で景観を考えてもらおうという長きにわたり実施されている景観ふれあいまつりという取り組みの一部で, まち歩きから地域の色について地域住民にもわかるワークショップ型セミナーを 4 回にわたって実施させていただいたことで, いくつかの知見が得られた.

その実施を通して, 景観計画やガイドライン策定の際, 事前に住民を中心としたワークショップが開かれたならば, より身近な景観への取り組みが行われたのではないかと考えるに至った..

そのためワークショップの結果及び実施方法について, 整理を行い, 今後の景観への取り組みに活かしていきたい.

#### 2. 実施内容

##### (1) 第 1 回 2013 年 10 月 20 日 浅草一通りごと対応

浅草は通りごとにまとまってまちづくりを進めている. 店舗や看板等にも違いがあるのか. また, 観光として浅草寺と仲見世中心となりがちなため, 周辺への誘導のきっかけの模索を行う.

##### (2) 第 2 回 2014 年 11 月 9 日 アメヤ横丁東西及びジュエリータウン

昔からのアメヤ横丁だけでなく東側にも賑わいが伸びてきていることを確認するとともに, 近隣のジュエリータウンと比較し, まちの個性について考察する.

##### (3) 第 3 回 2015 年 11 月 1 日 谷中—谷中銀座と周辺

全国的にも人気の高い谷中銀座を中心に商業地と住宅地に分け, その現状を捉え魅力を探る. 一部震災にあわなかった地区も残る地域である.

##### (4) 第 4 回 2016 年 11 月 5 日 小島周辺

第二次大戦の戦火を逃れ焼け残った希少な地区である台東・小島・鳥越から, 下町の色を探る.

#### 3. 実施方法

##### (1) 参加者

在住・在勤者に加えて下町に関心があり, まちづくりにも参加意欲の高い人が多い. 年齢は幅広く, 職業も幅広い. 平均 50 人弱であった.

##### (2) 内容構成

###### ①まち歩き

###### ②講義 色彩の基礎と景観の色彩

###### ③グループワーク

###### a. 事前準備による写真を使った分析

###### b. 色を指標としてスケール分析

###### c. 特徴の抽出 (ポストイットに書き出し)

###### d. 目についた色彩の抽出 (色紙使用)

###### ④まとめ

###### a. 地域の特徴

###### b. 残したい活かしたい

###### c. 色彩, 素材, 形態への意見



⑤まとめとしてキャッチフレーズ作成

4. 各ワークショップの成果

(1) 浅草

主要の通り以外の通りごとにグループで分担した。全体の傾向としてサイン・看板類に特徴がみられることがわかった。雷門からの仲見世の印象が強いため、まち中には「赤系」が多いかと思われたが、実際は白地看板が主流であった。白のれんに墨による筆文字の伝統的表現である。歴史的に見ても、「赤字」を嫌い、「黒字」を用いたという流れを継承しているものと思われる。すし、そば、うなぎといった専門店が多く、幟等も藍、鼠、茶といった江戸好みと言えそうな色彩が中心のため落ち着いた風情を感じさせていた。



図-1 浅草地域の看板類の特徴

(2) アメ横東西及びジュエリータウン

サイン・看板類に加えてテントの色が重要な位置を占めていることがわかった。

食品を売るアメヤ横丁は食品を思わせる黄色いテントが使われ、いくつかの商店でも黄色い看板を用いている。最近進出している中華系やエスニック系も黄色系になじんでいる。

東側は飲み屋街として注目され拡大傾向である。赤提灯を感じさせる赤、ラーメン店や中国・韓国等の飲食店も赤系を用い活気が溢れている。

御徒町付近に広がるジュエリータウンは通りにもダイヤモンドやサファイアなどの名称を付け、看板も宝石の色や低彩度色を用いているなど他と異なる個性を発揮していることがわかった。

まとめの中でそれぞれの地域で使っていくと

良いと思われる色を配色で作成し、全員の投票で選ばれた上位をみると、特徴が表現されていた。



図-2 上；アメ横東 中；アメ横西  
下；ジュエリータウンで使いたい配色の上位

(3) 谷中

商業エリア	1班 路地の向こうで懐かしさに出会えるまち
	2班 そのまんま谷中
	3班 寺町と路地の文化
住宅エリア	4班 今も谷中 これからも谷中
	5班 新旧の文化の交差点
	6班 主張しない歴史のまち

表-1 谷中の商業及び住宅エリアのキャッチフレーズ

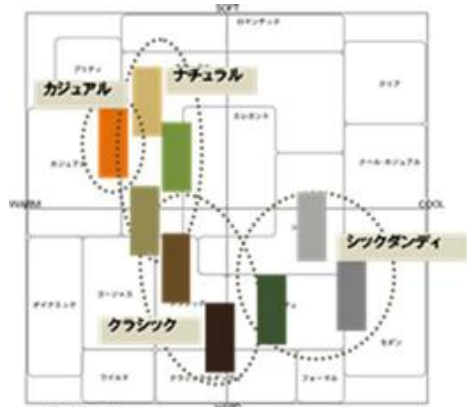


図-3 谷中で大切にしたい色



図-4 谷中の植木鉢の緑と寺町の塀

商店街では共通性を持たせた看板, 住宅街では寺町から広がる路地のまち谷中とまとめられた. 戦災から逃れた一帯もある. 斜面に広がるまちで, 狭いため車も通らず, 商店街で提供される食べ歩きができる食物を持ってそぞろ歩くのにぴったりで今後もこの路地の魅力を保ち続けてほしいというファン心理のような意見が多数出てきた.

大切にしたい色については, 図-3 にみられるように木材の色, 塀の色, 屋根瓦の色, 軒先の鉢植えの緑の色, 商店街のあたたかみのある賑わいの色があげられた. 素材の面でも色の面でも, 新旧がうまく溶け込んでいるとの評価であった.

(4) 小島周辺

東京大空襲の際に焼け残った貴重な地区である. 関東大震災の後の復興のまちであったため当時の建築様式である看板建築もいくつか現存している. 大正末期から昭和初期の東京のまちらしく, 住まいとものつくりの場として今も使われている. 長屋式の町家の外壁の色彩や洗出しのような素材等に特徴が見出された. その中での色使いは「向こう三軒両隣」「粋な気遣い」として低彩度での多様な色彩の建物の集積であると改めて発見された. 窓周りの手摺の形状に個性がみられるなど, デザインへのこだわりも見出された.



図-5 向こう三軒両隣の色使いと GHQ の航空写真で焼け残って濃く写っている地区



図-6 現状と今後を討議したまとめの例

5. 手法  
のまとめ

(1) 使用したツール

①写真分析には, 日本カラーデザイン研究所開発のカラーイメージスケールを使用した. 第1回目

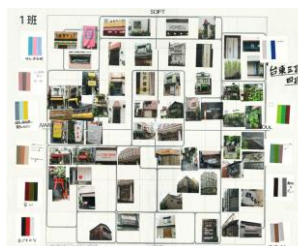


図-7 台東3-4丁目の分析例

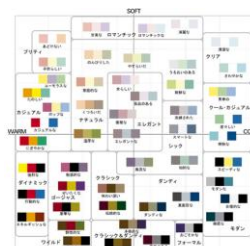


図-8 ツールとして用いた配色イメージスケール

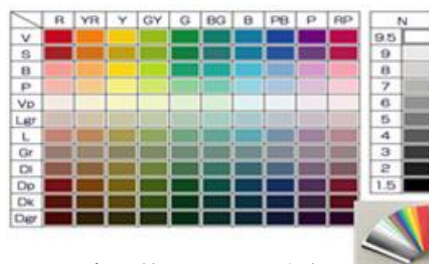


図-9 分析・検討に用いた色紙

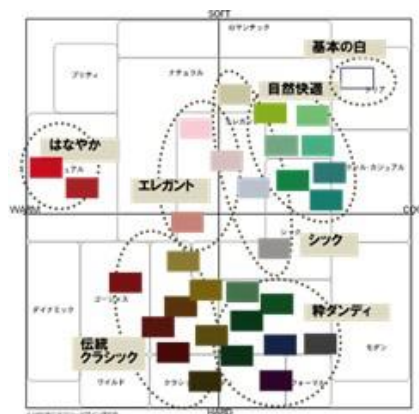


図-10 小島周辺で今後も活かしたいとされた色一覧

では色, 素材, 形態, 書体を見て総合的に討議を試みたが特徴の抽出などが困難となった. 2 回目以降, 色を優先して判断するようにしたところ, 多くの参加者が大まかに理解でき有効であった.

②現状把握と今後について使用した色紙は全色 130 色の簡便な色相&トーン 130 を用いた. 写真から代表的と思われる色を選ぶ作業, 次にグループ討議の後で今後も活かしたい色として全員で選ぶという 2 段階で用いると, 色に慣れ, 意見を出しやすくなった. この色紙に限らず, 具体的で簡単な色紙セットを用いるのは効果的と思われる.

(2) まとめ用いた項目

3 回実施後, 項目内容と順序を整理し表形式でまとめる形式にした.

●その地域で魅力的と感じたところとその理由



- その地域で大切にしたいこと (残したいこと, 将来に向けて伸ばしたいところ)
- 残したい, 活かしたいデザイン・素材・色
- タイトルあるいはキャッチフレーズの作成
- 残したい, 活かしたい色を複数, 色紙から選出

ここではまとめ用としてフォーマットを用意し, 同じ内容でまとめ・発表を行うように整理した. ワークショップの目的として, 色彩, 素材, 形態, デザイン要素に目を向け, それらに対する意見のとりまとめをして, 伝達していくことを考慮した.

## 6. ワークショップ実施から得られた内容

### (1) 「色彩」は多様な視点の抽出に効果あり

カラーをテーマとしたワークショップに参加したことがある人はほとんどいなかったが, 「色彩」「デザイン」という視点だけでなく, 「地域での生活」「地域文化・伝承」という視点からの意見が出てくるのが認められた. 他でワークショップ型のまちあるきを行った際にも「方言」「気候風土によって生まれる地域らしい情景」など多くの発見とまとめが得られた. 「色彩」は木下が示している「身体性」「協働性」「創造性」「共有性」「プロセス重視」というワークショップの特徴<sup>1)</sup>に対応したテーマの一つで, 様々な角度の意見を導き出すのに役立つといえる.

### (2) 参加者はできるだけ多様が望ましい

生活や地域文化への理解を有した参加者がいると大変効果的である. 古くからの風習や地域の価値観などについて知見が出される. 若者だけ, 高齢者だけという区分で実施するより, 現状がこうなった理由の考察は高齢者, 未来への提言的なことは若者というように協力してまとめが進む.

### (3) まち歩き単位は「通り」が適当

「面」でとらえるより「通り」を基本単位とするとよい. 商店会などの単位とも重なり, 同じような業種の集積もあり特徴をとらえやすい.

### (4) 景観の色彩の中でのサイン・看板の重要性

まちの色の中で, 建物の色は気づかれにくい. さらに道路, 道路付帯物の色は意識されにくい, 店舗や会社の看板などはもともと伝達手段としての役割があるため, 目立って認識されやすい.

### (5) 景観の色彩から緑の重要さへの気づき

専門家の多くは緑も景観色彩の中で重要と考

えているが, 実際のまち歩きで参加者もその位置づけを認識し, 緑の有無や樹種や置き方などでまちの見え方が変化することなどを再確認できた.

### (6) 色彩・素材・デザインを同時に, が効果的

色彩を「みる」ことによって, 使われている素材への理解が進む. 素材の由来や出自, 生産された時代やその時代背景・歴史などへと考察が進みやすい. その地域における歴史的意義なども討議にあがってきやすくなる, ただしそれを示唆しておくことは重要である.

## 7. ワークショップの成果

### (1) 区の冊子に概要掲載予定

台東区では, 今後作成されるまちづくり関連の冊子等にこれらの結果の概要を掲載し, 区民の啓発に活用する予定があるそうである. 広く知らしめるまでは行かないかもしれないが, まちの個性をいどる色についての関心が少しでも醸成されれば, 建築の色ばかりでなく, サイン・看板のデザインを考える際にも, 周辺のまちへの配慮というステップが加わり, さらに魅力的なまちの形成に貢献することができるのではないかと考える. 再開発等の色彩計画にも活かしたい.

### (2) 「下町の色」に関心を持つ住民の増加

ワークショップの参加者は, それぞれの地域の中で, 色が意外に存在感を示し多くの意味を持つことに気づいた. 色の再発見である. 地道ながら, こういったワークショップなどで, 色を体験してもらうことが重要であることを感じる. 色は机上の理論だけでは理解しにくいものといえる.

この結果から, 方法論が異なったとしても, 「まちの色をみる」ワークショップは, 建築物・工作物や広告物等の色やデザインへの関心を高めると感じる. 多くの開催を推奨していきたい.

## 謝辞

景観ふれあいまつり下町塾にて連続でカラーワークショップを開催していただいた台東区都市づくり部都市計画課の皆さまには, 募集, 事前準備, 実施当日の支援, まとめ資料作成まで, アドバイス・指導をいただき深く感謝しております.

## 参考文献

- 1) 木下勇: ワークショップ 住民主体のまちづくりへの方法論, 学芸出版社 (2007)
- 2) 札幌市: みんなではじめようまちづくりワークショップ実践マニュアル, 札幌市総務局職員部自治研修センター (2015)

# 商業地における街路景観色彩のまとまり度の変動

## Fluctuation of Color Unity Index at Shopping Streetscapes

近藤桂司

Keishi Kondo

福山市立大学

Fukuyama City University

**Keywords:** 景観色彩, シークエンス景観, デジタル画像, まとまり.

### 1. はじめに

良好な街路景観を形成する条件の一つとして、景観色彩にある程度の「まとまり」があることが考えられる。筆者はこの「まとまり」の度合いを示す指標として、景観を撮影した画像中の全画素のRGB値をCIEL\*a\*b\*値に補正・変換し、主成分分析を行なって求めた第一主成分寄与率を用いている(近藤桂司, 2013)。街路景観の特徴を把握する方法として、ある特定の視点場から街路軸方向に撮影した景観画像を分析し、その結果を街路の特徴とする手法が多く取られてきた。この手法でも街路景観色彩の「まとまり」を把握することは可能であるが、筆者はこれを一歩進めて、街路を人が移動する際の「まとまり」の変化にも街路ごとの特徴があるのではないかと考えている。本研究では商業地域と近隣商業地域の9つの街路について「まとまり度」の平均や標準偏差、周期性の強さを比較した。

### 2. 調査方法

#### (1) 対象街路

実験対象とした街路は、美濃(美濃市/旧一番町通り/商業地域)、有松(名古屋市緑区有松/県道222号線/近隣商業地域)、新堅(金沢市新堅町/新堅町商店街/近隣商業地域)、伏見(名古屋市中区錦/伏見通/商業地域)、大口(横浜市神奈川区大口/大口通商店街/商業地域)、春日(福山市春日町/県道379号線/近隣商業地域)、久松(福山市延広町/久松通商店街/商業地域)、国道(福山市延広町~船町/国道2号線/商業地域)、関帝(横浜市中区山下町/関帝廟通り/商業地域)の9つの街路である(図1)。

#### (2) 撮影方法

美濃, 有松, 伏見, 大口, 春日, 久松, 国道はSONYのデジタルビデオカメラHDR-CX720Vを

用い、広角端の設定で撮影した。新堅, 関帝はDJIのジンバル付きデジタルビデオカメラOsmoを用いた。いずれも毎秒24フレーム, 記録画素数1,920×1,080pixels, 自動ホワイトバランスとした。カメラが路面から約150cmの高さになるように構え、時速約6kmで移動しながら進行方向を撮影した。車の通行や信号待ちなどで撮影が中断した場合は、複数のカットに分割して撮影した。また、街路を撮影する度に色校正用原稿を撮影し、色空間変換時の補正に利用した。

### 3. 分析方法

既報(近藤桂司, 2013)の手法で、シークエンス映像から美濃で54枚, 有松で124枚, 新堅で121枚, 伏見で115枚, 大口で148枚, 春日で210枚, 久松で90枚, 国道で194枚, 関帝で212枚の静止画像を得た。静止画像の画素数を1/4に減じた後、各画像のRGB値を既報の手法で求めた変換式でCIEL\*a\*b\*値に変換した。これは演算で色空間内での各画素の距離を扱うため均等色空間でなければならないことと、撮影時の照明環境を標準化するためである。次に主成分分析を行い、これによって得られた第一主成分寄与率を「まとまり度」を示す指標とした。

さらに街路を移動する際の「まとまり度」の時系列変化の特徴を把握するため、変動のスペクトル密度を分析した。これらの統計処理にはSAS Institute Inc.の統計ソフトウェアJMPを用いた。

### 4. 分析結果と考察

各街路のまとまり度の標準偏差と平均値の関係を図2に、「まとまり度」の変動周期スペクトル密度の最大値と平均値の関係を図3に示した。

有松, 国道, 伏見, 新堅, 大口, 春日, 久松の「まとまり度」の標準偏差は9つの街路の中では中位である。高彩度の屋外広告物が大量に掲出されている関帝の標準偏差は大きく、街路を進行するに伴っての「まとまり度」の変動が大きいこと



がわかる。屋外広告物が視界に大きな面積を占めている場合、その広告物に近づくにつれて「まとまり度」が小さくなり、広告物を通り過ぎて見えなくなると「まとまり度」が大きくなる。歴史的な町並みを保全している美濃は「まとまり度」の標準偏差が小さい。これは「まとまり度」が一定範囲に収まっているということであり、見方を変えれば単調なシーケンス景観とも言えよう。

図3からは、視点移動に伴う「まとまり度」の変動の周期性の強さがわかる。屋外広告物の多い関帝はその影響が強く反映されて変動の周期性が強くなっているものと考えられる。反対に広告物の少ない美濃の変動の周期性は弱い。伏見、新堅、大口、春日、久松の5つの街路は「まとまり度」の標準偏差は中位であったが、変動の周期性は弱い。一方、有松と国道の2つの街路は「まとまり度」の標準偏差は同様に中位であったが、変動の周期性は中位である。この相違は何に起因するのであろうか。

まず、街路に面した建物の壁面の見え方が影響を及ぼしていると考えられる。伏見、新堅、大口、久松の4つの街路では、街路軸に垂直な壁面が景観画像を占める面積は大きくない。道路境界線からのセットバックや駐車場などが無いためである。有松の場合は、屋外広告物は少ないものの、駐車場脇の壁面が景観画像内に大きな面積を占めることがあり、屋外広告物と同様の影響を及ぼしているのではないかと推測される。

もう一つは街路の幅員である。春日には彩度の高い屋外広告物もあり、また街路軸に垂直な壁面も見えるが、変動の周期性の弱い伏見、新堅、大口、久松と同じグループに分類される。これは幅員が広く、景観画像中にそれら屋外広告物や建物が占める面積が小さいためではないかと考えられる。国道の幅員は広いが、街路樹や工作物によって視野が狭められており、道路の反対側が見えないシーンも少なくない。見かけ上はかなり狭い街路とも言える。狭い街路では屋外広告物や街路軸に垂直な建物壁面の影響を強く受ける。そのため周期性が強くなり、伏見、新堅、大口、久松などの街路のグループとは異なる結果となったのではないだろうか。

5. おわりに

商業地の街路景観では屋外広告物の影響が話題となることが多いが、建物のセットバックや駐車場に隣接した建物壁面が景観に影響を与えることも重視する必要がある。また、街路幅員によって、それらが街路景観色彩のまとまりに与える

影響の度合いも変わってくると考えられる。屋外広告物を評価する際には、これらの影響を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 近藤桂司: 景観保全地区における視点移動に伴う街路景観色彩の変化, 福山市立大学都市経営学部紀要「都市経営」3号(2013)1-8



図1 対象街路の様子



図2 まとまり度の標準偏差と平均値の関係

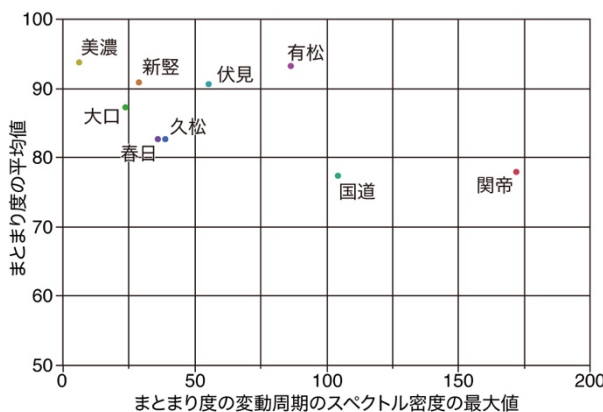


図3 まとまり度の変動周期のスペクトル密度の最大値と平均値の関係

# 風土に根ざしたまちづくりに関する研究 設計者が考える「魅力的なまち並み要素と色彩要素」に関する アンケート調査

## A Study of Community Based Town Planning Rooted in Natural Features : Investigation Report of Fascinating Cityscape and Color Components by Active Architects

高山美幸

Miyuki Takayama

エスケー化研

SK KAKEN Co.,Ltd

**Keywords:** まちづくり, 風土, 魅力的なまち並み, 色彩要素, 設計者アンケート調査

### 1. 研究の背景と目的

今、国内の建築市場では、東京オリンピックパラリンピック開催に向けて、東京を中心に各地で建設計画が進められている。また、政府からは2016年3月「明日の日本を支える観光ビジョン」として観光推進国への視点と改革のひとつに2020年を目途に、原則として全都道府県の半数の市区町村で「景観計画」の策定が挙げられ、ここでも急速に各地での景観計画が進められている。しかし、2005年景観法が全面施行されてから12年が経過した2017年3月現在、景観行政団体は698団体、景観計画538団体が既に施行(図1)され、景観計画以外にも都市計画、文化的景観、風景街道など様々な取組みも行われているが、風土に根ざした「まちづくり」が、比例して増加しているかという点に於いては、疑問を抱く。粗悪な色彩を呈する建築排除には繋がっているが、制度の完備が風土に根ざしたまちづくりとしての質の向上を保障するものではない。まちづくりは、単体の建築の集まりによって成すことから、地域景観や風土に根ざしたまちづくりの方法論を研究するにあたり、本研究では、個の外観デザインを生み出している設計者を対象に、設計者自身が魅力と考えるまち並みへの要素、また、これらに付随する色彩と素材要素の関係を調査することとした。

### 2. 調査概要

設計者のまち並みへの考え方を調査するにあたり、これまでの日本国内の政府によるまちづくり目的と建築意思についての既往調査の後、建築設計者への意識アンケート調査を実施した。

#### (1) これまでのまちづくり特性

今から100年前の1919年、建築基準法の前身

となる市街地建築物法と都市計画法が初めて立法化された都市計画行政の出発の年であった。その後、1945年に戦災復興計画基本方針として「国民の生活の向上と地方的美観の発揚を企図し地方の気候、風土、習慣等に即応せる特色ある都市集落を建設せん」と、景観・風景が大きく扱われた。しかし1950年に制定された建築基準法では、当時の社会状況に応じたシビルミニマムが目標と解され、その後の高度経済成長期による人口の急激な都市集中や密度規制の導入、無計画な郊外開発等これらの複合が、都市景観の公共性発想を著しく困難にした。都市の景観は、個々の建設活動の現れであり、個々の土地建物は都市風景の統一性や調和といった概念に制約される必要はないという主張が通説となり、権力や経済誇示としての建築物が表れた。2003年、国は「美しい国づくり政策大綱」にて、これまでの社会資本整備が魅力ある都市環境を実現していないことを認め、景観に関する基本法制の必要を示した。このような背景から2004年景観法が成立し、2005年全面施行された。景観法の基本理念は、良好な景観は「国民共有の資産」であり、「地域の自然、歴史、文化等と人々の生活、経済活動等の調和により形成される」。地域景観の固有性と多様性を認め、運用を地域の主体性に委ねるところに景観法の特長がある。

#### (2) 建築外観等の決定要因既往調査

景観計画では、区域、形成方針、行為の制限が決められ、計画区域内の建築物、工作物、開発等に関する行為は届出・勧告の対象となり、運用にあたって事前協議を実施する景観行政団体が多数存在する。2011年に国土交通省が行った調査結果では、景観行政団体265団体のうち131団体から「事前協議段階では計画が程固まっており、協議できる事が限られる」という大きな課題が挙げられた。民間事業者による建築等行為の計画では、設計プロセスの早い時期に各種デザイン要素を

決定しており、2015年3月国土交通省調べでは、土地購入・基本設計から着工まで約7~10ヶ月という報告である。しかし民間の共同住宅大規模修繕工事では着工2年前に外観色彩設計を終えている場合も少なくなく、大規模再開発計画では3~4年前に基本デザイン計画を進行している状況である。このため事前協議の段階では既に社会的なデザイン判断が確定している事から、行政指導による指摘事項変更はできるだけ避けたい認識が事業主、設計者共にあるという。この結果から、事前協議が必要な建築設計があるという点において、対象地の景観計画目的を汲んだ外観デザインが多くないという事が読み取れる。

次に、外観デザイン計画の影響要因の既往調査を挙げる。施主から示された要望やコンセプトに基づき設計者がデザイン検討を行うケース、施主と設計者の協議により決定するケース、施主が設計者に一任するケースに大別でき、外観デザインや色彩・材料共に設計者の意思が特に影響した要因であるとの回答が多数であった。\*

### (3) アンケート調査

先の既往研究により外観デザインへの影響要因が大きい設計者を対象に、まちづくりへの考え方や嗜好を調査することとした。

対象は、現役の建築設計者として「魅力的なまち並み」はどのような要素なのかを問うアンケート調査を実施。調査期間は、2010年と2017年9月~2018年3月で、記述式とした。回答者は、20歳代から60歳代の現役建築設計者とデザイナーで、100名に回答いただいた。質問事項は、「魅力的なまち並み」の具体的な地名とその理由、対象をイメージする色彩と抽出色の対象物について記述。

## 3. 結果

### (1) 魅力あるまち並み[地域結果]

魅力的なまち並みとして、妻籠宿や高山市、金沢、京都といった国内地域を回答したのは74%で、スウェーデンヴィスビューやストラスプールといった海外の地は26%であった。対象地を地域分類すると、丸の内、銀座、二子玉川といった近代建築が建ち並ぶ都市への回答は22%、京都の町屋や、神楽坂、倉敷の伝建地区等の歴史伝統を感じる地域は53%、函館の坂道や横浜元町といった都市と地域文化の融合といった地域の回答は5%、飛騨高山やイタリア・アマルフィの自然要素の大きな地域は20%という結果である(図2①)。また、選定した魅力要因として、スカイラインや形状や色彩の統一、住宅街の建ぺい率や緑地率等、都市

計画等によるまとまりをあげた回答数は、38%。山並みと建物が調和している、切妻屋根が連なるリズムが街全体の調和を保っている、土地の土色で、まち全体が構成されているなど、自然と建築物の調和が22%であった。また、日本の伝統建材や石畳と町並みの美しさや、木造の宿場といった自然材の活用といった仕上材への魅力は18%で、澄み渡る海の色や、広大な山並みといった自然そのものは3%で、出身地を誇らしいまち並みとして挙げた被験者は3%であった。(図2②)。また、対象地の選定理由として、建築物の外装色や建材の色彩等、対象地選定に色彩が影響を及ぼしていた回答は、70%と多数であった(図3)。

### (2) 魅力的なまち並みの色彩要因

色彩要因では、図4に示したようにベージュや茶色といった黄赤系が28%と多く、灰14%、緑12%、赤はピンクも含んでおり11%。また白、黄、青はいずれも10%の結果である。黒3%、メタリックやガラス色といった回答はそれぞれ1%であった。同じ色名であっても、イメージとした対象は異なっている。黄赤をイメージした対象として、木、煉瓦、土との回答が多かった。灰色のイメージは石畳や石塀、瓦屋根を対象としており、エイジングウッドといった、色褪せた木の仕上げを、灰として回答した被験者もいる。白は、白漆喰壁を多数が対象としていた。また、緑色との回答は、自然の木々の葉や山の緑色をイメージし、青は、空と海の自然の色彩を対象としていた。また、オレンジや赤といった高彩度を示した色彩の対象はサインやオーニングであった。対象別に分類すると、空や海、土や山々のといった自然そのものを色選定の対象としていた回答16%に対して、木や漆喰壁、煉瓦や土壁といった壁面要素が31%、石畳といった道の要素は23%であり、屋根瓦は11%との結果であった(図5①)。これらを、自然由来建材としてまとめると、71%を占めていた。

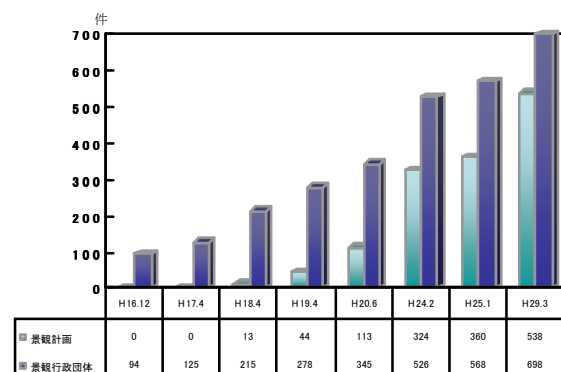


図1. 景観計画・景観行政団体の状況



4.まとめ

1) 建築設計者が思う「魅力的なまち並み」は、海外より国内との回答が多く、歴史文化といった伝統を感じる地域を魅力として感じるとの回答は半数以上であった。都市計画のようなまちづくりがなされている統一性のあるまち並みや、自然景観豊かな地域への回答が圧倒的で、いずれも地域としての一体感やまとまりを持つまち並みを魅力として感じている。ここでは、秩序無く自由な形状や色彩で建設されている雑多な印象を与えているまち並みを魅力と感じている回答は1名、1%であった。

2) 対象地の選定には、建築の外装色材が大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。

3) まち並みの魅力をイメージする色彩として、漆喰や木、石や土といった自然由来要素の大きな建築仕上材が対象とされていた。また、これらはいずれも彩度の低いベージュやこげ茶といった色名を挙げており、新設時の建材ではなく、経年変化によって色褪せた色彩と素材に魅力を感じている事が分析できる。自然の色彩を挙げた理由にも、四季による色彩変化という回答である。自然、建材共に自然風土の変化による色の移ろいが、魅力として感じているという結果である。

4) 広告看板の光色や、車や人々の服地の色彩といった動く対象であっても、そのものの自然の影響を受けて色変化を伴わない対象への回答は無かった。

課題

今後は、世代別による魅力的なまち並みへ差異調査分析を行うと共に、建築設計者による外観デザインへの景観計画の反映について調査を進め、まちづくりの方法論への研究を深めていく。

参考文献

国土交通省都市局公園緑地・景観課、「官民連携による良好な景観形成に資する今後のあり方検討調査報告書」平成 27 年 3 月 <http://www.mlit.go.jp/common/001085925.pdf>. 2018 年 1 月 31 情報取得※  
 国土交通省「国土交通省景観法の施行状況(平成29年3月31日時点)」 [http://www.mlit.go.jp/toshi/townscape/toshi\\_townscape\\_tk\\_000021.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/townscape/toshi_townscape_tk_000021.html) 2018 年 3 月 30 日情報取得  
 西村幸夫+町並研究会『日本の風景計画』2003 年  
 西村幸夫『西村幸夫風景論ノート』2008 年  
 渡辺俊一『まちづくり定義』論理構造』2011 年  
 伊藤雅春・小林郁雄・澤田雅治・野澤千絵・真野洋介・山本俊哉『都市計画とまちづくりがわかる本』2011 年

謝辞

本研究実施にあたり、調査にご協力いただいた設計士の方々には多大なるご助力を賜り、感謝の意を表します。

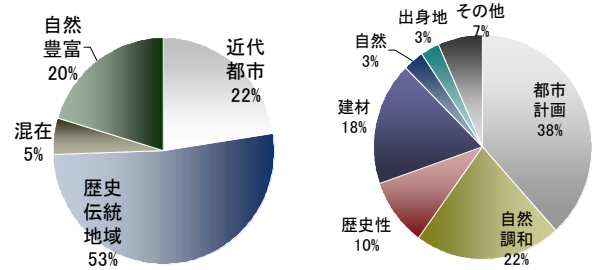


図2 魅力的なまち並み調査  
 ①魅力ある地域分析 ②選定理由

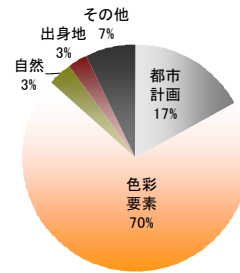


図3 魅力的なまち並み対象と色彩要因

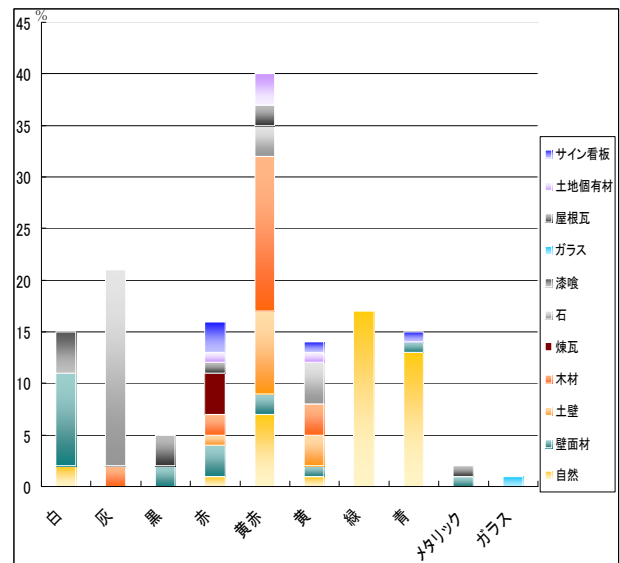


図4 魅力的なまち並み調査 色彩イメージ

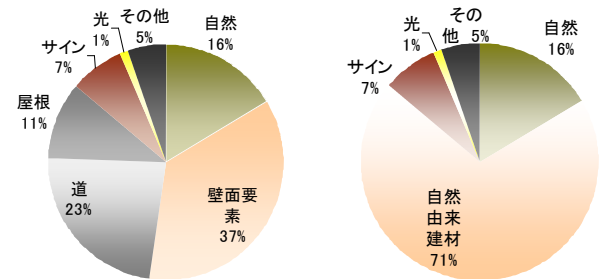


図5 魅力的なまち並み調査 色彩イメージ  
 ①イメージとした対象 ②自然由来建材をまとめた場合の分布



## 良好な色彩景観形成と景観計画の関係

# Relation of the good color landscape formation and landscape plan

成田イクコ Ikuko Narita(有)センスアップ・プランニング Sense Up Planning.Ltd

Keywords: 景観計画、色彩規制、景観行政

### 1. はじめに

景観法の施行から約 13 年、景観計画を設けた自治体は 538 団体である (2017 年 3 月末日時点)。景観計画が及ぼす景観形成への効果について、さまざまな視点から検証していく段階に入ったといってもいいだろう。

国土交通省のアンケート (2011 年) によると、景観計画の設定による効果として、景観を阻害する色彩が抑制された、との回答が 44.7%と、他の効果にくらべて最も多かった。確かに自治体の担当者から、色彩の規制が条例だけではなく法的根拠ができたことに対して期待する声は聞かれた。

しかし、景観計画が良好な色彩景観の形成に繋がっていると断定することは難しい。その一例を挙げる。さいたま市の北浦和で保育園の騒色問題 (2013 年、図 1) が起きた。さいたま市の景観計画によれば、全市が景観計画区域である。しかし、景観計画区域は届け出対象が大規模建築物のみのため、この保育園は該当しない。また、保育園がある地域は全建物を届け出対象とする景観形成推進地域でもない。そのため、規制の対象にならなかった。さいたま市の色彩規制である景観形成基準 (彩度 6以下) でない鮮やかな色彩 (測色の結果、彩度 7.5) が閑静な住宅地域に登場したのである。このような景観計画区域にある建物の届け出対象が大規模建築物に限られるのはさいたま市に限らない。調査の結果、実際に政令指定都市 (20 都市) については、同様に届け出対象に限られる (3 市を除く) ため (表 1)、小規模の建築物は色彩規制の対象にはならないことがわかった。三市は他市と異なり全市域を景観計画区域としていない。

一方で、同じ保育園でも、神戸市岡本地区

の住宅地域にある保育園 (図 2) は、街並みに調和した建物の色彩である。神戸市の景観計画は全市を景観計画区域としてはいないが、岡本地区は景観計画区域である。また、色彩について定量的な数値規制は行われていない。届け出対象は全建物である。そのため景観計画によって騒色を防ぐことができているのではないかという見方もできよう。

よって、両市の保育園の色彩の違いは、景観計画における色彩の規制の対象でなかったさいたま市の保育園と規制の対象であった神戸市岡本地区の違いによるもの、と理解することは可能である。しかし、実際にそれによる理由のみでかたづくであろうか。もう少し掘り下げていくと、それほどわかりやすい理由によるものではないことが、景観計画の内容等を調査していくと明らかになってくる。



図 1 さいたま市北浦和 保育園



図 2 神戸市岡本地区保育園

表1 政令指定都市の景観計画区域の色彩規制対象(2017年)

	景観計画区域の届出対象の規定	計画区域内の形成地区あるいは重点地区の届出対象の規定
札幌市	有(大規模建築物)	有(全建物)(重点地区)
仙台市	有(大規模建築物)	有(大規模建築物)(重点地区)
新潟市	有(大規模建築物)	有(大規模建築物)(特別区域)
さいたま市	有(大規模建築物)	有(全建物)(景観重点成整備地区・8地区)
千葉市	有(大規模建築物)	景観形成推進地区の候補地の設定・行為の基準は未策定
横浜市	有(全建物)(但し、関内地区及びみなとみらい21中央地区のみが景観計画区域)	
川崎市	有(大規模建築物)	有(全建物)(景観計画特定地区)
相模原市	有(大規模建築物)	重点地区の候補地の設定・行為の基準は未策定
静岡市	有(大規模建築物)	有(大規模建築物)(重点地区)
浜松市	有(大規模建築物)	
名古屋市	有(大規模建築物)	有(全建物)(景観形成地区)
京都市	有(全建物)(但し、景観計画区域は市域の約54%)	
大阪市	有(大規模建築物)	有(全建物)(景観重点地区)
神戸市	全建物(但し、市全域の一部のみが景観計画区域)	有(全建物)(景観計画区域(7地区)、都市景観形成地域(6地区)、風致地区)
堺市	有(大規模建築物)	
岡山市	有(大規模建築物)	有(大規模建築物)(重点地区)
広島市	有(大規模建築物)	有(大規模建築物)(重点地区)、i有(全建物)(一部の重点地区)
福岡市	有(大規模建築物)	有(全建物)(都市景観形成地区・7地区)
北九州市	有(大規模建築物)	有(大規模建築物)(臨海部産業景観形成誘導地域)
		有(全建物)(北九州空港周辺)
		有(全建物)(景観重点成整備地区・8地区)
		有(大規模建築物)(関門景観形成地域)
熊本市	有(大規模建築物)	有(重点地区・大規模建築物、景観形成地区・ある一定規模以上)

## 2. 研究の目的

本研究は、景観計画の記載内容だけではなく、景観計画の設計の背景にあるものについて、神戸市の景観計画の設計方法及び景観行政に着目し検討することとした。

神戸市の景観計画が他市の景観計画の設計と異なった内容であることを明示し、なぜそうした景観計画の内容になったかを神戸市の景観行政の過程でつくられた景観形成市民協定を取り上げ、その各地域の協定で定められている色彩の内容を調査した。それらの色彩の規制方法と神戸市の景観計画の色彩規制が、多くの自治体で定められている規制方法と異なることから、それら背景にあるものについて調べることで、景観計画の制度設計と色彩規制方法の関係について検討し、良好な色彩景観形成を行うための景観計画には、どのような要素が必要であるかを検討することとした。

## 3. さいたま市と神戸市の各景観計画及び色彩規制について

さいたま市は市全域の建築物のうち、大型建築物等のみ規制をかける一方で、一地域の景観重点地域の景観については全建物を規制の対象としている。景観計画を設けた全自治体の91.2%が全市域を景観計画区域としていることが国交省のアンケート(2011年)からも明らかである。また、景観計画の制度設計について、市域全域の景観計画区域中一部の地域(景観形成推進区域など)にのみ全域より厳しい規制を設けている景観行政団体は政令指定都市中85%(2015年)である。つまり、さいたま市の景観計画の制度設計は、全国の景観行政団体のそれと似通っている。よって、本研究では、神戸市の景観計画の特異性を明示する上で、同じ政令指定都市であるさいたま市と神戸市の景観計画を比較した。

神戸市は、景観形成を重点的に考えている地域のみ景観計画区域とし、それら区域の全建物を規制の対象としている。つまり、さいたま市の景観重点地区に該当するものが神戸市では景観計画区域であるといっているだろう。景観計画は変更が可能であるため、今後、さいたま市は景観重点区域を増やし、神戸市

は景観計画区域を広げることはありえよう。実際に神戸市は平成18年の施行後に3度の変更をしている。一見、市内のいくつかの地域について全建物を規制対象とする点では同じであるが、それらの地域数は、さいたま市では1地域、神戸市は7地域ある。

さいたま市の景観計画の色彩規制方法は全市について0Y~5Yは彩度6以下、それ以外の色相は彩度2以下(大規模建築物のみ)、また景観形成特定地区(全建物)については、色相0R~10YRは彩度6以下、0Y~10GYは彩度4以下、それ以外の色相は彩度2以下である。神戸市は、景観計画区域の7地域のうち一景観形成地区を除いては定量的規制方法をとっていない。つまり、さいたま市と神戸市の色彩規制方法は全く異なることがわかる。

## 4. 神戸市の景観行政の歴史

なぜ、神戸市は全市を景観計画区域としないのか、については神戸市の景観行政の歴史が背景にあると考える。1968年に都市計画法の改正が行われたが、それを補完する役割を担ったのが全国のまちづくり条例であった。自治体でのさまざまな先進的な試みが1980年の地区計画制度の創設に結びついたことは、都市計画制度上の特筆すべきことと言われている。そのまちづくり条例の変遷の中で、1980年からの景観行政の展開と住民参加の展開があった。これらが地域まちづくりに大きな転換をもたらした時期らしい。神戸市都市景観条例(1978年)と神戸市まちづくり条例(1981年)が全国の中でも先駆をなしたことは有名である。

住民参加型のまちづくりが1970年代から全国的に広がっていくが、神戸市の地域まちづくりの取り組みは「神戸方式」として全国的にも注目されてきた。この神戸市の景観条例の構成が、その後の景観法の骨格となり、その立法根拠となったとの指摘がある。これは、景観計画の制度設計を考える上で重要な視点である。

神戸市都市景観条例は1978年に制定されたが、その中核は、住民自らの景観形成にあ

る。具体的には市民相互による都市景観の形成を目的とした景観形成市民協定を設け、身近な都市景観の形成を図ることを目的とした市民団体を景観形成市民団体として認定することである。現在、景観形成市民団体は9団体である。神戸市が都市景観を形成している地域などを都市景観形成地域に指定している。それが、その後の景観法に基づく景観計画区域に移行しているとのことであるが、前述した景観形成市民団体と景観形成地域とは必ずしも一致はしていない。しかし、これら景観形成市民団体の存在によって、神戸市が住民自らが景観形成していく地域には必要な対応をしていくといった、住民主導の景観形成という姿勢が景観条例制定当時からあったということが認められ、その延長線上で景観計画区域が定められたということであることを考えると、現時点では、市全域を景観計画区域とせず、今後のまちづくりの活動と共に、景観計画区域を広げていくのであろうことは想像できよう。

##### 5. 神戸市の景観に関わる色彩規制の方法について

神戸市の景観形成にあたって市民相互による景観形成の協定である景観形成市民協定(9地域)における色彩についての内容は、定量的規制はいずれの認定についても用いていない。周辺との調和を考える、といった定性的な表現で、届けられた建築物ごとの設計内容についてチェックする方法が用いられていると考えられる。

また、景観計画区域における行為の制限の中の色内容についても、1地域を除いて定量的規制はされていないが、すべての建築物ごとに周囲との調和がとれているか否かを審査するのであろう。全国の自治体における景観計画区域の色彩規制方法には、多くが定量的規制が用いられている。抽象的な表現にて規制しているのは約24%である(2008年)。

##### 6. おわりに

神戸市の景観計画は、全市域を景観計画区域にせず、かつ区域のほとんどが定性的な表現で色彩規制をしている点が、他の自治体とかなり異なるといっているであろう。

市の全建物を対象に数量的な色彩規制があることで騒色が防げることは言い得るのだが、その方法がはたして景観法の本来の目的に沿ったものであるか否かは、今後考えていく必要がある。景観法の目的とは、景観法自体が直接に景観を規制するわけではなく、自治体の景観に関する計画や条例、それに基づいて地域住民が締結する景観協定に、実効性・法的強制力をもたせようとするところにある。いわゆる神戸市の景観計画の制度がそれにあてはまるのが、今回の調査で明示できたのではないかと考える。具体的な色彩規制がなくても調和がとれた色彩景観が形成できうるには、景観行政団体やまちづくり協議会といった、自らの街の景観について取り組むことができる組織が存在することが必要とも言えよう。景観形成を行政にすべてゆだねるのではなく、街の景観は住民自らが形成していく姿勢が背景にあると、色彩規制について、必ずしも定量的規制でなくともできるのではないだろうか、と推測する。もちろん、良好な景観形成と景観を中心とした街づくり等の関係の有無を実証することはできないかもしれないが、街づくりの中で、色彩景観を重視しているケースがあることは否定できない。今後、住民自らが行う街づくりの中での景観の色彩規制方法等について調査をしつつ、それらと景観計画の制度設計の関係について考えていきたい。

##### {参考文献}

- 1) (財)神戸都市問題研究所『都市政策』勁草書房、2012
- 2) 小林重敬『地方分権時代のまちづくり条例』学芸出版社、1999
- 3) 成田イクコ『景観計画の色彩基準の有効性について—騒色問題の視点から考える—』日本景観学会誌、2015 Vol16, No.1
- 4) 内海麻利『景観条例と景観法』自治総研、313号



# 「景観計画におけるマンセル値を用いた色彩制限の研究」

## ～全国 274 市町村の景観計画を対象として～

A study of actual conditions of color restriction standards by Munsell Color System in landscape planning – For case studies of 274 enforced landscape plans –

加藤美子

Kato Yoshiko

啓新高等学校

Keishin High School

Key words : 景観計画, マンセル値, 色彩制限.

望を2012年1月にアンケート調査を実施し、151の行政団体からの有効回答(回収率 81.2%)を得た。

### 1. 本研究の背景と目的

「景観法」が施行され14年が経過した。景観行政団体(以下、行政団体)が2017年3月31日現在、全国698市町村となっており、景観計画策定団体は538団体となっている。これらの景観計画内の景観形成基準において行為の制限は高さ・意匠・素材ほか多種多様に渡っている。その中には定量的な数値評価を導入している計画がある。これは行政指導による判断が容易という観点から取り入れられているが、行政団体の明確な特徴は色彩制限値にも現れていると考えられる。これらの色彩制限値の数値基準の傾向と実態を明らかにし、今後の景観形成における知見を得ることを目的とする。

### 2. 調査概要

#### 2. 1 調査対象

本研究の調査対象は2011年2月1日現在、景観法に基づいた景観計画を策定している全国274市町村の行政団体の市内全域の色彩制限としている。これらの景観計画で文言で表現されているものは82計画(29.9%)、定量的な数値評価のマンセル値によって表現されているものは189計画(69.0%)、色彩表記の基準の無い計画は3計画(1.1%)となっている。文言表記を人口別に分類すると、人口1万人未満41.67%、1万～10万人は29.89%、10万～30万人未満は25.97%、30万～100万人は9.09%、100万人以上は21.43%となっており、人口が少ない行政団体ほど文言のみの表記が多い。マンセル値で表記している189計画の策定年別行政団体数は、平成17年度は3計画、平成18年度は11計画、平成19年度は36計画、平成20年度は43計画、平成21年度は50計画、平成22年度は44計画となっており、平成21年度が最も多い。なおマンセル値表記している行政団体189計画の景観形成基準の制限値設定理由、色彩調査の実態、今後の展

#### 2. 2 研究方法

景観計画の行為の制限に関する色彩制限基準は、国土交通省ホームページ景観ポータルサイト(注1)から調査したデータ分析を行う。本研究は行為の制限の色彩について着目し、文章だけで色彩の傾向を制限する場合(例:「屋根・外壁の色彩は周囲との調和を乱さない色彩とする」など)を文言による表記と定義し、定量的な数値評価のマンセル値と大別した。マンセル値の制限値は各属性を分析し、景観形成基準の調査方法・各属性の分布状況・数値決定のプロセスについてアンケートを実施した。

#### 2. 3 マンセル値の抽出方法

マンセル値の表記方法が各行政団体によって異なるため色の三属性の抽出を行いデータ作成を実施した。各属性の制限方法は以下の4パターンに分別した。①色相・明度・彩度を設定、明度・彩度のみ設定、③色相・彩度のみ設定、④彩度のみ設定。各属性のデータ入力方法は、①色相5・10の数値、彩度は明度区分が階層化されている制限値について中心色相5の彩度数値を入力した。③明度は制限されている数値を入力し、明度が設定されていない場合は明度0～10の数値を入力した。

### 3. 色彩基準の実態

#### 3. 1 色彩基準を盛り込んだ理由

景観形成基準に色彩基準を入れた基本的理由をアンケート調査した(図1)。もっとも多く見られるのは「B:景観法の中に色彩について明記されているから」の68計画ほかあげられ、色彩は制限項目の一因子として重要度が高いことが見て取れる。さらには他の高さ制限や形態制限と比較して、即効性や運用面で利点が強く働いている。

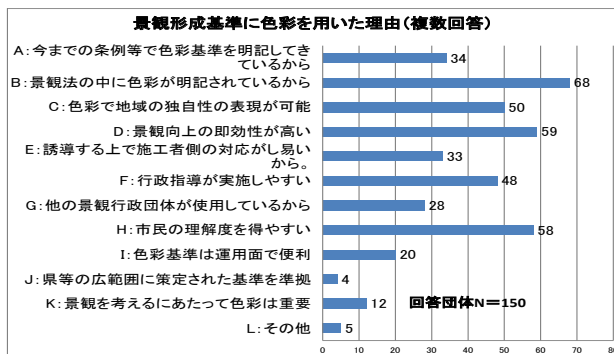


図1 景観色彩に色彩基準を用いた理由

### 3.2 色彩基準に数値基準(マンセル値)を用いた理由

次に色彩基準に数値基準を用いた理由をアンケートにより調査をした。数値基準の選択理由として「A: 文言の表現は曖昧なため(客観的かつ明確)」122計画、「C: 行政担当者が変わっても指導助言しやすい」75計画、「B: 文言と比較してきめ細かい色差表現が可能」61計画と運用上定量的な制限基準の持つ客観性、その定義の明確な根拠を持っているという点が支持されている(図2)。また色彩基準にマンセル値を導入した理由は、「B: 日本工業規格に採用されているから」は82計画、「A: 他の景観行政団体が使用しているため」は81計画で、マンセル値が一般的な指標として普及している事、他の多くの団体との連携や協調性を持たせる意味合い、さらに他の行政団体の基準を参考にしているとの回答があった。

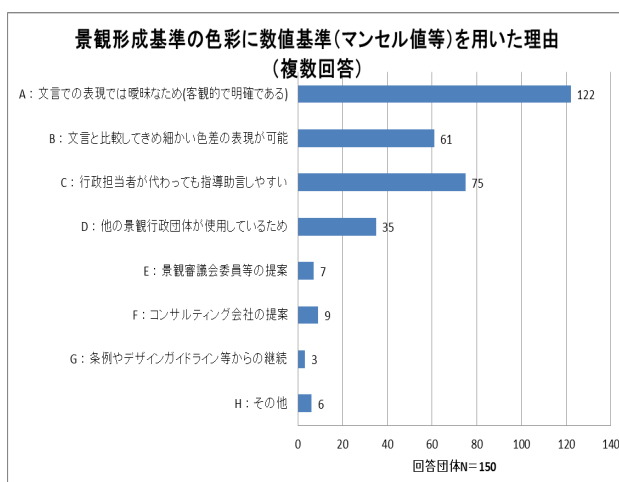


図2 景観形成基準に数値基準を用いた理由

次に、「景観コントロール基準として色彩制限(マンセル値)が今後有効に機能して行くとお考えですか?その課題と可能性をお聞かせ下さい」という設問を設け、行政側が不都合だと感じた具体的な点をフリー回答で求めた。「有

効に機能している」53計画。「住民への周知が必要」20計画。「客観的な定義としてマンセル値は有効」19計画。「派手な色を防ぐ手立てとしては有効」12計画だった。その他に「地域別より細かな設定が必要」6計画。同様に「マンセル値で一概には定義できない」15計画や、「色彩以外の基準との組み合わせも必要」9計画。「色彩は判断に個人差がある」4計画の意見があった。さらにタイルやサイディング、金属等、素材の違いでマンセル値に置換する事が難しい場合や色彩調査の時点で個人差が発生しているのではないか」という意見も見られ、的確な色彩基準として住民の方に周知徹底されていない計画も見られた。また「企業や業者の理解を得ることが必要」6計画という意見も見られた。

### 3.3 色の三属性の扱い

彩度基準の各属性の性質は異なる。そこで景観計画で使用している属性を調査した。「B: 色相・明度・彩度を区分して設定」82計画。「G: 彩度のみを設定」33計画。「D: 明度・彩度のみ設定」16計画。「C: 色相・彩度のみ設定」12計画。「H: その他」5計画。「A: 色相・明度・彩度全て一律に設定」4計画。「色相・明度・彩度すべて一律に設定」4計画。「F: 明度のみ」1計画となっている。三属性をすべて用いて誘導している行政団体の次に彩度のみでコントロールする所が多い。

### 3.4 各属性の重要度

次に各団体に「色の三属性のうち、どの属性を重要としているか」をアンケート調査した。色相、明度、彩度の属性ごとに「a. とても重要 b. 重要 c. どちらでもない d. 重要でない e. その他」に選択肢を設け、さらにaとbを選択した場合はその理由を聞いた。それらの結果を a-4点、b-3点、c-2点、d-1点として累計し平均値を求めた。その結果、彩度は3.5点、色相と明度は共に2.8点と彩度が色相と明度よりも0.7点高い結果から他の属性よりも重視されている。さらに各属性が「a. とても重要」または「b. 重要」と選択した場合にはその理由を自由記述回答の上、分類整理した。色相が重要な理由は「地域で使用して欲しくない色があるため」23計画、「影響力が大きいため」「周囲との調和を図ため」それぞれ20計画。「色を定義する上どれも重要」は18計画。「その他」7計画。「景観形成基準に使われているから」4計画で、使用を避けて欲しい色相を明示し周辺環境との調和を図ろうとしている。次に明度が重

要とした理由は「周囲との調和を図るため(自然景観と)」37計画、「影響力が高いため」21計画、「色を定義する上でどれも重要」19計画、「圧迫感を防ぐため」14計画、「その他」10計画、「遠景からの影響」「景観形成基準に使われているから」はそれぞれ2計画で、明度も重視されている事が伺える。またマンセル値を用いた景観計画の中に色相や彩度のみを使用し明度の制限を用いていない計画も見られる。それらの団体に、明度の制限を用いていない理由を質問した。「A:色相又は彩度の制限で目標とする景観色彩の形成ができるから」27団体、「その他」13計画、「B:明度の制限は景観色彩に与える影響が小さいと思われるから」11計画となっている。その他に「明度を設定により複雑になるため、住民の理解が得られないと想定した」の意見も見られた。これは派手で突出した色を抑えることを目的にした考えで、彩度でコントロールしていることが原因と見られる。彩度が重要な理由として、

「派手で突出した色を防ぐため」43計画、「影響力が高いため」38計画、「周囲との調和を図るため」30計画、「色を定義するためにはどれも重要」18計画、「落ち着いたある街並みに誘導するため」10計画、「景観形成基準で使われているから」は6計画と彩度が最も景観コントロールに有効な属性と考えられている。

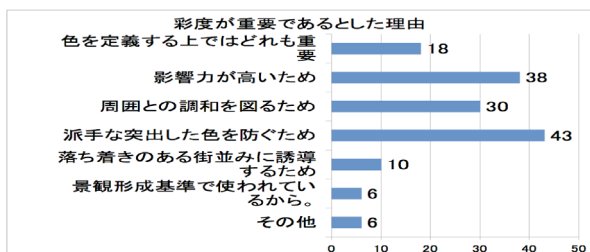


図4 彩度が重要な理由

### 3. 5 色彩調査の実態

景観形成基準には、その土地に即した項目や色彩基準の「地域色・風土色」を取り入れる事が求められる。これらを定義する際、現状の景観を調査しマンセル値に置換するが必要と考えることから、行政団体の色彩調査の実施

表1 地域属性別の彩度平均値

	彩度による制限値																			
	0R~5R	10R	5YR	10YR	5Y	10Y	5GY	10GY	5G	10G	5BG	10BG	5B	10B	5PB	10PB	5P	10P	5RP	10RP
全最高値の平均	4.16	4.44	5.15	5.15	4.71	3.69	2.64	2.57	2.57	2.54	2.49	2.49	2.51	2.54	2.51	2.48	2.47	2.50	2.56	
全域の最高値の平均	4.80	5.07	5.80	5.83	5.30	4.32	3.01	2.93	2.98	2.89	2.84	2.84	2.89	2.85	2.93	2.90	2.86	2.81	2.82	2.82
[山]の最高値の平均	3.59	3.90	4.59	4.58	4.21	3.46	2.33	2.29	2.29	2.21	2.20	2.20	2.20	2.20	2.17	2.17	2.17	2.17	2.21	
[工業]の最高値の平均	3.85	4.28	5.23	5.18	4.35	3.00	2.25	2.15	2.20	2.20	2.10	2.10	2.25	2.40	2.37	2.21	2.00	2.00	2.05	2.26
[住居]の最高値の平均	4.63	4.98	5.81	5.81	5.45	4.50	3.50	3.50	3.45	3.45	3.45	3.45	3.45	3.25	3.25	3.39	3.39	3.39	3.39	3.39
[川]の最高値の平均	4.50	4.93	5.17	5.10	4.69	3.54	2.80	2.80	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.84	2.84	2.79	2.77	2.77	2.80	2.80
[海]の最高値の平均	3.82	3.82	4.47	4.59	4.35	3.06	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47	2.41	2.41	2.41	2.41
[商業・中心]の最高値の平均	4.30	4.68	5.69	5.72	5.28	3.76	2.74	2.66	2.65	2.65	2.59	2.59	2.60	2.60	2.57	2.55	2.55	2.55	2.59	2.66
[農業・緑]の最高値の平均	3.68	3.95	4.69	4.69	4.15	3.36	2.32	2.18	2.18	2.18	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.31
[幹線]の最高値の平均	3.55	3.91	5.00	5.00	4.64	3.36	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73
[歴史]の最高値の平均	3.59	3.72	4.31	4.31	4.11	2.96	1.96	1.96	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91

状態を質問した。色彩調査を実施した計画50%に対して、色彩調査を行っていない計画は47%ある。その理由として「色彩デザインガイドラインを策定時に調査を実施しているため」と色彩調査を実施していない団体の合計が半数近くを占めている。調査箇所は行政団体により差異が見られ、最少で10件、最多は1355件とばらつきが見られた。調査件数は平均すると1団体あたり280件である。

## 4. 彩度の数値基準から見る地域特性

### 4. 1. 地域属性別に見た彩度の制限行為

景観計画には、市域を幾つかのゾーンに分割し市街地や農地・工業地などそれぞれの場所に合わせた適正な基準を求めている計画や、同様にさらに詳細な制限基準を必要とするために景観重点地区を用いている計画が存在する。それらの地域の地形属性が彩度の制限値にどのように関係しているかを明らかにするため文献調査の対象である189計画から全ての区分地域と重点地区および全域に用いられた制限値を抽出し、各地形属性(全域、山、工業、住居、川、海、商業・中心、農業・緑、幹線、歴史)の平均値を求めた(図5)。この図からR、YR、Y系の彩度制限値を高めに設定している事が見て取れる。制限値が高い色相では、その色相で利用できる色の数が多くなり選択肢が広がる。暖色系の色は、木材などの伝統的な日本建築に多く用いられていることから、より選択肢の広い暖色系に色を偏らせる結果となり、調和のとれた街並みを形成することを目的としていると考えられる。また制限値を見ると、最も高い制限値が10RY、5Yの4.2~5.8の範囲で設定されている。日本の自然環境の色彩は主に彩度が概ね6以下で構成されており、彩度の高すぎる外壁は周囲の環境とうまく調和しないことから選択肢の比較的広い暖色系であっても、6以下に設定されていると考えられる。

また各地形別の彩度平均値(表1)を見ると、もっとも高い水準で設定されているのが、「全域」「商業・中心地」「住居」系の3地形であり「全域」「住居」は幅広い地域の色彩環境を強要するため、「商業・中心地」は賑やかな街並み



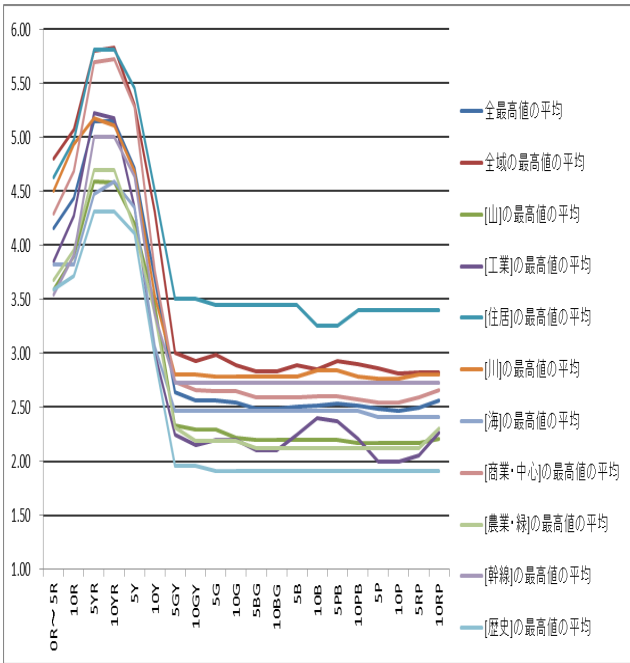


図5 地域属性別彩度制限値

を求めて彩度の高い色彩を許容するため、その他の地形の値よりも高く設定されていると思われる。続いて平均的な値となっているのが、「川」「幹線」「工業」系の3地形。次いで比較的低い水準で定義されているのが「海」「山」「農業・緑」系の自然環境が豊かな背景を持つ地形であった。これらは更に自然環境の要素が増し、低彩度が求められているためと思われる。最も低いのは「歴史」系で、伝統的な落ち着いた街並みに用いられている素材との調和の結果となった。

4. 2 彩度基準値の全体の実態像

表2 アンケート調査概要

アンケート調査概要	
アンケート配布計画数	186
アンケート有効回答	152
有効回答の内訳 (n=152)	
色彩調査実施計画	73
色彩調査未実施計画	70
無回答	9
調査実施計画の内訳 (n=73)	
調査基準値	43
調査基準値以外	30

アンケート有効回答  
152 計画のうち色彩調査を実施し測色したデータと景観形成基準の色彩制限に設定した数値と差異がない43 計画を調査基準値として抽出した(表2)。有効回答を得られた152 計画から、実測値に

近い値である彩度の調査基準値43 計画とそれ以外の109 計画(色彩調査未実施70+調査基準値外30+無回答9)の彩度の平均値を求めた。調査基準値の平均値がそれ以外よりも低い値で推移していることがわかる(図6)。これらより調査基準値を参照していない計画は、彩度基準が緩

くなる傾向である。また調査基準値と調査基準値を除いたどちらの平均値も地域属性別制限値と同様にR~Y系の彩度制限値が他の色相より高く設定されている。マンセル値を用いた基準全体の傾向として色相を意識した調和のとれた街並みを形成することを目的としている傾向が見て取れる。また最も高い制限値は10YR。5Y4~6の範囲で設定されており選択肢の幅広い暖色系も、6以下に設定されている。

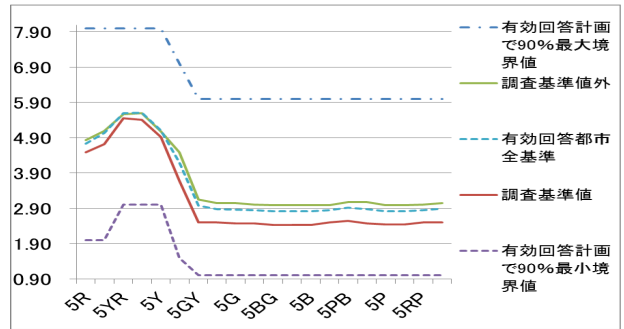


図6 調査基準値とそれ以外の基準値の彩度平均値

5. まとめと今後の課題

- マンセル値を用いた景観計画は多くの行政団体に取り入れられ、定量的な制限であることから多くの基準の客観性や運用のしやすさが比較的多く見られた。
- 色の3属性の中では、彩度が最も重要視されており、派手な突出した色を都市景観から排除することが色彩制限を用いる大前提の結果と考えられる。これらを踏まえた色相・明度・彩度の制限に取り組んでいる行政団体も多い。
- 彩度の設定値にはその地形属性ごとに差があり、周辺環境との調和を目指した基準値が設定されている傾向が見られた。
- 実測値に近い値を参照した彩度の調査基準値よりも調査基準値を参照していない計画の方が、彩度基準が緩くなる傾向である。
- マンセル値を用いた景観計画に関する今後の課題として、色彩の制限手法を住民・行政・業者が各々の立場で協働により、地域資源情報を共有しながら形態意匠の制限項目を提言することが求められる。先人が築いた貴重な日本の環境色彩を後世に伝承して行ける様に、古来より受け継がれている希少な建築素材を守り、地域固有の風土色の創造ときめ細やかな基準の設定をしていく必要がある。

注

注1) 国土交通省ホームページ景観ポータルサイト  
[http://www.mlt.go.jp/toshi/townscape/toshi\\_townscap](http://www.mlt.go.jp/toshi/townscape/toshi_townscap)



# 呈示時間が異なる色刺激に対する異常3色覚の色名応答

## Color Naming of Color Stimuli with Various Durations in Anomalous Trichromats

桂 重仁 Shigehito Katsura 九州大学大学院芸術工学研究院 Faculty 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:** 異常3色覚, 2色覚, 呈示時間, カテゴリカルカラーネーミング.

の異常3色覚のカテゴリカルカラーネーミングを調べ, 2色覚から3色覚へどのように色名応答が変化するかを明らかにすることを目的とした.

### 1. はじめに

人の色覚には多様性があり, 大多数は3種類の錐体をもつ3色覚であるが, 2種類の錐体しかもたない2色覚や, 3種類の錐体をもつが, いずれかの錐体の感度ピークが3色覚とは異なる異常3色覚も存在している. 3色覚と異なる色覚タイプは色覚異常と呼ばれ, 色の見えが異なることが知られている. しかし, 色知覚は主観的感覺であるため, 色の見えの違いは簡単にはわからない. どのように色の見えが異なるかを明らかにすることは, 相互理解やカラーバリエーションを実現するためにも重要である.

2色覚の色の見えを知るために, 多くの研究がされてきた. Montag と Boynton は, 3色覚と2色覚のカテゴリカルカラーネーミングについて調べ, 2色覚が3色覚と同じように基本11色を使い色名応答することを示した<sup>1)</sup>. また, 齋藤と岡嶋は, 色刺激の呈示時間がカラーネーミングに与える影響を調べ, 呈示時間が長いとき2色覚と3色覚の色名応答が似ることを示した<sup>2)</sup>. これらの研究により, 2色覚の色名応答には呈示時間が影響し, 長い呈示時間であれば3色覚と同じような色名応答となることが明らかになっている.

一方, 異常3色覚の色の見えについて調べた研究は少ない. 異常3色覚は, 錐体の感度ピークがシフトしている特徴を示し, そのシフト量には多様性が存在する. つまり, 一言で異常3色覚といってもシフト量の小さい弱度からシフト量の大きい強度まで, その程度には差がある. 異常3色覚の程度の差が色の見えにどのような影響を与えているかの詳細は, まだわかっていない. もし, 異常3色覚の色覚特性が2色覚と3色覚の色覚特性の差を補間するのであれば, 様々な程度の異常3色覚の色名応答の変化を調べることで, 2色覚から3色覚への色名応答の変化の過程を明らかにできる可能性がある.

本研究では, 様々な色の呈示時間を変えたとき

### 2. 方法

実験には, 暗室内に設置した LCD モニタ (EIZO ColorEdge CS2420) を用いた. 被験者は, 視距離 60 cm で画面に表示された色刺激を観察した. 黒色背景 (0.93 cd/m<sup>2</sup>) の画面中央には視角 2°, N9.5 の基準白色帯 (193.05 cd/m<sup>2</sup>) を付した視角 10°, N6.5 の灰色背景 (77.64 cd/m<sup>2</sup>) を表示した. また, 白色は D65 色度 (x=0.3127, y=0.329) とした. この灰色背景の中央に, 視角 2° の色刺激を呈示した.

色刺激は, マンセル値を基準として選んだ. 明度 (V) が 3, 5, 7, 9 のとき, 色相 H=5, 10 では彩度 (C) は 2, 4, 6, … と 2 ステップで最大彩度まで, H=2.5, 7.5 では 1, 3, 6, 10, … と 4 ステップで最大彩度までの 820 色, V=4, 6, 8 のときは H=5, 10 のみとし C=4, 8, 12, 16, … と 4 ステップで最大彩度までの 188 色とした. 無彩色は, N1 から N9 までの 9 色とした. さらに, RGB 3 原色の最大値の組み合わせで表せる R, G, B, C, M, Y の 6 色を合わせ, 合計 1023 色とした.

色刺激の呈示時間は, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200 msec. の 7 条件とした. また, 被験者が 3 色覚の場合は, 1600, 3200 msec. の 2 条件を除いた 5 条件とした.

色刺激と呈示時間は, 全てランダムな順番で呈示された. 被験者は, 呈示された色刺激の色を赤, 橙, 黄, 黄緑, 緑, 青緑, 青, 紫, 茶, 桃, 水色, 黒, 灰, 白の 14 色の中から 1 色を選びキーボードにて応答した. 色刺激が呈示時間中に変化して見えた場合には, 最後に見えた色を応答した. また, 応答までの時間には制限を設けなかったが, 1 回の実験時間は 10 分間とした. 色刺激と呈示時間の全ての組み合わせを 1 セッションとし, 被験者 1 人あたり 3 セッション行った.

被験者として 3 色覚 2 名, 2 型異常 3 色覚 1 名, 2 型 2 色覚 1 名が参加した. 色覚タイプは, 石原

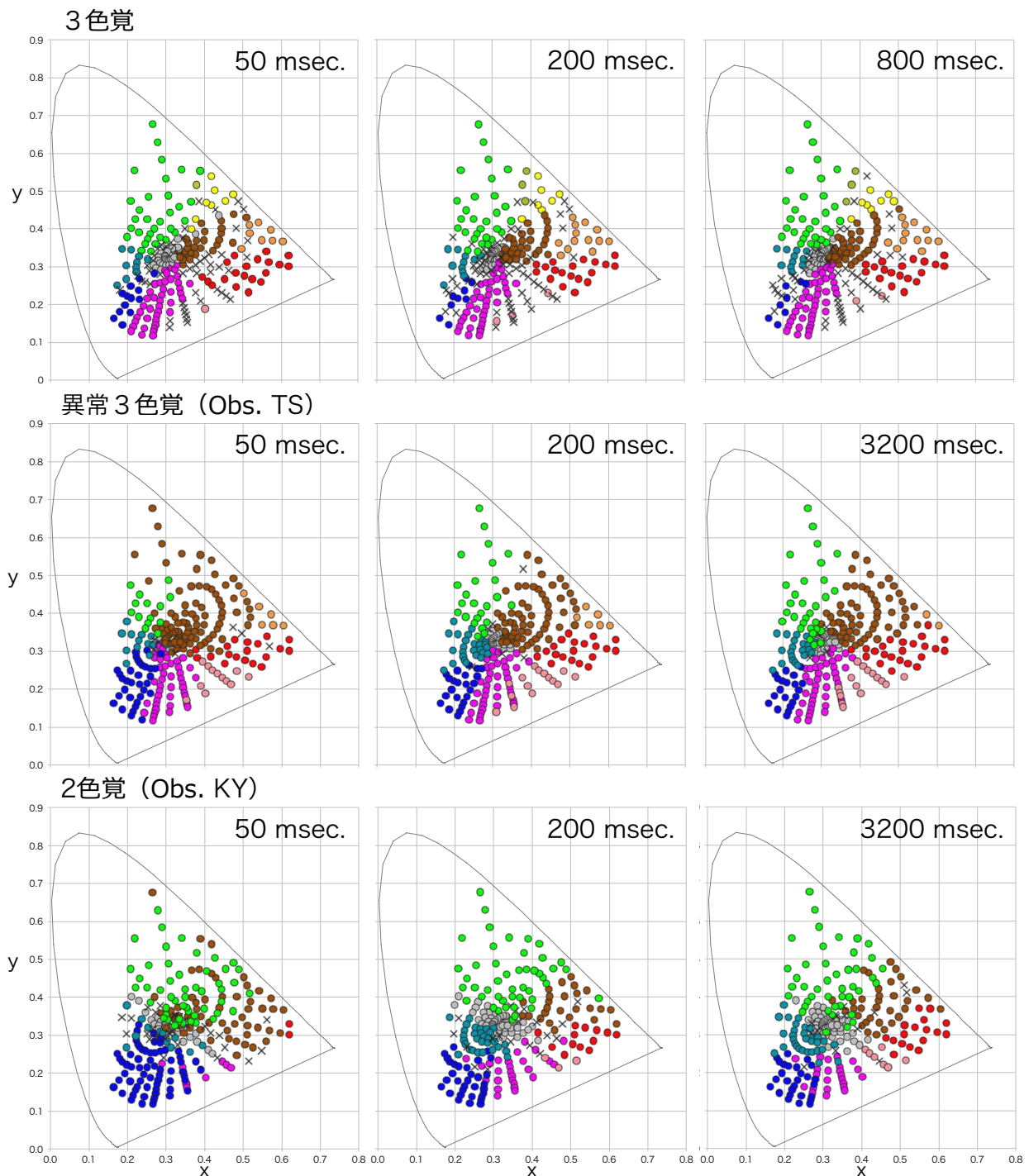


図1 V=5のときの色覚タイプ別の各呈示時間における色名応答

表, Panel D-15, アノマロスコープにて分類した.

### 3. 結果および考察

図1に, 明度5のときの各呈示時間における色名応答を色度図上に示す. 3色覚は被験者2名6応答中4応答以上, 他の被験者は3応答中2応答以上をその色に対する色名とし, プロットの色にて示した. また, この基準に満たない場合は色名不定とし, Xにて示した.

色覚タイプごとに結果をみると, 3色覚は呈示

時間が変化しても, 色名応答の変化は小さいことがわかる. 一方, 異常3色覚や2色覚では呈示時間の変化に伴い色名応答が変化している. 異常3色覚では, 50 msec.の場合, 灰が少なく茶が多いことがわかるが, 呈示時間が長くなると灰が多くなっている. また, 2色覚では, 50 msec.の場合, 主に茶, 緑, 灰, 青の4色が多く知覚されているが, 呈示時間が長くなると赤や紫も知覚されるようになる.

色覚タイプ間で比較すると, 呈示時間が長いと

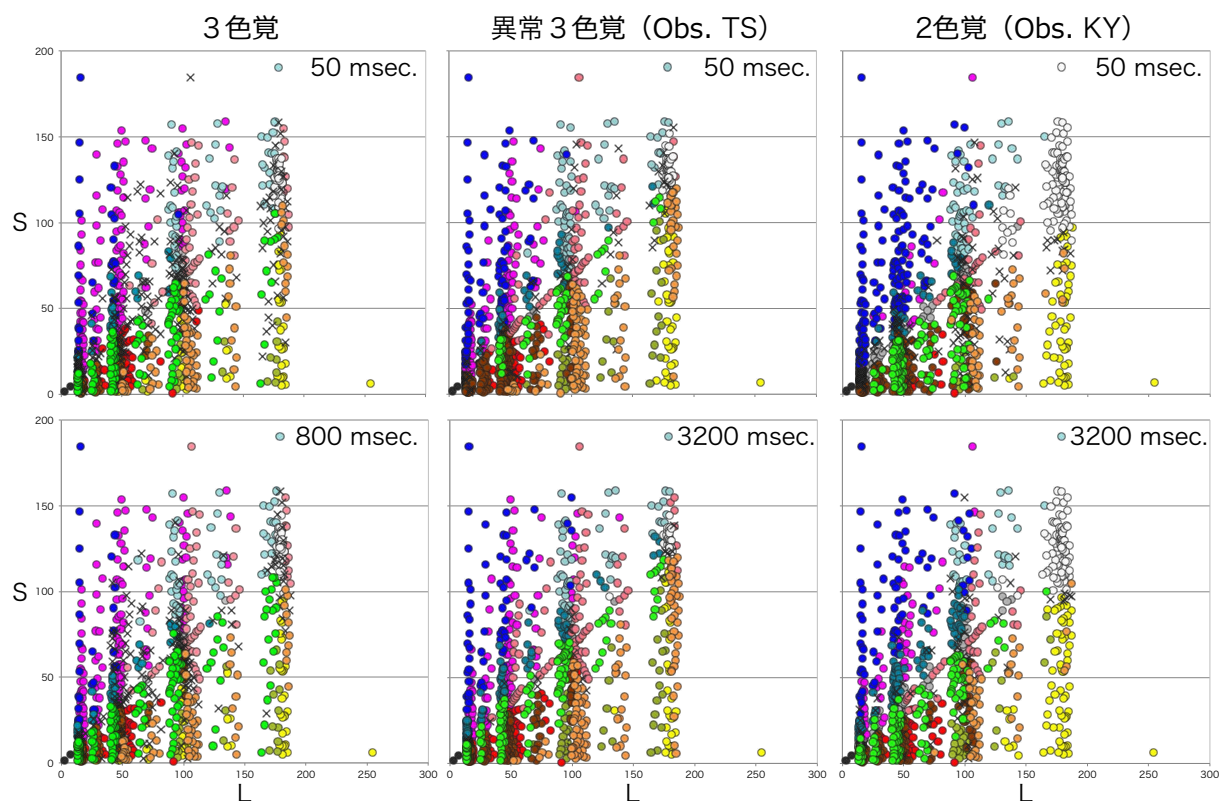


図2 色覚タイプ別の各呈示時間におけるLSプロット

き3色覚と色覚異常では茶, 赤, 緑, 紫の色名応答が類似している. また, 異常3色覚の色名応答は, 青, 青緑, 緑では3色覚と類似している. しかし, 橙応答が少ないことや低彩度色に対し灰応答が多いことは2色覚に類似している.

錐体刺激値による分析をするために, モニタの分光分布と Stockman と Sharpe の錐体基本関数<sup>3)</sup>から LMS 錐体三刺激値を算出した. 図2に, 色覚タイプごとに, 最短と最長の呈示時間における全ての色刺激に対する色名応答結果を LS 平面にて示す. この平面からは2型2色覚の色知覚を推定することができ, 重なり合う色は混同色を, L 錐体刺激値は明度を表している. 短時間呈示における異常3色覚の色名応答は, 低明度色に対し茶応答が多く2色覚と類似しているが, 高明度色に対し水色, 橙, 桃応答が現れ3色覚に類似した特徴がある. 長時間呈示になると異常3色覚, 2色覚共に, 低明度色に対し緑応答が現れ3色覚に類似するようになる. また, 2色覚においては青応答が減り, 紫応答が増えることで, 3色覚の特徴に近づいている. しかし, どちらの色覚タイプも高明度色は呈示時間の変化に伴う色名応答の変化は小さい.

#### 4. おわりに

3色覚, 異常3色覚, 2色覚のカテゴリカルカ

ラーネーミングを調べ, 異常3色覚の色名応答は2色覚と3色覚の色名応答の特徴を併せ持つことを示した. 今後は, 被験者数を増やし異常3色覚の程度の違いによる特徴を明らかにし, 定量的な分析に取り組む予定である.

#### 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費課題番号 17K00809 (基盤 A) の助成を受けて行われた.

#### 参考文献

- 1) E. D. Montag and R. M. Boynton: Rod influence in dichromatic surface color perception, *Vision Res.* vol.27, no.12, pp.2153-2162, 1987.
- 2) 齋藤晴美, 岡嶋克典: 2型二色覚者の色名応答における刺激呈示時間の影響, *電子情報通信学会論文誌 D*, vol.J97-D, no.1, pp.85-94, 2014.
- 3) Stockman, Andrew; Sharpe, Lindsay T. The Spectral Sensitivities of the Middle- and Long- wavelength-sensitive Cones Derived from Measurements in Observers of Known Genotype. *Vision Research*. 2000, vol.40, p.1711- 1737.

## 2色覚の混同色の黄青-明度平面への色カテゴリマッピング

### Category Mapping of Confusion Colors to the Plane Constituted by the Yellow-blue and the Lightness Axes

城戸今日子 Kyoko Kido 九州大学大学院芸術工学府 Graduate 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  
 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:** カラーユニバーサルデザイン, 2色覚, 混同色, 色カテゴリ, 配色.

#### 1. はじめに

カラーユニバーサルデザインの新しい配色手法として, 2色覚が知覚している色空間内の色で配色した後, 混同色線に沿って色を変更して3色覚向け配色を決定する手法が提案されている<sup>1-3)</sup>. 須長らは, このカラーユニバーサルデザイン手法において, 2色覚が知覚している色空間内の色で配色には, 黄青-明度平面が適切であることを提案している<sup>3)</sup>. しかし, その平面での色分割を1型と2型の中間の色覚特性を模擬できるP・D複合型色弱模擬フィルタを用いて測定したため, 実際の2色覚の特性とは異なる可能性があった.

我々は, この新たな配色手法を確立するため, 2色覚を被験者とし, 最初の2色覚が知覚している黄青-明度平面上の色において, 配色に適した複数の色カテゴリを明らかにした<sup>4)</sup>. その結果, カテゴリの最大分割数の個人差を考慮せずに2色覚が許容できるカテゴリの分割数は, 白色背景では, 黄, 暗い黄, ごく暗い黄, 灰, 黒, 青, 暗い青の7つであった(図1). 本研究では, 黄青-明度平面外の色がこれらの黄青-明度平面上の7つの色カテゴリにどのようにマッピングされるかを明らかにすることを目的とした.

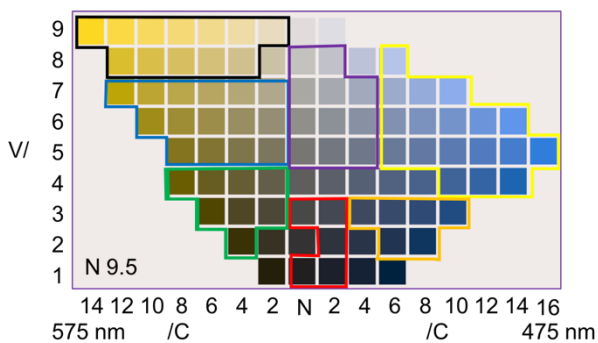


図1 配色を想定した2色覚の黄青-明度平面のカテゴリ分割<sup>4)</sup>

#### 2. 方法

##### 2.1 被験者

2型2色覚1名が被験者として実験に参加した. 2型2色覚は, 石原式色覚検査表, パネルD-15テスト, Farnsworth-Munsell 100ヒューテスト, アノマスコープによって分類された.

##### 2.2 実験装置

実験装置として, コンピュータ(MacBook Pro, Apple)により制御した液晶カラーディスプレイ(ColorEdge CX241, EIZO)を用いた. ディスプレイは被験者から54 cmの距離に置かれた.

##### 2.3 刺激

図2に刺激画像を示す. 240 cd/m<sup>2</sup>のD65色度を完全拡散反射面(N10)と仮定し, N9.5のD65色度の白色(210.6 cd/m<sup>2</sup>)背景上に図1の城戸らの研究にて測定された黄青-明度平面上の7つのカテゴリを周囲に配置した. 中央には, 分類刺激を1色ずつ呈示した. 分類刺激は, マンセルヒューは10色相(R, YR, Y, GY, G, BG, G, PB, P, RP)の5

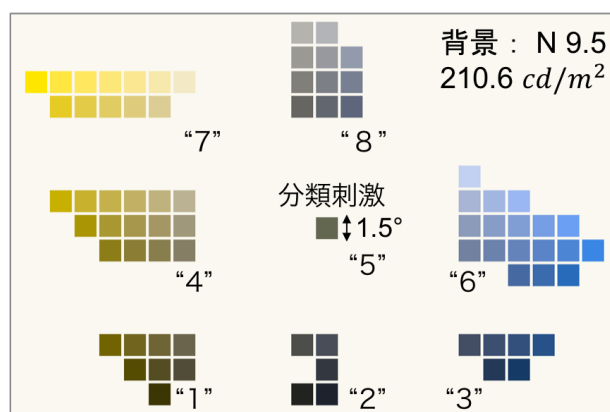


図2 実験に用いた刺激

N9.5相当の白色背景上, 中央に分類刺激を, 周辺は色カテゴリ刺激を配置した. 数字はテンキーの呈示または応答キーを示しており, 実際に画面には表示されていない.



と10, マンセルバリューは1から9, マンセルクロマは2から各色相における最大値まで2おきの1042色とした. マンセル色票の呈示には, 「JIS Z 8721 色の表示方法」<sup>5)</sup>に掲載されている D65 照明条件下での三刺激値を用いた.

## 2.4 手続き

被験者は背景順応後に実験を開始した. 1042色は, 被験者がテンキーの“5”を押すことによって, ランダムな順序で1色ずつディスプレイ中央に呈示された. 被験者の課題は, 呈示された分類刺激がどの色カテゴリに分類されるか, また, どの色カテゴリにも分類されない場合, 最も近い色カテゴリはどれかということ进行分类刺激の周辺に呈示された色カテゴリ刺激の位置に対応するテンキーのキーにより応答することであった.

実験では, 210色の分類刺激を1セッションとし, 5セッション行うと全分類刺激 1024色に対してそれぞれ1応答の結果を得られるようにした. 1色に対して8応答の測定を行った. すなわち, 被験者は40セッションの実験を行った.

## 3. 結果および考察

図3にマンセルバリュー7/の分類刺激に対するカテゴリマッピング結果を CIEu'v'色度図にて示す. 各分類刺激の応答の頻度はその色度の円グラフで示した. 図1から黄青-明度平面のマンセルバリュー7/の色カテゴリは青, 灰, 暗い黄である. 図3の拡大図を見ると, 5Yから5Gの分類刺激に対しては, マンセルバリュー7/と同じ暗い黄色に分類されたが, 黄色よりも赤みが多い, 10YRから10RPの分類刺激に対しては, 暗い黄のカテゴリではなく, 黄のカテゴリに分類された. このことは, 黄色と赤が3色覚にとって等明度であっても, 2型2色覚にとっては, 赤の方が明るく知覚

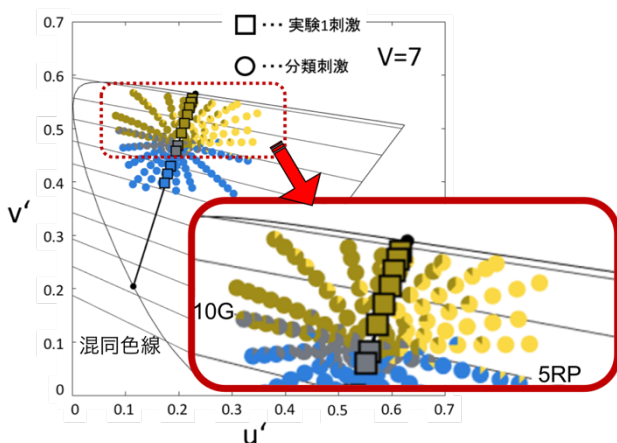


図3 マンセルバリュー7/の分類刺激の色カテゴリマッピング結果

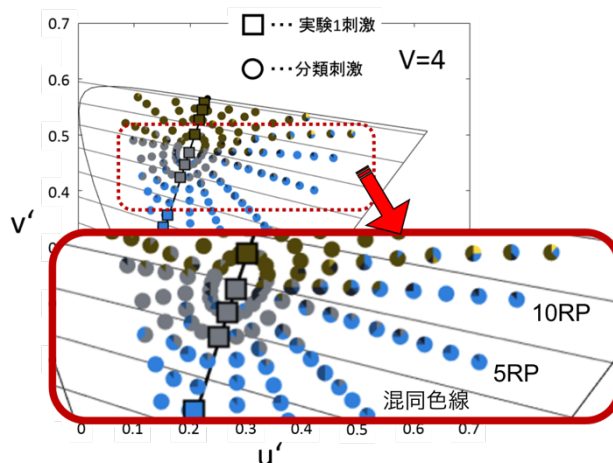


図4 マンセルバリュー4/の分類刺激の色カテゴリマッピング結果

される. この効果によって, 暗い黄よりも高明度である黄のカテゴリに分類されたと考えられる. また, 5RPの色相は, 混同色線から灰に分類されると予測されるが, 青の色カテゴリに分類され, 混同色線からの予測とは一致しなかった. この傾向は, マンセルバリュー4/およびマンセルバリュー5/の結果にて顕著に認められた. 図4にマンセルバリュー4/の分類刺激に対するカテゴリマッピング結果を示す. マンセルバリュー4/では, 5RPのみならず, 10RPも青の色カテゴリに分類され, 混同色線からの予測とは一致しなかった. これらの結果は, 大きく2つの可能性を示している. ひとつは適切な表色系や混同色線を選択できていなかったかもしれない. もうひとつの可能性は, 2色覚は何らかの別の手がかりを用い, 単純に混同色線から予測される色カテゴリマッピングとはならないかもしれない.

## 4. おわりに

本研究では, 黄青-明度平面外の色が, 城戸ら<sup>4)</sup>が報告した黄青-明度平面上の黄, 暗い黄, ごく暗い黄, 灰, 黒, 青, 暗い青という7つの色カテゴリにどのようにマッピングされるかを検討した. その結果, カテゴリ分類が混同色線の方向と一致しない色が存在することが示された. 今後, この結果が表色系や混同色線を選択によって説明可能なのかを検討する予定である. さらに, 1型2色覚および2型2色覚の被験者を増やし, 各色覚型の傾向を明らかにしつつ, かつ, 個人差も合わせて検討していく.

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費課題番号 17H00809 (基盤 A) の助成を受けて行われた.

## 参考文献

- 1) 佐藤尊之, 東洋インキ製造株式会社, 色票, 特開 2005-246830, 2005-09-15.
- 2) 佐藤尊之, 東洋インキ製造株式会社, 色を選択する方法, 特許第 4507641 号, 2010-07-21.
- 3) 須長正治, 桂重仁, 玉野由利子, 大井手晴香, 金田恵梨子, 光安祥代. 2色覚の視点に立ったカラーユニバーサルデザインのための色見本帖. 日本色彩学会誌. 2016, 40 巻, 3+号, pp.114-115.
- 4) 城戸今日子, 桂重仁, 佐藤雅之, 須長正治. 黄青-明度平面における2色覚の色カテゴリ. 日本色彩学会誌. 2017, 41 巻, 6+号, pp.76-79.
- 5) JIS Z 8721:1993. 色の表示方法 - 三属性による表示. 日本規格協会

# 薄明視における照度レベル・視対象の大きさ・観察時間が 色認識へ及ぼす影響

## Influence of Mesopic Illuminance Levels, Stimulus Size and Duration of Observation on Color Identification

橋本 愛理 Airi Hashimoto 立命館大学大学院 Graduate School of Ritsumeikan University  
篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学 Ritsumeikan University

**Keywords:** 薄明視, 刺激サイズ, 観察時間, 色認識, 目撃証言.

### 1. はじめに

目撃証言は有力な証拠となり、裁判の判決にも影響することがある。例えば、舞鶴女子高生殺害事件では、被害者のポーチの色（薄いピンク色）について「ベージュのような色」と述べた被告人の目撃証言が裁判の争点となった。そして、薄いピンク色は暗所でベージュ色に見えることから、暗所で色の見えを知っているのは犯人のみであるという結論に至った<sup>1)</sup>。

目撃証言は照明の明るさや距離の影響を受け、正確さが損なわれることが報告されている<sup>2)3)</sup>。また、色認識についても同様に、照度レベルや視対象の大きさの影響を受け、変化することが明らかとなっている<sup>4)5)</sup>。

本研究では、色についての情報が含まれる目撃証言に着目し、照度レベル、刺激サイズ、観察時間の影響による色認識の変化を調査した。

### 2. 実験方法

実験では、被験者に対してディスプレイ上に提示された刺激の色を答えることを求めた。色の計測手法はカテゴリカルカラーネーミングを採用し、19色の色名（白、黒、赤、緑、黄、青、茶、紫、桃、橙、灰、水、肌、紺、抹茶、えんじ、黄土、山吹、クリーム）<sup>6)</sup>の中から選択させた。

照度レベルは明るさレベルが明所視から薄明視を想定した 200 lx, 20 lx, 1.8 lx, 0.2 lx の 4 条件とした。また、刺激サイズは視角 5 deg, 1 deg, 0.5 deg の 3 条件、提示時間は 0.5 sec, 1 sec, 9 sec<sup>7)</sup> の 3 条件とした。使用した刺激色は、マンセル色票をディスプレイ上で再現した 65 色である。有彩色は 20 色相、明度 6, 彩度 2, 6, 最大値 (8 または 10) の 60 色、無彩色は 5 色を採用した。刺激提示の際、周辺刺激は N5 に相当する無彩色を用いた。実験は照度レベルごとに 4 セッション

に分け、各セッションの照度レベルに対し、10 分間の順応時間を設けた。全試行において、刺激はランダムに提示し、前後に一面が N5 のブランクを挟んだ。実験は 2 回行い、数字入力により応答を記録した。

### 3. 結果

図 1 に実験結果を示す。実験で使用した刺激 65 色の色度 xy をプロットしている。ここで、実験 1 回目と 2 回目の応答が違った場合を異なった応答、同じであった場合を一致した応答とする。図中、白抜き四角シンボルは異なった応答、その他のシンボルは一致した応答を表し、シンボルの色は 19 色の色名に対応している。また、実線はスペクトル軌跡、一点鎖線はディスプレイの色域である。そして、無彩色 5 色の応答結果は xy 色度図下にプロットしており、左から N1, N4, N6, N8, N9 の結果を示す。

図 1(A) は 200 lx, 5 deg, 9 sec 条件の結果、(B) は 0.2 lx, 5 deg, 9 sec 条件の結果である。刺激サイズ・提示時間は、照度レベルが低くなるにつれて影響が強まり、色認識に変化を及ぼした。特に刺激サイズ・提示時間の影響を受け、色認識が著しく変化したのは照度レベル 0.2 lx 条件であった。よって、0.2 lx, 0.5 deg, 9 sec 条件の結果を (C)、0.2 lx, 5 deg, 0.5 sec 条件の結果を (D) に示す。

図 1(A), (B) より、照度レベルが低下すると、異なった応答が増加し、有彩色応答が変化した。特に、「ピンク」応答は「赤」「茶」「紫」応答へ、「水」応答は「緑」「青」応答へ変化した。

図 1(B), (C) より、刺激サイズが小さくなると、異なった応答が増加し、有彩色応答が変化した。特に、「緑」応答が「灰」「青」応答へ、「茶」応答が「赤」「紫」応答が「灰」応答へ変化した。

図 1(B), (D) より、提示時間が減少すると、「緑」応答、異なった応答が増加し、「青」「紫」「茶」応答が減少する傾向がみられた。

ここで、最も色認識が正確であると考えられる 200 lx, 5 deg, 9 sec 条件 (図 1(A)) の応答を基準条件とする。基準条件において「ピンク」応答であった色は、照度レベル、刺激サイズ、提示時間の影響を受け、他の色よりも著しい応答の変化がみられた。

#### 4. 考察

色認識は照度レベル、刺激サイズ、提示時間の影響を受け、異なった応答が増加し、応答の一貫性が失われた。

結果より、低照度レベル、小視対象、短時間観察時、「赤」「茶」「紫」「灰」の色情報を含む目撃証言は、すべて「ピンク」の色情報である可能性が高いことが予測される。

よって、観察条件が悪い目撃証言における色情報は慎重に扱う必要があることが示唆された。

#### 参考文献

- 1) 京都地判 平 23・5・18  
LEX/DB《25481351》.
- 2) A.D.Yarmey: Verbal, visual, and voice identification of a rape suspect under different levels of illumination.,  
J. Appl. Psychol. 71 (1986) 363-370
- 3) W.A.Wargenaar and J.H.Van der Schrier: Familiar face recognition as a function of distance and illumination: A practical tool for use in the courtroom.,  
Psychology, Crime & Law 2 (1996) 321-332
- 4) W.E.K.Middleton and E.G.Mayo: The Appearance of Colors in Twilight,  
J. Opt. Soc. Am. 42 (1952) 116-121
- 5) 湯尻照: 照度レベルによる表面色の色の見えの変化--刺激サイズの影響,  
光学 19 (1990) 97-104
- 6) I.Kuriki, R.Lange, Y.Muto, A.M.Brown, K. Fukuda, R.Tokunaga, D.T.Lindsey, K. Uchikawa and S.Shioiri: The modern Japanese color lexicon,  
Journal of Vision 17 (2017) 1-18
- 7) 徳永留美, 原菜帆, 篠田博之: 目撃証言における修飾語を伴う「見た」とその確信度について, 法と心理学会予稿集・ポスター(2015).

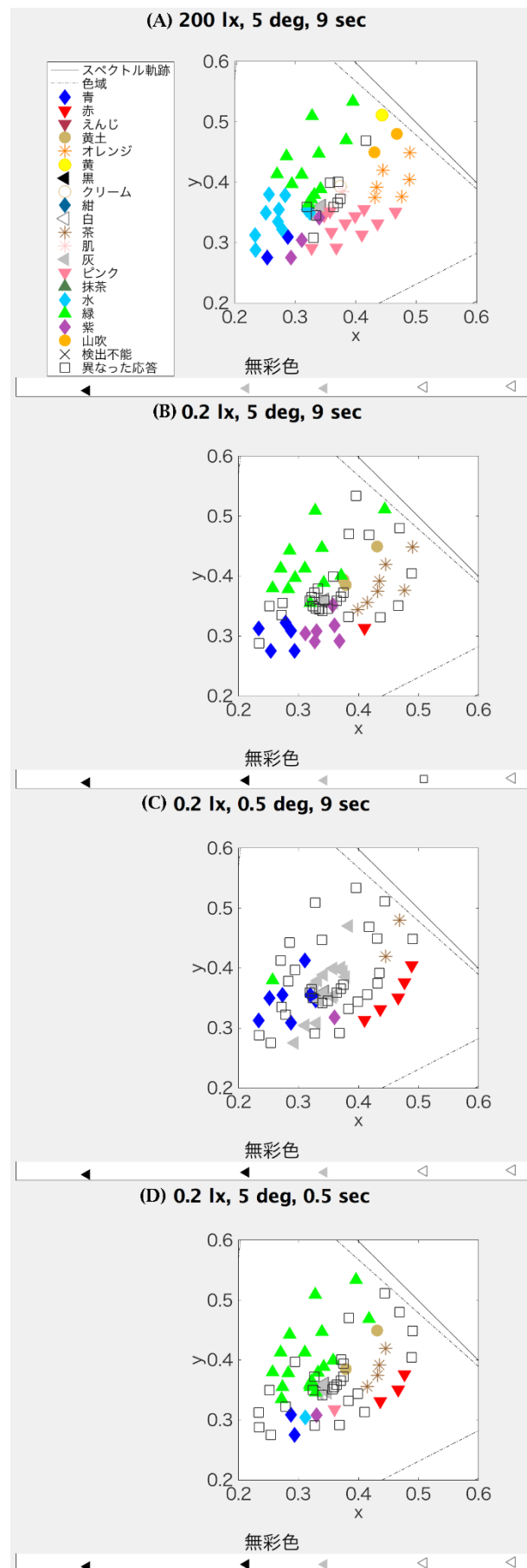


図 1 照度レベル、刺激サイズ、提示時間の影響による応答の変化



# 色調変化により劣化したディスプレイイメージの画質評価

## Image quality assessment of images on a display degraded by color shift

小坂 晏子 Yasuko Kosaka 立命館大学大学院  
 篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学

Graduate School of Ritsumeikan University  
 Ritsumeikan University

**Keywords:** 視認性, ディスプレイ, 色調変化.

### 1. はじめに

ディスプレイの画像品質は、使用環境の影響で変化しやすく、環境光の重量などの影響で色調変化が起こると情報伝達に支障を来すことがある。しかし、色調変化を考慮した評価基準の検討は十分になされていない。

均一な光がディスプレイ面に重畳するとき、輝度が上昇し、同時にコントラストが反比例の関係を保って低下する。このため、ディスプレイに提示する画像の輝度とコントラストを制御することで、色調変化を物理的に再現できる。これを利用して、複数の基準画像に RGB 各方向の輝度、コントラスト変化を様々に組み合わせた色光をシミュレーションしてディスプレイに重畳させた評価画像を作成し、両画像を比較して画質を評価する主観評価実験を繰り返した。

本研究は、ディスプレイ全体が均一に色調変化したときのディスプレイイメージの画質評価指標を確立することを目的として行った。

### 2. 実験

#### (1) 刺激

実験では、Kodak Lossless True Color Image Suite<sup>[1]</sup>の24枚の画像を使用した。その一部を図1に示す。これらの画像の輝度とコントラストを式(1)によってRGB独立に調整し、MATLABを用いて刺激画像を作成した。

$$\begin{aligned} Y'_{Ri} &= I_R Y_{Rave} + I_R C_R (Y_{Ri} - Y_{Rave}) \\ Y'_{Gi} &= I_G Y_{Gave} + I_G C_G (Y_{Gi} - Y_{Gave}) \\ Y'_{Bi} &= I_B Y_{Bave} + I_B C_B (Y_{Bi} - Y_{Bave}) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $Y'$ は調整後の画像の輝度、 $Y$ は調整前の画像の輝度、 $I$ は輝度係数、 $C$ はコントラスト係数である。輝度係数のうち $I_R$ 、 $I_G$ は0.5, 0.55, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9の中から、 $I_B$ は0.5, 0.7, 0.9, 1.1, 1.5, 1.9の中から選んだ54通りの組み合わせを設定した。またコントラスト係数 $C$ は、 $I$ との積が0.25になるよう設定した。

式(1)を用いて作成した刺激画像の一例を図2に示す。図2の左側は $I_R = I_G = I_B = 0.5$ とした輝度・コントラスト調整前の基準画像、右側は $I_R = 0.7, I_G = 0.55, I_B = 1.9$ として調整を施した評価画像である。

#### (2) 画質評価実験

実験は暗室内で行った。DCR法を採用し、表1に示す9段階の評点を用いて主観評価実験を行った。被験者

は数分間の暗順応の後、基準画像と評価画像を順に観察し、基準画像に対する評価画像の画質評価を行った。



図1 Kodak Lossless True Color Image (一部抜粋)



図2 作成した刺激画像の例

表1 実験に使用した評点と評定語

評点	評定語
9	向上が認められ、非常に好ましい
8	向上が認められ、好ましい
7	向上が認められ、わずかに好ましい
6	わずかな向上が認められるが、好ましいほどではない
5	劣化も向上も認められない
4	わずかな劣化が認められるが、気になるほどではない
3	劣化が認められ、わずかに気になる
2	劣化が認められ、気になる
1	劣化が認められ、非常に気になる

(3) 結果と解析

被験者全員の結果を画像毎に平均すると、色調変化が0 ( $I_R = I_G = I_B = 0.5$ ) のとき評価値は5 (劣化も向上も認められない) であり、色調変化が大きくなるほど評価値は低くなるという傾向が見られたが、評価値の下がり方には画像毎に違いが見られた。

この原因として、輝度係数 $I$ の変化量は色調変化を物理的に表していないということが考えられた。そこで、図3に示す  $u^*v^*$  均等色度図<sup>2)</sup>と心理計測明度 $L^*$ <sup>2)</sup>を組み合わせた均等色空間において実験結果をプロットした。

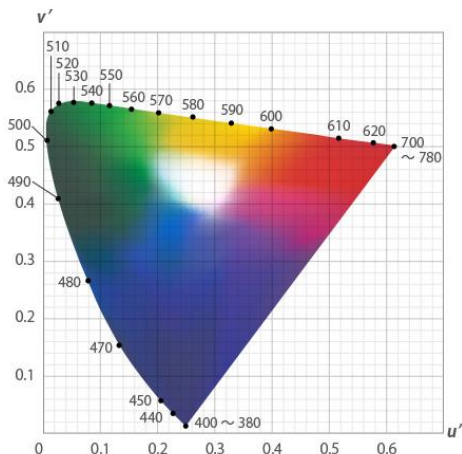


図3  $u^* v^*$  均等色度図

更に、各評価画像と基準画像の  $u^*v^*L^*$  の値の差分を入力変数として、3次元シグモイド関数による近似を行った。近似に用いた3次元シグモイド関数を以下に示す：

$$\begin{aligned}
 & \text{DCR} \\
 & = \min + (\max - \min) \\
 & * \left[ \left\{ 1 + \exp\left(\frac{u' - \mu_{u'}}{\sigma_{u'}}\right) \right\} \right. \\
 & * \left. \left\{ 1 + \exp\left(\frac{v' - \mu_{v'}}{\sigma_{v'}}\right) \right\} \right. \\
 & * \left. \left. \left\{ 1 + \exp\left(\frac{L^* - \mu_{L^*}}{\sigma_{L^*}}\right) \right\} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2)
 \end{aligned}$$

ここで、 $\max$ は劣化・向上なしの評価点5、 $\min$ を最低の評価点1とした。 $\mu$ を変曲点、 $\sigma$ を標準偏差としてフィッティングを行い、導出された DCR 曲面を同じグラフ上にプロットして解析を行った。kodim04 と kodim20 のフィッティング結果を図4、図5に示す。

図4、図5に示されるように、均等色空間を用いて基準画像と評価画像の色差を物理的に表現した場合にも、評価値の下がり方には画像毎に差が出ていた。

3. 考察

評価値の下がり方の違いに着目すると、基準画像の平均輝度値が高い画像ほど  $\mu_{L^*}$  が小さいことがわかった。

本実験の色調変化は、RGBいずれの方向においても、変化が大きくなるほど画像全体の輝度が上昇する。そのため平均輝度が高い画像ほど、色調変化が小さい段階で被験者に明るすぎるという印象を与え、その結果早い段階で最低点に漸近するものと考えられる。

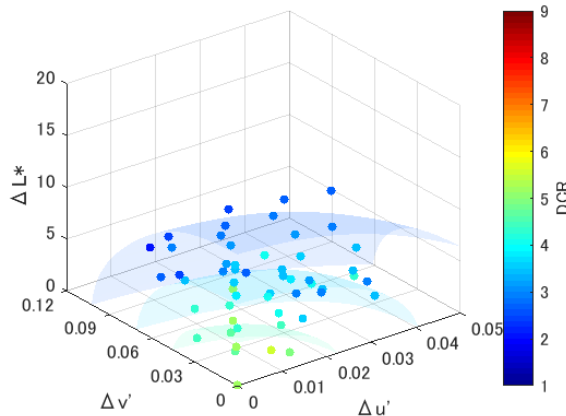


図4 フィッティング結果 (kodim04)

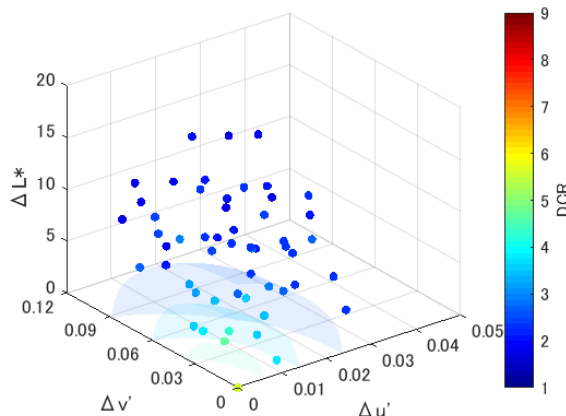


図5 フィッティング結果 (kodim20)

また、基準画像の平均色度が無彩色から離れた位置にある画像は、 $\Delta u^*$ または $\Delta v^*$ が変化しても、評価値が変化しなかった。基準画像の平均色度が無彩色から離れている時、その色はある程度濃い有彩色である為、同じ方向の色調変化に対して知覚が鈍くなるものと考えられる。

本研究では色調変化の物理量から画質評価指標の確立を試みた。しかし画質の変化は、色調変化だけでなく、元の画像の平均輝度や平均色度にも依存していることが明らかになった。このため、あらゆる画像に対応した画質評価指標を確立するためには、基準画像の輝度や色度を考慮して更なる実験を行う必要がある。

参考文献

- 1) R. Franzen: Kodak lossless true color image suite [online]. Available: <http://r0k.us/graphics/kodak/>
- 2) 篠田博之, 藤枝一郎: 色彩工学入門, 森北出版株式会社 (2007) 116-120

## ディスプレイを用いた有窓室空間の測定

# Measurement of Brightness Perception Affected by Daylight through the Window by using the display

伊藤 隼 Shun Ito

立命館大学大学院

Graduate School of Ritsumeikan University

嶋田 友梨 Yuri Shimada

立命館大学

Ritsumeikan University

篠田 博之 Hiroyuki Shinoda

立命館大学

Ritsumeikan University

**Keywords:** 明るさ感, 昼光, 窓, ディスプレイ.

### 1. はじめに

建築分野では明るさの指標として水平面照度が用いられてきた。しかし人が空間を見る時、床面だけでなく室内全体を見渡すため、照度がそのままの感じる明るさを表すわけではない。人の感覚を考慮した明るさの指標（以下、明るさ感）が必要となってくる。これまでに明るさ感を取り入れた新たな指標が提案されてきたが、どれも窓がない空間に制限されている。そこで本研究では窓があり昼光が入射する空間での明るさ感について検討を行う。

先行研究では、昼光がどのように明るさ感に影響するか調査してきた。昼光の入射を想定した模型空間を用いて実験を行ったところ、昼光の導入によって、得られた照度に対する空間の明るさは期待されるほど大きくならないことが報告された。先行研究では実験に模型を用いていたが、手間やコストがかかるため、本研究では様々な条件を簡単に再現できるディスプレイを用いて行い、ディスプレイ上でも昼光が明るさ感に与える影響が同様であるかを調査した。

### 2. 実験

実験はディスプレイ (EIZO CS230) を用いて暗室内で行った。ディスプレイは色温度 5500K, 輝度 1000cd/m<sup>2</sup>, ガンマ値 2.2 に設定されている。実験にはマッチング画像とテスト画像の2種類を用いて、被験者は、テスト画像とマッチ画像を比較し両者の明るさが等しくなるようにマッチ画像の明るさを調節する。ディスプレイに表示する画像は、天井照明の明るさと昼光の明るさを別々の条件で操作するため、天井照明のみで照らされた空間の写真、窓から入る昼光のみで照らされた空間の写真が必要となる。天井照明のみの画像は、図1に示した照明有りの画像の輝度値から図2に示した照明無しの画像の輝度値を差し引くことによって作成することができる。

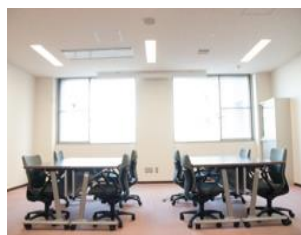


図1 照明有り画像

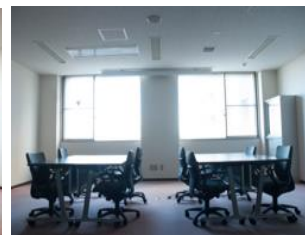


図2 照明無し画像

実際にディスプレイに呈示する画像は輝度値を用いて表している。呈示画像の輝度値を求める式を以下に示す。テスト画像の輝度値 (tK), マッチング画像の輝度値 (mK) とする。照明のみの画像の輝度値 (CK), 昼光のみの画像の輝度値 (DK) とする。

$$tK = tC \times CK + tD \times DK \quad (1)$$

$$mK = mC \times CK + mD \times DK \quad (2)$$

写真撮影時の実際の床面平均輝度を元に、昼光と照明それぞれの照度を1としたとき、テスト画像の条件は、昼光 (tD) と照明 (tC) それぞれ 1, 1/4, 1/16 の3条件ずつあり、マッチング画像の条件は昼光 (mD) が 1, 1/4, 1/16 の3条件である。これらを組み合わせ合わせた時に実際の照度と合わせられない場合の組み合わせが5つ存在するため、合計で 22×5 セットを行った。マッチング画像の照明 (mC) は、被験者が自由に変えるものとし、初期値 0.1 で条件を設定した。

### 3. 結果, 考察

図3, 4, 5に明るさ感評価の結果の平均値をmDごとに示す。グラフの横軸は、tD と tC の実際の床面平均照度にかけて合計したもの(テスト平均照度)を表しており、縦軸はテスト平均照度と同様にマッチング画像の実際の床面平均照度を計算したもの(マッチング平均照度)である。それぞれのシンボルは tC であり、左から 1/16, 1/4, 1 である。オレンジ色が tD=1, 青色が tD=1/4, 灰色が tD=1/16 である。黄色の破線は基準線であり、この線にシンボルが乗っている場合、テストとマッチの平均照度が同じ値に



なっていることを示す。また原点を通り基準線より傾きが大きい線を通る場合、マッチングの照度をテスト大きく設定しており、テストの明るさ感の方が高いと感じている。原点を通り基準線より傾きが小さい線を通る場合、マッチングの照度をテストより小さく設定しており、テストの明るさ感を低いと感じている。

今回の結果から図3に示したようにマッチの窓条件がテストの窓条件より大きい場合は、昼光の明るさによる対比でマッチの室内が暗く見え、テストの平均照度より大きめに天井照明を変化させている。また、図5の結果に示したようにテストの窓条件がマッチの窓条件大きい場合では、上記とは逆にテストの室内空間が暗く見え、テストの平均照度より小さめに天井照明を変化させている。このことは模型を用いて行った先行研究の結果と同様の結果を得られることができた。またどちらの場合においてもテストとマッチの昼光の明るさの差が大きくなればなるほど、感じる明るさ感の差も大きくなることが得られた。

$mD=1/4$  の  $tD=1$ ,  $1/16$  のときに、 $tC=1/4$  から 1 にかけて、また  $mD=1/16$  の  $tD=1$ ,  $1/4$  のときに、 $tC=1/4$  から 1 にかけて、マッチの照度がテストの照度に近づいており、テストとマッチの明るさ感の対比が小さくなっている。これはテストの天井照明が大きくなるにつれて、昼光の影響が弱まること室内空間と昼光の対比が小さくなり、明るさ感の対比が小さくなったと考える。このことは先行研究と同様の結果が得られた。

また、 $mD=1/4$  の  $tD=1$  と  $mD=1/16$  の  $tD=1$ ,  $tD=1/4$  のとき、 $tC=1/16$  が  $1/4$  に比べシンボルが基準線に近づいており、テストの明るさ感が高くなっている。先行研究と同様の結果であれば、他二つに比べ  $tC=1/16$  のときに最も明るさ感が低くなる。しかし今回の調査ではテストの昼光が大きく、天井照明がかなり小さいため、昼光の光が照明のように見えてしまい室内空間の明るさが上昇したのと考えられる。

### 3. まとめ

ディスプレイを用いた今回の実験からほぼ先行研究と同様に昼光が強い場合に室内空間の印象が暗くなることがわかった。また天井照明の明るさの増加に伴い、昼光の影響が弱まり室内空間の明るさ感には上昇することがわかった。しかし、天井照明が暗く昼光が強い場合に、先行研究と同様の結果が得られなかったため今後調査が必要である。

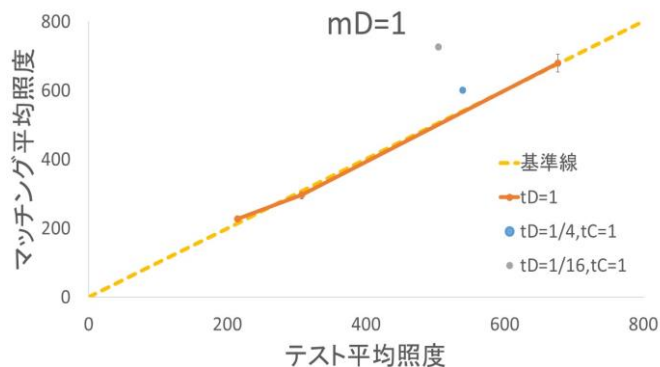


図3 被験者1名による明るさ感の比較 ( $mD=1$ )

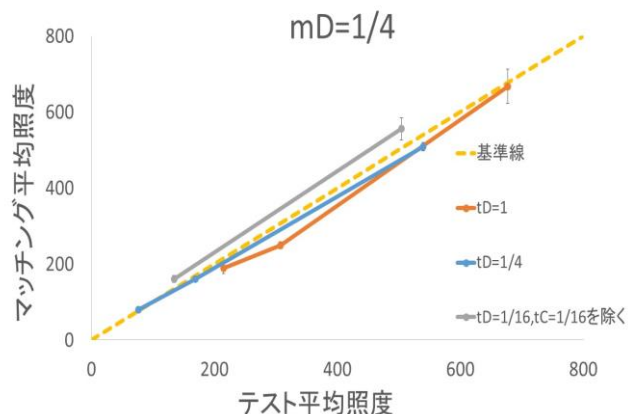


図4 被験者1名による明るさ感の比較 ( $mD=1/4$ )

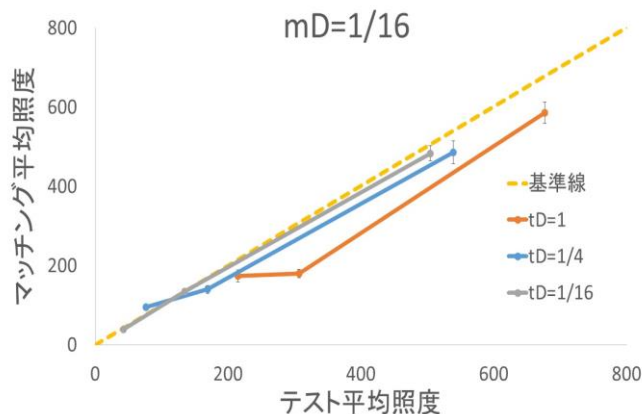


図5 被験者1名による明るさ感の比較 ( $mD=1/16$ )

### 参考文献

- 1) Yamaguchi, H., and Shinoda, H. 2007, Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan 91 (5) 266-271
- 2) Yamaguchi, H., Maruyama, T., and Shinoda, H. 2014, Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan 98 (11) 593-599



# デジタルカメラを用いたディスプレイの

## 分光キャリブレーション手法の開発

### Development of spectroscopic calibration method for display using digital camera

鉄尾 隆太 Ryuta Tetsuo 立命館大学大学院 Graduate School of Ritsumeikan University  
篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学 Ritsumeikan University

**Keywords:** カメラ分光感度, ディスプレイ, 分光放射照度

#### 1. はじめに

ディスプレイのキャリブレーションは通常 XYZ の三刺激値を用いて行われる。しかし、本研究ではデジタルカメラを用いて様々な波長で色をとらえキャリブレーションを行う手法を提案する。分光的キャリブレーションを実現するにはカメラの分光感度およびディスプレイの分光放射照度をカメラ画像から正確に推定する必要がある。これらが正確に推定できれば、ディスプレイの分光的キャリブレーションだけでなく、機器によらず同じ色を提示することのできるカラーマネジメントシステムを実現することも可能となる。

本研究では、デジタルカメラを用いた分光キャリブレーション手法を開発する。そのために必要であるカメラの分光感度およびディスプレイの分光放射照度分布を推定する手法とアルゴリズムを確立することを本研究の目的とする。

#### 2. 原理

##### 2.1 カメラの分光感度推定

カメラの分光感度の推定にはマルチバンドカメラがよく使われる<sup>1)</sup>。しかし、本研究では一般的なデジタルカメラを使用する。

カメラの分光感度を獲得するために分光放射照度分布が既知であるディスプレイに任意のRGB値のパッチを映し、撮影する。複数の入射光でカメラRGBセンサーごとに行う形式でカメラの分光感度を推定する。推定には離散的である(1)式を用いる。

$$g_{kj} = \sum_{i=1}^L s_{ki} D_{ij} \times \Delta\lambda, \quad j = 1 \dots I, k = 1 \dots 3 \dots (1)$$

$D$ はディスプレイの分光放射照度,  $s$ はカメラの分光感度,  $g$ は画像の信号値,  $I$ はディスプレイ上のパッチの種類数,  $L$ は波長数を表す。

##### 2.2 ディスプレイの分光放射照度分布推定

今回、カメラへの複数種類の入射光をまとめる形式で分光放射照度分布を推定した。カメラの分光感度と同様に(1)式を用い、分光放射照度を導出する。ここで求めた分光放射照度からRGB値それぞれの最大の値および $\gamma$ 値を求める。一般にディスプレイの分光放射照度は以下の式で表すことができる。

$$D(\lambda) = \left(\frac{R}{255}\right)^{\gamma_R} r_{max}(\lambda) + \left(\frac{G}{255}\right)^{\gamma_G} g_{max}(\lambda) + \left(\frac{B}{255}\right)^{\gamma_B} b_{max}(\lambda) + D_0(\lambda) \dots (2)$$

(2)式を本研究で使用する変数に書き換えると(3)式のようになる。

$$D(\lambda) = f_1^{\gamma_1} d_1(\lambda) + f_2^{\gamma_2} d_2(\lambda) + f_3^{\gamma_3} d_3(\lambda) + e(\lambda) \dots (3)$$

$f$ はRGBの入力値を255で割り正規化したもの,  $d(\lambda)$ はRGBの最大のスペクトルを表す。本研究では $d(\lambda)$ および $\gamma$ 値を導出する。そのためにはRGB単独のスペクトルを求めなければならない。単独のスペクトルを求める際、RGBにおいて他の二つの入力値が同じである組み合わせを見つけ出し差分をとることで導出する。

$$SSE = \sum_{k=1}^L \{(D_{ki} - D_{kj}) - d_{k1}(f_{1i}^{\gamma_1} - f_{1j}^{\gamma_1})\}^2 \dots (4)$$

(4)式はRの二乗誤差の最小値を求める式である。これによりRの $d(\lambda)$ ,  $\gamma$ 値が求まる。G, Bについても同様に導出する。

#### 3. 実験

##### 3.1 実験環境

本実験は、外光が入射しない暗室で行なった。ディスプレイ(EIZO CE240W)とカメラ(Nikon D750)のCCDまでの距離は70cm, ディスプレイとカメラの高さは90cmである。カメラの撮影条件は絞り値5.6, ISO感度100, 露光時間は1/250秒, 1/125

秒, 1/60 秒, 1/30 秒, 1/15 秒, 1/8 秒, 1/4 秒に設定した. 解析には MATLAB を使用した.

### 3.2 カメラの分光感度推定

まず, RGB 単独, 計 46 種類の異なる RGB 値を順にディスプレイに表示し CL-500A (KONICA MIONOLTA 社) で測定した. 図 1 に 46 種類の中から RGB 値最大のスペクトル  $d(\lambda)$  を示す.

この測定後, 26 種類の任意の RGB 値のパッチを表示し, カメラで撮影を行う. その画像から得られる信号値を用いて分光感度の推定を行なった. 本研究では, 撮影画像から High Dynamic Range Image を作成した. 26 種類の RGB 値のスペクトルを図 2 に示す.

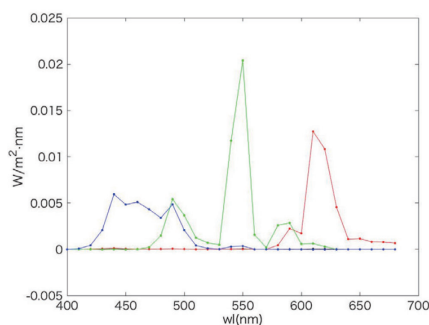


図 1 RGB 値最大のスペクトル  $d(\lambda)$

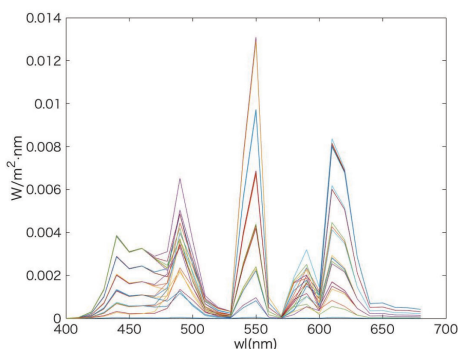


図 2 26 種類のディスプレイの分光放射照度

### 3.3 ディスプレイの分光放射照度分布推定

分光放射照度分布を推定するために, 上記で測定したカメラの分光感度を用いて推定を行なった. 分光放射照度分布が既知であるディスプレイの推定を行うことでデータの正確さを確認した.

## 4. 結果・考察

### 4.1 カメラの分光感度推定

図 3 にカメラ分光感度曲線を示す. 分光感度曲線が R, G, B それぞれの波長領域で高くなっている. しかし, 長波長領域で値が跳ね上がっている. 理由として, 計算上では波長領域を制限しているがカメラの信号値では波長領域外の値も含んでい

ると考えられる. そのため波長領域外の値をカットすることが必要なのではないかと考える.

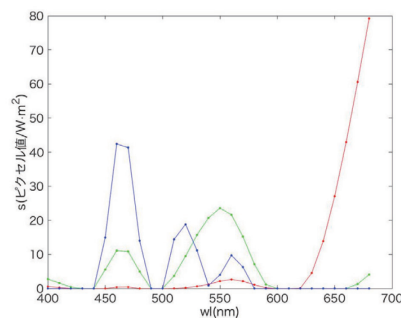


図 3  $\Delta \lambda = 10\text{nm}$ , カメラ分光感度

### 4.2 ディスプレイの分光放射照度分布推定

図 4 に推定した RGB 値最大のスペクトル  $d(\lambda)$ , 表 1 に  $\gamma$  の推定値を示す. 図 1 の測定値と図 4 の推定値を比較すればわかるように負の値が存在など大幅にずれており精度はよくない. また,  $\gamma$  値においても同じことが言える. これを解決するためにはカメラの分光感度の推定をより正確にすること, 解析方法の見直しが必要とされる.

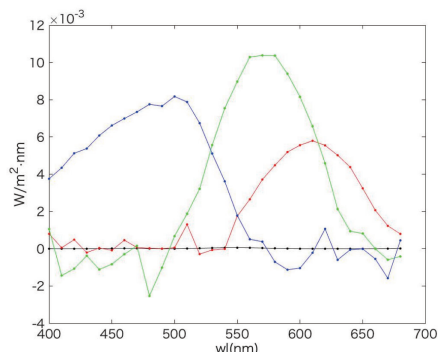


図 4 推定した RGB 値最大のスペクトル  $d(\lambda)$

表 1  $\gamma$  値の推定

	$\gamma_R$	$\gamma_G$	$\gamma_B$
測定値	1.6675	1.6400	1.6180
推定値	0.3537	1.9455	3.8683

## 5. 結論

カメラの分光感度, ディスプレイの分光放射照度分布の推定どちらも精度が低いという結果であった. 今後は波長範囲の検討, 推定方法を検討し実験を行なっていく.

## 参考文献

[1] 田中法博, 駒田隆之, 富永昌治: マルチバンドカメラを用いた油彩画の計測とレンタリング, Visual Computing グラフィックスと CAD 合同シンポジウム, 2003, 165-170.

# ドーム型照明を用いた非接触式測色システムによる

## 蒸し饅頭の色彩評価：蒸し条件の影響

### Evaluation of surface color of steam cooked manju by using non-contact colorimetric measurement using dome illumination: Effect of process condition

山本 裕之	Hiroyuki Yamamoto	大阪市立大学大学院	Osaka City University
酒井 英樹	Hideki Sakai	大阪市立大学大学院	Osaka City University
北村 祥太	Syouta Kitamura	大阪市立大学大学院	Osaka City University
高山 正宏	Masahiro Takayama	大阪市立大学大学院	Osaka City University
伊與田 浩志	Hiroyuki Iyota	大阪市立大学大学院	Osaka City University

**Keywords:** フォトドーム, 色彩計, 蒸し調理, 色分布.

える色と光沢度への影響を調べた.

#### 1. はじめに

食品の色は、食品品質を判断する上で重要な情報であり、食品や農産物の調理や加工において、色を評価指標とした研究報告も多くみられる。また、食品工場においても、加工食品の品質管理は仕上がりを色で判断している場合も多い。しかし、一般に食品は形状が平面でなく、二次元的な色分布も有すること、また非接触な測定が必要となるなどの問題があり、定量的な評価はあまり進んでいない。

そこで、発表者らはこれまで、食品の色をデジタルカメラにより二次元で色を測定し記録することを目指してドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発を行ってきた。

前報[1, 2]では、同装置により SCE / SCI 画像を得る新たな方法について報告した。本報告では、実際に食品工場で使用されているベルトコンベア式の大量生産用の蒸し器を用いた工程において、蒸し饅頭を対象として、製造時の条件が商品の仕上がりに与

#### 2. 実験

測定対象として、3種類の異なる条件で加熱した黒糖饅頭とよもぎ饅頭を用いた。両饅頭とも、薄力粉、上白糖、水、ベーキングパウダーを主原料（生地）とし、さらに黒糖を加えて黒糖饅頭（直径約 80 mm、高さ約 40 mm、重さ約 90 g）、よもぎを加えてあんを包んでよもぎ饅頭（直径約 70 mm、高さ約 40 mm、重さ約 90 g）とした。

加熱には、図 1 に示すベルトコンベア式の加連続式蒸し器を使用した。同装置は長手方向に 5 つのセクションより構成されている[3]。

コンベア上に置かれた食品を移動させながら約 12 分間で加熱を終了する。その際、加熱過程（装置内の湿度の分布）を調整するための入口から内部方向に強制的に空気を供給できる機能を備えている。

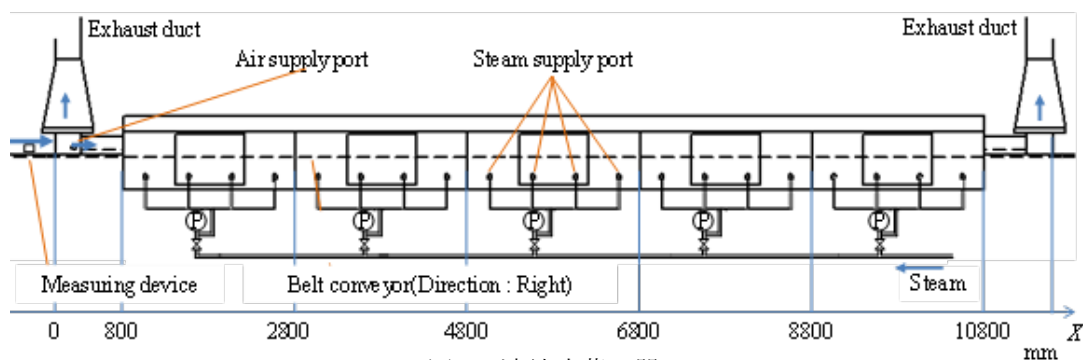


図 1 連続式蒸し器

実験条件として、空気供給量を、①0 l/min (供給無し)、②415 l/min (最適条件)、③560 l/min (供給過多)の3条件とした。空気の供給によって、入り口付近と入り口に最も近いセクション内の温度、湿度が低下するとともに、細かな水滴が発生する。約12分のコンベアによる加熱後の試料は粗熱を取った後にパックに個別に入れて常温で約3時間運搬、冷蔵保存した後、実験の約20時間後に図3に示す非接触式測色システム[1, 2]により二次元画像を取得した。測定では、ドーム内の試料台に饅頭を配置し、光トラップ板の位置を変えながら基準色票(X-Rite ColorChecker Passport 24色)とともに撮影し、色票の規格値に基づいて画像全体を色補正した後に、得られた画像を合成することで饅頭のSCE画像並びにSCI画像を得る。



図2 連続式蒸し器のコンベア入り口付近の様子

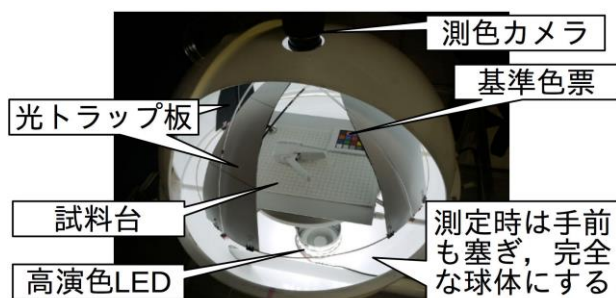


図3 非接触式測色システム (光トラップ付)

### 3. 結果

黒糖饅頭、よもぎ饅頭のSCE画像の一例を図4(1)(2)に、解析に使用する領域を図4(3)(4)に示す。

図4に示すように、得られたSCE, SCI画像から、饅頭の中心付近から内径15mm、外径25mmの領域を抽出して解析に用いた。この領域のsRGB値(同時に撮影した基準色票に基づいて色補正済み)を、 $L^*a^*b^*$ 値(D65/2度視野)に変換した結果を表1、表2に示す。なお、 $20^\circ$ 鏡面光沢度 $G_s(20^\circ)$ は、SCE画

像とSCI画像の明度差が鏡面反射成分によって生じると仮定して、両画像の明度差から算出した値である[2]。



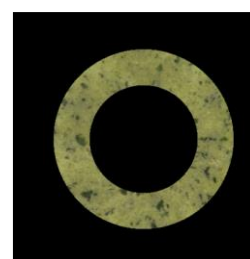
(1)黒糖饅頭



(2)よもぎ饅頭



(3)黒糖饅頭(解析領域)



(4)よもぎ饅頭(解析領域)

図4 解析画像の例

(黒糖饅頭、よもぎ饅頭、条件②、SCE画像)

### 4. 考察

黒糖饅頭(表1)、よもぎ饅頭(表2)とも、空気供給量が増えるにつれて、 $L^*$ 値が低下した。一方、光沢度 $G_s(20^\circ)$ は、空気供給量が多い方が、高くなる傾向が見られた。また、未加熱の値と比較すると、加熱により $L^*$ 値が増加する一方、光沢度 $G(20^\circ)$ は減少することが分かった。また、焼成後の光沢度は黒糖饅頭よりもよもぎ饅頭が高い値を示した。

つぎに、空気供給量と $L^*$ 値の関係について整理した結果を図5、図6に示す。なお、図6には、前報で報告したよもぎ饅頭のSCI画像から得た測定値も示した[4]。

図5、図6のように $L^*$ と空気供給量には一次関数の関係がみられた。そのため、図に示した近似式より、空気供給量の値から饅頭の $L^*$ 値を予測し得ることが分かる。同様に、光沢度においても空気供給量の値から予測できると考えられる。更に、図5に示すように、過去のデータと比較したところ、同じ原材料、加熱条件においては値がほぼ一致していることから、本実験には再現性があると考えられる。



表1 黒糖饅頭の測定結果

加熱条件 (空気供給量 l/min)	SCE 画像			SCI 画像			Gs(20°)
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
① 0	30.6	13.1	19.3	38.5	10.3	14.0	43.8
②415	26.4	14.6	20.7	39.0	10.1	11.4	95.5
③560	24.3	14.4	20.3	36.3	10.4	11.3	82.3
未加熱	13.1	5.3	6.5	30.4	3.6	3.5	126.2

表2 よもぎ饅頭の測定結果

加熱条件 (空気供給量 l/min)	SCE 画像			SCI 画像			Gs(20°)
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
① 0	60.5	-9.5	29.1	63.6	-9.3	27.4	14.6
②415	53.8	-9.3	29.7	58.4	-9.6	27.9	27.5
③560	50.4	-9.7	28.5	55.3	-9.8	26.7	27.9
未加熱	41.3	-11.9	21.2	48.6	-10.0	16.6	48.3

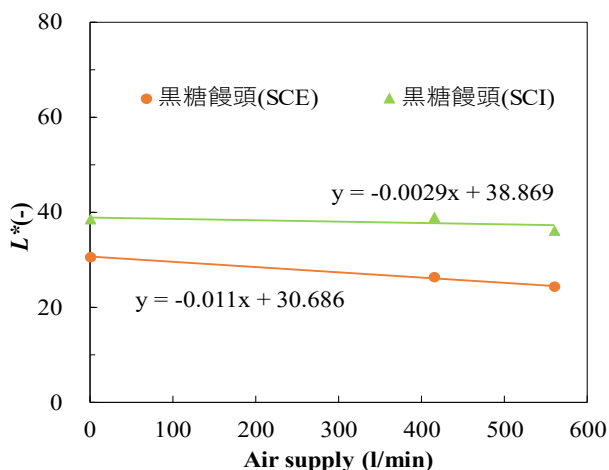


図5 黒糖饅頭のL\*値と空気供給量の関係

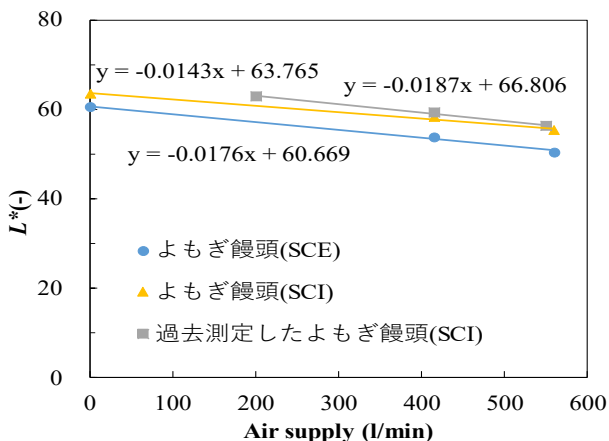


図6 よもぎ饅頭のL\*値と空気供給量の関係

5. まとめ

光トラップ付きドーム型照明装置を用いて、SCE・SCI画像から、黒糖饅頭、よもぎ饅頭の表面の色分布の解析を行い、蒸し加熱中の条件と加熱後の食品の色や光沢度との関係を示した。

参考文献

- 1) 酒井英樹, 磯見麻衣, 伊與田浩志: ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発その1: 自由曲面試料の色彩測定, 日本色彩学会 41S (2017) 10-11
- 2) 酒井英樹, 磯見麻衣, 伊與田浩志: ドーム型照明を用いた非接触式測色システムの開発その2: 自由曲面試料の光沢測定, 日本色彩学会 41S (2017) 12-15
- 3) 高山正宏, 児玉飛翔, 北村祥太, 伊與田浩志, 酒井英樹, 辻岡哲夫: 連続式蒸し器への空気供給操作が庫内環境と食品の色に与える影響, 日本食品工学会第18回(2017年度)年次大会講演要旨集, (2017) 131
- 4) 高山正宏, 伊與田浩志, 酒井英樹, 磯見麻衣: ドーム型照明とデジタルカメラを用いた食品色情報の解析, 日本色彩学会誌, 40S (2016) 146-149

# THE COLOR AND FORM OF WATERLILY THAT AFFECT CONSUMERS' PREFERENCES

Kamron Yongsue

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

Chanprapha Phuangsuan

Color Research Center, Faculty of Mass Comm. Tech.,  
RMUTT, Thailand

**Keywords:** Waterlily, Color preference, Form, consumer, Thai people.

## 1. Introduction

The history of waterlilies in Thailand began with native plants in the water areas around the country. About 100 years ago a few people who went abroad imported some varieties of waterlily to decorate their place or government area.<sup>1)</sup> The lotus plays a very important role in many aspects of the everyday life of the Thai people and is held sacred because of its close association with Buddhism and Brahmanism. The lotus is called “bua” in Thai. But the Thai word has a closely meaning for waterlily and lotus: it is used as the common name for three main varieties of water-lilies: First, bua luang or pathum (*Nelumbo nucifera*), which is the equivalent of the lotus and the chief concern of this article; secondly, bua sai or ubon (*Nymphaea lotus*), another kind of water-lily whose leaves float on the water surface and whose stem is edible; and thirdly, bua kradong (*Victoria* sp.), whose round leaves, also floating on water but turning upwards at the edge, are as large as a dining table and whose flowers have a stronger fragrance than the other two varieties. Finally, the lotus is valued for its beauty. Its unblemished petals, its fine shape, its slender stem, all add to the charm of the natural surroundings. Since the plant is so common in Thailand, it still has a big area in the market.<sup>2)</sup> Manlan Zhu et. al. studied the relationships between color parameters and flavonoid compositions showed that many kinds of compounds played an important role on color formation. To characterize the mechanism on flower color formation of special blue and bluish violet which hardy water lily lacks was necessary because it could provide powerful evidences for the ornamental breeding of hardy waterlily with blue colors and help to classify cultivars of *Nymphaea*

through phytochemical analysis.<sup>3)</sup>

This research aimed to study the color and form of waterlily that affect consumer preferences in Thailand. We used waterlily from Lotus garden at Rajamangala University of Technology Thanyaburi RMUTT.

## 2. Experiment

We selected 7 colors of waterlily, white, pink red, yellow, blue, purple, mixed colors (see Fig. 1). Then took a photo of those waterlilies and checked the color reproduction to make same as the real waterlily as much as possible by Konica Minolta colorimeter CS100A. The position of measuring color was petals and pollens.



Figure 1 Seven colors of waterlily.

We investigated the color preference by using adjective questionnaire. Ten adjectives were used in the questionnaire such as pure, elegant, holy, delicate, high society, bright, clam, charming, cheerful, formal. The judgement was to look at the

color from petals and pollen and score in each adjective in the questionnaire. At the same time the observer had to judge the form/shape of the waterlily. Four hundred peoples participated in the surveying. This sampling was calculated statistical by Taro Yamane at confidence 99%. We analyzed our result based on 11 factors, gender, age, occupation, graduation, income, color and form, color preference, form, general color of waterlily, petal and felling.

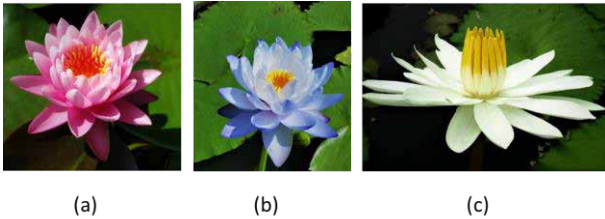


Figure 2 (a) cup form, (b) circle form, (c) half circle.

### 3. Results and Discussion

#### General result

We got the answer from 273 females and 135 meals. Observers age were between 26-55-year-old. The occupation of observers was employee, private business, salary man respectively. The observer's education was mostly Basheer's degree. The most income of the observers showed 20,000 Bath up.

#### Color and form preference

Table 1 showed that pink color was that most preference color for waterlily, white and yellow respectively (see in Fig 3). The preference of form showed highest score with the cup form as shown in the Fig. 3 left.

#### Feeling

คำถามเกี่ยวกับความชอบสีของดอกบัว	หมายเลขประจำภาพของดอกบัว										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<p>1. จากภาพดอกบัวทั้ง 11 ดอก ให้ท่านเลือกดอกบัวที่มีสี และลักษณะรูปทรง ที่ท่านชอบมากที่สุดมา 5 ดอก</p> <p>โดยเรียงลำดับจากหมายเลข 5 คือภาพดอกบัวที่ท่านชอบมากที่สุด ลงในช่องหมายเลขประจำภาพดอกบัวทางขวามือ</p>											
<p>2. จากดอกบัวทั้ง 5 ดอกที่ท่านเลือกมา ท่านชอบดอกบัวที่มีสีในหมายเลขใด</p> <p>โดยเรียง 5 ลำดับ จากหมายเลข 5 คือภาพดอกบัวที่มีสีที่ท่านชอบมากที่สุด ลงในช่องหมายเลขประจำภาพดอกบัวทางขวามือ</p>											
<p>3. จากดอกบัวทั้ง 5 ดอกที่ท่านเลือกมา ท่านชอบดอกบัวที่มีลักษณะรูปทรงในหมายเลขใด</p> <p>โดยเรียง 5 ลำดับ จากหมายเลข 5 คือภาพดอกบัวที่มีลักษณะรูปทรงที่ท่านชอบมากที่สุด ลงในช่องหมายเลขประจำภาพดอกบัวทางขวามือ</p>											

Figure 3 An example of questionnaire.

The female selected the elegant feeling for waterlily with 112 peoples. For male showed feeling delicate the most.

Table 1 The frequency selected the color preference.

No.	COLOR	F	M	
1	ขาว	66	56	persons
2	ชมพู	175	52	persons
3	แดง	9	9	persons
4	เหลือง	16	3	persons
5	ฟ้า	4	15	persons
6	ม่วง	3	0	persons
7	เหลืองผสม	0	0	persons
		273	135	<b>persons</b>
	<b>SUM</b>	<b>408</b>		<b>persons</b>



Figure 3 Example of pink waterlily.

Our conclusion from this research about color was pink for female and white for male. The cup form of waterlily showed the preference agreeable with female and male. It showed different feeling among female and male as elegant and delicate respectively.

The result suggested the color of petal might correlate with the color of pollen. The waterlily from pure Thai spicy (mostly red and white color) did not show high score the preference of Thai people.

#### References

- 1) P. Wasuwat: Review of the Waterlily in Thailand, Water Gardeners International journal, 4 (2009), online.
- 2) T. Watana: The Lotus A Symbol of Buddhism, Anurak Thailand Tourism, 20 (2004), online.
- 3) M. Zh: Relationship between the Composition of Flavonoids and Flower Colors Variation in Tropical Water Lily (*Nymphaea*) Cultivars, PLoS ONE, 7 (2012), pp. 1–11.



# Color Verification in News Programs of Radio Broadcasting

Paninee Boonlert

Department of Radio and Television Broadcasting,  
Faculty of Mass Communication Technology  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

Chanprapha Phuangsuwan

Color Research Center,  
Faculty of Mass Communication Technology  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thailand

**Keywords:** Color Verification, Radio Broadcasting, News Program, Listener, News Anchor

## 1. Introduction

In the radio broadcasting, there are three kinds of sound which are human voice, music and sound effect. Radio broadcasting programs can be categorized into 14 formats which one of them is news program. The news program was aired in the radio broadcasting since 1920 in the USA. The news program containing various information of the daily updates could bring its receivers to misunderstand.

So, news anchors have to clarify the detail of the news in order for listeners to specify color tones as same as those of senders. It is, then, tough for both radio presenters and listeners to understand through audio what they would like to communicate.

The research was conducted how the news anchors explain things regarding colors in order for the listeners to verify the same colors when talking about colors of the objects via radio broadcasting. The attested colors are composed of 24 colors with alike and different tones accordance with the Macbeth ColorChecker (McCamy, Marcus, and Davidson, 1976).

The investigation of the connection between radio news announcers and listeners regarding color verification in news radio program, and the differences between words to explain the colors and listeners' understanding was delivered.

The objective was to test the newscaster and listeners have the same understanding of color verification and explanation, and its problems.

The research could be used as a guidance for radio news broadcasters to find the best approach explaining colors as radio was called blind media. Moreover, the study could be applied to further study of colors in other audio media, particularly for

the blind and people with hearing problems. The well-planned content of audio media needs to be considered to assist the understanding.

## 2. Methodology

### *Participants*

The participants of this study were 223 people in Thailand with various genders, ages, occupations and education level. They were randomly selected to answer questions on the subject of color tones through voice clips.

### *Instruments*

In this study four instruments were employed:

- (1) Color explanation of the Color Checker (X-Rite, Incorporated, USA) by the news anchors of National Broadcasting Services of Thailand

**Figure 1.** The Color Checker (McCamy, Marcus, and Davidson, 1976).



- (2) Voice clips of color verification
- (3) A questionnaire of color explanation which listeners listened to the voice clips and answer the heard colors
- (4) The answers were tested to see the identical and dissimilar understanding

**Data analysis**

The data were analyzed to identify the listeners' understanding of color tones and problems since some of color tones are similar, like blood red, cherry red; while some are comparatively different, for instance, black and white.

The data obtained from the color verification questionnaires in the online website was analyzed to see if there was a same acceptance, correlation and difficulties of color clarification only through the voices.

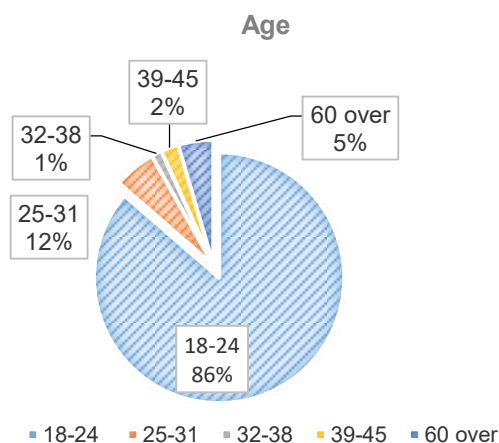
Theories used were color psychology along with radio audience analysis. The color psychology is involved with color tone selection concerning background and demographic qualifications.

**3. Results**

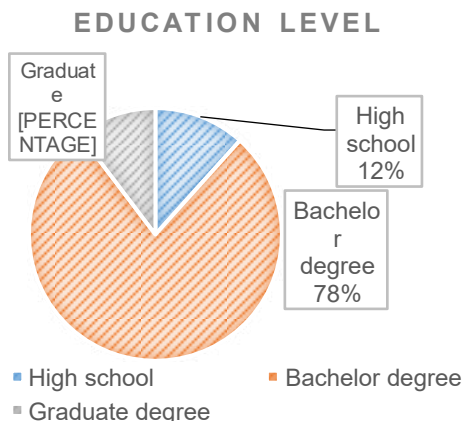
The results of the research appeared to clearly see the color verification as follows:

The answers were identified to be 44 percent of male, 53 percent of female. The age of responses was categorized to be in the range of 18-24 years with 86 percent, 25-31 years with 6 percent and higher than 60 years with 5 percent. The bachelor degree was recognized as the most percentage of 78 percent and followed by high school and the graduate level of 12 percent and 10 percent respectively.

**Figure II.** Different ages of listeners.



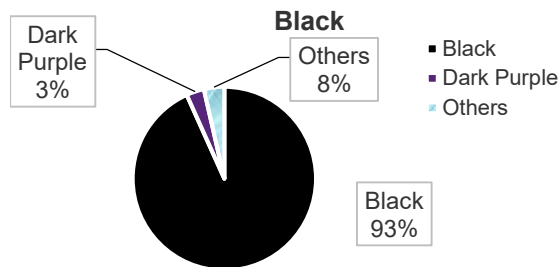
**Figure III.** Education levels of listeners.



When listening to the voice of color explanation, the listeners responded the same color with the 38 audio clips which were more than 50 percent. The top three colors were listed below.

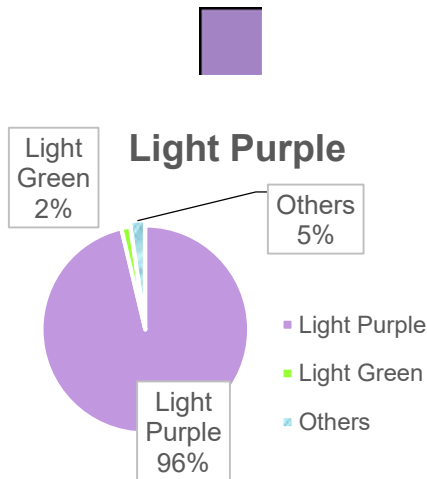
The first color was black since the color was clearly seen and explained with the name. The description of black color was only to compare with nighttime.

**Figure IV.** Black color and pie chart of listeners' color verification after hearing the color name. The below color tone was selected in the pie chart after the listeners heard the color explanation of "Black".



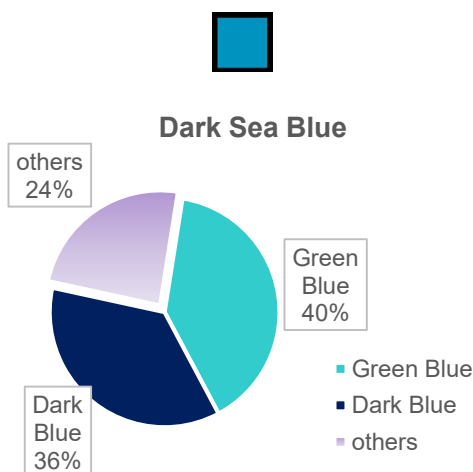
Furthermore, the second highest percentage of color verification was the light purple which people considered that it was obviously to figure out. The percentage was 96. The color tone is shown in the Figure II.

**Figure V.** Purple color and the pie chart of listeners' color verification after hearing the color name. The below color tone was selected in the pie chart after the listeners heard the color explanation of "Light Purple".



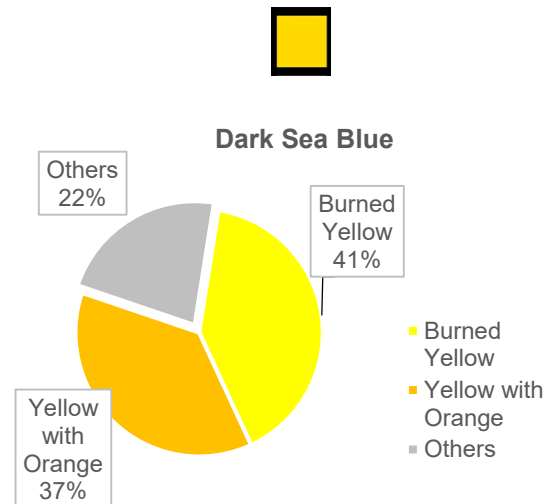
On the contrary, the color with the least percent of verification was "Dark Sea Blue" which the people considered that it was hard to differently distinguish with other blue. The percentage were 65 percent. The color tone is shown in the Figure III.

**Figure III.** Blue color and its pie chart of listeners' color verification after hearing the color name. The below color tone was selected in the pie chart after the listeners heard the color explanation of "Dark Sea Blue".



Next, the second lowest percentage of color verification was yellow which the sample group considered that it was hardly identified as different from other yellow tones. The percentage was 41 which the color tone was shown in the Figure IV.

**Figure IV.** Yellow color and the pie chart of listeners' color verification after hearing the color name. The below color tone was selected in the pie chart after the listeners heard the color explanation of "Burned Yellow".



#### 4. Conclusions and discussions

This experiment can be concluded that the clearly-explainable color for the news broadcaster are obvious for the sample group to understand the same as the broadcaster. According to the concept of radio as the blind media, the news reporters need to verify the color name as imaginable as possible.

Additionally, the theories of color psychology examined as stating that the color favors have been depended upon characteristics, daily environment, subconscious and thinking process (Kaewchantip Chaisuriya, 1994: 25-26). The word use of color verification, consequently, has been influenced by thinking process of the senders and receivers, including their emotions affecting the saturation and brightness of the colors (Valdez, Patricia, Mehrabian and Albert, 1994).

The color and its perception were also related to five senses of the brain to match with imagination (Sumitra Khantayalongkot and Surapong lampichairit, 2002: 7-8). The color verification, thereby, dealt with the background of both news announcer and listeners to visualize the same color.

According to various characteristics of listeners or sample group, the tones of color were differently defined. Genders also are not a significant factor to define the colors. However, other demographic features are not the factors that verify

the similar colors. The audience analysis is involved in this study since the news anchors need to analyze the targeted audiences at the first glance. Thus, the news anchors have to realize their targeted listeners as they have to compare the colors with human characteristics, objects, or environment.

All in all, the research was delivered to address problems of color clarification in the audio media which carried the most obstacle. The news anchors can use this research to deeply understand their listeners in order to successfully and directly communicate with their listeners.

### References

- 1) C.S. McCamy, H. Marcus, and J. G. Davidson: A Color-Rendition Chart. *Journal of Applied Photographic Engineering*. Volume 2, Number 3, Summer. (1976)
- 2) Chaisuriya, K.: Color therapy and color supports life quality. Thailand. (1994) , pp. 25-26.
- 3) Khantayalongkot, S. and Lampichairit, S.: Color visual technology. Thailand. (2002) , pp. 7-8.
- 4) A. J. Elliot, M. A. Maier: Effects of Perceiving Color on Psychological Functioning in Humans. *Color Psychology*. Vol. 65 (2014) , pp. 95-120



# 散乱光の影響による視認性低下に着目した白内障の定量測定

## Estimating Haze Factor of the Crystalline Lens by visibility Affected by Light Scattering

磯井 航 Wataru Isoi 立命館大学大学院 Graduate School of Ritsumeikan University  
 篠田 博之 Hiroyuki Shinoda 立命館大学 Ritsumeikan University

**Keywords:** 白内障, 空間解像力, 視認性, ヘイズ値.

### 1. はじめに

加齢による目の病気の一つに白内障がある。白内障とは、水晶体が白濁して眼球内で外光が散乱し、視覚機能が低下する症状を指す。白内障は進行度合いに個人差があり、個人によって適切な環境作りが求められ、そのために、進行度合いを数値として評価する必要がある。このような観点から、白内障患者の見えをシミュレートすることが重要で、先行研究<sup>1),2)</sup>では市販のフィルタを用いて異なる白濁度の白内障状況(視覚機能や色覚)を再現している。

本研究では、半透明媒体の光学散乱特性であるヘイズ値を水晶体に想定し、被験者を若年者として簡易な心理物理学実験を行い、空間解像力を評価した。疑似白内障状況の再現には、かすみフィルタを用いた。結果、空間周波数の増加および散乱光強度の増加に伴って空間解像力は低下し、ヘイズ値が増加するとその低下率はより大きくなった。この低下率から、水晶体のヘイズ値を評価する関数を導出した。

### 2. 実験

#### (1) 刺激

実験では、図1に示す刺激を用いた。この刺激は、中心にあるガボアパッチと様々な輝度レベルを持つ周辺部分で構成されている。図1-Aに刺激の例を、図1-Bにその輝度分布を示す。図1-Bの縦軸は実験で使用したCRTモニタの相対輝度を示しており、1という値はCRTモニタの最大輝度に対応している。

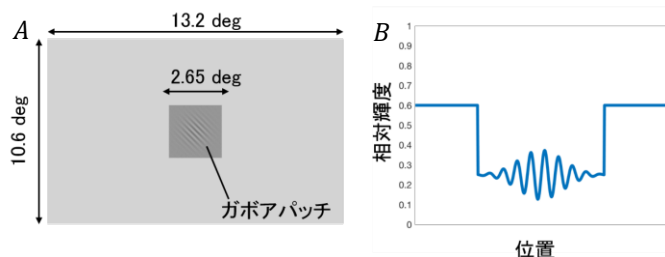


図1 実験刺激(ガボア+周辺)の例とその輝度分布

#### (2) 視認性評価実験

実験は暗室で行った。若年の被験者はヘイズ値が既知のフィルタを装備した。被験者の空間解像力の変化率を、

様々な空間周波数のガボアパッチの視認性を評価することで求めた。各試行では、CRTモニタに参照刺激とテスト刺激が連続で呈示された。参照刺激は、実験条件の中で、ガボアの空間周波数が最も低く(粗く)、周辺部分の輝度が最も低い(暗い)刺激である。テスト刺激は、空間周波数5条件と周辺輝度9条件の45条件を設けた。被験者は、参照刺激を基準(ME=100)としたときのテスト刺激のガボアの視認性をME法で評価した。

実験刺激のガボアは、コントラストが0.5で、平均輝度(相対輝度)は0.25に設定した。ガボアの空間周波数は1.72, 2.41, 3.45, 4.83, 6.90 [c/d]の5条件を、周辺部分の相対輝度は0.1, 0.2, 0.3, ..., 0.9の9条件を設けた。フィルタのヘイズ値は0, 7.4, 11.6, 16.8の4条件を設けた。よって、被験者は180条件(5空間周波数×9輝度レベル×4ヘイズ値)の刺激の視認性を評価し、全部で5試行を行った。

#### (3) 結果と解析

結果の一例として、被験者WIが行った視認性評価の平均値を図2に示す。縦軸のMEは被験者が回答した視認性の数値を示す。横軸のLはテスト刺激の周辺の相対輝度を示しており、値が大きいほど明るい。奥行き軸のFはテストガボアの空間周波数を示しており、値が大きいほど細かい。得られた視認性をヘイズ値4条件分プロットし、近似(後述)している。図2を見て分かるように、ヘイズ値がゼロの時、つまり裸眼の時は、刺激の周辺光は視認性に影響を与えず、空間周波数のみが視認

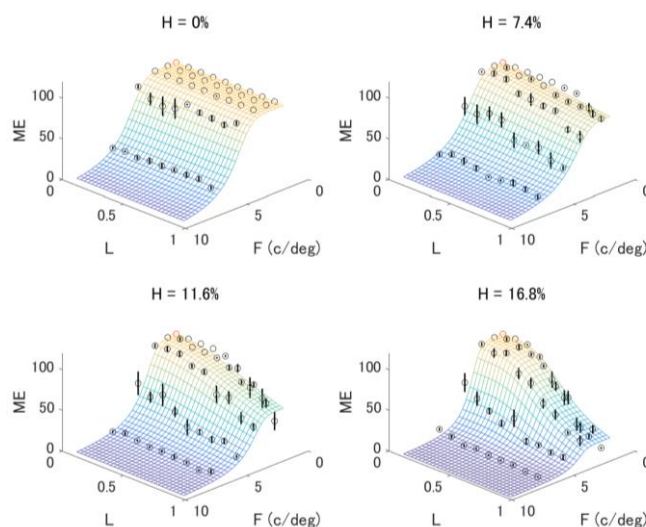


図2 視認性評価実験の結果

性を低下させている。しかし、ヘイズ値がゼロでない時は、刺激の周辺光によって視認性が低下することが認められ、その低下率はヘイズ値が高くなるほど大きくなることが分かった。

$$ME = 100 \cdot \left( \frac{1}{1 + e^{\frac{x - \mu_F}{\sigma_F}}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left( \frac{1}{1 + e^{\frac{y - \mu_L}{\sigma_L}}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$x = \log(F - F_{ref}) \quad y = \log(L - L_{ref})$$

次に、この低下率を簡単に表現するために、式1に示すような、2次元シグモイド関数を用いて得られた結果を最小二乗法で近似した。結果、ヘイズ値が大きくなるにつれおおよび $\mu_L$ が小さくなる(つまり図2の近似カーブが早く落ちる)ことが示された。これらの関係を図3に示す。縦軸はヘイズ値に、横軸は $\mu_F$ に対応している。丸いシンボル(小)は被験者6人分をプロットしたものである。丸いシンボル(大)は被験者6人分のMEの平均値を近似し得られた値である。さらに、それを曲線近似したものを点線で示している(後述)。

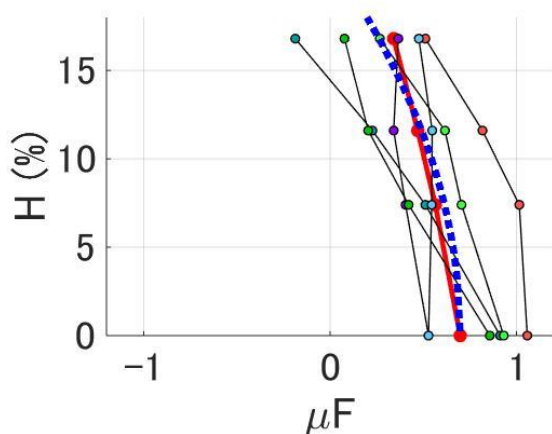


図3 フィッティングして得られた $\mu_F$

### 3. 考察

図3に示された関係を用いて白内障水晶体のヘイズ値を推定する手法を検討する。ここで、図3を見て分かるように、被験者6人の個人差が存在し、例えば、比較的MEを高めめに答える傾向がある被験者のシンボルは、右の方に分布している。このような被験者間の個人差を考慮して一律にヘイズ値を推定するために、個人差の影響を受けることなくヘイズ値の変化に連動する成分の抽出が必要である。

今回提案する方法では、6人の実験結果の平均値を近似し、得られた値を曲線近似(点線)し、その曲線の接線の傾きからヘイズ値を推定する。この方法は、被験者間の個人差や視力の良し悪しにとらわれることなく適用できる。図3の近似曲線(点線)を見て分かるように、 $\mu_F$ の値が小さくなるほど曲線の傾きが大きくなる(負の値から徐々にゼロに近づく)。この関係を用いて、 $\mu_F$ か

ら導出した近似曲線の接線の傾きとそれに対応するヘイズ値を図4に示す。

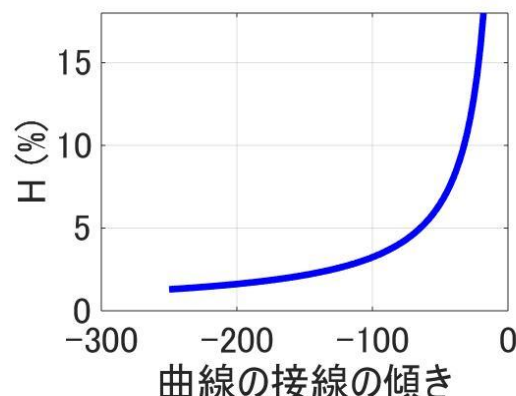


図4 曲線の接線の傾きから導かれるヘイズ値。得られた $\mu_F$ より導出。

次に、得られた関数から実際に白内障水晶体のヘイズ値を推定する手順を述べる。まず、裸眼の白内障被験者(ヘイズ= $H_0$ )に対して前述した視認性評価実験を行い、結果から $\mu_F$ および $\mu_L$ を導出する。次に、ヘイズ値が既知のフィルタを装着した状態(ヘイズ= $H_0 + H_k$ )で同様の実験を行い、結果から $\mu_F'$ および $\mu_L'$ を導出する。これらの値を図3および図4の関数に当てはめ $H_0 + H_k$ を得る。 $H_k$ は既知なので本来の被験者のヘイズ値が推定できる。よって、空間周波数と周辺輝度の2成分の視認性の低下率から推定することになる。

今、白内障水晶体のヘイズ値の推定法を述べたが、今回用いた近似関数がヘイズ値推定に最適という訳ではなく、目的を設定した上でその中で生じる制約に適應するためにこの方法を採用した。本研究の次の目標として、この方法を基にしてさらに効率的に推定する。そのための手順として、ヘイズ推定を用いて前試行で得られた結果から、次試行の適切な実験条件を決定して、より少ない回数で推定を行う方法を検討している。最終的に、実用的な場面で効率的な推定により被験者の負担を軽減できることが目標である。

### 参考文献

- 1) H. Shinoda, K. Watanabe and H. Yamaguchi: Estimating Haze Factor of the Crystalline Lens as a Simplified Method of Assessing the Progress of a Cataract, Journal of Illuminating Engineering Institute of Japan. 93(5) (2009) 290-299
- 2) T. Muramoto, H. Shinoda and Y. Seya: Color Appearance Shift by a Surround Color for Pseudo-Cataract Observers, Proceedings of ACA2016. (2016) 143-146

# 照明と物体に対する熟知性が色の見えに及ぼす効果

## The effect of familiarity on lighting and objects to color appearance

舟木 智洋 Tomohiro Funaki 千葉大学大学院  
溝上 陽子 Yoko Mizokami 千葉大学大学院

Chiba University  
Chiba University

**Keywords:** 色恒常性, 記憶色, 色順応

### 1. 背景

人間の視覚系には、照明環境によらず、物体の正しい色を認識することができる色恒常性という性質が備わっている。色恒常性の研究は数多く行われており、見慣れない照明色下においては色恒常性が働きにくくなることが報告されている<sup>1)</sup>。また、普段目にしている物体の記憶色によって色の見え方へ影響があることが明らかとなっている<sup>2)</sup>。これらの研究は、照明と物体両方における熟知性が、色恒常性に影響を与えることを示唆している。しかし、これらの研究では未知の照明や物体への認知過程をふまえていない。ここでは、未知の物体を事前観察することにより熟知した状態にする場合においても、色恒常性に影響を与えるかについて注目する。

### 2. 目的

未知の物体への事前観察を加えることにより、一定の記憶色を作り、複数の照明色下において、色恒常性への影響を調べる。

### 3. 実験

#### 3.1. 実験環境

実験は図1に示すブース内で行った。ブースは日常的な部屋を模した内装とした。ブース内照明には THOUSLITE 社製の可変 LED 光源 LEDCube を用いた。照明色は、5000 K の昼白色、2700 K の電球色、赤、緑、青の5色を用いた。各色は昼白色と電球色の uv 色度図上での色差を用いて、黒体放射軌跡と等色温度線上で同じ色差になるように設定した。各照明色を uv 色度図上にプロットしたものを図2に示す。



図1 実験環境

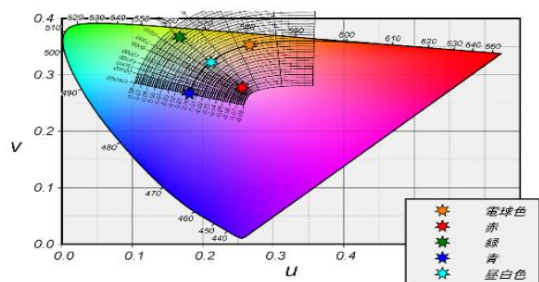


図2 照明の色度座標

机上上面照度は 240 lx で統一した。

#### 3.2. 実験刺激

事前観察用に、色の異なる10枚の折り紙を用いて物体を作成した。図3に作成した事前観察物体を示す。本実験では、事前観察物体10個のうち、5個を同色同形の物体(A)、残り5個と色差( $\Delta E^*_{ab}$ )が約12の紙を使った同形の物体(B)、異色異形の折り紙5個(C)、という3つのカテゴリに分けて計15個用いた。図4に本実験で用いた実験刺激を示す。

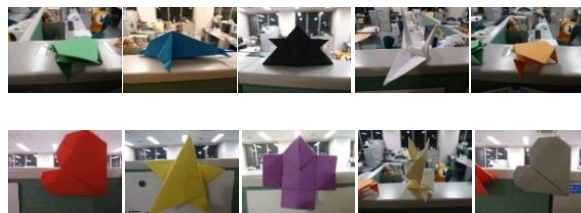


図3 事前観察物体

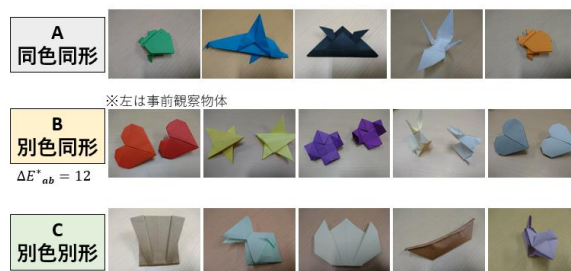


図4 本実験で用いた実験刺激

#### 3.3. 実験手順

事前観察として、実験前に約8日間事前観察物体を日常空間で毎日観察した。

実験では、被験者は各照明条件下で1分間ブース内を観察し、順応した。実験刺激をランダムに1つずつ提示し、エレメンタリーカラーネーミング法を用いて刺激の色の見えを応答した。照明色を変えた後、同様に実験を行い、照明色5色を1セッションとした。これを3セッション実施した。被験者は色覚正常者3名で行った。

#### 4. 実験結果

エレメンタリーカラーネーミングの応答結果は、応答を白み-黒み軸、赤緑軸、黄青軸を持つエレメンタリーカラー色空間にプロットして分析した。図5に、照明色別に、昼白色照明と他の照明色での色応答



の差である色シフト量を平均したグラフを示す。色シフト量は、各実験刺激での色みの応答量を、エレメンタリーカラー色空間の赤緑-青黄平面上にプロットし、2点間の距離で求めた。エラーバーは被験者間の標準偏差を示す。

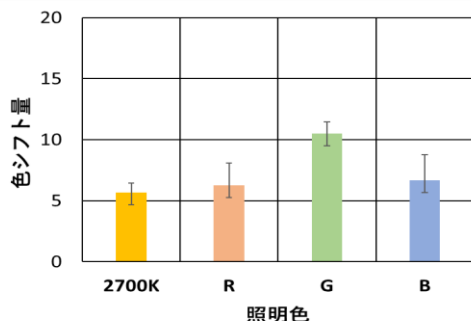


図 5 照明色別色シフト

緑色照明は他の照明色と比べて色シフト量が大きくなる傾向が見られた。

照明色変化に伴って測色的な色度差が生じるのか調べるため、昼白色照明を基準として、照明色を変化させたときの実験刺激の  $u'$   $v'$  色度差を調べた。その平均結果を図 6 に示す。エラーバーは実験刺激間のばらつきを示す。

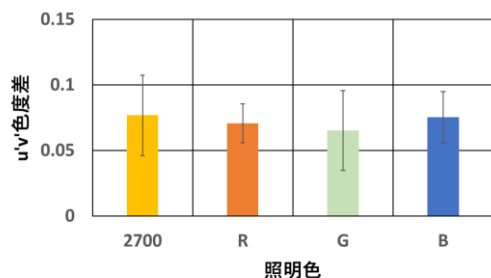


図 6 照明色別 u'v'色度差

照明色の違いによって色度差にそれほど差が見られないことがわかる。したがって、照明色によって被験者応答の色シフト量が異なるのは、測色的な色度差が原因ではないと考えられる。

図 7 に応答カテゴリ別で、色シフト量を平均したグラフを示す。エラーバーは被験者間の標準偏差を表す。事前観察物体と同色同形の物体は色シフト量が小さくなるが、異色同形の物体は色シフト量が大きくなる傾向が見られた。

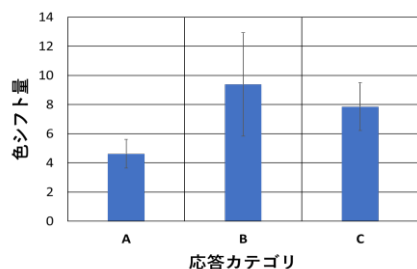


図 7 カテゴリ別色シフト量

カテゴリ別においても、測色的な色度差を調べた。結果を図 8 に示す。

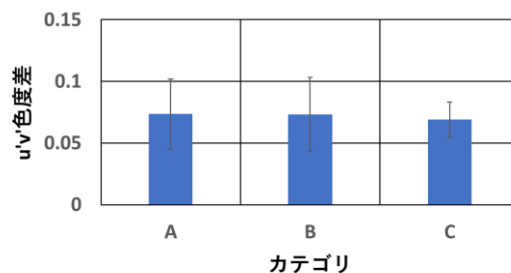


図 8 カテゴリ別 u'v'色度差

カテゴリ別においても、測色的な色度差は見られなかった。

### 5. 考察

同じ色差でも、照明色によって色恒常性の働きやすさには違いがあり、緑色照明は色恒常性が働きにくい傾向が見られた。これは、先行研究<sup>1)</sup>と同様の結果であった。日常生活において、緑色の照明を目にする機会が少ないことが関係している可能性があると考えられる。今回、同一の照明色で実験を実施するうちに、全体的な色シフト量が減る傾向も確認された。これも、被験者が照明色に慣れ、熟知性が増したことが影響した可能性がある。

また短期間でも、事前観察を行うことによって記憶色が形成され、同色同形の物体では、色恒常性が働きやすくなる傾向が見られた。事前観察物体と同形で色が異なる場合、応答のばらつきが大きい傾向が見られた。これは、同形の場合、記憶色がバイアスとなり、色恒常性の安定性が失われやすい状態にあったことを示唆していると考えられる。

### 6. 結論

短期間の事前観察により記憶色が形成され、色恒常性の働きやすさに変化が生じた。また、緑色照明は色恒常性が働きにくかった。これらの結果は、照明と物体における熟知性が、色の見えに影響を与えることを示唆している。

### 参考文献

- 1) Pearce B, Crichton S, Mackiewicz M, Finlayson GD, Hurlbert A (2014) Chromatic Illumination Discrimination Ability Reveals that Human Colour Constancy Is Optimised for Blue Daylight Illuminations. PLoS ONE 9(2): e87989.
- 2) Olkkonen, M., Hansen, T., & Gegenfurtner, K. R. (2008). Color appearance of familiar objects: Effects of object shape, texture, and illumination changes. Journal of Vision, 8(5), 13-13.



# 自然画像における刺激の複雑さが色域拡大効果に与える影響

## Influence of complexity of image on color gamut expansion effect

三上 大河 Taiga Mikami 千葉大学  
溝上 陽子 Yoko Mizokami 千葉大学

Chiba University  
Chiba University

**Keywords:** 色域拡大効果, メトリッククロマ, 色分布, ターゲット領域, 背景領域.

### 1 はじめに

近年, 映像作品などでは, 物体と物体を合成させたものを目にするのが当たり前になっている. そのような作品上では細かい違和感を感じるがよくある. その違和感を生じさせる要因の1つとして色域拡大効果がある. 色域拡大効果とは物体の周囲の彩度の分散によって, 物体の見えの彩度が低下する効果である<sup>1)</sup>. パターン刺激を用いた研究では, 色域拡大効果の影響が確認されている.

松本ら<sup>2)</sup>は花の画像を用いて自然画像における色域拡大効果について検証をした. その結果, ターゲット領域は単純であるほど背景刺激の影響を受けやすく, 背景領域はオリジナルに色分布が近い場合にターゲット領域が無彩色に近づいて見えるという結論に至った. しかし, この結果は1種類の画像だけのものであり, 色域拡大効果に関わる要因の詳細については明らかになっていない. そこで, 本研究では自然画像を用いて, 様々なターゲットと背景の条件において検証を行う.

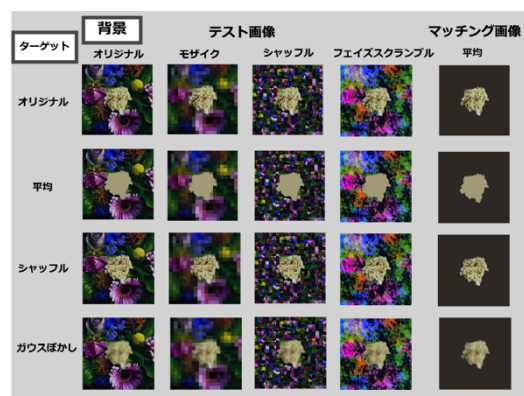
## 2 実験

### 2.1 実験環境

実験は暗室環境内で行い, 刺激の呈示にはLCDモニタを用いた. 被験者の頭部を顎台で固定し, 視距離を80cmに保った.

### 2.2 実験刺激

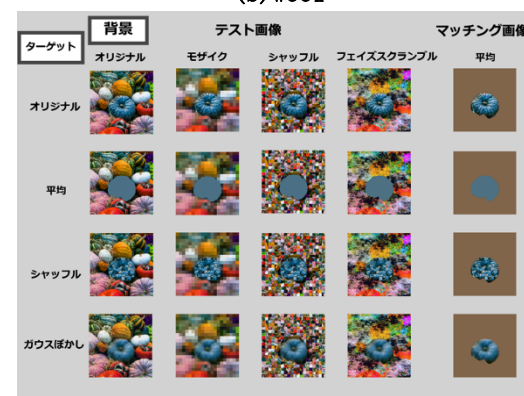
実験刺激を図1に示す. 実験刺激には, 自然画像3種類を用いた. 用意した画像をターゲット領域と背景領域に分け, ターゲット領域には平均, シャッフルおよびガウスぼかし処理, 背景領域にはシャッフル, モザイク, フェイズスクランブル処理を施した. これに, オリジナルを含めた背景領域4種類, ターゲット領域4種類を組み合わせた16種のテスト画像を用いた. また, 各テスト画像と同一のターゲット領域を持ち, 背景領域が無彩色の画像をマッチング画像とした. これらの画像は約 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ の大きさに呈示した.



(a) flower



(b) wool



(c) pumpkin

図1 実験刺激

### 2.3 実験手順

実験は上下法によって行った. 被験者は暗順応を2

分間行った。その後、同一のターゲット領域を持つテスト画像とマッチング画像が左右同時に2秒間、続いてN5相当のブランク画面が呈示された。呈示されるテスト画像は16種のうちランダムに選ばれた1枚であり、それに対応したマッチング画像が呈示された。被験者は両画像を見比べ、どちらのターゲット領域が鮮やかであるか、ブランク中に応答キーで応答した。マッチング画像のターゲット領域の方が鮮やかと応答した場合は、次に提示されるマッチング画像のターゲット領域のメトリッククロマ  $C^*_{ab}$  を下げ、逆の場合は上げた。これを8回の折り返しが発生するまで繰り返し、折り返しの最後の6回分の平均を測定値とした。16種類の画像についてこの手順を繰り返し、1つの条件につき3セッションずつ行った。被験者は色覚正常者4人とした。

3 結果

図2に実験刺激ごとの色域拡大効果度の被験者平均を示す。これは、実験の応答結果に色相対比の影響を取り除くための補正を加えて算出したものである。縦軸の色域拡大効果度が大きくなるとターゲットの見える彩度が低下することを意味する。ほとんどの条件において色域拡大効果が見られた。pumpkin画像に関しては、ターゲット領域に平均処理が施されている場合、特に色域拡大効果の影響が大きいことがわかった。

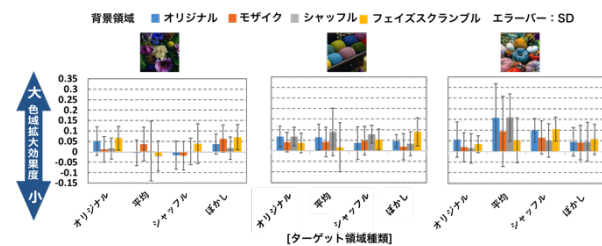


図2 実験結果

補足実験として調整法による検証も行った。図3がその結果であるが、上下法とほぼ同様の傾向が確認できた。

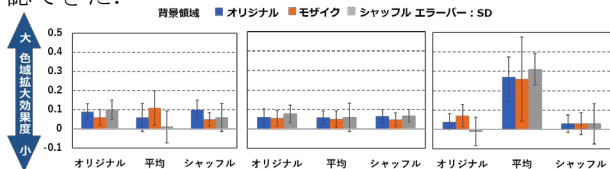


図3 調整法による実験結果

4 考察

結果に個人差はあるものの、ほぼ全ての条件に対して色域拡大効果の傾向が見られたので、自然画像に対しても色域拡大効果の影響があると言える。

松本らの研究で述べられている、ターゲット領域が単純(平均)であり、背景領域が表面の細かい情報(エッジ)を持つほど色域拡大効果が高いという効果は、pumpkin画像で顕著に見ることができた。図3にターゲット領域の平均色と背景領域の平均色

の  $a^*b^*$  色度差を示す。これは、pumpkin画像のターゲット領域の平均色と背景領域の平均色の  $a^*b^*$  色度差が大きいことが原因ではないかと考えられる。

また、本研究は、先行研究と同様の、flower画像を用いた実験を行っているが、結果は先行研究とは異なっていた。ターゲット領域の彩度が異なることから、色域拡大効果にはターゲット領域の彩度が影響することも考えられる。

図4にpumpkin画像のターゲットに平均処理が施されている条件の、Lab色空間における色分布を示す。背景領域に関しては、色域の広さ、あるいは色分散の大きさが影響しており、色域が広いまたは色分散が大きい場合に色域拡大効果が大きくなる傾向にあると考えられる。

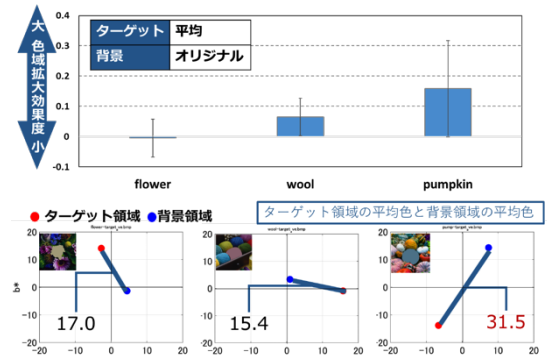


図3 ターゲット/背景領域の平均色の  $a^*b^*$  色度差

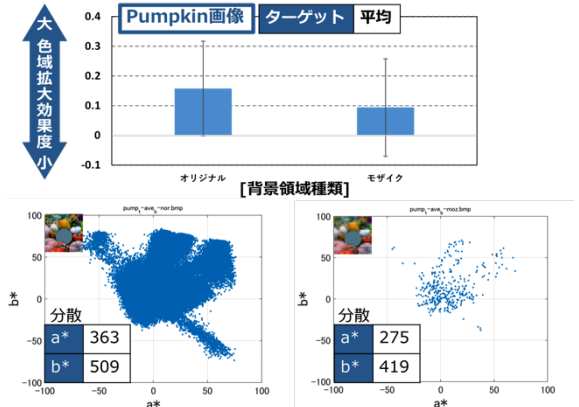


図4 pumpkin画像色分布(ターゲット:平均)

5 結論

画像のタイプによらず色域拡大効果が得られることが示された。ただし、自然画像における色域拡大効果には、画像依存性があり、ターゲット領域は単純で、背景領域はオリジナルに色分布が近い場合に最も色域拡大効果の影響が大きいことが示唆された。

参考文献

- 1) Richard O. Brown, Donald A. MacLeod, Color appearance depends on the variance of surround colors, Current Biology, 7(11), pp. 844-849, 1997,
- 2) 松本英, 溝上陽子, 矢口博久, 自然画像の輝度コントラストが色域効果に及ぼす影響, 日本視覚学会 2011年冬季大会, 東京, 2011

# 疑似白色 LED の光源スペクトルと物体色の色彩

## Relationship between Spectral Distribution of Pseudo-white LED and Object's Surface Colors

吉村由利香 Yurika Yoshimura 大阪産業技術研究所 Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology  
大江 猛 Takeru Ohe 大阪産業技術研究所 Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology

Keywords: 疑似白色 LED, 光源スペクトル, 物体色, 演色性, 色差

### 1. 背景と目的

近年, LED 照明の利用が急速に進んでいる。LED 照明は発光効率が高く省エネルギーであるため, 今後も世界中で市場が拡大すると考えられている。しかし, LED の光学特性は分光分布などで従来の白色光源と異なる点が多い。従来の白色光は可視領域全体にエネルギー分布を持つ連続白色光や人間の視感度に合わせてエネルギーを持つ RGB 三波長形白色光であるが, 現在, 最も普及している照明用白色 LED は青色ダイオードとこれを励起光とする黄色蛍光体を利用したもので, 補色関係にある 2 種類の光を用いた疑似白色光である。このタイプの LED の光色は人間の脳には白と認識されるが, 物体色の見え方(演色性)は従来白色光と異なっている(1-3)。しかし, LED 照明は発光方式などが未だ開発途上であるため, 太陽光 (D65) や蛍光灯 (F10) の様に国際規格の LED 標準光源が設定されていないことから, 工場や店舗, オフィスなどで広く使用されているにも関わらず, 測色機器によって LED 照明下の物体色を知ることができない。そこで, 本研究では青色ダイオードと黄色蛍光体による疑似白色 LED 照明について, その光源の分光分布によって物体色の見え方 ( $L^*a^*b^*$ 値) がどのように変化するかをシミュレートし, 疑似白色 LED 照明の光源スペクトルの波形と物体色の見え方の関係について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試料

疑似白色 LED ランプは, 代表的な市販の疑似白色 LED ランプ (LED1: 昼光色 Tcp6181K/7.2W/499ルーメン) を使用した。比較の標準光源として, JIS Z 8781 の D65 標準光源, および JIS Z 8780 の CIE 昼光の相対分光分布を使用し

た。物体色試料として, 布製色見本 SCOTDIC 製 COLOR FINDER on polyester の赤, 黄, 緑, 青 (P05, P25, P45, P67) を用いた。

#### 2.2 測定方法

LED 光源の光学測定は, 大塚電子(株)製 全光束測定システム FM-1000LO, Labsphere 製 積分球装置 LMS-650 を用いて, 分光分布, 相関色温度を測定した。物体色は, コニカミノルタセンシング(株)製 CM-600d を用いて, 色見本の分光反射率を測定し色彩計算に用いた。

#### 2.3 LED 試料光源の分光分布変化と物体色の変化 ( $L^*a^*b^*$ , $\Delta E^*$ ) の算出

上記の LED ランプの 450nm および 550nm のピークについて, 強度と波長をデジタル処理で変化させ, 分光分布の変化が物体色の色彩 ( $L^*a^*b^*$ ) に及ぼす影響をシミュレーションした。実際のランプ発光では, 450nm の青色ダイオード発光を励起光として 550nm の黄色の蛍光発光をつくるため, これら二種類のピーク強度は常に連動して複雑に変化すると考えられるが, 本研究ではそれぞれのピークが色彩に及ぼす影響を見積もることを目的とするため, 2 種類のピークの強度と波長をそれぞれ個別に変化させて検討を行った。光源の分光分布の波形変化による物体色の色差 ( $\Delta E^*$ ) は, ピーク強度あるいはピーク波長を変化させた LED スペクトル下の色彩を試験色とし, 太陽光 (D65) 下の色彩を基準色として色差を算出した。色彩パラメータの算出は, JIS Z 8701 (XYZ 系等色関数), JIS Z 8720 (標準光源), JIS Z 8722 (物体色の測定法), JIS Z 8781-4 (CIE 1976  $L^*a^*b^*$ 色空間) を参考に行った。

### 3. 結果



### 3.1 疑似白色 LED 光源の 450nm ピークの強度とピークシフトの変化が物体色に及ぼす影響

疑似白色 LED ランプの青色ダイオード由来の 450nm のピークを変化させ、LED のスペクトル波形が物体色に及ぼす影響を調べた。

450nm のピーク強度を減少させた場合 (Fig.1), 赤系の物体色は a\*値が増大し、逆に青系の物体色は a\*値が減少した (Fig.2)。L\*値と b\*値への影響はすべての物体色で小さかった。これは、450nm のピーク強度は、三刺激値 Y 値への影響は少ないが、450nm 付近に最大感度を持つ X 値と Z 値を減少させることが要因と考えられた。

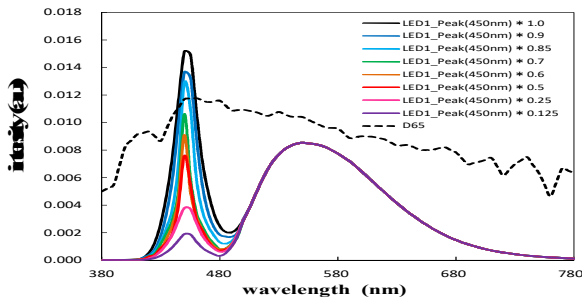


Fig.1 450nm peak intensity of the modified spectral distribution curves of pseudo-white LED.

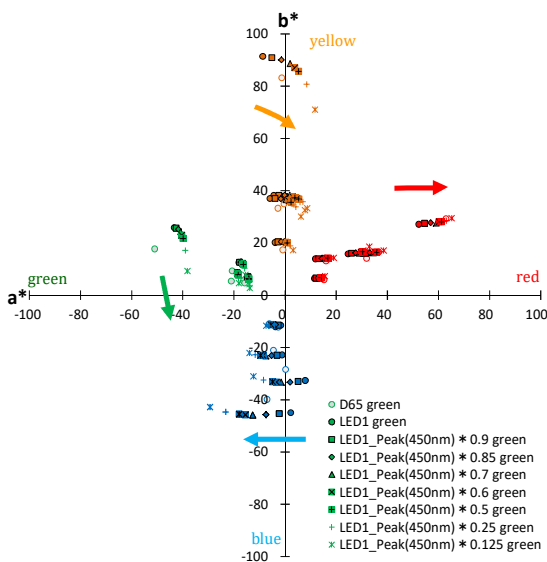


Fig.2 The object's colors under the LED modified 450nm peak intensity.

また、この色彩の変化について、太陽光 (D65) 下の色彩を基準色として色差  $\Delta E^*$  値を算出すると、赤系の色相では 450nm の強度が低下するほ

ど  $\Delta E^*$  値が小さくなり太陽光の見え方に近づいた (Fig.3)。これは 450nm のピーク強度が低下することで、550nm ピークの相対強度が増大し、600nm 付近に最大感度を持つ三刺激値 X 値が改善されたためと考えられる。青色と黄色の色相では、450nm ピーク強度を 85%程度に低下させた場合に  $\Delta E^*$  値の改善が認められた。

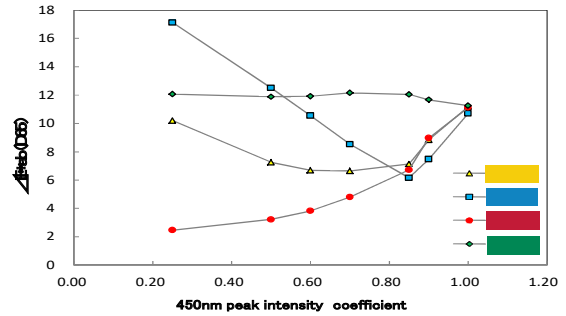


Fig.3 Effect of 450nm peak intensity of the pseudo-white LED on the color difference  $\Delta E^*$  (D65) of the object's colors.

一方、450nm のピーク位置を長波長側にシフトさせた場合の物体色の変化は、450nm のピーク強度を減少させた場合と同様の傾向を示した。色差については、ピーク位置を 10nm 長波長側にシフトさせた場合に  $\Delta E^*$  値が改善された。これは、ピークシフトによって 450nm 付近に最大値を持つ三刺激値の X 値と Z 値が減少したことで、上述のピーク強度変化による色差向上と同じ効果が得られたものと考えられる。

また、いずれの色相に置いても、彩度の高い色彩ほど 450nm の強度変化の影響を強く受けることが分かった。

### 3.2 疑似白色 LED 光源の 550nm ピークの強度とピークシフトの変化が物体色に及ぼす影響

疑似白色 LED ランプの黄色蛍光体由来の 550nm のピーク位置を長波長側にシフトさせた場合、赤の色相では a\*値の減少と b\*値の増大、青の色相の場合には、逆に a\*値の増大と b\*値の減少が認められた ((Fig.4, Fig.5)。

一方、550nm ピーク強度を減少させた場合は、a\*値および b\*値の変化は、上述の 450nm の強度変化の場合とは逆の傾向を示し、黄色の物体色でも a\*値が大きく減少する傾向が認められた。

550nm のピーク位置を長波長側にシフトさせた場合の太陽光との色差については、ピーク位置



を長波長側にシフトさせるほど $\Delta E^*$ 値が大きくなり、太陽光の見え方からのズレが大きくなることが示された (Fig.6)。

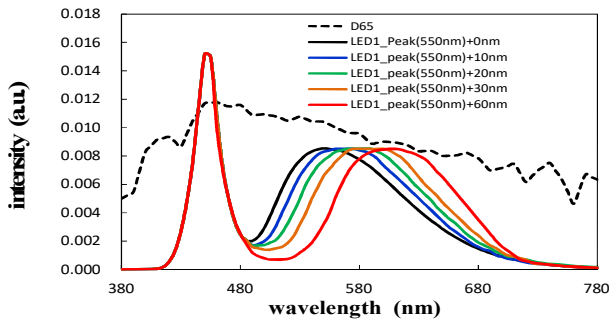


Fig.4 550nm peak shift of the modified spectral distribution curves of pseudo-white LED.

参考文献:

- (1) 吉村由利香, 大江 猛, *J.CSAJ*, Vol.41, No.3, (2017) 125-127.
- (2) 吉村由利香, 大江 猛, 科学と工業, Vol.89, No.4, (2015) 89-94.
- (3) W. Davis, Y. Ohno, Proc. of Fifth International Conference on Solid State Lighting, 2005 (SPIE 2005) 59411G-1.

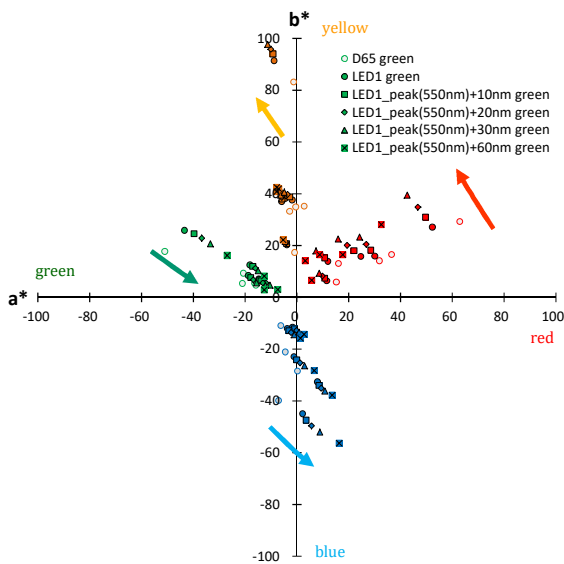


Fig.5 The object's colors under the LED modified 550nm peak position.

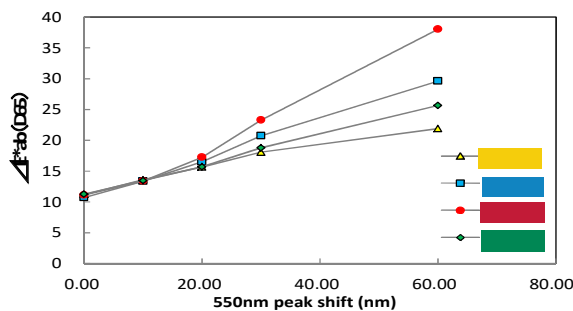


Fig.6 Effect of 550nm peak shift of the pseudo-white LED on the color difference  $\Delta E^*$  (D65) of the object's colors.

# コンビニ弁当のパッケージ色が喫食者の心理に及ぼす影響 ～ 橙・赤・緑・青および無彩色の場合 ～ Psychological effect of the color of lunch box at convenience store

富田 圭子	Keiko Tomita	近畿大学	Kindai University
河野 隼征	Jyunsei Kawano	近畿大学	Kindai University
藤田 未羽	Miu Fujita	近畿大学	Kindai University
文岩 静香	Shizuka Fumiwa	近畿大学	Kindai University
楨原 咲貴	Saki Makihara	近畿大学	Kindai University
安岡 美総	Misato Yasuoka	近畿大学	Kindai University

**Keywords:** パッケージ色, コンビニ, 弁当, 購買意欲, おいしさ

## 1. はじめに

生活の多様化・多忙化に伴い、食の外部化・商品化が進行している。2016年の経済産業省の調査によると、外食・内食が低迷している中、中食は堅調な推移を示していると報告している。特にコンビニエンスストア（以下コンビニ）の店舗数の増加は顕著で、1974年の1号店誕生から2017年までの約45年の間に、54,839店舗（売上高約11兆1千億円）にまで拡大しており、現代の日本社会にとって欠くことができない存在に成長してきたといえる<sup>1)</sup>。コンビニの商品売上高を品目別に見てみると、全売上高の約40%はFF（Fast Food）・日配食品が占めており、加工食品を加えると全体の約65%が食関連商品であると報告されている<sup>2)</sup>。POS（Point of Sales）システム導入で、仕入れ商品の取捨選択を常に行っているコンビニの売れ筋商品を見ると、1位：缶・ペットボトル飲料、2位：パン・調理パン 3位：惣菜・弁当・おにぎり、7位：コンビニ惣菜・調理品（唐揚げ等）とあり<sup>3)</sup>、上位の中に弁当が入っていることから、多忙な生活を送る現代人にとって、コンビニ弁当は必須アイテムのひとつになっていることが伺える。

一方、我々は食べ物のおいしさはもちろんのこと、買い物の際にも五感（味覚・嗅覚・聴覚・触覚・視覚）を使って品質を判断している。野村ら<sup>4)</sup>によると、購入に最も貢献する感覚は視覚であり、全体の約87%を占め、続いて聴覚が約7%、触覚が約3%、嗅覚が約2%、味覚が約1%と報告している。つまり、購買意欲を高めるためには、店頭における視覚による魅力的な訴求が必須であると考えられる。さらに、コンビニの店頭における商品購入に至るまでの時間は数秒～数分と

短く、消費者に購入してもらうためには即効力のあるアピール方法が鍵を握ると考えられる。

そこで、本研究は人々の感性にダイレクトに訴えかける色が、短時間で購入を決断する販売形態に有効なアイテムであると考え、弁当パッケージの色彩効果を明らかにすることとした。加えて、簡易な弁当をよりおいしく食べるためのパッケージ色を提案する事を目的に、印象調査を行うこととした。弁当の種類は予備調査から嗜好性の高かった唐揚げ弁当とし、使用する弁当パッケージの色は、美味しさを喚起すると報告されている色から赤と橙を、減退させると報告されている色から青と黒、前者補色である青緑、黒以外の無彩色である白・グレー<sup>5)</sup>を用いた。

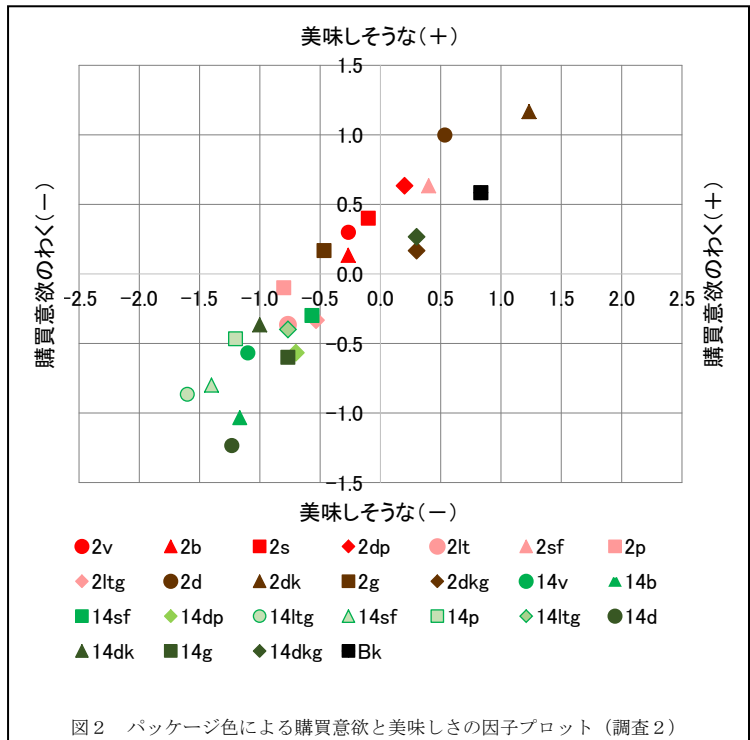
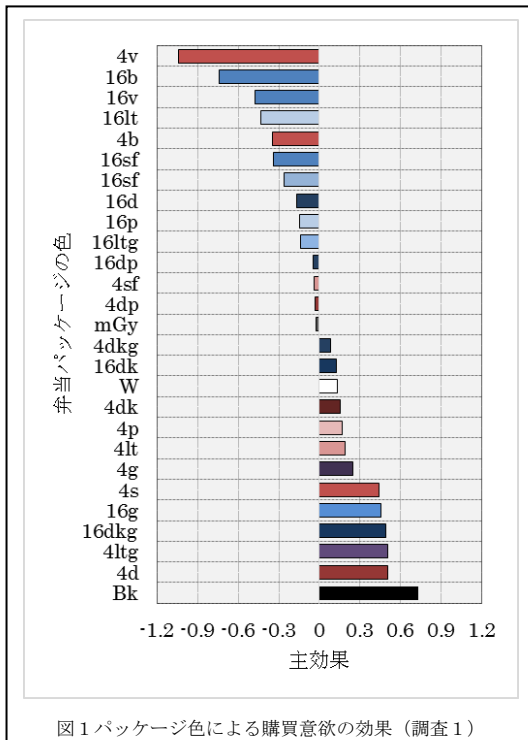
## 2. 調査方法

### 1) 料理画像の作成

標準光源装置マクベスジャッジII（D65に設定）を用い、購入した弁当を撮影（Olympus IMAGING CORP）し、ベース画像とした。尚、色再現にはカラーチェッカーパスポート（X-rite製）を用いた。

### 2) トレイの色変換方法

LCD画面上に上記で撮影した弁当写真画像を投影し、Photoshop（adobe製）を用いてパッケージの部分のみをPCCSから選出した色に色変換した。調査1では27色（橙系12色：4p, 4ltg, 4g, 4dkg, 4lt, 4sf, 4d, 4dk, 4b, 4s, 4dp, 4v, 青系12色：16p, 16ltg, 164g, 16dkg, 16lt, 16sf, 16d, 16dk, 16b, 16s, 16dp, 16v, 無彩色系3色：W, mGy, Bk）を、調査2では25色（赤系12色：2v, 2b, 2s, 2dp, 2lt, 2sf, 2p, 2ltg, 2d, 2dk, 2g, 2dkg, 青系：14v, 14b, 14sf, 14dp, 14ltg, 14sf, 14p, 14ltg, 14d, 14dk, 14g, 14dkg, 無彩色：Bk）を用いた。尚、物体色と光源色の調整は輝度計（CS-160, コニカミノルタ）を用いておこない、さらにカラーチャートを使用して、目視でも同等であることを確認した。



3) アンケート調査方法

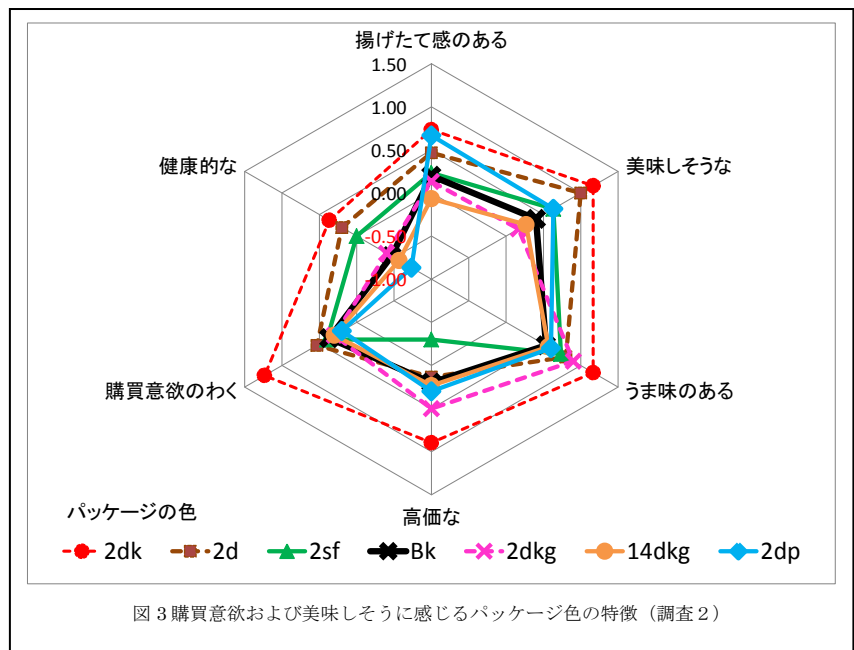
調査1では、一対比較法を用いて、パッケージの色による購買意欲への印象を5段階で調査した。調査2では22形容詞対7段階SD法を用いて、パッケージの印象調査をおこなった。調査1・2共に弁当画像をLCD画面上に投影し、その画像を被験者(調査1:女子大学生32名/色(色組み合わせ数351種類)、調査2:女子大学生60名、21±2歳)に見てもらい、回答してもらった。なお、部屋の環境は温度24.8±1.0℃、湿度53.8±7.1%、照度372±41.6 lxでおこなった。

3. 結果および考察

＜調査1＞ 橙系、青系各12色、無彩色(白・黒・グレー)3色の計27色のパッケージを見て、購買意欲が喚起されるか否かを5段階の一対比較法を用いて調査した(図1)。最も購買意欲を喚起したのものから順に、Bk、4d、4ltg、16dkg、16g、4sとなった。黒が最も食欲を喚起したが、4dや4ltg、4sも高評価であった。しかし今回の調査からは、トーンの法則性を明らかにするまでには至らなかった。次に、青の評価であるが、食欲を喚起しないと報告されている青も、トーンを下げてグレイッシュにシフトすることにより食欲を喚起することが示された。

＜調査2＞ 22形容詞対7段階SD法による印象調査を行い、おいしさと購買意欲に焦点をあてた因子プロットを作成(図2)後、両者の評点が高い色を抽出してその特徴を分析した(図3)。美味しそう・購買意欲ともに評価が高かったパッケージの色は2dkであり、揚げたて感や旨味を感じ、健康的で高価な印象を演出することが示された。

参考文献 1) 商業動態統計, 経済産業省(2016), 2) 第470回市販のお惣菜を購入しますか, アサヒホールディングスお客様生活文化研究所(2013), 3) 第511回コンビニで何をかう?, アサヒホールディングスお客様生活文化研究所(2014), 4) 「カラーマーケティング論」, 野村順一, p.215, 千倉書房, 東京(1997), 5) 食品の色彩と味覚の関係:日本の20歳代の場合, 奥田弘枝ら, 日本調理科学会誌, 35(1), 2-9(2002)



# NCS 色空間におけるファッションを想定した配色調和の分析

## Analysis of Harmonious Colors for Coordination Clothes in NCS Color Space

丸山真澄 Masumi Maruyama 金城学院大学  
 平林由果 Yuka Hirabayashi 金城学院大学  
 乾 宏子 Hiroko Inui ぐらしの色彩研究会  
 市場丈規 Takenori Ichiba ぐらしの色彩研究会

**Keywords:** ファッション、配色調和、NCS 色空間、イエロービュー、ブルービュー、清色、濁色。

### 1. はじめに

これまで、パーソナルカラー4 シーズン各色の NCS 色空間における分布を調査し、第 46 回全国大会[米沢]’15、第 47 回全国大会[名古屋]’16 において結果を報告した。そこでは、 $c>05$  の有彩色は、NCS 色相環上の緑と赤を境にした黄側(イエロービュー)/青側(ブルービュー)のどちらに属するか、清色(明清色・暗清色)/濁色(明濁色・暗濁色・中間色)のどちらに属するかという 2 点によって、4 シーズンに分類されていると論じた。

今回はこの分類に基づき、ファッションを想定した配色調和と嗜好を検討した。まず色相をイエロービュー/ブルービューに分類したうえで、さらに明清色、暗清色、明るめの濁色(以下明濁色とする)、暗めの濁色(以下暗濁色とする)、それら以外の中間色に分類した。これらで 3 色配色を作り、同グループ内で構成した場合と異グループを混合させた場合の配色について、調和感および嗜好に相違があるかを二枝選択法で調査した。

### 2. 調査方法

調査には NCS (Natural Color System) 表色系を使用した。文献<sup>(1)</sup>より、NCS 色相環上の Y を含む G から R の領域の色を「イエロービュー(黄みを感じる色)」, B を含む G から R の領域の色を「ブルービュー(青みを感じる色)」と定義した(図 1)。本調査では、全 40 色相のうち 20 色相を使用した。図 2 は、ニュアンス図である。S=5 は明清色領域、W=10 は暗清色領域、S=20 は明濁色領域、W=20 は暗濁色領域、ニュアンス図の中線付近の色を中間色の代表色として中間色領域とし、配色作成には、この 5 領域の色を使用した。5 つのニュアンス領域配色に使う候補色は、高彩度の色では S=5 と W=10、S=20 と W=20 で両方に該当する色が存在するが、それらの色はそれぞれのニュアンス領域の

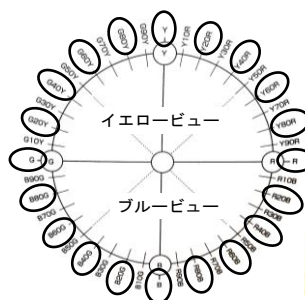


図 1. NCS 色相環 (2 領域：20 色相)

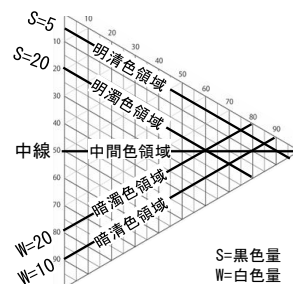


図 2. ニュアンス図 (5 領域)

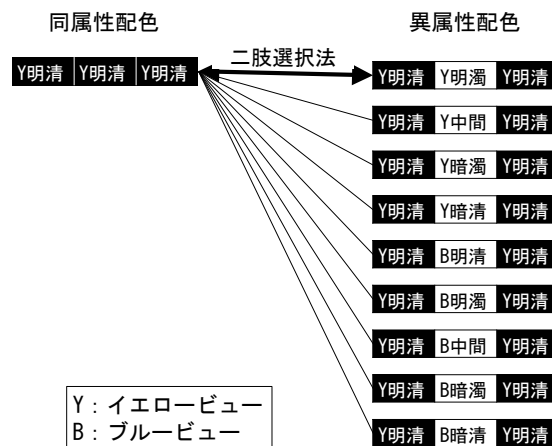


図 3. 3 色配色の比較パターン作成例

特徴を含む色であるため、該当するグループの両方にリストアップさせた。中線付近は中間色の代表として選んでいるため、S=5、S=20、W=20、W=10 に該当する高彩度の色は省いた。

配色に使う色は各領域のカラーカードから選定した候補色の中からランダムに選び、一色につき一度しか使用しなかった。配色を作成した際に隣の色と近似してしまった場合にはランダム抽出を再度行い、三色配色が成立するようにした。図 3 に示すように、3 色を同グループ内(同じ領域)でそろえた配色を「同属性配色」、三色配色の



真ん中に異属性 (別の領域)のグループの色 (9種類)を組み合わせた配色を「異属性配色」とした。配色比較の総数はイエロービュー, ブルービューの2領域, ニュアンス5領域, 合計10領域ごとに色を選定し, 各領域3標本作成した合計30標本の同属性配色を比較対象とし, 一つの配色比較パターンにつき9種類の配色を作成したので270組となった。提示順及び左右の配置はランダムになるようにした。

調査に使用する配色は, 3色を同面積で作成し, 色再現に優れたプリンター (EPSON社製 SC-PX5V II)で印刷した。調査会場にて視感で比較する作業を繰り返し, カラーカードと同じ色になるように調色した上で調査用紙を作成した (図4)。

調査対象者は21~22才の女子大学生49名, 調査方法は集合調査法であった。調査内容は, 2つの配色パターンのうち, どちらがファッションに当てはめるとき調和していると思うか (調査A), 好きな配色はどちらか (調査B)をそれぞれ二肢選択法で回答させた。調査用紙の順番はランダムとし, 評価の際は明度N7のマスクを使用して, 比較対象の配色以外は見えないように配慮した。調査会場の照度は, 屋外光とLED照明白色光をあわて約1500Lxであった (図5)。

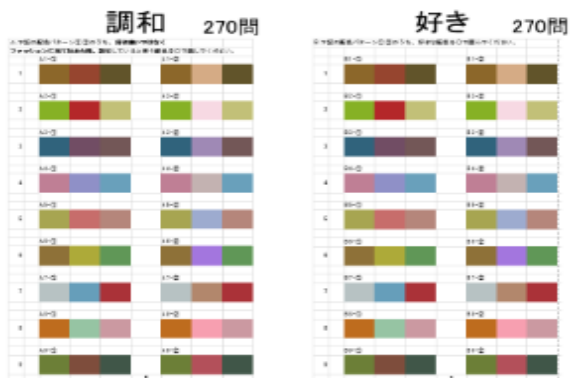


図4. 調査用紙 調和 (A)・好き (B)



図5. 調査風景

### 3. 結果

調査A: 調和の配色パターンの特徴を捉えるため, 8割以上の回答者が調和していると選択した配色を抽出して解析を行った。ビュー分類で見ると (図6), 調和と選択された配色は, 3色全ての色がイエロービュー内の領域で構成された配色, またはブルービュー内の領域で構成された配色 (左図)であった。選択されなかった配色はイエロービュー, ブルービューが混合されていた (右図)。また, 調和と選択された配色の3色それぞれのニュアンス領域を分析したところ, イエロービューで構成された配色の領域の場合 (図7)は, 清色領域で構成された配色の中には清色領域の色が, 濁色領域で構成された配色の中には濁色領域の色が挿入されていた。一方, ブルービューで構成された配色の領域の場合, イエロービューで構成された配色と同様に, 3色全てが清色領域で構成, 濁色領域で構成されていた配色に加え, 清色領域と濁色領域の色が混在している配色も選択されていた。

調査B: 8割以上の回答者が好きと選択した配色は, 調和での結果と同様に, イエロービューの場合はイエロービュー内で, ブルービューの場合

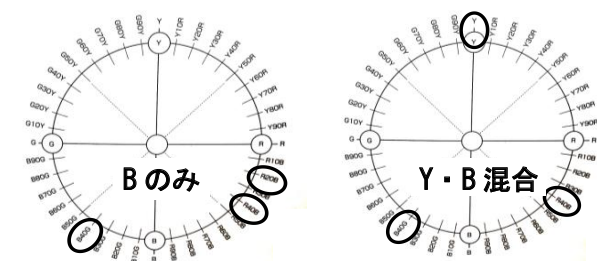


図6. 調和と選択された配色 (左図) と 選択されなかった配色 (右図) の典型例 (Y:イエロービュー B:ブルービュー)

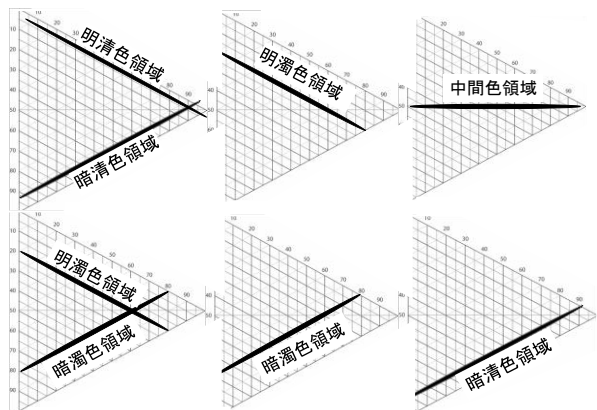


図7. 調和と評価された清色領域・濁色領域の組合せ (イエロービュー領域)

はブルービュー内で構成されていた。また、好きと選択された配色の3色それぞれの色のニュアンス領域を調べたところ、領域に特徴はなかった。

#### 4. 考察

調査Aと調査Bの結果について、選択された配色が同属性配色・異属性配色のどちらを選択する傾向が強いかを比較するため、49名の平均値を算出した。その一例(W20領域の場合)を図8に示す。次に、調和と好みの配色パターンの違いを明確にするため、「好き」の値と「調和」の値の差を算出した。さらに、領域による違いを検討するため、領域ごとの差の値の平均値を算出した。図9は好きと選択された配色パターンの傾向(統一/混合)を調和パターンに対して表した図である。好きと選択された配色は、S20(明濁色)領域では、

調和と選択された配色より同属と評価される傾向があった。W20(暗濁色)領域・W10(暗清色)領域では、調和と選択された配色より異属と評価される傾向にあった。その傾向は、ブルービューに比べてイエロービューの方がやや強かった。

#### 5. まとめ

属性を明確にした3色配色を作成し、調和と好みの配色パターンについて二肢選択法で調査した結果、調和していると多くの人が選択した配色は、イエロービューまたは、ブルービューのどちらかの属性で3色全てが構成されていた。イエロービューに関しては、同じビュー内で構成されている且つ、清色領域内、濁色領域内で構成された配色を多くの方は調和している配色として選択した。

本調査結果より、ファッションを想定した配色における調和は、統一感が求められるが、嗜好においては、配色に変化を求める傾向が強いことが示唆された。今後は、実際のファッションにおける配色の面積比を考慮して検討したい。

#### 参考文献

- 1) 高松 操 他：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(第46回全国大会発表論文集)，日本色彩学会誌，39(5)，(2015) p. 164-167
- 2) 高松 操 他：低彩度色のNCS色空間におけるパーソナルカラーフォーシーズン分類とシーズンカラーとの配色調和の検討，日本色彩学会誌，40(3)，(2016) p. 198-201

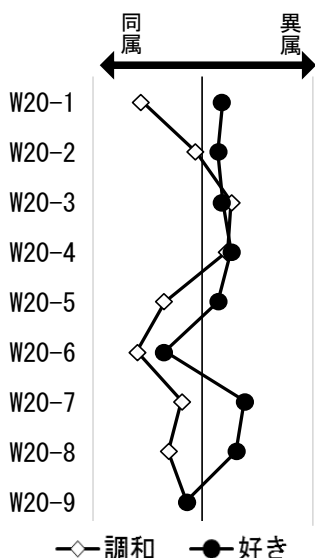


図8. 調和と好みの比較 (Y・W20 の例)  
(回答者全員の平均値)

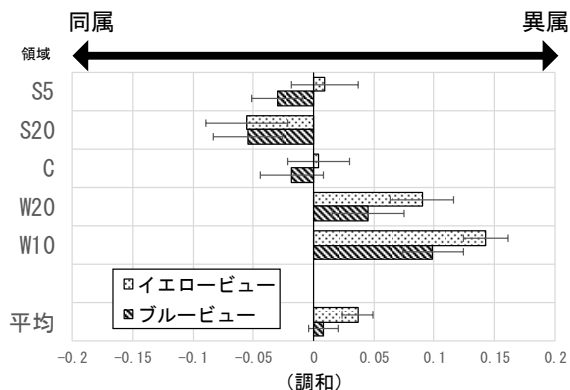


図9. 好まれる配色パターンの特徴  
(調和パターンに対する領域ごとの平均, Mean±SE)

## リビング照明の色度が室内印象に及ぼす影響

## The Influence of Chromaticity of Living Room Illumination on Indoor Impression

渡邊直人 Naoto Watanabe 山形大学 Yamagata University

田代知範 Tomonori Tashiro 山形大学 Yamagata University

永井岳大 Takehiro Nagai 山形大学 Yamagata University

山内泰樹 Yasuki Yamauchi 山形大学 Yamagata University

キーワード：照明，色温度，Duv，くつろぎ

## 1. はじめに

照明の色度が空間の印象に影響を与えることは過去の研究からも明らかにされている。代表的なものとして Kruithof のカーブ<sup>1)</sup>が挙げられる。Kruithof は快適と感じられる照明条件を色温度と照度から求めた。また，中村ら<sup>2)</sup>は色温度と照度の関係からリビング照明におけるくつろぎ感を検討した。しかし，近年の照明は LED など色度を自由に変えられるようにはなっていないことが多い。照明の色度は相関色温度 (Correlated Color Temperature, CCT) で表記されている場合が多いが，正確には CCT の値に加え，黒体軌跡からの距離 Duv を用いて表現する。しかしながら，Duv にまで着目し印象評価を行っている実験は少ない。特に，くつろぎ感に関して照明条件を求めるための系統だった研究はほとんど見られない。

そこで，本実験ではリビング空間の“くつろぎ感”に着目し，照明の色温度や Duv が空間の印象評価に与える影響を検討する。予備実験として CCT=3000K, Duv=0.005 近傍でくつろぎ感を感じる傾向があることが分かっている。そこで，本研究では，さらに Duv の値を変更してくつろぎ感を感じる色度の範囲を検討する。

## 2. 実験：リビング照明の印象評価実験

## 2.1 実験環境

実験は，ソファ，カーペット，テレビなどが

置かれたリビング空間を模したブース内で行われた。ブース寸法は 2400mm × 2400mm × 2400mm である。実験概略図とブース内写真を図 1, 2 に示す。

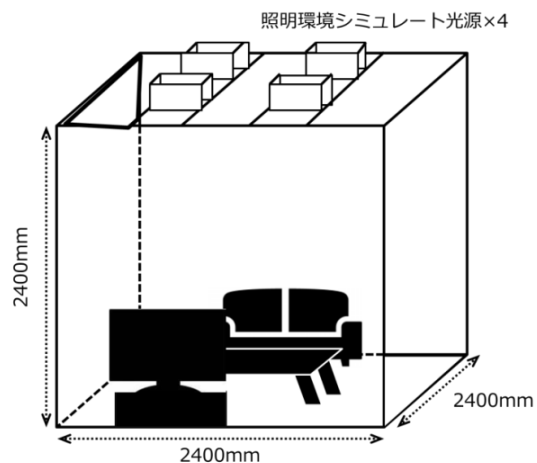


図 1. 実験ブース概略図

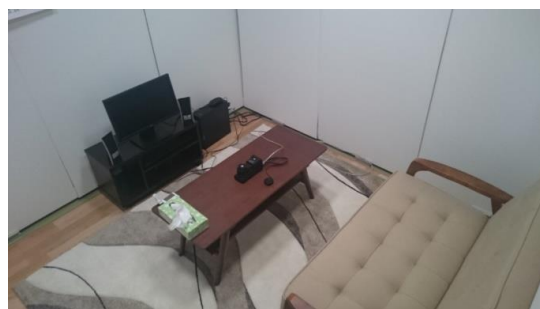


図 2. ブース内写真

## 2.2 実験条件

実験は THOUSLITE 社の LEDCube で，15ch の LED の組み合わせにより様々な分光分布を実現可能な照明環境シミュレート光源を使用した。

照明条件は色温度が 2300K, 3000K,

4000K, 5000K の 4 条件, Duv が 0, 0.005, 0.01 の 3 条件, 全 12 条件であった. また, ブース内に設置してある机上面照度が 200lx となるよう設定した. 図 3 に xy 色度図上の黒体軌跡と等色温度線・等色偏差線図・今回の実験条件を示す.

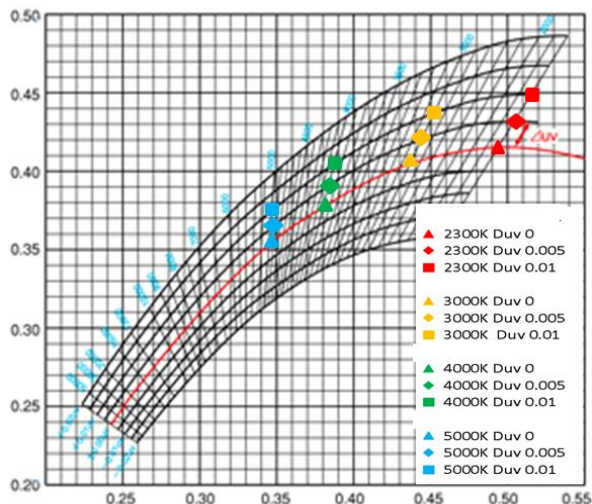


図 3. xy 色度図上の黒体軌跡と等色温度線  
等色偏差線・今回の実験条件

### 2.3 タスク

本研究では, くつろぐ状況としてリビング空間でテレビを見ている場面を想定して動画の視聴を行う.

呈示する動画は, 風景や動物を映したもので, 刺激的な動画は避けるようにした.

### 2.4 評価方法

評価は 7 段階のリッカート尺度を用いて実施した. 被験者は 7 段階から, 個々の評価項目に対して適切な印象を選択する. 右端から 1~7 の 7 段階で読み取り, 評価値とする.

### 2.5 評価項目

実験に使用した評価項目を表 1 に示す. また, 対軸として使用した対義語・否定形を表 2 に示す.

これらの形容詞は先行研究<sup>3-6)</sup>から抜粋した.

表 1. 実験で使用した形容詞 47 項目

自然な	のびのびした	ゆったりした	落ち着いた	作業しやすい
好ましい	くつろぎやすい	心地よい	集中できる	疲れにくい
心休まる	安心な	快適な	広々とした	親しみやすい
暖かい	派手な	華やかな	陽気な	豪華な
活気のある	まぶしい	明るい	楽しい	はっきりした
暑い	さわやかな	すっきりした	清潔な	静かな
日常的な	身近な	情緒ある	広い	やわらかい
きれいな	新鮮な	優しい	狭さ感のある	満ち足りた
美しい	快い	開放的な	雰囲気のある	飽きのこない
鮮やかな	均一な			

表 2. 表 1 に対応した対義語・否定形

不自然な	のびのびできない	ゆったりできない	慌てる	作業しにくい
好ましくない	くつろぎにくい	心地よくない	散漫する	疲れやすい
忙しい	不安な	不快な	窮屈	親しみにくい
涼しい	地味な	簡素な	陰気な	質素な
活気のない	まぶしくない	暗い	楽しくない	ぼんやりした
寒い	見苦しい	もっさりした	不潔な	騒がしい
非日常的な	身近ではない	情緒ない	狭い	かたい
きたない	陳腐な	優しくない	広さを感じる	満ち足りていない
みにくい	不快な	閉塞的	雰囲気のない	飽きる
ぼんやりした	不均一な			

### 2.6 被験者

10 名の被験者 (20 代男性 5 名, 20 代女性 5 名) が実験に参加した.

### 2.7 実験手順

実験手順は以下の通りに行う.

1. ブース内に入り, モニターに呈示される動画を見ながら 3 分間順応する.
  2. 照明条件を変え, モニターに呈示される動画を 5 分間視聴する.
  3. ブース内の印象を評価用紙に記入する. 記入中も動画は映したままであった. 回答後に照明条件を変更した. 照明変更時には目を閉じてもらい, 照明が変わる瞬間は見ないように指示した. また, 天井に設置してある照明は直視しないように指示を与えた.
- 1.のみ実験開始時に 1 回行い, 2.~3.を 6 回繰り返し行い, 1 セッションとした. 1 セッション終了ところで休憩をとり, その後もう 1 セッションを行った.

### 3. 実験結果

#### 3.1 因子分析

本実験ではデータ解析法として因子分析を採用した.

実験結果の因子負荷量を表 3 に示す. 因子



負荷量の絶対値が 0.4 以上のものを色付けした。その結果 4 つの因子が抽出された。

第 1 因子が影響を与えている項目（形容詞）として“快適な”，“安心な”，“くつろぎやすい”といった項目が多い。これらはリラックスした状態を表現するのに使われることから，第 1 因子を「くつろぎ感」と名付けた。また，第 2 因子は「高揚感」，第 3 因子は「明瞭感」，第 4 因子は「品質性」と名付けた。

表 3.因子負荷量

項目	因子1	因子2	因子3	因子4
快適な	0.934	0.025	0.122	-0.057
安心な	0.93	0.37	0.127	-0.066
くつろぎやすい	0.905	0.088	-0.169	0.041
親しみやすい	0.881	0.206	0.002	0.035
快い	0.864	-0.109	-0.057	0.033
心地よい	0.863	-0.039	-0.06	0.034
好ましい	0.833	-0.097	-0.07	0.061
落ち着いた	0.827	0.052	-0.139	-0.095
ゆったりした	0.819	0.211	-0.257	0.033
疲れにくい	0.803	-0.191	-0.041	-0.109
日常的な	0.785	-0.113	0.138	0.056
心休まる	0.778	0.183	-0.307	0.082
身近な	0.771	-0.226	-0.034	0.111
優しい	0.748	0.323	-0.24	0.041
作業しやすい	0.739	-0.293	0.149	-0.029
集中できる	0.695	-0.21	0.405	-0.143
のびのびした	0.691	0.008	-0.292	0.168
自然な	0.678	-0.174	-0.046	0.165
美しい	0.672	0.047	0.427	-0.042
静かな	0.63	-0.403	0.215	-0.134
きれいな	0.616	-0.128	0.452	-0.031
さわやかな	0.581	-0.175	0.494	0.078
満ち足りた	0.559	0.315	-0.133	0.174
飽きのこない	0.557	-0.221	0.088	0.081
派手な	-0.58	0.501	0.205	0.115
まぶしい	-0.693	0.105	0.364	0.172
豪華な	-0.244	0.835	0.077	-0.086
陽気な	-0.058	0.825	0.096	0.032
暖かい	0.021	0.797	-0.181	-0.049
華やかな	-0.253	0.761	0.017	-0.077
活気のある	-0.121	0.75	0.512	0.032
涼しい	-0.094	0.725	-0.139	-0.027
雰囲気のある	0.386	0.67	-0.093	-0.106
柔らかい	0.366	0.615	-0.334	-0.095
楽しい	0.439	0.561	0.085	0.116
情緒ある	0.471	0.535	-0.166	-0.086
ほっきりした	-0.009	-0.084	0.831	-0.058
鮮やかな	-0.134	0.02	0.666	-0.079
清潔な	0.484	-0.195	0.571	-0.048
すっきりした	0.376	-0.342	0.551	-0.049
明るい	-0.245	0.216	0.506	0.152
均一な	-0.019	-0.18	0.442	0.099
新鮮な	-0.196	0.044	0.354	-0.041
広い	-0.015	-0.196	-0.032	0.947
開放的な	0.098	-0.016	-0.039	0.814
広々とした	0.234	-0.041	0.106	0.763
狭さ感のある	-0.027	0.035	0.026	-0.873
因子寄与	16.267	6.671	4.322	3.258
因子寄与率	0.346	0.142	0.092	0.069

3.2 “くつろぎ感”に関する因子得点

本稿では第 1 因子である「くつろぎ感」の結果のみ紹介する。

因子分析の結果より「くつろぎ感」の因子得点を算出する。図 4 に「くつろぎ感」の因子得点のグラフ，因子得点の変化が分かりやすいようにカラーマップ表記したものを図 5 に示す。

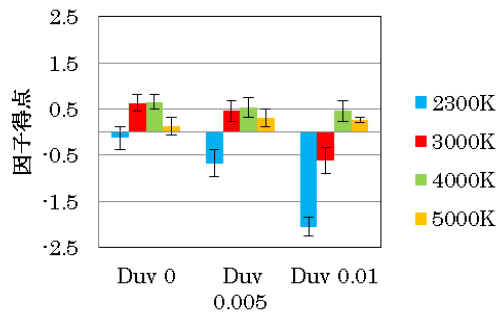


図 4. くつろぎ感の因子得点

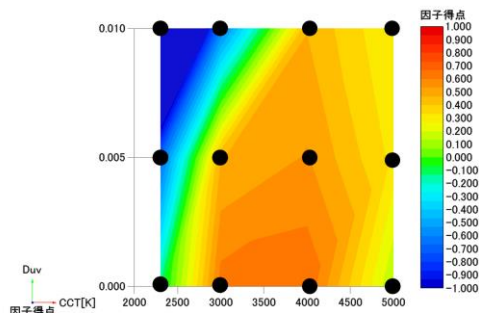


図 5. くつろぎ感のカラーマップ

この結果から，くつろぎ感は CCT=3000K ~4000K，Duv=0~0.005 付近で高い評価が得られ，Duv=0.01 まで変化すると，評価は下がる，もしくは同程度であることが確認された。

4. 考察

“くつろぎ感”を感じる照明について Kruithof の快・不快曲線に本研究の色温度を当てはめると 3000K が快適領域にあり，4000K は快・不快領域の境界に近いところにあり，2300K，5000K は不快領域にあった。これより，くつろぎを感じる色温度の条件は Kruithof の快・不快領域とほぼ一致していた。

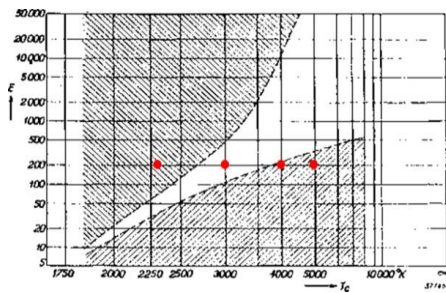


図 6. Kruithof 曲線と今回の実験条件  
(赤点:今回の実験条件)

しかし、同じ色温度でも  $Duv$  の変化で評価値が変化していた。

被験者の数人は「一部の照明が普段の照明と比べ、居心地が悪かった」と話していた。そこで、JIS 規格<sup>7)</sup>にある一般照明用の蛍光ランプ・LED の光源色の色度範囲と本研究の実験条件を図 7 に示す。

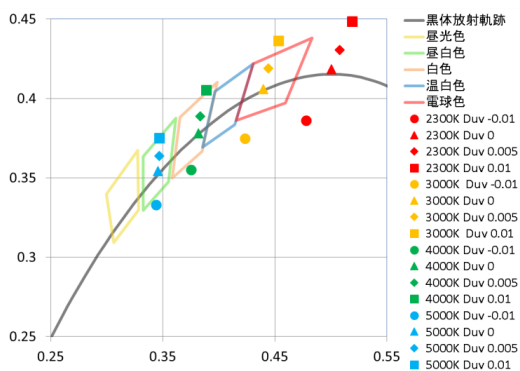


図 7. JIS 規格にある光源色の色度範囲と  
本実験の実験条件の色度座標

図 7 より  $Duv = 0, 0.005$  は照明の色度範囲内にあるのに対し、 $Duv = -0.01, 0.01$  は色度範囲外・境界上にある。このことから、普段見慣れている照明と比べたときに違和感を覚え、くつろぎを感じられなかったことも原因として考えられる。

## 5. まとめ

照明の色度がリビング空間の印象に与える影響を調査した。

因子分析を行った結果、“くつろぎ感”においては  $CCT=3000K\sim 4000K$ ,  $Duv=0\sim 0.005$

で最も高い評価を得られた。

## 参考文献

- 1) A. A. Kruithof : “Tubular Luminescence Lamps for General Illumination ” Philips Technical Review 6, pp.65-96 (1941)
- 2) 中村肇ほか：“照度・色温度の雰囲気の好ましさの関係” 照明学会誌, 81(8), pp.687-694 (1997)
- 3) I.Knez : “Effects of indoor lighting on mood and cognition ” Journal of Environmental Psychology, 15(1) pp.39-51(1995)
- 4) R. Yokoyama et al. : “Impression of the space under the flat type lighting – comparison between OLED and LED ”, ACA2013 Asia Color Association Conference, Thailand (2013)
- 5) 笹井 一樹ほか：“商業空間における照明環境と印象形成に関する研究” 照明学会全国大会, 金沢 (2005)
- 6) 中村 肇ほか：“リビング照明の心理要因と物理要因の体系化 “照明学会誌 Vol.80(11), pp. 811-818 (1996)
- 7) JIS Z 9112:2012 蛍光ランプ・LED の光源色及び演色性による区分 (2012)

## 光沢布地の色の見えと質感印象に対する彩度と明度の影響

# The Influence of Chroma and Brightness on the Appearance of Color and Texture of Glossy Fabric

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

**Keywords:** 布地, 質感, 色の見え, 画像.

### 1. はじめに

ファッション店舗において展示される衣装は、展示方法によって表面の色や質感が変化することが予想される。Koらは、衣装から受ける印象評価がそれらの展示方法および照明方法によって異なることを示した<sup>1)</sup>。またXiaoらは、展示方法が物体の質感知覚にも影響し、光沢を有する布地を平面的に展示した場合は光沢を知覚し難く、正確な質感を認識することができないことを示し、またモニターに布地画像を提示した場合、無彩色の光沢布地の質感は有彩色より知覚し難いことを示した<sup>2)</sup>。田中らは、実物や画像を用いて布地を含めた素材の見えの実験を行い、無彩色は有彩色より弁別しにくい場合があることを示している<sup>3)</sup>。

我々は先に行った実験において、単色光下で布地の見えを評価した場合、布地の彩度、色相の正確な情報が欠如したことによって、色の見え、および質感印象が明度だけから影響を受けたことを示した<sup>4)</sup>。また単色光を2色または3色組み合わせさせた照明下の実験から、布地の色の見えと質感印象は照明光のCIE/JIS演色評価数 $R_a$ 、 $R_i$ と対応せず、GAI(色域面積比)、 $C^*$ およびCIECAM02の $M$ 値など色彩を表す指数と強い相関を示した。

以上から照明光の分光分布の違いは、布地の色の見えに影響を与えるだけでなく、質感印象に対しても強く関わっていることを明らかにした<sup>5)</sup>。

本研究の目的は光沢布地の色の見え、質感印象に彩度、明度、色相がどのように影響しているかを明らかにすることである。

### 2. 画像実験1 : $L^*$ 一定・ $C^*$ 変化

#### 2-1 実験方法

被験者は、暗室に設置したCIEXYZ系に校正された画像提示装置 (EIZO カラーマネージメント

液晶モニター ColorEdge CG277, 以下モニター) を観察し、モニターに表示される布地画像の色の見え、質感印象を評価した(図1)。布地画像刺激は $L^*$ を一定とし、 $C^*$ を変化させた光沢布地画像であり、図2に示すようにその中から2つを液晶モニター上に同時に並置提示し、被験者は左画像に対して右画像の色の見えおよび質感印象を評価した。

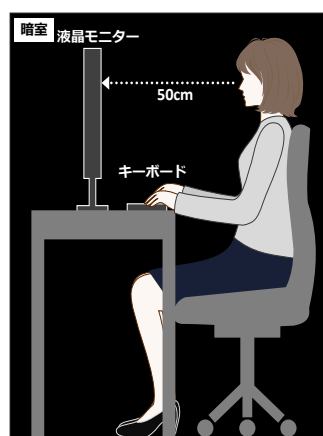


図1. 実験環境

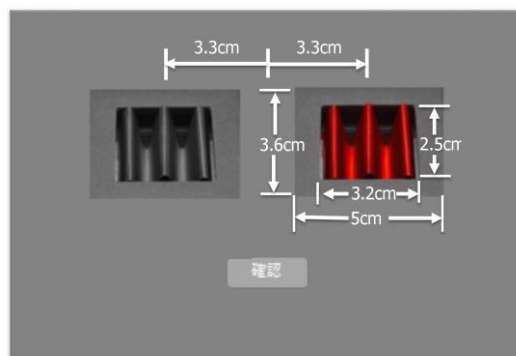


図2. 布地画像刺激

	C* <sub>1</sub>	C* <sub>2</sub>	C* <sub>3</sub>	C* <sub>4</sub>	C* <sub>N</sub>	L*の平均値
R						47.5
	88.9	67.8	45.5	22.1	3.8	
Y						76.4
	89.8	64.9	43.2	23.5	5.5	
G						52.9
	89.5	67.5	45.2	23.5	4.0	
B						31.7
	90.4	68.4	45.1	22.4	2.3	

図3. 布地画像刺激の C\*, L\*

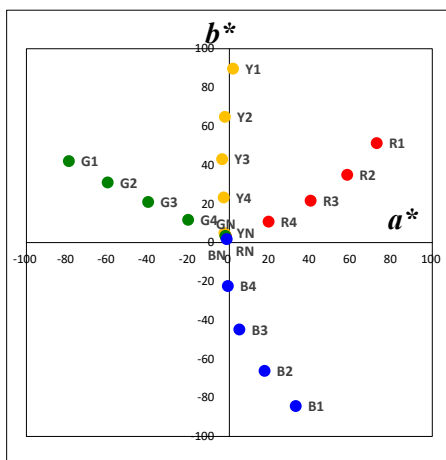


表1. 布地画像刺激の B/L 値 (C\*<sub>N</sub>の B/L 値で正規化)

図4. 布地画像刺激の a\*b\*値 (モニター白色点 5000K で計算)

	B/L値				
	C* <sub>1</sub>	C* <sub>2</sub>	C* <sub>3</sub>	C* <sub>4</sub>	C* <sub>N</sub>
赤色サンプル	1.35	1.19	1.06	1.00	1.00
黄色サンプル	0.96	0.93	0.92	0.95	1.00
緑色サンプル	1.00	0.94	0.94	0.96	1.00
青色サンプル	1.69	1.60	1.44	1.23	1.00

実物の布地を用いた実験では、光沢布地の色の見えと質感印象に照明光の光色の影響が大きいことを明らかにした。光沢布地のドレープがない場合、材質感の評価は「布地」に見える場合が多いが、ドレープがある場合は「金属」と「プラスチック」が多かった。しかし、光沢布地のドレープが1山と3山の間には評価の差がなかったため、今回の実験では光沢3山布地だけを用いた。

布地画像刺激は周囲を無彩色 (N6 相当) で覆った光沢布地画像 (ドレープ3山, 縦3.6cm×横5cm, 布地部分2.5cm×横3.2cm/視角3°×3.84°) であり、色相は、赤色 (R), 黄色 (Y),

緑色 (G), 青色 (B) である。各画像の L\*を一定とし、C\*を 0, 20, 45, 65, 90 に設定した (図3に示す C\*値は実測値)。布地画像刺激の a\*b\*値を図4に示す。評価画像はモニターの中心視点から左側 4° (参照画像) と右側 4° (テスト画像) に配置した。

布地画像刺激の C\*の変化は、Helmholtz-Kohlrausch 効果 (以下 H-K 効果) による主観的明るさの変化が予想されるため、Ware-Cowan による式<sup>9)</sup>から、B/L 値を求めた (表1)。

次に評価実験の手順を示す (図5)。被験者はモニター前に着座し、視距離 50cm の位置から両眼自然視でモニターを観察した。被験者は実験開始前に3分間の暗順応の後、モニターに提示された灰色 (N7 相当) に1分間順応した。提示される刺激対を同時に観察し、参照画像 (左) に対してテスト画像 (右) の色の見えと質感印象を6つの形容詞対 (表2) で評価した。一つの評価刺激の評価が完了すると、被験者は手元のキーボードで確認キーを押下し、次の布地画像刺激の評価に移行する。布地画像刺激間には、無彩色モザイクマスク (2秒間) を挿入し、前の刺激の影響を低減した。

同一色相で彩度のみ5段階異なる布地画像刺激の組み合わせは sC<sub>2</sub>=10 であるので、被験者は4色相計40評価を日を替えて3回行った。

実験は継続中であり、現時点で被験者は19歳~33歳の正常色覚の女性8人である。

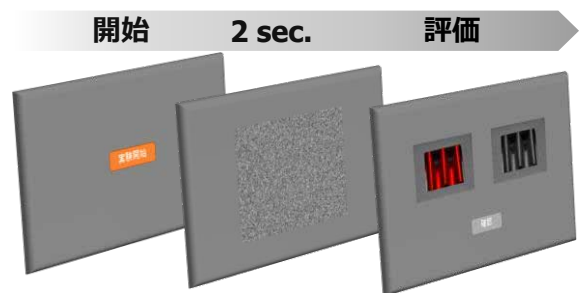


図5. 実験の手順

表2. 評価形容詞対

	評価形容詞対
る 形 容 詞 に 関 す	スベスベした-ザラザラした
	光沢がある-マットな
	なめらかな-粗い
る 色 形 容 詞 に 関 す	鮮やかな-くすんだ
	明るい-暗い
	はっきりした-ぼやけた



2-2 実験結果

赤色布地画像刺激の実験結果を図6に示す. 図中の R1, R2 などは C\*<sub>1</sub>, C\*<sub>2</sub>の赤色布地画像刺激を表す. 図6に示されるように「鮮やかなーくすんだ」の評価は C\*の変化と一致し「明るいー暗い」の評価も C\*増加とともに「明るい」と評価された. これは表1に示すように H-K 効果の B/L 値で説明できる. さらに質感に関する評価(スベスベしたーザラザラした, など)も低彩度ほどザラザラした, マットな, 粗いと評価され, 高彩度ほどスベスベした, 光沢がある, なめらかな, と評価された. 緑色布地画像刺激, 青色布地画像刺激の評価結果も赤色布地画像刺激の評価結果と同じ傾向を示した.

次に黄色布地画像刺激の結果を図7に示す. 黄色布地画像刺激の評価では, 赤色, 緑色, 青色布地画像刺激とは異なり, C\*の変化に対して「明るいー暗い」の評価の変化が小さい. この結果も H-K 効果で説明できる. 一方, 質感印象に関する評価は, 赤色布地画像刺激などと同様に C\*の変化とともに変化した.

すなわち, これらの結果は布地画像刺激の C\*が, 色の見えの評価だけでなく質感印象にも強く

関係していることを意味している.

3. 画像実験2: C\*一定

3-1 実験方法

前項で示したように, 布地画像刺激の C\*は色の見えだけでなく質感印象にも関係していることが明らかになったが, C\*の変化は, H-K 効果による主観的明るさの変化とも関係しているため, 布地画像刺激の色相の違い, L\*の違いの影響確認する必要がある.

そのため次に C\*が一定の布地画像刺激を用いて比較評価を行った. 用いた布地画像刺激は, 図3に示す C\*<sub>2</sub>および C\*<sub>4</sub>であり, 各色相の評価画像の L\*はそれぞれ異なっている.

実験条件, 手順は実験1と同じである. 被験者は色相の組合せ 6 × C\*2 段階 × 3 回 = 36 回を評価した. 被験者は 19 歳 ~ 33 歳の正常色覚の女性 8 人である.

3-2 実験結果

低彩度の布地画像刺激 (C\*<sub>4</sub>) と高彩度の布地画像刺激 (C\*<sub>2</sub>) の結果は類似していたため, 低彩度の結果を図8に示す. 図8に示されるように布地画像刺激は C\*が一定であるため, 色相間の

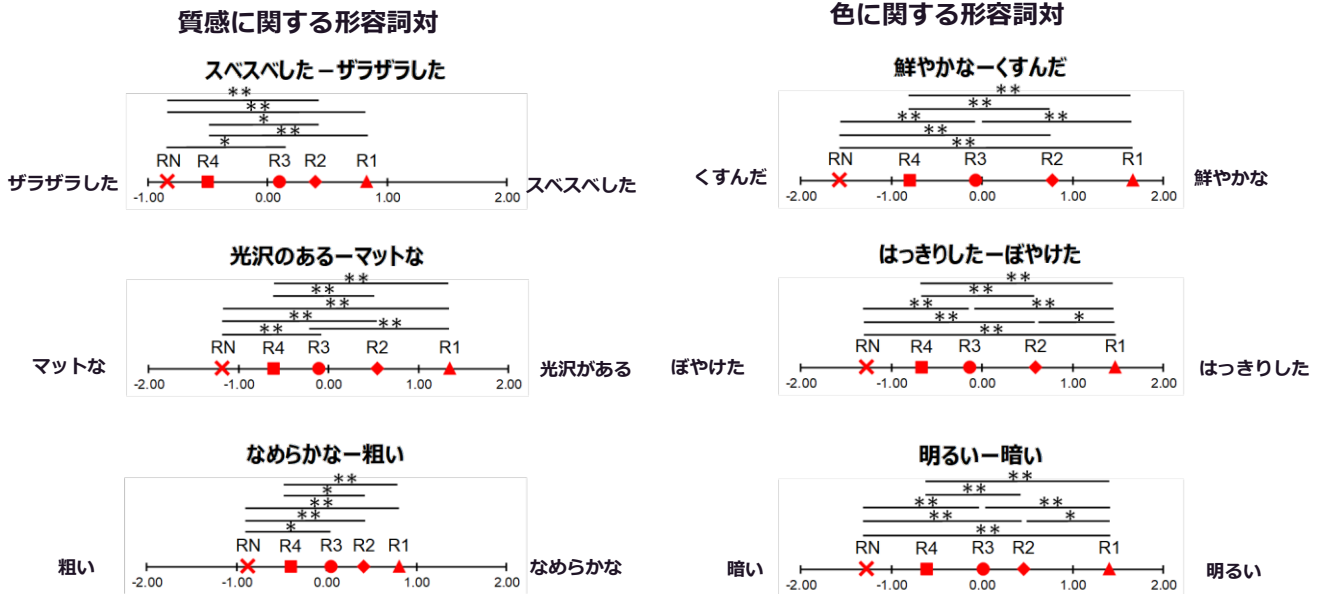


図6. 赤色布地画像刺激の結果 (実験1) \* :危険率5%, \*\* :危険率1%  
R1: C\*<sub>1</sub> (高彩度), R2: C\*<sub>2</sub>, R3: C\*<sub>3</sub>, R4: C\*<sub>4</sub>, R5: C\*<sub>5</sub> (無彩色)



図7. 黄色布地画像刺激の結果 (実験1)

\* :危険率5%, \*\* :危険率1%

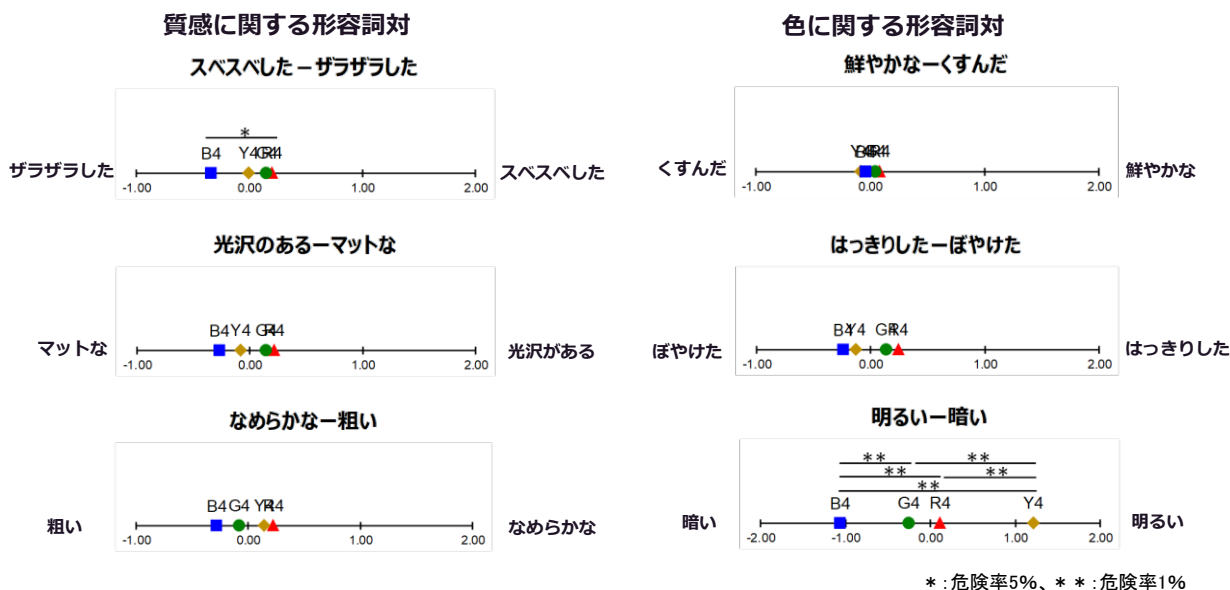


図 8. 低彩度布地画像刺激の結果 (実験 2)

「鮮やかなーくすんだ」の評価結果に変化はほとんどなかった。また「明るいー暗い」の評価結果は、Y>R>G>Bの順番となったが、これは各色相ともに  $C^*$ 一定であることから H-K 効果による主観的明るさの違いが生じず、布地画像刺激の  $L^*$ の順番で評価されたことを意味している。質感印象に関わる「スベスベしたーザラザラした」の評価も色相の違いによる変化は少なかった。この結果は、光沢布地の質感印象には明度指数  $L^*$ の影響は小さく、彩度  $C^*$ の影響が大きいことを示している。

#### 4. 結果・考察

本研究の結果を以下にまとめる。

- (1) 明度指数  $L^*$ および色相を一定にし、彩度  $C^*$ を変化させた光沢布地画像刺激の質感印象は、 $C^*$ の変化とともに変化した。
- (2) 彩度  $C^*$ 一定の光沢布地画像刺激の色の見え、および質感印象は、色相によらず差がなかった。

以上から、光沢布地画像刺激の質感印象には彩度  $C^*$ の影響が大きいことが示された。この結果は、筆者らが先に実施した分光分布が異なる光源下の布地の色の見え、質感印象評価に関する研究で得た「布地の質感印象は布地の色彩情報 (反射光の色刺激特性) の影響が大きい」という結果を画像実験で確認したことを示している。

#### 参考文献

- 1) T. K. Ko, et al. : Simulation and perceptual evaluation of fashion shop lighting design with application of exhibition lighting techniques . SungBuilding Simulation. 9(2016) 641-658
- 2) B. Xiao, et al. : Can you see what you feel? Color and folding properties affect visual-tactile material discrimination of fabrics. Journal of vision. 16(2016) 1-15
- 3) M. Tanaka , et al. : Investigating perceptual qualities of static surface appearance using real materials and displayed images. Vision Research, vol. 115, Part B, pp. 246-258, 2015.
- 4) 何ら: “布地の色の見えと質感印象に対する照明の影響”, 第 50 回日本照明学会全国大会 (2017)
- 5) 何ら: “布地の色の見えと質感印象に対する照明の分光分布の影響”, 第 39 回照明学会 東京支部大会 (2017)
- 6) C. Ware , et al. :Specification of Heterochromatic Brightness Matches: Aconversion Factor for Calculation Luminances of Stimuli that are Equal in Brightness. National Research Council of Canada. 26055, 1983.

## 顔の肌色印象に対するスカーフ色の影響

### Influence of colors of clothe to skin color impression

中島由貴	Yuki Nakajima	女子美術大学大学院	Graduate School of Joshibi University of Art and Design
何 水蘭	Shuilan He	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:** 肌色, 見え, 印象, 衣服の色, 対比.

#### 1. はじめに

肌色は画像や照明の色再現において最も重要な再現対象である。しかし、肌色の見えはポイントメーキャップや衣服など空間的に近接した色（近接色）によって変化することが知られている。

既報[1]では、ネイル色が肌色の見えに及ぼす影響を画像実験により検討し、肌色の見えは赤みのネイル色では赤みに、黄みのネイル色では黄みに知覚されるという同化現象を確認した。口紅[2]においても同じように同化現象が生じることが報告されている。

一方、肌色の見えに対する背景色[3]の影響を調べた研究では、肌色の見えの変化が同化ではなく対比によって生じたことが報告されている。さらに、背景色の影響は刺激形状に依存し、顔に近い形状ほど対比現象が生じにくいとも言われている[4]。

このように、肌色に対する近接色の同化・対比現象の報告は近接色の種類や面積によって異なり、明らかになっていないことも多い。本研究では、様々な色相を有するスカーフで女性の顔（肌色）を囲った画像を用いて、肌色の見えの変化をSD法および一対比較法で評価し、肌色の見えに対する近接色の影響を考察した。

#### 2. 実験1：SD評価

女性顔画像の周囲に様々な色のスカーフ画像を隣接したとき、スカーフ色によって肌色の見えがどのように変化するかをSD評価により検討した。

##### (1) 実験環境

実験は暗室内に設置した液晶ディスプレイ (EIZO: ColorEdge CG277) を用いた (図1)。ディスプレイはCIE XYZシステムに精密に校正

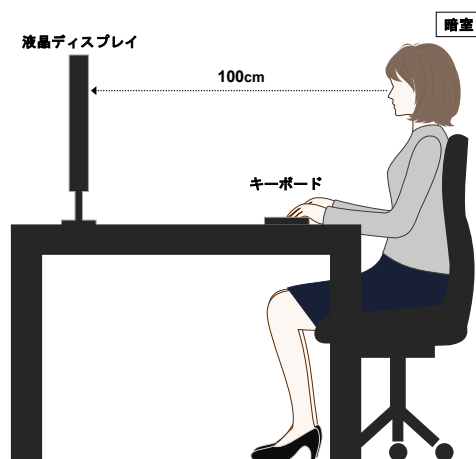


図1 実験環境

され、白色点は5000 Kに設定した。白色の最大輝度は80 cd/m<sup>2</sup>であった。

被験者は視距離100 cmの位置から、両眼自然視でディスプレイを観察した。

##### (2) 評価刺激

評価刺激として顔とスカーフの合成画像を作成した。顔画像は一眼レフカメラ (Nikon D7000) で撮影したアジア人女性の頭部マネキンの写真を用い、Adobe Photoshop CC2015により輪郭と陰影のみ保持した画像を作成した後、日本人女性の平均肌色を着色した。この肌色は、色再現評価用標準物体色分光データベース SOCS[5]に含まれる肌色の分光反射率 (1099 データ: 資生堂, 日本人女性, 素肌のほお) から算出した  $L^*a^*b^*$  の平均値 (2度視野の等色関数およびD<sub>50</sub>照明光で計算) であり、ディスプレイ上に正確に再現されることを確認した。

スカーフ画像は光沢地のスカーフを模しており、顔画像と同様の手順で輪郭とハイライトのみ保持した画像に無彩色1色 (灰色)、有彩色8色 (高彩度および低彩度の赤色, 黄色, 緑色, 青色) を着色した。スカーフ画像9色の  $L^*$  は一定であ



図2 評価刺激

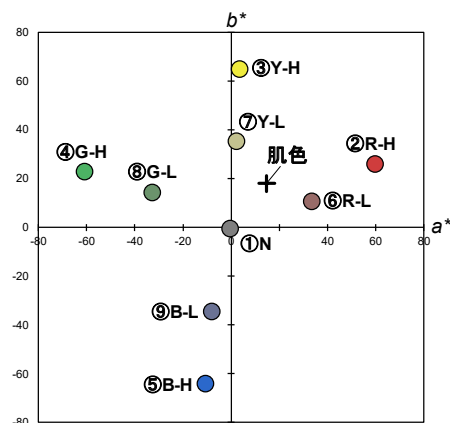


図3 肌色およびスカーフ色の  $a^*b^*$  クロマ図 (5000 K で計算)

表1 肌色およびスカーフ色の  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h$  (5000 K で計算)

肌色	無彩色	高彩度				低彩度				
	①N	②R-H	③Y-H	④G-H	⑤B-H	⑥R-L	⑦Y-L	⑧G-L	⑨B-L	
$L^*$	79.15	59.18	59.11	59.02	59.18	59.54	59.09	58.73	58.94	59.07
$a^*$	14.78	-0.17	59.90	3.74	-60.88	-10.57	33.56	2.37	-32.53	-8.03
$b^*$	18.02	-0.50	25.88	64.78	22.80	-64.24	10.62	35.26	14.30	-34.60
$C^*$	23.3	0.52	65.25	64.89	65.01	65.11	35.20	35.34	35.53	35.52
$h$	51	251	23	87	159	261	18	86	156	257

り ( $L^* \approx 60$ ), 高彩度4色と低彩度4色はそれぞれ  $C^*$  が同値となるよう設定した (高彩度:  $C^* \approx 65$ , 低彩度:  $C^* \approx 35$ ). また, 同一色相で彩度を変化させる場合は色相角  $h$  が変化しないよう留意した.

刺激の大きさは顔画像:  $11 \times 8.5\text{cm}$  ( $7 \times 5.4^\circ$ ), スカーフ画像  $17 \times 15.5\text{cm}$  であった. 実験に用いた刺激を図2, 肌色およびスカーフ色の  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$ ,  $h$  値を表1,  $a^*b^*$  クロマ図を図3に示す.

### (3) 評価方法

評価の手順を図4に示す. ディスプレイの背景は黒色 ( $0.05 \text{ cd/m}^2$ ) であり, 評価刺激はディスプレイの左右にそれぞれ1枚ずつ, 中心視点から左側  $10^\circ$  に参照画像を右側  $10^\circ$  にテスト画像を配置した. 参照画像のスカーフ色は①N であり, テスト画像のスカーフ色は②~⑨の有彩色がランダムな順序で提示された. 被験者は暗室で教示を含め3分間の暗順応を行った後, 参照画像およびテスト画像を同時に比較し, “参照画像の肌色に対してテスト画像の肌色がどう見えるか” を「明るい - 暗い」, 「赤み - 黄み」, 「あざやかな - くすんだ」, 「白い - 黒い」の4形容詞対, 9段階尺度 ( $-4 \sim +4$ ) で評価した. 評価時間は無制限とし, 被験者は繰り返し刺激を観察することができた. 評価は被験者自身が用紙に記入し, 1対の

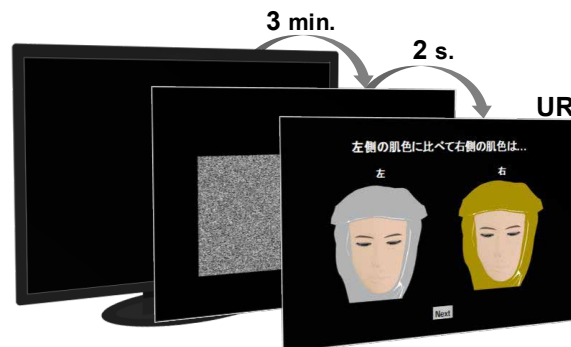


図4 評価手順

評価終了後は画面下の“Next”キーを押下することにより次の施行へ移行した. 試行間には無彩色のモザイクパターンを2秒間提示し, 残像の効果を低減した.

有彩色のスカーフ色8種類に対する評価を1セットとし, 被験者は計6セットを行った. 実験には成人男女5名 (色覚正常) が参加した.

### (4) 結果と考察

図5はスカーフ色8色に対する肌色の印象評価結果 (被験者5名の平均値) であり, 縦軸が主観評価値, 横軸がスカーフ色の呼称である. 図5に示すように, 顔画像の肌色の見えおよび印象はスカーフ色の影響を受けて変化し, その傾向は「暗い」, 「黄み」, 「くすんだ」, 「黒い」と評価される



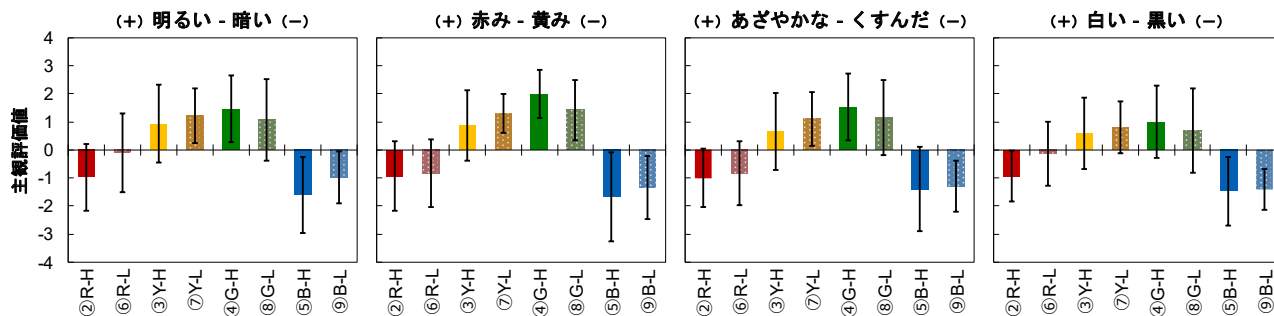


図5 スカーフ色8色に対する肌色のSD評価結果(被験者5名の平均値)  
縦軸:主観評価値, 横軸:スカーフ色の呼称, バー:標準偏差

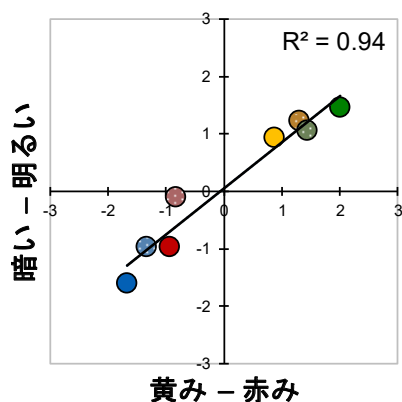


図6 「赤み-黄み」と「明るい-暗い」の主観評価値の関係

群①(スカーフ色:赤色,青色),「明るい」,「赤み」,「あざやかな」,「白い」と評価される群②(スカーフ色:黄色,緑色)の2群に分けることができる。主観評価値に対するスカーフ色の影響を調べるために,スカーフ色の彩度(高彩度4色,低彩度4色)ごとに対応のある一元配置分散分析を行った結果,高彩度,低彩度ともにすべての形容詞対で有意な差が認められた( $p < 0.001$ )。対応のあるt検定(Bonferroniの補正)の結果,群①“赤色,青色”と群②“黄色,緑色”のスカーフ色間に有意差が生じる傾向を確認した。

図5において「赤み」と評価された肌色は「明るい」,「白い」,「あざやか」と評価され,「黄み」と評価された肌色は「暗い」,「黒い」,「くすんだ」と評価された。先行研究において肌色の色みと知覚的な明るさ,白さには関係があり,適度な赤みの肌色は知覚的な明るさや白さが高いことが報告されている[6]。図6は「赤み-黄み」と「明るい-暗い」の主観評価値の関係であり, $R^2 = 0.94$ と非常に高い相関を示した。「赤み-黄み」と「白い-暗い」は $R^2 = 0.92$ であり,さらに「あざやかな-くすんだ」も $R^2 = 1.00$ であったことから,本実験においてもスカーフ色により肌色の赤みが増したことによって知覚的な「明るさ」,「白さ」,

「あざやかさ」が増したと考えられる。

### 3. 実験2:一対比較評価

実験2では,肌色の見えに対するスカーフ色の色相の影響をより明確にするために,実験1と同様の評価刺激を用いてシェッフェの一対比較法による実験を行った。本実験では画像の提示位置の影響を考慮せず,1人の被験者がすべての組み合わせを評価する中屋の変法を用いた。

#### (1) 実験環境

実験1と同様である。

#### (2) 評価刺激

実験1と同様の顔+スカーフの合成画像で,スカーフ色は高彩度4色(②R-H,③Y-H,④G-H,⑤B-H)を用いた。刺激対は $4C_2 = 6$ 種類である。

#### (3) 評価方法

評価の手順は実験1(図4)と同様である。刺激対6種類に対する評価を1セットとし,1人につき計6セットを行った。被験者は実験1と同様の成人男女5名であった。

#### (4) 結果と考察

シェッフェの一対比較法によって得られた被験者5名の主観評価値から平均値を求めた。図7は,スカーフ色4色に対する主観評価値(平均値)をヤードスティック上にプロットした図であり,形容詞対ごとに結果を示している。実験1と同様に「暗い」,「黄み」,「くすんだ」,「黒い」と評価される群①(スカーフ色:赤色,青色)と「明るい」,「赤み」,「あざやかな」,「白い」と評価される群②(スカーフ色:黄色,緑色)の2群の傾向を確認した。また,群内の主観評価値(平均値)においては群①;赤色<青色,群②;黄色<緑色の関係が示された。群①(スカーフ色:赤色,青色)で「黄み」,群②(スカーフ色:黄色,緑色)で「赤み」に評価されたことから,肌色の色みの

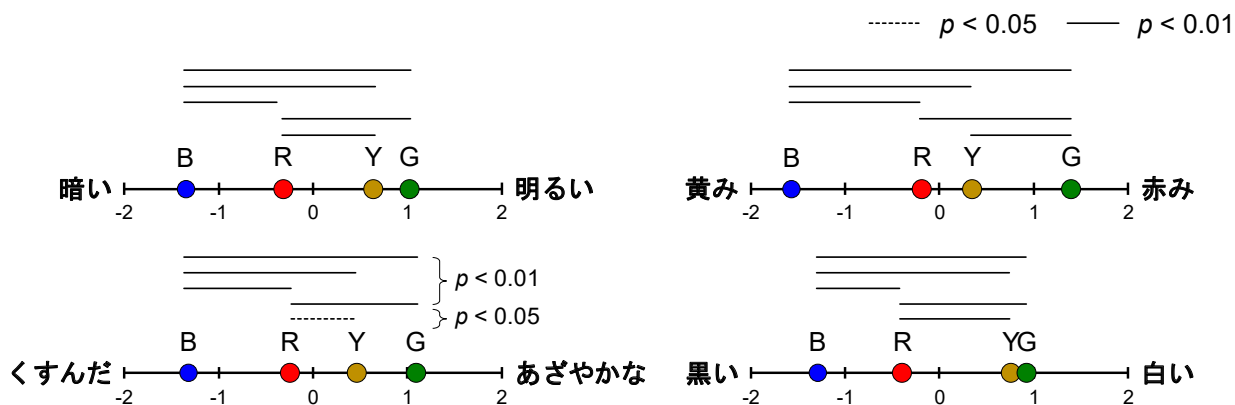


図7 スカーフ色4色に対する一対比較の評価結果 (被験者5名の平均値)

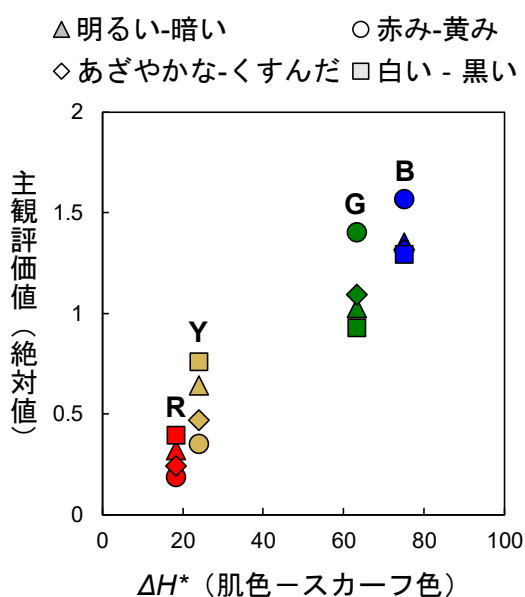


図8 肌色とスカーフ色の色相差  $\Delta H^*$ と主観評価値の関係

変化はスカーフ色に対する色相対比によって生じたと解釈できる。

図8は、肌色とスカーフ色の色相差  $\Delta H^*$ と主観評価値(平均値)の関係を示している。主観評価値は肌色の見えの変化量を表すために絶対値とした。図8からも明らかなように、 $\Delta H^*$ が大きくなるにしたがい肌色の見えの変化量が大きくなっている。この結果は、肌色との色相差が大きいスカーフ色ほど肌色の見えの変化が生じることを意味している。

#### 4. まとめ

実験の結果、肌色の見えは近接するスカーフ色の色相によって変化し、赤色および青色で「黄み」、黄色および緑色で「赤み」と評価されたことから、肌色の見えの変化は同化ではなく対比によって

生じていることが明らかになった。さらに、対比によって生じた肌色の色みの変化が肌色の「明るさ」、「あざやかさ」、「白さ」にも影響していることを確認した。

本実験と同様に肌色を背景色で取り囲んだ場合[3][4]は対比現象が、肌色の内部に彩色を施したポイントメーキャップ[1][2]では同化現象が確認されたことから、近接色が肌色の見えに与える影響は、

- ①近接色が身体の一部であるか否か
  - ②近接色が肌色の内部に位置するか外部に位置するか
  - ③肌色と近接色を全体視するか部分視するか
- など、肌色と近接色の関係によって変化し、この関係によって同化・対比現象が逆転する可能性が示唆された。

#### 参考文献

- 1) 中島ら: 肌色の見えに及ぼすネイル色と刺激形状の影響, 日本色彩学会第48回全国大会[東京]’17, P1A-2 (2017).
- 2) Y. Kiritani et al.: Color illusion on complexion by lipsticks and its impression, The Japanese Journal of Psychonomic Science, 36-1,4-16 (2017).
- 3) 早川ら: 背景色が肌の色の見えに及ぼす影響II, 日本色彩学会第48回全国大会[東京]’17, P1A-3 (2017).
- 4) 今井ら: ものの色の見えへの背景色の影響の視覚心理的研究, 電子情報通信学会技術研究報告, 107-247, 13-15 (2007).
- 5) ISO/TR 16066:2003, Graphic technology - Standard object colour spectra database for colour reproduction evaluation (SOCS).
- 6) H. Yoshikawa et al.: Effect of Chromatic Components on Facial Skin Whiteness, Color Research and Application, 37-4, 281-291 (2012).

## LED 照明の光色変化による心理的影響と体感温度の変化

### Psychological influence and change in the sensible temperature by the light color change of LED illumination

三栖 貴行	Takayuki Misu	神奈川工科大学	Kanagawa Institute of Technology
小田原 健雄	Takeo Odahara	神奈川工科大学	Kanagawa Institute of Technology
渡部 智樹	Tomoki Watanabe	日本電信電話株式会社 NTT サービスエボリューション研究所	NTT Service Evolution laboratories, NTT Corporation
一色 正男	Masao Isshiki	神奈川工科大学	Kanagawa Institute of Technology

**Keywords:** フルカラーLED シーリングライト, 照明光色, 心理的影響, 体感温度

#### 1. はじめに

近年, LED(Light Emitting Diode)照明は様々な光色を調色・調光できるようになった. また, フルカラーシーリングライトが販売されたことで, 生活環境において有彩色光色を利用できるようになった. ヒトの照明光色によるヒトへの心理的および生理的影響は広く研究されている[1]. しかし, 生活における快適さを向上させる照明光色は明らかになっていない. そのため, LED フルカラーシーリングライトを家庭に導入したとしても, 白色光や, 常夜灯のみの従来通りの使用方法でしか使われておらず, 調色機能が有効活用されないという問題がある. 筆者らの先行研究において, 光の三原色(赤, 緑, 青)と色の三原色(シアン, マゼンタ, イエロー)と白色の7色をLEDフルカラーシーリングライトで表現し, 照明光色下にいる被験者の主観評価に基づき生活環境の最適光色について検討している[2].

本研究は生活環境を快適にするために最適な照明光色をLEDフルカラーシーリングライトで表現し, 検討することを目的としている. 一人暮らしの住宅環境に模した実験室内でLEDフルカラーシーリングライトを設置し, 照明光色を光の三原色, 白色の4色を時間変化させたときの被験者の心理的影響としてVAS法を使用し, 生理的影響の評価としてサーモグラフィによる顔面表面温度, 心拍数(LF/HF)および唾液アミラーゼ含有量を測定し, 照明光色の影響を考察したので報告する.

#### 2. 実験および実験方法

図1に照明光色可変実験室を示す. 室内にはエアコンおよび机上面に白色のシートを敷いた木製テーブルを設置した. 天井, 床およびエアコン設置側の壁は白色塗装されており, 他の壁面は外光の影響をなくすために暗幕カーテンを設置した. 室内の温度はエアコンで $23^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ に調整した. 被験者はエアコンの風が直接当たらない位置に着座させた. 室内の埃や花粉による被験者へのストレス負荷を軽減するために, 空気清浄機(SHARP製KC-500Y9-W)を設置した. エアコンと空気清浄機は被験者入室時間の1時間前から稼働させ, 室温が安定するように設定した.

実験室内にはフルカラーLEDシーリングライト(東芝ライテック社製LEDH81718LC-LT3, 以下シーリングライト)を2台設置した. 照明光色の制御はECHONET Liteを使用し, シーリングライトのRGB値を0から255までの範囲で照明光色を調光した[3]. 木製テーブルの机上面の中心は図1

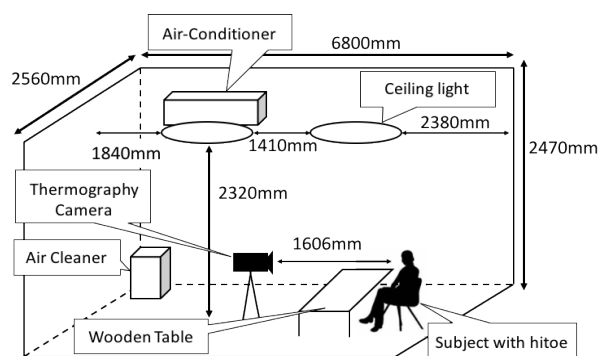


図1 照明光色可変実験室

の被験者着席側のシーリングライトの中心直下とした。体表面温度の測定はサーモグラフィカメラ(NECAvio 製 InfReC-R300S)を使用し、被験者の顔面から約 2m の距離で設置した。

照明光色の暴露試験の実施中は実験室内の測定者の会話や騒音を遮断するために隣室を被験者観測室とした。被験者観測室では監視カメラを用いて実験室内と被験者を常時観察できるようにし、ワイヤレススピーカーマイクにより被験者に VAS(Visual Analogue Scale)の記入や唾液アミラーゼ測定を指示した。

### (1) 机上面照度同一化のための RGB 値の設定

シーリングライトは、照明光色の色度を変化させたとき白色 LED も同時に点灯する。照明光色は純色の赤、緑、青を評価するため、シーリングライト内の白色 LED を黒色のスポンジで遮光した。図 2 にシーリングライトの調光調色コマンド値を変化させたときの机上面照度を示す。机上面照度はシーリングライトの調光調色のコマンド R, G, B をそれぞれ 10 から 255 まで変化させ、図 1 の木製テーブル上に設置された分光放射照度計(コニカミノルタ製 CL-500A)で測定した。純色の赤、緑、青および白の照明光色の照度は標準比視感度の影響により、同じ調光調色コマンドの数値で異なる机上面照度が得られた。照明光色の心理的・生理的影響の評価のために、各照明光色の机上面照度は青色光の最大机上面照度 17lx とした。表 1 に机上面照度 17lx のときの照明光色の RGB 値と xy 色度座標を示す。また表 2 に机上面照度 17lx のときの照明光色の主波長とピーク波長を示す。各照明光色の制御値を変更することで同一の机上面照度の環境で照明光色実験が可能になった[4]。

### (2) 照明光色による体感温度の評価

被験者は、色覚に異常のない 20 代の男女 4 人(以下、男性 1 を M1, 男性 2 を M2, 女性 1 を W1, 女性 2 を W2 とした。被験者の着席位置は図 1 のように扉側とし、窓面を向くように着席させた。評価の対象となる照明光色は赤、緑、青の有彩色を採用し、点灯順序は無作為に行った。有彩色を各色 15 分間で行い、各色の間に白を 10 分間設けて、直前に被験者に照射されている有彩色光の影響をなくした。実験中の心理的評価は VAS(Visual Analogue Scale)を使用した。VAS は主に痛みの評価方法として用いられるもので、主観的な評価に

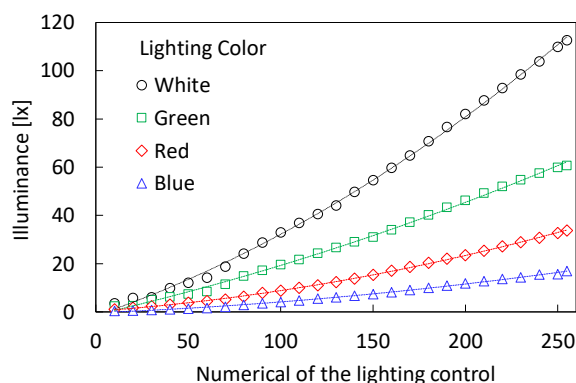


図 2 シーリングライトの調光調色コマンド値を変化させたときの机上面照度

表 1 机上面照度 17lx のときの照明光色の RGB 値と xy 色度座標

Color	RGB level (Hexadecimal number)	*The color coordinates (x, y)
Red	(A3, 00, 00)	(0.693, 0.305)
Green	(00, 5A, 00)	(0.194, 0.736)
Blue	(00, 00, FF)	(0.132, 0.062)
White	(43, 43, 43)	(0.302, 0.301)

\*CIE chromaticity diagram

表 2 机上面照度 17lx のときの照明光色の主波長とピーク波長

Color	Dominant wavelength [nm]	Peak wavelength [nm]
Red	621	633
Green	528	519
Blue	469	466
White	584	452



において信頼性と妥当性が証明されている[5]。質問項目は体感温度からストレス・疲労に関わる全7項目で、実験開始から終了まで5分経過するごとに測定した。生理的評価にはサーモグラフィカメラ(NECアビオニクス製InfReC-R300S), hitoe[6], 唾液アミラーゼモニター(NIPRO製7B1X00045000110)を使用した。サーモグラフィカメラの撮影時間は試験開始から試験終了までとし、温度解析間隔は30秒ごととした。hitoeは心拍数の計測が可能なウェアラブルデバイスであり、被験者には実験前から着用させ、実験開始から実験終了までのストレス指標 LF/HF を計測した。唾液アミラーゼモニターは唾液中のアミラーゼ含有量が測定可能であり、ストレスの数値化が可能である。アミラーゼ含有量の測定はVASと同様に5分経過ごとに測定した。

### 3. 実験結果と考察

以下の照明光色の変化実験において3原色の光色を被験者に暴露した時間は各15分間であり、測定されたデータは平均値化し、棒グラフで表した。また、それぞれの値の最大値と最小値を同時に示した。

#### (1) 照明光色による体感温度のVAS評価

図3に照明光色ごとのVAS評価「暖かさ」を示す。青のVAS評価はM1(VAS値46), M2(VAS値34), W1(VAS値43)の三名で最小の評価かつ50以下の評価値が得られた。図4に照明光色ごとのVAS評価「涼しさ」の平均値を示す。赤のVAS評価はM1(VAS値29), M2(VAS値37), W1(VAS値42), W2(VAS値49)となり2名で最小の評価かつ50以下の評価値が得られた。体感温度は多くの既往研究で赤が暖かく、青が涼しいと論じられている。本評価結果では青が暖かく感じられず、赤が涼しく感じられないという結果となり、結論は既往研究と同じ結果と考えられる。

VASによる「疲労」の評価は特定の照明光色が疲労を感じさせる結果は得られなかった。

#### (2) 照明光色による顔面表面温度、LF/HF および唾液アミラーゼへの影響

図5に照明光色ごとの被験者の顔面表面温度の平均値を示す。赤の顔面表面温度はM1, M2, W1で35°C, W2で36°Cとなり、被験者全員が最大値を示す結果となった。青の顔面表面温度はM1, M2, W1で34°C, W2で35°Cとなり、被験

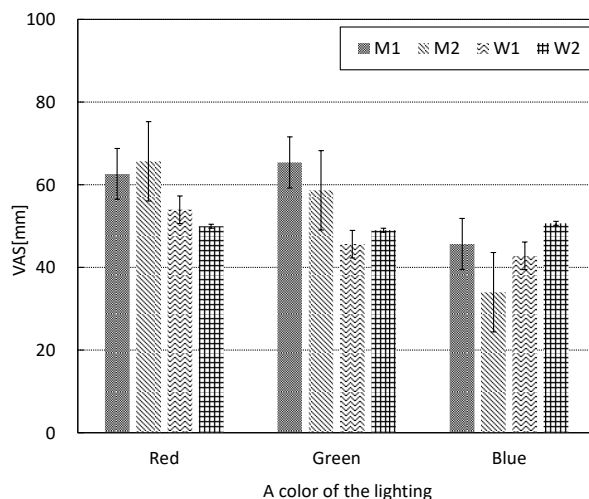


図3 照明光色ごとのVAS評価「暖かさ」

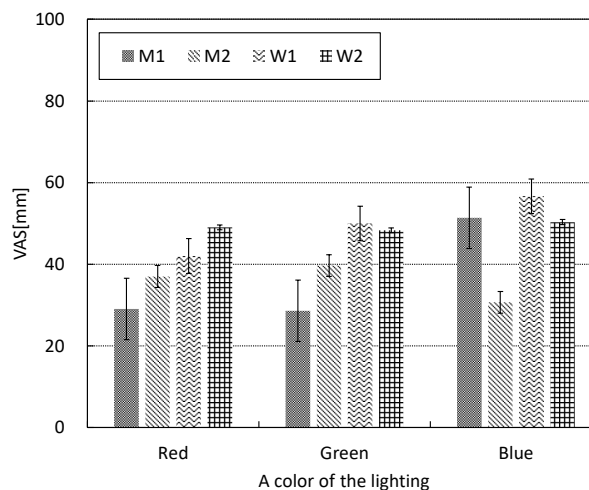


図4 照明光色ごとのVAS評価「涼しさ」

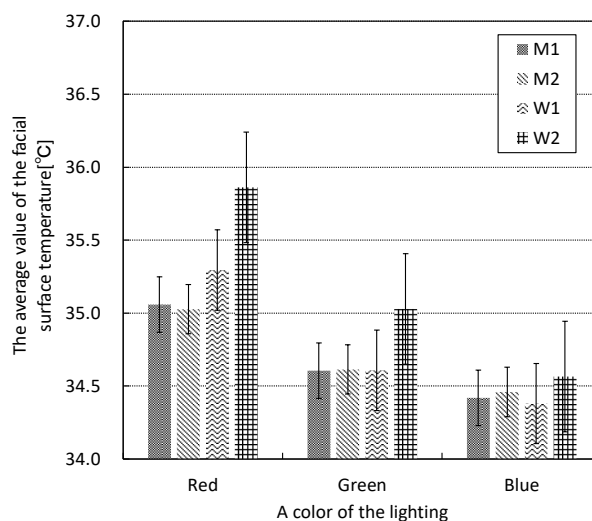


図5 照明光色ごとの被験者の顔面表面温度

者全員が最小値を示す結果となった。心理的な影響だけでなく、生理的な効果においても体表面温度は暖色系で上昇し、寒色で低下すると考えられる。

照明光色の変化が体感温度に影響を与える結果が得られたが、ストレスが生じる照明光色では実用化に不向きである。したがって唾液アミラーゼと LF/HF からストレス評価を行った。そこで被験者 M1 の LF/HF および唾液アミラーゼ含有量の数値の変化に着目する。図 6 に照明光色ごとの M1 の LF/HF および唾液アミラーゼ含有量の平均値を示す。図 6 より、M1 の LF/HF と唾液アミラーゼ含有量は照明光色が赤、緑、青の順で数値は低下している。したがって暖色はストレスを感じやすい照明光色であること、寒色はストレスを感じにくい照明光色であることが考えられる。さらに、LF/HF と唾液アミラーゼ含有量の相関係数は 0.99 と高い値を示し、傾向がほぼ同じであることが示された。

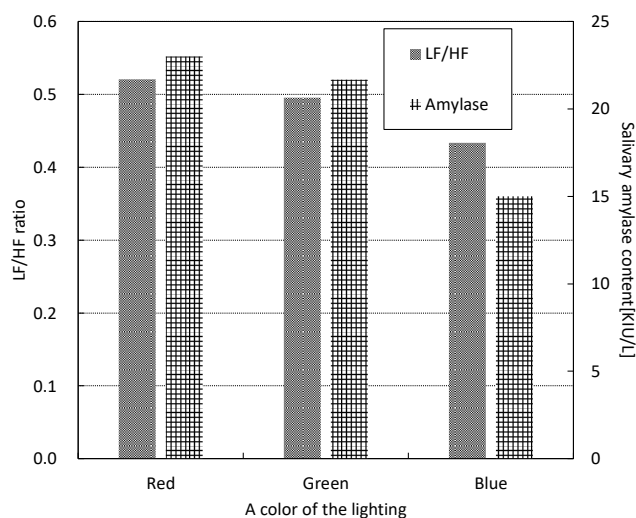


図 6 照明光色ごとの M1 の LF/HF および唾液アミラーゼ含有量の平均値

#### 4. まとめ

LED 照明の光色変化による心理的影響と体感温度の変化について検討した結果を以下に示す。

- 心理的な体感温度、体表面温度は暖色系で上昇し、寒色で減少する傾向があり、照明光色の影響を受けていることを示した。
- 被験者 M1 の LF/HF と唾液アミラーゼ含有量の相関係数は 0.99 と高い値を示し、ほぼ同じ変化傾向を示した。
- 生理的評価として暖色はストレスを感じやすく、寒色はストレスを感じにくい照明光色であることが考えられる。

#### 参考文献

- 1) 久保博子, 井上容子, “有彩色光の生理的, 心理的影響”, 照明学会誌, vol.92, no.9, pp.645-649, 2008.
- 2) 小田原健雄, 三栖貴行, 渡部智樹, 一色正男, “照明光色がヒトに及ぼす影響の検討”, 日本色彩学会第 48 回全国大会, pp.1-4,2017.
- 3) ECHONET Lite, <https://echonet.jp/hems/>
- 4) 栗原一輝, 田村太志, 小田原健雄, 白井恒祐, 三栖貴行, 渡部智樹, 一色正男, “LED シーリングライトの照度特性と照明光色研究のための実験環境の構築”, 第 39 回照明学会東京支部大会, pp.1-2,2017
- 5) 嶋田琢磨, 七堂利幸, “Visual Analogue Scale(VAS)運用時における独立記入方式と非独立記入方式の比較”, 鍼灸研究 Journal,vol.2,pp.1-7,2014.
- 6) NTT docomo, “着るだけで生体情報の連続計測を可能とする機能素材“hitoe”の開発及び実用化について”, [http://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2014/01/30\\_00.html](http://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2014/01/30_00.html)

# 色彩を用いた香り表現の検討～Aroma Rainbow®の開発と応用～

## Representation of aroma impression using color – Development and application of Aroma Rainbow® –

野尻健介	Kensuke Nojiri	長谷川香料(株)総合研究所	T.HASEGAWA CO., LTD. R&D CENTER
銭 夢寧	Qian Mengning	長谷川香料(株)総合研究所	T.HASEGAWA CO., LTD. R&D CENTER
中村充志	Atsushi Nakamura	長谷川香料(株)総合研究所	T.HASEGAWA CO., LTD. R&D CENTER
中村明朗	Akio Nakamura	長谷川香料(株)総合研究所	T.HASEGAWA CO., LTD. R&D CENTER
中村哲也	Tetsuya Nakamura	長谷川香料(株)総合研究所	T.HASEGAWA CO., LTD. R&D CENTER
齊藤 司	Tsukasa Saito	長谷川香料(株)総合研究所	T.HASEGAWA CO., LTD. R&D CENTER

**Keywords:** 香り, 言葉, 人物, 色による表現  
香水の提案方法

### 1. はじめに

私たちは香水や花などの「香り」をどのような手段で表現するだろうか? 多くの方は「言葉」を使うのではないだろうか. 香りの専門家においても言葉は重要な役割を果たしている. ソムリエの田崎真也氏は五感で感じたワインの特徴を言葉に置き換えることを習慣にしており, 言葉は仕事の大切な道具であると述べている<sup>1</sup>. 香料開発を担う調香師も香りの特徴を伝える手段を言葉に頼っている. しかしながら, ソムリエや調香師のように香りを言葉で表現する訓練をしない大多数の人にとって, 目に見えない香りを言葉で表現することは難しい. そこで言葉以外の表現手段も用いることで, 香りの表現が容易になるのではないかと考えた.

ソムリエの香り表現に注目すると「赤い果実と黒い果実」や「白いバラと赤いバラ」のように同じ対象に対して色の形容詞を使い分けることで違いを表現していた<sup>1</sup>.

これに着想を得て「色」に着目し, 「目に見えない香り」を「目に見える色」で表現することを試みた. 香りを色で表現する研究報告はいくつかあるが<sup>2,3</sup>, 選択色の提示や香りイメージを色イメージへ置き換える方法に改善の余地があると報告されている<sup>3</sup>. 我々は先行研究から被選択色の選定, 色の選択方法の改良に加え, 香りの可視化方法に新たな概念を取り入れることで, Aroma Rainbow®の開発に至った<sup>4</sup>.

本手法を用いて「香り」と「言葉」と「色」の関係性を検証したところ, これら3つの要素がイメージを共有していることを強く示唆する結果を得た. この結果により「色」が「言葉」

以外の新たな香りの表現手段あるいは評価軸として有用であると考えられた<sup>4</sup>.

本報告では Aroma Rainbow®の産業利用を検討する中で「香り」と「人物」を「色」で結びつけることを考察する. 具体的には「香り」と「人物」を色で表現し, 得られた色データの類似度の比較から, その人物のイメージに合致した香水を提案する方法を紹介する.

### 2. Aroma Rainbow®

香り, 言葉, 人物などの, 様々なイメージを色により可視化する手法であり, 以下の3点を特徴とする.

- ①イメージに合致する色の選択
- ②選択した色の寄与率を設定
- ③選択された色および寄与率に由来する色パターンの作成

### 3. 実験方法

#### (1)実験協力者

17名 (20~40代, 男性 12名, 女性 5名)

#### (2)色票

選択する色の候補として色票を作成した. PCCS表色系の新配色カード199より有彩色30色(色相6種: 赤, 橙, 黄, 緑, 青, 紫, トーン5種: pale, light, vivid, deep, dark)と無彩色6色(W, Gy7.5, 6.0, 4.5, 3.0, Bk), および金銀(色紙)の合計38色をA4用紙に配置しラミネート処理した(図1).



図1 色票

(3) 評価対象

- 香水：市販女性用香水 5 種類 (表 1)
- 人物：女性有名人 7 名 (表 2)

(4) 評価方法

実験協力者は香水あるいは人物のイメージに対して合致する色を色票から 2 色以内で選択すると同時に、選択した色のイメージに対する寄与率も評価した。寄与率は 2 色で 100%になるよう指示した。

香水は紙片につけて提示し、その香りを評価した。人物は人物名のみを提示した。また有名人に関しては実験協力者に可能であれば色を選択した理由等を回答させた。

(5) 色パターンの作成

各イメージに対して選択された色および寄与率の結果を集計し、寄与率に応じて各色のイメージに対する貢献度を求めた (式 1)。この貢献度に応じて色パネルを与え (式 2)、色相毎に 8 角形の放射状に内側から明度が低い順番に色パネルを配置することで色のパターンを作成した。

式 1) 各色の貢献度の計算

$$\text{各色の貢献度} = \frac{\text{各色の寄与率の合計}}{\text{寄与率の合計 (100\% \times \text{評価人数})}}$$

式 2) 各色のパネルの枚数

- 各色の貢献度 :  $k$ ,  $k = 0\%$  : 0枚
- $0\% < k < 5\%$  : 1枚
- $5\% \leq k < 10\%$  : 2枚
- 以降5%毎に1枚追加

また選択された色から各イメージの「明度」と「彩度」を規定し、イメージを数値化した。分光色彩計を用いて CIE Lab ( $L^*a^*b^*$

表色系) により、色票の各色の明度 ( $L^*$ ) と彩度 ( $C^*$ ) を求めた。この明度値、彩度値に対して対応する各色の貢献度を乗じ、それらの総和を評価対象の明度および彩度とした (式 3)。

式 3) 明度と彩度の算出

$$\begin{aligned} \text{明度} &= \sum_{n=1}^{38} (a_n \cdot k_n) \\ \text{彩度} &= \sum_{n=1}^{38} (b_n \cdot k_n) \end{aligned}$$

$a$ : 各色の明度値  
 $b$ : 各色の彩度値  
 $k$ : 各色の貢献度

表 1 使用した香水

試料名	ブランド名	メーカー名
香水A	ANGEL (EAU DE PARFUM)	Thierry Mugler
香水B	N° 5 (EAU DE PARFUM)	CHANEL
香水C	COCO MADEMOISELLE (EAU DE PARFUM)	CHANEL
香水D	J'ADORE (EAU DE PARFUM)	Dior
香水E	DOLCE & GABBANA light blue (EAU DE TOILETTE)	DOLCE & GABBANA

表 2 人物名

人物①	浅田真央	人物⑤	小泉今日子
人物②	綾瀬はるか	人物⑥	米倉涼子
人物③	イモトアヤコ	人物⑦	ローラ
人物④	樹木希林		

(6) 類似度の評価

色データ (イメージに対して選択された色および貢献度) の類似度は明度、彩度の比較および相関係数を用いて評価した。相関係数に関しては、下記の 3 つの観点から解析した。

- ① 各色 (色票の 38 色)
- ② 色相 (6 種類の色相および白、灰、黒、金、銀)
- ③ トーン (5 種類のトーンおよびその他 (白、灰、黒、金、銀))

(7) 研究倫理

本研究はヘルシンキ宣言に則り、実験協力者のインフォームドコンセントを得た上、長谷川香料倫理委員会の定めるガイドラインにしたがって行なった。



#### 4. 結果と考察

##### (1)香水の色パターン

5種類の香水の香りイメージより得られた色パターンを図2に示す。これらの結果より香りを色に変換し、規則的に配置することで香りを可視化できるだけではなく、色の視点から見た香りの特徴を容易に把握できると考えられる。

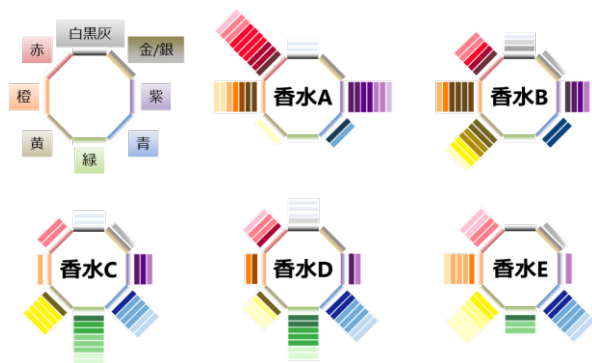


図2 香りイメージより得られた色パターン

##### (2)人物の色パターン

7名の女性有名人の人物イメージより得られた色パターンを図3に示す。香水と同様に人物イメージの違いが色パターンの違いとして表現された。

色を選択した理由としては、明るい、元気がある、強いといった性格や雰囲気表現する言葉や、外見の特徴、衣装の色が反映されていた。つまり、有名人はドラマの役柄、CM、マスコミ報道などから受けるイメージが、選択される色に強く反映されていると考えられる。本評価を一般人に適用する場合においても、評価対象者の印象が選択される色に反映されることが予想される。

表3 色で表現された評価対象の明度・彩度

	明度	彩度
香水A	55.2	43.3
香水B	52.5	41.2
香水C	67.4	42.2
香水D	65.3	35.2
香水E	72.8	38.4
人物①	66.2	29.3
人物②	65.8	52.2
人物③	53.4	60.0
人物④	40.5	34.1
人物⑤	50.7	40.3
人物⑥	50.7	39.6
人物⑦	63.0	66.2

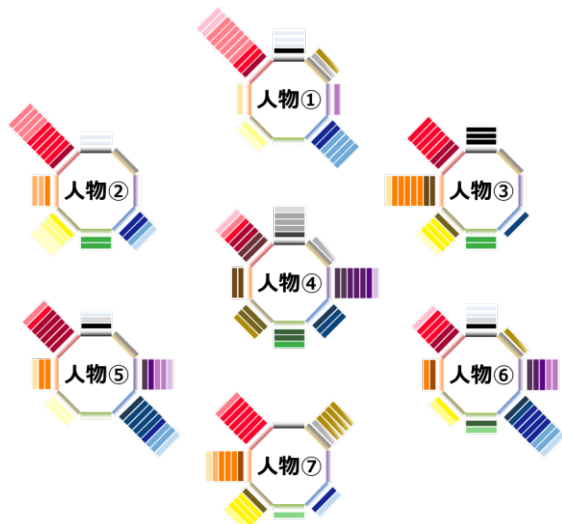


図3 人物イメージより得られた色パターン

(3)色データ類似度の比較による香水の提案次に得られた香水および人物の色データを比較した。

##### (3-a)明度・彩度

表3に評価対象の明度と彩度のデータを示した。各香水、人物に特徴的な値を示している。明度と彩度の相関はなかったため(相関係数:0.06)、それぞれが異なる特徴を反映していると考えられる。

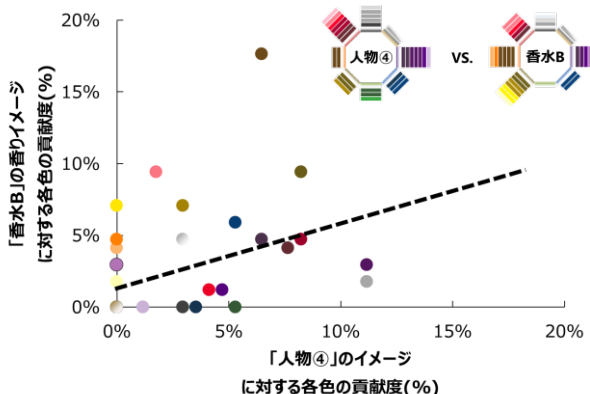
明度や彩度が表している特徴の詳細を知ることは今後の課題であるが、香水や人物が有するイメージの情報を含んでいることは間違いないと考えられる。したがって、明度が近いあるいは彩度が近い香水と人物はイメージに共通性があることが示唆される。よって色データがあれば、明度・彩度を指標とした人物のイメージに合致する香水の提案が可能になると思われる。

##### (3-b)色データの相関係数

色票38色の各色あるいは各色を色相別、トーン別に分類して香水と人物の色データの相関係数を求めた(表4)。

図4に一例を示す。人物④と香水Bは色データにおいて正の相関を示すが、香水Eは負の相関を示した。つまり正の相関を示した香水は人物④のイメージに一致した香りであり、負の相関を示した香水は人物④イメージとは不一致な香りであることが示唆される。しかしながら、相関係数に着目するといずれも絶対値が0.4~0.5程度であり、強い相関ではなかった。

A 正の相関 (相関係数: 0.38)



B 負の相関 (相関係数: -0.48)

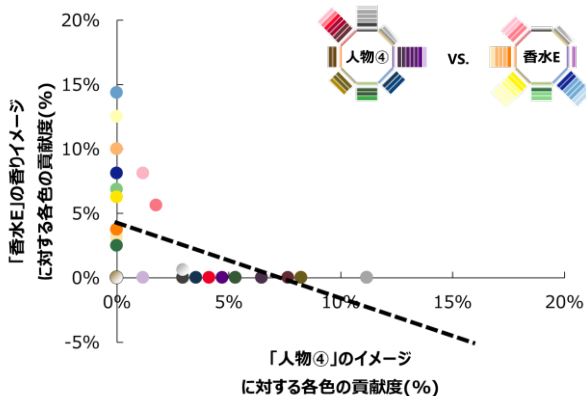


図4 香水と人物の色イメージの相関

表4 香水と人物の色イメージの相関係数一覧

貢献度(%)の相関係数		香水A	香水B	香水C	香水D	香水E
人物①	各色	0.32	0.08	0.35	0.58	0.39
	各色相	0.64	0.27	0.22	0.50	0.42
	各トーン	0.26	-0.33	0.74	0.67	0.81
人物②	各色	0.56	0.07	0.22	0.27	0.34
	各色相	0.72	0.64	0.29	0.48	0.60
	各トーン	0.75	-0.24	0.93	0.64	0.59
人物③	各色	0.35	0.20	-0.02	-0.07	-0.08
	各色相	0.60	0.78	0.04	0.13	0.51
	各トーン	0.48	-0.08	0.33	0.08	-0.18
人物④	各色	0.17	0.38	-0.29	-0.31	-0.48
	各色相	0.64	0.45	0.22	0.23	0.22
	各トーン	-0.12	0.82	-0.78	-0.93	-0.86
人物⑤	各色	0.27	0.10	-0.10	0.13	0.03
	各色相	0.76	0.45	0.30	0.54	0.61
	各トーン	0.48	-0.10	0.08	0.36	-0.02
人物⑥	各色	0.38	-0.19	0.12	0.30	0.18
	各色相	0.47	0.14	0.45	0.64	0.55
	各トーン	0.72	-0.04	0.62	0.32	0.11
人物⑦	各色	0.34	-0.02	0.08	-0.19	0.04
	各色相	0.53	0.68	0.02	0.08	0.49
	各トーン	0.47	-0.27	0.56	0.31	0.07

これは 38 色の各色に対して相関係数を求めたためであると考えられた。

そこで PCCS 表色系のメリットを利用し、38 色の色を「色相」と「トーン」の共通性により分類して相関係数を求めた (表 4)。38 色を 11 色相あるいは 6 トーンに集約して解析したため、相関係数の絶対値が相対的に高くなった。また、38 色の各色に対する相関係数の絶対値が「色相」に由来するのか、「トーン」に由来するのかが明確となった。このように色相別、トーン別に解析することで、香水と人物のイメージに新たな共通性を見出すことが可能となった。これらの共通性を利用することで、「トーンは共通しているが色相は異なるイメージ」といった香水の提案が可能になる。つまり人物の印象に合致しながらも、新鮮な印象を与える香水を選択することができると思われる。

5. まとめと今後の展開

本報では「香り」と「人物」のイメージを色で表現することで、「色」の観点から共通性を見出し、人物にふさわしい香水の提案方法を紹介した。香りを評価する人の数や属性あるいは香水を提案する人物の色データの取得などが課題として挙げられるが、WEB 調査や SNS を利用すれば比較的容易にデータを取得できると考えられる。

Aroma Rainbow®では私たちがイメージでできる対象であれば色で表現することが可能である。今後の展開として「香り」と「感情」の共通性を評価することを検討している。感情に合致した香りの提案により、「消費者の気持ちに寄りそう」商品の開発が期待できる。

参考文献

- 1) 田崎真也, 言葉にして伝える技術-ソムリエの表現力. 祥伝社新書 (2010)
- 2) 三浦久美子, 齋藤美穂, 色と香りの調和性. におい・かおり環境学会誌 42 (5), 327 (2011)
- 3) 妹尾正巳, 元永千穂, 香りイメージの色表現による伝達, 日本感性工学会研究論文集 7 (3), 497 (2008)
- 4) 野尻健介, 中村明朝, 中村哲也, 斉藤司, 香り表現における色の活用-イメージの可視化手法 Aroma Rainbow® の提案-, 第19回日本感性工学会予稿集, P32, (2017)

# 「わくわく」感を色彩で表現する事に対する研究

## The research of the color which express "「Pitapat」"

### The research on the sense of excitement expressed through color

斐 湖珠

Hojoo Bae

信州大学

Shinshu University

**Keywords:** わくわく、色彩の心理効果、色彩嗜好、視覚感性、感性語

#### 1. はじめに

私たち人間は、五感で様々な情報を得ている。その中で最大の情報を得る感覚は視覚である。特に感情の表現では「色」は感情の言語的な表現を視覚情報として伝達する媒体でもある。日本は急速な経済発展のあと、人口の減少や経済の低成長化等によって、近年の社会では、既成世代から若者まで新しいものに対する挑戦や意欲が減退している。先行研究で選択した表現単語としては「わくわく」を選び「わくわく」が持っているイメージを色で表現するときどのような色彩で表現されるのか、国別、地域別に差は現れるのか等々文化の違いを調べ共通点と相違点を発見し、第4次産業であるAIや人間の感性をデータベースに活用する研究である。世界的な関心を集める「第4次産業」という大きな変化の中で、「人間の感性」は更に注目をされることになった。色が適用される媒体の研究ではデザイン・心理学・生理学・電子工学・物理学など様々な分野が融合する地点である。特に「色彩」が持つ心理的效果に対する研究は以前にも増して、重要視され発展してきている。私自身が日本に滞在して感じたことは学校での「いじめ」や社会生活での「鬱」という心理的な不安を解消するため多くの方がカウンセリングを受けたり「癒し」を求めるようになった。機械的な産業が発達すればするほど人に対する研究が必要であり、人間の感性を知る研究が重要となる。我々人間の文化で言葉は大きな表現手段として使用されている。その言葉はイメージを色で表現し、それを人の感情を表現する手段として言語を使用する。本研究の目的には消失した「わくわく感」を取り戻し、その「わくわく感」により私たちが喜ぶ感情に結びつける事が出来る契機となる事と性別や地域によって違いと共

通点について検討をした。

#### 2. 方法

日本国内（特に長野県の中心）でアンケート調査を実施し、この結果をもとに統計処理する。同じ12色の色鉛筆を提供してA4用紙を使用する。

##### 2.1 対象者

長野県在住の男女

男性：312名・女性：329名

##### 2.2 対象者年齢

15歳～77歳まで

##### 2.3 色鉛筆色

一般人対象のため美術専門の色鉛筆ではなく簡単に購入することができる100円ショップで販売している色鉛筆を使用

色の種類：黄色、だいたい色、オレンジ色、赤色、ピンク色、茶色、黄緑色、緑色、水色、青色、茶色、黒色

##### 2.4 調査実施期間

2017年9月～2018年1月まで

##### 2.5 アンケートの質問項目

1：性別、2：年齢、3：国籍、4：職業、5、今住む所 6、一番長く住んだ所（県、市）7、自由に「わくわく」する気持ちを描いて下さい。9、上の絵で使用した色の順番を終えて下さい。（色を塗って下さい）の項目で調べる。

#### 3. 結果および考察

##### 3-1 色と形の関係

カンディンスキーらの理論では形と色の調和は軽明性・活動性という感情効果の類似性と比較的明瞭な比例関係をもつことが分かる。今回の調査結果でも感情を表現する言葉「わくわく感」に対しても両者の関係性によって規定されることが示唆された。

特に年齢が若いほど、性別的には、男性の方が確実に色と形の関係が見られる。図1、2では自転車と甘い食べ物を書いて色もそのモノが分かる



色で表現した。その他ではお金や乗り物を私達が認識している色のままで表現している。



図1. 20代 男性

図2. 10代 女性

男女共に物体を表現したものに比べて感情語である「わくわく」は抽象的なイメージを表現する場面が多かった。(図3. ハートで表現：色；ピンク)

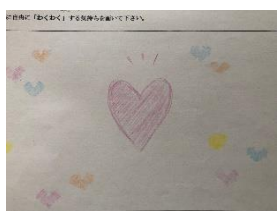


図3. 10代 女性

図4. 50代 女性

線の表現方法では図4のように曲線が直線より大幅に多く表現されていることが分かった。

### 3-2 性別の違い

男性の場合、形が存在することを表現する傾向を女性の場合は物体ではなくイメージの形を描く(ハート♥やスマイル☺)ように表現し、抽象的なもので表現する傾向がある。

これに対し、共通点として男女共に色の傾向は寒色系より暖色系の色を多くの割合で選択した事が分かった。(図4&6. 10代 男性)



図5. 70代 男性

図6. 10代 男性

### 3-3 年齢の差

年齢が高くなるほどアンケートを回答とする時間が長くなり、それは多くの考える時間を求める事でもあり最近「わくわく」感を感じた事がないと答えた方が多い。それによって経験による結果を探しているものと判断し風景を描く人も見られた。(図5. 70代 男性) これは男女共に違いはなかった。

### 3-4 色

一番選ばれた色は男女共に「赤色」であった。(図4. 一番選ばれた色と性別) その後はオレンジ色、黄色で上位3位までが暖色系の色であることが分

かった。それに続けて4位は水色で図3&4で見られるように抽象的に表現をする時、トーンが強いのではなく (strong & vivid)、トーンが弱い (pale & light) を選択し、ソフトなイメージを示す傾向を帯びていることを示しているので結果として選択されたと思われる。

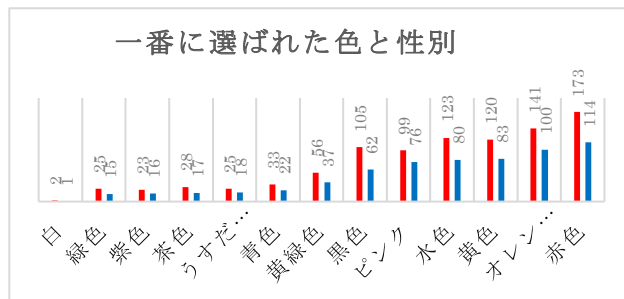


図4. 一番で選ばれた色の順と性別

男女共に暖色系の色が多く見られる事が明確な事の中で、特に一点気になることは6番目に「黒色」が選ばれた事であった。自由に「わくわく」する気持ちを描いて下さいという項目に対し、色で表現する前に形を先に考え、形を描くためのアンダーラインを黒で描く事で、選ばれた色で無意識のうちに、人間が色と形を同時に考えることを示しているのではないかと思った。今回の調査では、感性語は色や形と密接な関係を持っていることを説明できる。且つ、日本の真ん中にある長野県に住んでいる人を中心に調査をしたが、これからは関東と関西地方なども調査し、相違点が存在するかを調べたい。その次には、アジアを調査した後、東洋と西洋の違いと共通点が存在するかどうかを検討をしていきたい。それと共に一番「わくわく」感で選ばれた色が生体信号で変化することを定量評価し、そこで得られたデータを利用し科学的で理論的な部分を証明することにより、客観的な意思決定を可能にしたい。(もっと具体的な様々な例の対比グラフは6月の学会で発表する)

### 参考文献

- 1) 大森 のどか、和田 由美子：色彩嗜好と色彩の心理効果の性差、健康科学大学紀要 第5号. 2009
- 2) 千々岩英彰：人はなぜ色に左右されるのか 人間心理と色彩の不思議関係を解く、河出書房新社. 1997
- 3) 木村 敦、和田 有史、野口 薫：感情効果の類似が形と色の調和的關係に及ぼす影響 デザイン学会 52巻 (2005) 6号. P.1-8
- 4) 木村 敦：形態 色彩の心理学的属性と感情効果についての検討. 日本心理学会第66回大会発表論文集. 2002



## 背景色が肌の色の見えに及ぼす影響Ⅲ

### Effect of Background Color on the Appearance of Skin ColorⅢ

早川照美 Terumi Hayakawa

乾 宏子 Hiroko Inui アトリエエクリュ

丸山眞澄 Masumi Maruyama ルミエールカラーインスティテュート

市場丈規 Takenori Ichiba Color Lab. for full Life

(くらしの色彩研究会)

**Keywords:** パーソナルカラー, ウイッグ, 色相対比, 明度対比, 彩度対比, 映り込み

#### 1. はじめに

パーソナルカラー診断時にドレープが肌の色の見えに及ぼす影響について、反射光の影響を受けない条件で観察した結果を日本色彩学会第47, 48回全国大会において「背景色が肌の色の見えに及ぼす影響Ⅰ, Ⅱ」にて報告した。その中で、一般的によく使われる黄みを感じるドレープと青みを感じるドレープのそれぞれピンク, ブラウン, イエロー, グリーン, ブルーのドレープに置いた手の見えの変化が一般的な視覚効果に基づく色相対比, 補色対比であることを述べた<sup>1) 2)</sup>。

パーソナルカラー診断では肌(顔)の見え方が重視されるため今回は異なる背景色によって肌(顔色)がどのように見えるのかを検証した。

背景色は髪色とし、5種類の現実的な髪の色に比較的近いウイッグを使用した。黄みを感じる(以下、「黄み」と記載)ブラウン, 赤みを感じる(以下、「赤み」と記載)ブラウンのウイッグを色相対比の観察に、グレイとブラックのウイッグを明度対比に、「黄み」のブラウンと彩度の低いアッシュのウイッグを彩度対比の観察に使用し8名のモデルの肌の見えを観察した。

#### 2. 実験および観察方法

観察と写真撮影時の照明には東芝ライテックLEDミニライト600(5,000K, Ra92以上)2機を仰角約45°正面より左右に約30°距離2.5mより照射し、補助光源として会場の昼白色蛍光灯を加え、照度を約800lxに設定した。カメラはキャノンEOS kiss デジタルN, シャッター速度は1/15, 絞り数値は5.6で、肌が着衣による反射光の影響を受けないようにグレイのドレープを着用して撮影を行った。

使用したウイッグ(背景色)とドレープのNC S近似値を表1に示す。

背景色となる5種類のウイッグを8名のモデルが順につけ写真を撮影した。そのうちの2種類のウイッグをつけた写真を色相対比, 明度対比, 彩度対比の観察となるように左右に2枚並べ、それぞれのモデルの肌の見えを観察した。なおモデルの目をグレイのドレープと同じ色で覆い肌(顔色)の見えに表情の影響を与えないようにした。観察時には写真の左右の位置で見えに違いがないことも確認した。モデルの肌の色のNC S近似値を表2に示す。

表1. ウイッグのNC S近似値

ウイッグ	色相対比	「黄み」…S6030-Y30R 「赤み」…S8010-Y70R
	明度対比	高明度…S6005-Y20R 低明度…S9000-N
	彩度対比	高彩度…S6030-Y30R 低彩度…S7005-Y20R
ドレープ		S5505-R80B

表2. モデルの肌のNC S近似値

モデルの肌	平均的な肌	a	S3020-Y30R
		b	S3020-Y45R
		c	S3020-Y50R
		d	S3020-Y50R
		e	S3020-Y50R
	赤みの肌	f	S3020-Y70R
	黒みの肌	g	S3520-Y40R
		h	S3520-Y50R

#### 3. 結果

観察した結果を表3に示す。観察者の意見が分かれた結果は、判定不一致とした。

表3. ウイッグをつけた時の肌の見え

モデル	ウイッグの色					
	色相対比		明度対比		彩度対比	
	黄み	赤み	高明度	低明度	高彩度	低彩度
a	赤み	黄み	低明度	高明度	高彩度	低彩度
b	赤み	黄み	低明度	高明度	高彩度	低彩度
c	赤み	黄み	低明度	高明度	高彩度	低彩度
d	赤み	黄み	低明度	高明度	高彩度	低彩度
e	黄み	赤み	低明度	高明度	高彩度	低彩度
f	黄み	赤み	低明度	高明度	低彩度	高彩度
g	判定 不一致	判定 不一致	低明度	高明度	判定 不一致	判定 不一致
h	黄み	赤み	低明度	高明度	判定 不一致	判定 不一致

## 3-1. 平均的な肌の色に近い肌の見え

a~e の5人のモデルの肌のNC S近似値は平均的な肌の色<sup>3)</sup>よりわずかに「黄み」(S3020-Y30R)からわずかに「赤み」(S3020-Y50R)よりである。

このうちの4人は色相対比の観察において「黄み」のブラウンのウイッグをつけると肌が赤みより見え、「赤み」のブラウンのウイッグをつけると肌が黄みより見え、色相対比が観察できた(表3太字部分)。1名(eさん)に関しては「黄み」のウイッグで肌が黄みより見え、「赤み」のウイッグで肌が赤みより見え、色相対比は確認できなかった。

明度対比の観察では5人全員が明度の高いシルバーのウイッグで肌が暗く見え、明度の低いブラックのウイッグでは肌が明るく見えたことにより明度対比が観察できた(表3太字部分)。

彩度対比の観察においては5人全員が2種類のウイッグのうち高彩度と設定した「黄み」のブラウンで肌の彩度が高く見え、低彩度と設定したアッシュのウイッグで肌の彩度は低く見え、彩度対比が確認できなかった。平均的な肌の色に近いモデルの比較写真を図1~3に示す。

## 3-2. 平均的な肌の色より赤みの肌の見え

fのモデルは平均的な肌の色よりかなり「赤み」(S3020-Y70R)よりの肌である。色相対比の観察の「黄み」のウイッグで肌が黄みより見え、「赤み」のウイッグで肌が赤みより見え、色相対比は確認できなかった。

明度対比の観察で明度の高いシルバーのウイッグでは肌が暗く見え、明度の低いブラックのウ

イッグでは肌が明るく見えることにより明度対比が観察できた(表3太字部分)。

彩度対比では高彩度と設定した「黄み」のブラウンのウイッグで肌の彩度が低く見え、低彩度と設定したアッシュのウイッグで肌の彩度は高く見え彩度対比が観察できた(表3太字部分)。

## 3-3. 平均的な肌の色より黒みを含む肌の見え

gのモデルのNC S近似値はS3520-Y40R, hのモデルの肌はS3520-Y50Rで、ともに平均的な肌よりわずかに黒への類似度が高い肌であった。

このうちgのモデルは色相対比の観察において肌の見えの判断がつかず、彩度対比も確認できなかったが、明度対比のみシルバーのウイッグで肌が暗く見え、ブラックのウイッグで肌が明るく見えたことにより明度対比が確認できた(表3太字部分)。hのモデルの肌は彩度対比の確認はできなかったが、色相対比、明度対比が確認できた(表3太字部分)。



図1. 色相対比



図2. 明度対比



図3. 彩度対比

#### 4. 考察

##### 1) 背景色と肌で見られる色相対比

平均的な肌の色に近い5人の肌のうち4人の肌で背景色と肌に色相対比が観察されたが、全体では8人中の4人で、明瞭な色相対比を確認できなかった。パーソナルカラー診断時に使用するドレープのような高彩度の背景色では、色相対比が明瞭であるが、現実的な髪色のような比較的低彩度の背景色では、顕著な色相対比が見られない。

また色相対比の観察に用いた2色のウィッグに明度差があり、肌が明るく（白く）見えると赤みよりに感じるという肌特有の見え<sup>4)</sup>が影響していることも考えられる。

##### 2) 背景色と肌で見られる明度対比

各観察において唯一8名全てに明度対比が確認できた。

これは、パーソナルカラー診断時にドレープを当てた時の見えとは異なる。つまり、黒のドレープとグレイのドレープを当てた時に黒のドレープで肌の色が明るく見えることは観察できない。

このことは、ドレープの反射（映り込み）の影響が視覚効果より大きいため、測色によって確認するまでもなく、目視で明瞭に観察できる。

図4に黒のドレープと白のドレープにそれぞれの手を垂直に置いて観察した画像を示す。明らかに黒のドレープに置いた手は白のドレープに置いた手に比べて陰ができています。今回の観察に使用したウィッグの色相に近い黒とグレイのドレープでも同様のことが観察されると推測される。

これは実際のパーソナルカラー診断でも黒いドレープを当てると繊細な肌質のクライアントは肌に陰が見られることと一致する。しかし、肌質のしっかりしたクライアントではそこまで肌に陰は確認できない。このことは映り込みと肌の質感が複雑に関係しているからだと考えられる。



図4. ドレープの肌への映り込み

##### 3) 背景色と肌で見られる彩度対比

8名のうち7名のモデルの肌と背景色に彩度

対比は確認されず、また2種類のウィッグをつけた肌の見えの違いを彩度に限定して判断することも困難であった。このことは背景色、肌ともに比較的低彩度が低く彩度対比が生じるほどの彩度差がなかったこと、また肌に単純な彩度の変化以外の見えが生じたことが理由として考えられる。

#### 5. まとめ

ウィッグを使用した背景色による肌の色の見えの違いは、明度対比では一般的な背景色と図色の関係同様の結果が観察されたが、色相対比では、観察者の意見が一致したのは半数程度にとどまった。また、彩度対比は確認できなかった。

肌の色が明度対比により明るく感じられると同時に、赤みよりに見える変化を示したことは、前大会同様に肌は視覚的に明るく見える場合には赤みよりに見えることが示された。

今回、ウィッグの色の違いによる肌の色の変化にのみ注目して評価したが、ウィッグの色の違いにより、肌の質感（ツヤ感や透明感、くすみ等）、またほうれい線の目立ちやすさ、フェイスラインの変化が大きく異なって見えることが観察された。また、モデルの肌の色ごとに評価結果を示したが、今後パーソナルカラー診断時に見られるドレープを当てた時の肌の見えを検証していく上で、考察2)でも触れたように映りこみの影響と肌の質感が複雑に関係して、色の見えに影響を与えていると考えられる。こうした点も踏まえた検討をしていきたい。

#### 参考文献

- 1) 乾宏子, 早川照美, 市場丈規: 背景色が肌の色の見えに及ぼす影響, 日本色彩学会誌 40(3)p. 195-197
- 2) 早川照美, 乾宏子, 市場丈規: 背景色が肌の色の見えに及ぼす影響II, 日本色彩学会誌 41(3)p. 110-113
- 3) 市場丈規, 乾宏子: 肌色の視感測色にみられる傾向について, 日本色彩学会誌 38(6)p. 452-453
- 4) 高松操, 石上桂子, 乾宏子, 丸山眞澄, 市場丈規, 高橋晋也: 物理測色と肌印象視感評価から分かる肌の色特有の見え, 日本色彩学会誌 41(3)p. 102-105



# アクティブラーニングを支援する色彩ワークブックの提案 Color Workbook proposal to support Active Learning

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

山本希恵 Kie Yamamoto 常盤薬品工業株式会社 TOKIWA Pharmaceutical Co., Ltd.

**Keywords:** 色彩教育, アクティブラーニング, 色彩ワークブック

## 1. はじめに

小学校の「図画工作」や中学校の「美術」において、「色」がどのように扱われてきたかについては、色彩教育に携わる研究者や色彩教材を開発する研究機関によって長年にわたり検討や研究がなされ、改定案も具申されてきたが、未だ解決すべき問題は多く残されている。その一つに小学校から中学校にかけての色の基礎的内容の飛躍と隔たりの問題がある。

現行の小学校の図画工作の指導要領では、造形や鑑賞などの美術的な側面に重きがおかれ、色については感覚や自分のイメージにとどまり、人間を取り巻く環境や社会生活にも関連する色の科学的な側面を学ぶ項目は見当たらない。(図1)

一方、中学校の美術では、色の基礎を総合的に理解するために、教科書や資料集においても、三属性や色の対比といった、色彩学における基本的な知識に関する項目が一気に多くなり、小学校の図画工作での比較的自由に抽象的な学びからは大きな飛躍や隔たりがみられる。(図2)

しかし、中学校の限られた授業時間数の中で、造形と同時に色に関する多くの用語や基礎知識をしきみから学び、理解することは容易でないことが推察される。知識のみの詰め込みがもたらす理科離れや色への苦手意識を生むなどの弊害が懸念される。

## 2. 目的

本研究では、これらの色の学びの隔たりの問題を改善する対策の一つとして、新しい学習指導要領(平成29年公示、平成32年より実施)にもある、主体的・対話的で深い学び(アクティブ・ラーニングの視点からの授業改善)に着目し、初等・中等教育におけるアクティブラーニングを家庭や地域社会から支援する色彩ワークブックを提案し、その可能性を考察する。

日常生活の中で色の基礎知識やしぐみを保護者や友達とコミュニケーションをとりながら、楽しく学びあ

う色彩ワークブックによって、児童が「色」の機能や基礎知識を学内外で体験的に学んでいくことの重要性を見直すきっかけとなることを目指す。

本発表では試作による実験について報告する。

区分	学年	色に関して記載されている内容
小学校	1・2	特になし
	3・4	・水彩絵の具を使う過程で、絵の具と水の量で変化があること ・友達と色のカードを使って、お互いのイメージや感じ方がいを知る授業提案 ・色を2色、3色、4色重ねたときの色の変化のようす
	5・6	・季節を形と色で表現(絵を描く)する授業提案 ・木版での色の重ね ・混色のようす、白色を混ぜたときのようす、黒色を混ぜたときのようす ・野菜やくだものを並べて、色の輪(色相)をつくっているようす ・目で見かける形や色(サインやマーク)のようす
中学校	1	【教科書】 ・無彩色、有彩色について ・色の三要素(三属性) ・三原色 ・絵の具の混色と重ね ・色の対比(明度対比、彩度対比、色相対比) ・色の感じ(寒い感じの色、暖い感じの色など) ・絵本に学ぶ色彩 ・玩具に見る色彩 ・四季の色 ・日本の伝統色、作品に見る伝統的な日本の色
	2	【資料集】 ・絵の具について(原料など) ・水彩絵の具の技法や混色 ・日本の伝統色 ・無彩色、有彩色 ・色の三要素(三属性)、補色、明青色、暗青色、濁色 ・色立体 ・三原色 ・色の調子(トーン)、(ペールトーン、ビビットトーン、ダークトーン)
	3	・色の対比(明度対比、色相対比、彩度対比) ・色の感情(寒暖、軽重、強弱) ・色の演出・後退、膨張・収縮 ・色の混出による配色、トーンの配色、色の面積と配属

図1 小学校と中学校の教科書、資料集(平成23年~25年)に掲載されている色の基礎知識に関する内容

項目	指導要領の改訂年度						
	昭和22年	昭和26年	昭和33年	昭和43年	昭和52年	平成元年	平成10年
色の複合概念	●						
色の分類	●	●	●				
明度	●	●	●				
彩度	●	●	●				
色相	●	●	●	●			
配色	●	●	●	●			
色の機能性	●		●	●			
色名	●	●	●	●	●		
混色	●		●		●		
色のイメージ	●	●	●	●	●	●	●

図2 小学校の図画工作における学習指導要領で扱われていた色の基礎的内容(昭和22年~平成10年)

●印は、1年生から6年生までの、いずれかの学年の学習指導要領で取り扱われていたか否かを示している。



### 3. 方法

教育の指標や授業時間数の減少などで小学校の図画工作で取り上げられなくなった色の項目(図2)と、現行の中学校で学ぶ項目を検討して作成した着脱可能なスケッチブックを想定したワークブック(試作)を使って以下の実験をおこなった。

・対象は小学生(3~6年)

実験:明度に関するページを使って小学3年生と5年生の児童にワークシートを使って体験してもらった。

「学び」と「遊び」を提案するワークシートからなっており、今回使用する明度の項目の遊びを提案するワークシートでは、明度差を利用した次第に消えていくUFOのパラパラ漫画をつくる。パラパラ漫画の制作手順としては、①自分で台紙となるカードに鉛筆で濃淡をつけ、②低い明度から高い明度へと順番に並べ、③仕上げに白いUFOのシールを貼って確認する、という3段階に分けて記載した。(図3)

### 4. 結果と考察

明度を理解する実験では、改善すべき点として、①鉛筆で塗るカードの紙面が広いと飽きやすいこと、②鉛筆の粉が手につき、教材や周りが汚れて不快であることが挙げられた。評価する点として、①濃淡をつける作業への理解が確認できたこと、②シールを貼っていく工程は楽しむことができたこと、が挙げられた。

これらの結果をふまえ、明度の変化が印刷されたカードを自分で並び替えて、シールを貼っていくことで完成する、という流れのワークシートに改善した。また、最初は片面印刷だったものを、両面印刷に変更し、①の面、②の面として設定することで、明度の高い色から低い色へ、明度の低い色から高い色へ、とパラパラ漫画をめくることができるようにした。小学校3年生の児童でも、5%から10%の明度の変化は理解でき、並び替えることができた。(図4)この実験から教科書や指導要領には見当たらない項目でも、伝え方次第では色のしくみが理解できることを確認した。

ただし、欠点として、①教材は、ワークショップのように直接対話ができないため、子供が一人の時でも理解しやすい解説にしなければならないこと、②知識の情報量が多くなりがちになることなども判明した。

また、本ワークブックは小学生向けに明度がどこに利用されているかなど、生活する上での気づきに結びつけるために、できるだけ専門用語の使用を避けて説明しているが、保護者からの要望で解説資料も必要であることが確かめられた。解説資料は児童が理解の程度に合わせてより深く学ぶことができる他、保護者や地域の社会教育の場で、ボランティアの大学生や社会人が手助けする時の手引ともなる。

### 5. まとめ

今回の調査・実験で、初等・中等教育での「色の学び」の飛躍や隔たりの改善に、教科書を補完する小学生向けの色彩ワークブックが必要であることが確認できた。また家庭や地域社会での色の学びが学校でのアクティブラーニングを支援する可能性があることも示唆された。ただし、内容の検証や具体的な使い方については今後も検討を重ねていく必要がある。ワークブックのプロトタイプについては機会をあらためて報告していきたい。

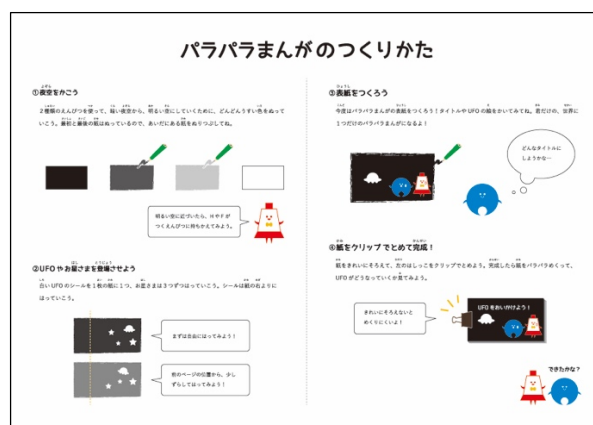


図3 明度(色の明るさ)遊びを提案するワークシート



左: 図4 小学5年生が鉛筆を使って制作したパラパラ漫画

右: 図5 小学3年生が明度の違うカードを並び替えている様子

### 参考文献

- 1) 藤原智也「中学校学習指導要領美術科における色や形などの基礎的学習に関する考察 -戦後昭和期における昭和33年新設の独立領域「色や形などの基礎練習」の位置づけとその後の変遷を中心に-」、『教育実践学習論』12, pp.233-247, 兵庫教育大学大学院連合学校教育研究
- 2) 荒生薫・時長逸子「小学校における美術教材の変遷 色彩教育の展望(2)」、『デザイン学研究』48(3), pp.69-76, 日本デザイン学会, 2001
- 3) 林健・福田隆真「戦後日本の小学校図画工作科教育の変遷と子どもの生活の変化」、『研究論叢』(3), pp.1~14, 山口大学教育学部, 2006
- 4) 学習指導要領「生きる力」, 文部科学省  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1401806.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1401806.htm)
- 5) 地域学校協働活動, 文部科学省, 厚生労働省  
<http://manabi-mirai.mext.go.jp/kyodo/about.html>

# 作業時の心理評価に及ぼす壁面の色の影響 高齢者と若年者との比較

## Color Environmental Influences on the Psychological Evaluation during Simple Work. Comparison of elderly people and young people

松田 博子 Hiroko Matsuda カラーコンサルタントスタジオ Color Consultant Studio  
名取 和幸 Kazuyuki Natori 日本色彩研究所 Japan Color Research Institute  
破田野 智美 Tomomi Hatano 立命館大学 Ritsumeikan University

キーワード：色彩環境，高齢者，若年者，心理評価

Keywords: color environment, elderly people, young people, psychological evaluation.

### 1. はじめに

近年，インテリア雑誌だけでなく，一般住居のリフォームがWEB上で多数提案され，コーディネートのバーチャル化が身近に感じられる環境になりつつある．壁紙の色やイメージスタイルのバリエーションも豊富になった．さらに一部の壁面の色だけを変えると空間演出なども多くみられる．見た目の美しさと並行して，オフィスや書斎で，効率よく作業するための色彩空間はますます重要であると思われる．これまでの研究からも色彩が作業効率や，心理面，生理面に関与していることが指摘された（水野谷ら，2011；石瀬ら，2008）．いずれの調査も調査対象者が学生であったため，今回は研究されていなかった高齢者と若年者との年齢層の比較に焦点をあてて実験を行った．なお実験は，先行研究（松田ら，1999，2010）で行った手法を踏襲したが，水野谷ら（2011）が行った内田クリペリン検査報告から，作業効率を高める色彩は赤紫であるという結果を踏まえて，色刺激に赤紫を追加し9色にした．

### 2. 方法

#### 2.1. 調査対象者

高齢者 14名（52～80歳，平均66.1歳；女性13

名，男性1名），若年者 17名（19～32歳，平均22.4歳；女性16名，男性1名）の協力を得た．

#### 2.2. 実施時期

高齢者調査は2017年11月13日，若年者調査は2018年1月10日に行った．

#### 2.3. 調査場所

調査は京都市内で実施した．高齢者は，大学の講義室，若年者は専門学校の講義室で調査に参加した．いずれの講義室も全体の大きさや窓の位置は，ほぼ同じである．

#### 2.4. 照明環境

高齢者と若年者の照明条件が同じになるよう，直射日光を避けて，昼白色蛍光灯下で調査した．机上面照度は600lx以上とした．

#### 2.5. 壁面の色

赤（4.5R4.4/12.1），橙（2.0YR6.5/12.8），黄（3.3Y8.1/11.3），緑（4.1G5.1/7.1），青（5.3PB4.5/7.6），紫（7.3P4.3/8.5），赤紫（10RP3.5/11），ピンク（6.9R8.8/2.2），黒（7.3GY2.6/0.3）の9色の色用紙（タント100，4/6判，80×110cm）を用いた．色彩環境として，9個の作業机（二人用）を，窓面を除く教室の壁面に間隔をあけて配置し，作業机に接した前面壁に色用紙を張り付けた．色用紙の下部は作業机の上面の1/3を覆う形とし，作業は机上で行った．机は右回りに赤・橙・黄・緑・青・紫・赤紫・黒・ピンクの順に配置した（図1）．



図1. 作業の様子

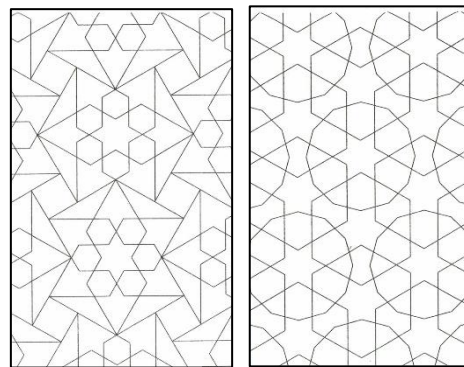


図2. トレース幾何学図形例（部分）

2.6. トレース幾何学図形 (図2)

飽きないように同レベル程度のものを5種類A4判用紙に印刷した。この用紙を色壁前の机上に据え置き、白紙を上重ねてトレースした。

2.7. 作業内容と手続き

調査には複数の対象者が同時に参加した。作業を始める前に、トレースはどこから始めてもよく、完成しなくてもいいこと、休憩するときには他の色が目に入らないように壁面の色紙のみを見ることを教示した。対象者は、いずれかの色の壁の前に着席し、合図と同時に白紙を幾何学図形上に重ねて置いて鉛筆かボールペンでトレース作業を始めた。6分経過後、トレース作業を終え、アンケート用紙に作業の「感想」と(a)この色が好きー嫌い、(b)作業がはかどるー作業がはかどらない、(c)楽しいー楽しくない、(d)気分がいいー気分が悪い、(e)全体的にプラス感情ーマイナス感情の5項目について5段階の心理評価を記入した。3分経過後、合図に従いアンケート用紙とトレースした紙を机上の所定の位置に置き、右の色壁の前に移動して同じ作業を繰り返した。また途中3回(約3分程度)の軽いストレッチタイム

を設けた。

3. 結果

5段階尺度で得た各対象者の評定値を-2, -1, 0, 1, 2に読み替え、壁面の色(赤/橙/黄/緑/青/紫/赤紫/黒/ピンクの9条件)×項目(好き/はかどる/楽しい/気分が良い/プラス感情の5条件)×年齢層(高齢者/若年者の2条件)の90条件で平均を求めた。図3はこれら平均値を色別に示したものであり、図4は同じ平均値を項目別に示したものである。また、これら平均値に基づき、年齢層の別に、各項目の相関を求め、表1に示した。

3.1. 色別 (図3)

ピンクと緑は、「楽しい」を除く4項目で、高齢者と若年者がよく似た傾向を示した。特に高齢者は評価が高かった。つまりこの2色は高齢者と若年者の両方に好まれ、作業がはかどり、気分も良く、プラス感情を持った人が多かったといえる。

他の色に比べて黒と青と紫は、全体的な評価が高齢者、若年者とも低かった。青は、5項目すべてにおいて、高齢者の評価が若年者の評価に比べて低かった。黒は若年者の評価が低く、特に「楽しい」、「プラス感情」、「気分が良い」はマイナス

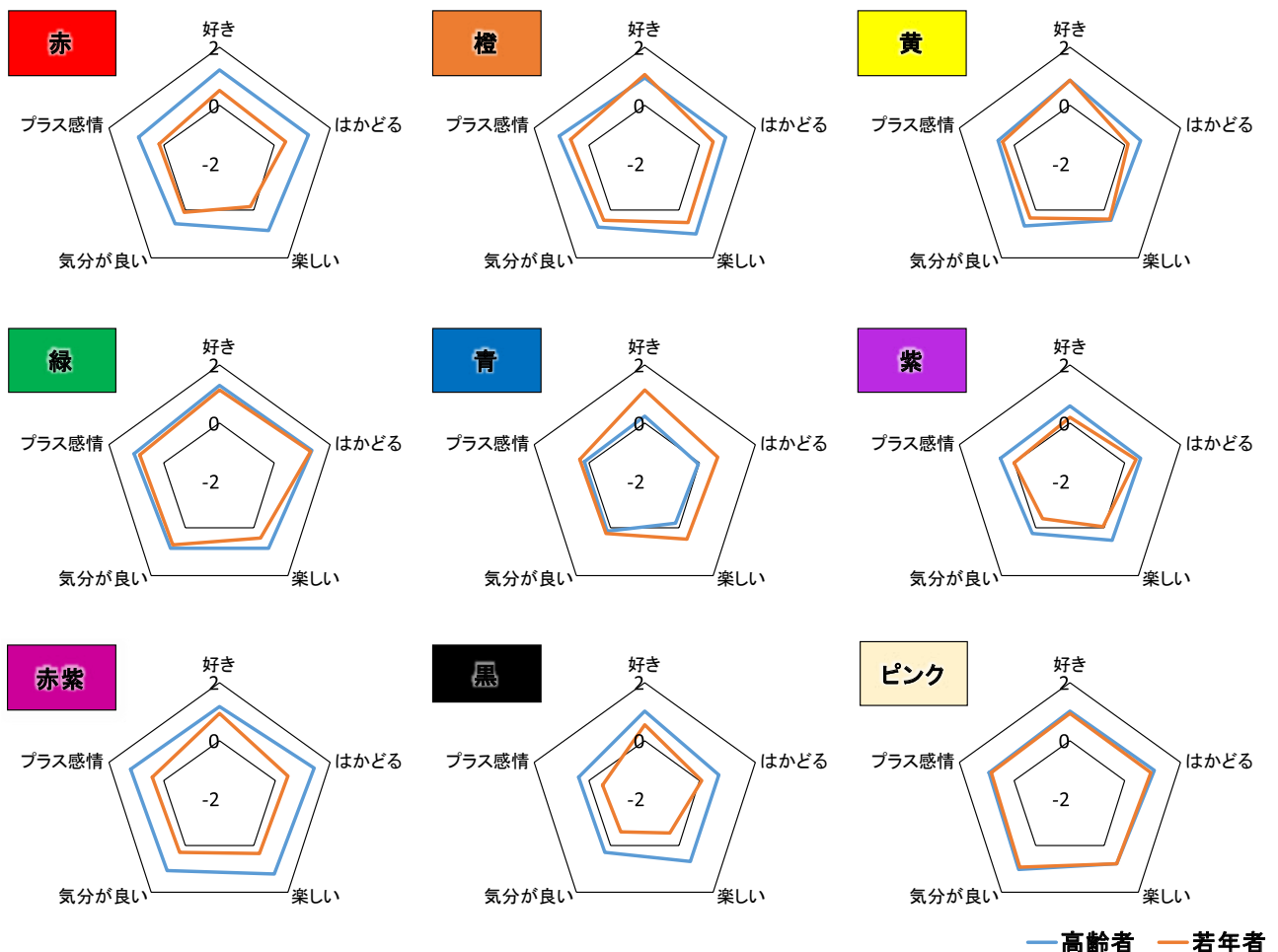


図3. 各色の壁面の評定値：色別



評価であった。紫も、若年者の「気分が良い」は、マイナス評価であった。

赤紫は、高齢者は5項目すべてに、ピンク以上の高得点を示した。若年者の評価はそれほど高くはなかった。

赤は高齢者と若年者で大きく評価が分かれ、高齢者は評価が比較的高かったが、若年者は全体に低く、特に「楽しい」はマイナス評価であった。

橙は、高齢者の「楽しい」や「プラス感情」の評価が高く、全項目で緑とよく似た傾向で、感情面での評価が高かった。一方若年者は好む人は多いが、その他の4項目はそれほど高くはなかった。

黄は高齢者、若年者ともよく似た傾向を示し、5項目はすべて中程度の評価であった。

### 3.2. 項目別 (図4)

総じて高齢者は青を若年者よりも好まない。高齢者は赤と黒と紫を若年者よりも好む。橙・黄・緑・赤紫は両者とも好んだ。「(この色が)好き」の評定値に対して、壁面の色(赤/橙/黄/緑/青/紫/赤紫/黒/ピンクの9条件)×年齢層(高齢者/若年者の2条件)の2要因分散分析を行った結果、いずれの主効果、交互作用も認められなかった。

「はかどる」については、緑・ピンク・紫は差がなかったが、それ以外は色により異なり、特に大きく差がみられたのは、赤紫・青・赤であった。高齢者は赤紫と赤でははかどるが、青でははかどらなかった。「はかどる」の評定値に対して、壁面の色(9条件)×年齢層(2条件)の2要因分散分析を行った結果、壁面の色の主効果 ( $F(8, 232) =$

$4.00, p < .01$ ), および年齢層の主効果 ( $F(1, 29) = 4.30, p < .05$ ) が認められた。多重比較 (Holm法) の結果、緑は黄、青、紫に比べて有意に高く評価された ( $p < .05$ )。また高齢者の評定値は、若年者に比べて有意に高いといえる。

「楽しい」ではかなり異なる傾向を示し、特に黒は、若年者は楽しくない人(マイナス評価)が多く高齢者と大きな差がみられた。「楽しい」に対して、壁面の色(9条件)×年齢層(2条件)の2要因分散分析を行った結果、壁面の色の主効果 ( $F(8, 232) = 2.69, p < .01$ ), 年齢層の主効果 ( $F(1, 29) = 5.13, p < .05$ ), および壁面の色×年齢層の交互作用 ( $F(8, 232) = 2.58, p < .05$ ) が認められた。壁面の色の単純主効果は高齢者、若年者の双方で認められ、年齢層の単純主効果は赤、赤紫、黒で認められた ( $p < .05$ )。高齢者では青の評価が橙、赤紫に比べて有意に低く、若年者ではピンクの評価が黒に比べて有意に高かった ( $p < .05$ )。

「気分が良い」では、ピンク・緑・青は高齢者、若年者ともよく似た傾向を示し、赤・紫・赤紫・黒は大きく異なった。全体に高齢者の方が、評価が高かった。「気分が良い」に対して、壁面の色(9条件)×年齢層(2条件)の2要因分散分析を行った結果、壁面の色の主効果 ( $F(8, 232) = 4.21, p < .01$ ) が認められた。ピンクは紫と黒に比べて、緑は紫に比べて有意に高く評価された ( $p < .05$ )。

「プラス感情」も「気分が良い」と似たような傾向を示した。「プラス感情」に対して、壁面の色(9条件)×年齢層(2条件)の2要因分散分析を

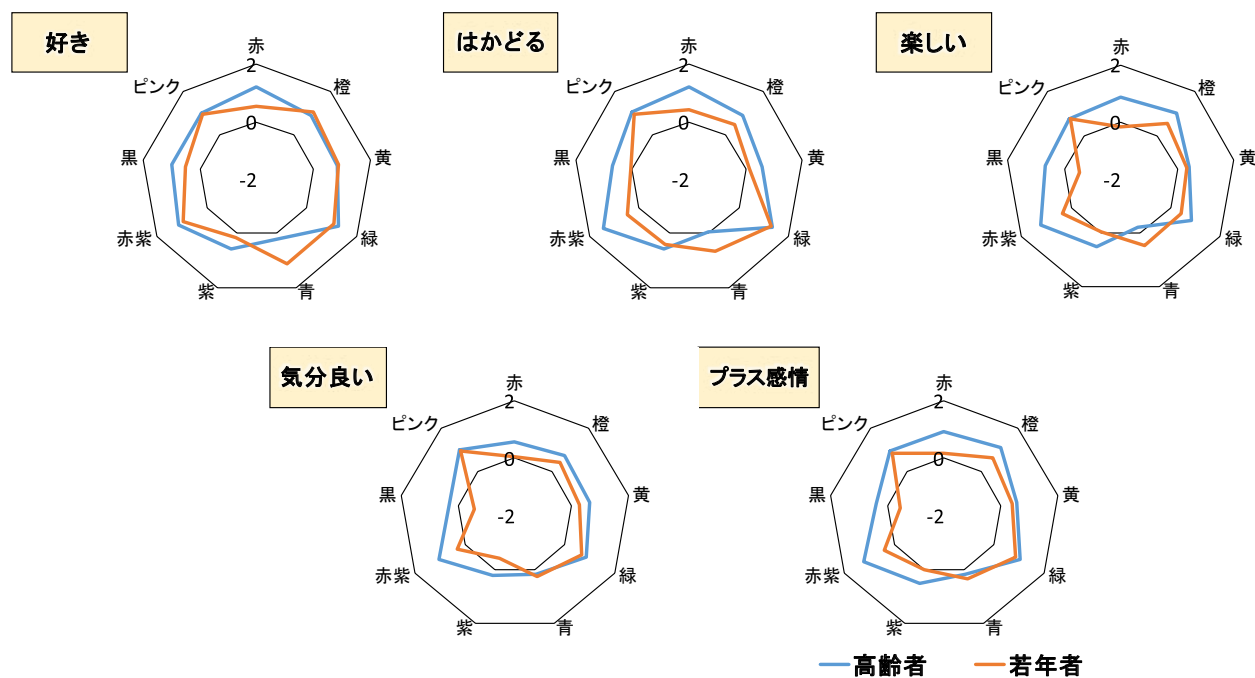


図4. 各色の壁面の評定値：項目別



表 1. 各項目間の相関係数  $r$ 

	高齢者					若年者						
	好き	はかどる	楽しい	気分が良い	プラス感情	明度	好き	はかどる	楽しい	気分が良い	プラス感情	明度
はかどる	0.93						0.51					
楽しい	0.86	0.93					0.76	0.60				
気分が良い	0.72	0.82	0.74				0.78	0.73	0.90			
プラス感情	0.79	0.93	0.89	0.88			0.74	0.77	0.91	0.96		
明度	0.01	0.01	-0.04	0.42	0.19		0.38	0.24	0.71	0.70	0.67	
彩度	0.04	0.14	0.18	0.14	0.37	0.09	0.12	-0.14	0.20	0.12	0.27	0.09

行った結果、壁面の色の主効果 ( $F(8, 232) = 4.01$ ,  $p < .01$ ) が認められた。黒は橙、緑、赤紫、ピンクに比べて有意に低く評価された ( $p < .05$ )。

### 3.3. 項目間の相関 (表 1)

高齢者は、「はかどる」と、「プラス感情」、「楽しい」、「好き」との相関が高かった。「気分が良い」と「好き」との相関係数は比較的lowかった。

若年者は高齢者に比べ、「はかどる」と、「楽しい」、「好き」との相関が低かった。「楽しい」と、「プラス感情」、「気分が良い」との相関係数は比較的高かった。表 1 に各項目と壁の色の明度、彩度との相関係数を併記した。若年者は明度と、「楽しい」、「プラス感情」、「気分が良い」との相関係数が比較的高かった。

高齢者は、総じて肯定的に評価された色の壁で作業がはかどると感じたのに対し、若年者は、必ずしも彼らにとって好ましい色や楽しい色の壁で作業がはかどると感じないことが示唆された。また若年者は明度の高い色で「楽しい」、「気分が良い」と感じ、「プラス感情」も高まる傾向にある。

## 4. 考察

高齢者と若年者の間に、壁の色の「好き」、「はかどる」、「気分が良い」、「楽しい」、「プラス感情」の評価の違いがみられた。高齢者と若年者の間に大きな差がみられたのは赤・青・赤紫・黒であった。特に、黒は、若年者の評価が低く、青は高齢者の評価が低かった。黒と青はともに低明度であるが、年齢層によって評価が大きく異なるといえる。黒や青に対する若者と高齢者のイメージに対する違いなのか、好悪に対する違いなのか。若年者は青を好む人が多く、高齢者は黒を好む人が多かった。この好悪の違いが、心理評価が分かれた原因の一つと考えられよう。同様に赤についての評価の違いも若年者の「好き」の評定値が低かったことも影響していると推測できる。なお高齢者は、赤紫・ピンク・緑・橙は、5項目すべてで比較的高く、若年者は、ピンクのみ5項目で高評価であった。ピンクと緑は、高齢者・若年者とも5項目で比較的良好な傾向を示した。

また水野谷ら (2011) は作業効率を高める色彩

は赤紫であると指摘したが、今回の高齢者の実験においても赤紫の心理評価値は5項目すべてにおいて一番高かった。今までの色彩嗜好調査 (近江, 2003) から、赤紫は男性、女性共に嫌われる色であるが、女性には好まれる色でもある。今回の対象者に女性が多かったことが要因の一つであり、色彩嗜好が関係していると考えられる。しかし若年者も赤紫を好んでいるが、他の項目に高得点が出ていない。その点については、若年者は明度に対して心理評価との相関がみられ、色彩嗜好よりも明度の要因の方が大きく関係するのではないかと推察する。

高齢者については、全体的に「好き」な色が、他の心理評価にも影響し、評価が比較的高かった。一方若年者は、好きな色でもはかどらない人もいる。「楽しい」と感じる色でも「はかどらない」人がいた。「好き」であり、かつ楽しいと感じる色や気分が良いと感じる色でなければ、すべての項目で高得点がでなかった。若年者は、すべて高得点のピンクと、すべて低得点の黒以外の色は、色の好悪に関わらず、色に対する心理評価に大きな差がみられ、「好き」な色でも色によって、また明度によって気分が分かれることが判明した。

今回は壁面での比較を行ったが、次回は机上面での調査を行って、高齢者と若年者の年齢差による比較と、壁面と机上面での心理評価の違いを検討したい。

## 引用文献

- 1) 水野谷 梯子・久保俊平・田口亮 (2011). 色彩環境が作業能率や感情に及ぼす影響に関する研究, 日本色彩学会誌, vol.35, p34-35.
- 2) 石瀬加寿子・百瀬桂子・斎藤美穂 (2008). 壁面色の違いによる気分の変化および生理的効果に関する研究, 日本色彩学会誌, vol.32, p98-99.
- 3) 松田博子・仲谷洋平 (1999). 色彩環境が作業時の精神面に与える影響について. 日本色彩学会誌, vol.23, p56-57.
- 4) 松田博子・名取和幸 (2010). 作業時の心理評価に及ぼす色彩環境の影響—色の提示位置の効果に関する予備的研究—, 日本心理学会論文集, 2010, p558.
- 5) 近江源太郎 (2003). 色彩心理入門. 日本色研事業株式会社. p64-67.

# 広色域ディスプレイにおける異常3色覚の色の見え

## Color Appearance on a Wide Color Gamut Display for Anomalous Trichromats

須長正治 Shoji Sunaga 九州大学大学院 Kyushu University  
 桂 重仁 Shigehito Katsura 九州大学大学院 Kyushu University  
 矢口博久 Hirohisa Yaguchi 千葉大学 Chiba University

**Keywords:** 異常3色覚, 色の見え, オブザーバーメタメリズム, 広色域ディスプレイ.

### 1. はじめに

最新のディスプレイは広色域化を謳っている。広色域ディスプレイは、高彩度の色を呈示することができるため、消費者に好まれる。さらに、再現できる色が多いことから色再現の面からも好都合である。また、ITU-R(国際電気通信連合無線通信部門)による 4K・8K 解像度の超高精細画質テレビ(UHDTV)の推奨規格 BT.2020 では、RGB 原色の色度は RGB ともスペクトル軌跡にほとんど隣接しており、広色域となっている<sup>1)</sup>(図2参照)。このような背景から、現在、ディスプレイを製造するメーカーのほとんどが、この規格を準拠するために原色の分光分布を狭帯域化し、ディスプレイの広色域化に取り組んでいる。

ディスプレイのような3原色による測色的色再現は標準観測者の等色関数に基づくため、実際の観測者では、三刺激値を等しくしても、標準観測者との等色関数の個人差によって等色が成立するとは限らない。この現象はオブザーバーメタメリズムと呼ばれ、原色の分光分布が狭帯域のディスプレイでは、このオブザーバーメタメリズムが現れやすいことが Ramanath により報告されている<sup>2)</sup>。すなわち、分光分布が狭帯域化された原色を用いた広色域ディスプレイでは、色の見えの個人差の問題が顕在化する。特に、異常3色覚の等色関数は、3色覚での個人差以上に標準観測者の等色関数と異なっているため、オブザーバーメタメリズムがより顕著に観察されると予測される。

そこで、本研究では、27色のテスト色票と刺激呈示装置として狭帯域の RGB 原色からなるレーザーテレビを用い、異常3色覚の色の見えを2つの実験によって測定し、レーザーテレビにおける異常3色覚のオブザーバーメタメリズムを検討した。

### 2. 実験装置と刺激

#### 2.1 被験者

3色覚2名(AT, SS), 弱度2型3色覚1名(TS)が被験者として実験に参加した。弱度2型3色覚は、パネル D-15 テストをパスし、アノマロスコープによって弱度と分類された。

#### 2.2 実験装置

実験装置を図1に示す。実験装置は昼白色の LED 光源(NNN 21607K, 松下電工)によって照明された2つの刺激呈示ブース(相関色温度 4900 K, 机上照度 300 lx)から構成されていた。左側のブースにはマンセル表色系の管理色票(日本色研事業)が設置され、右側のブースでは、色票の位置に開口があり、この開口を通して、ブース背面にあるレーザーテレビ(LASERVUE 75-LT1, 三菱電機)上に呈示された色を観察できるようになっていた。

#### 2.3 テスト刺激

テスト刺激は、マンセル表色系の管理色票27色であった。図2にテスト刺激27色の分光分布と CIE<sub>x<sub>F</sub>y<sub>F</sub></sub> 色度座標を示す。さらに、レーザーテレビ

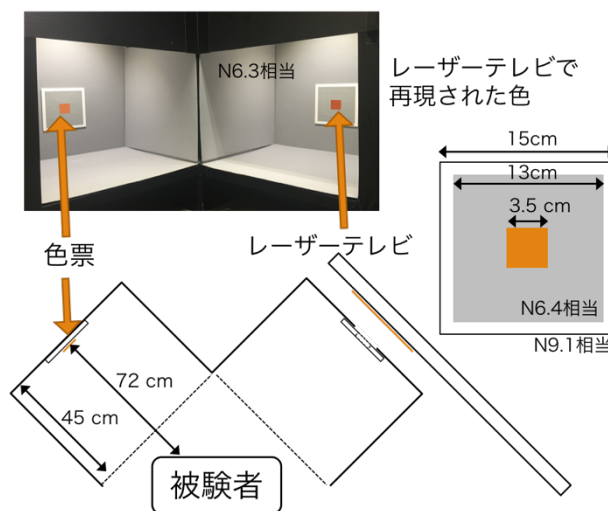


図1 実験装置

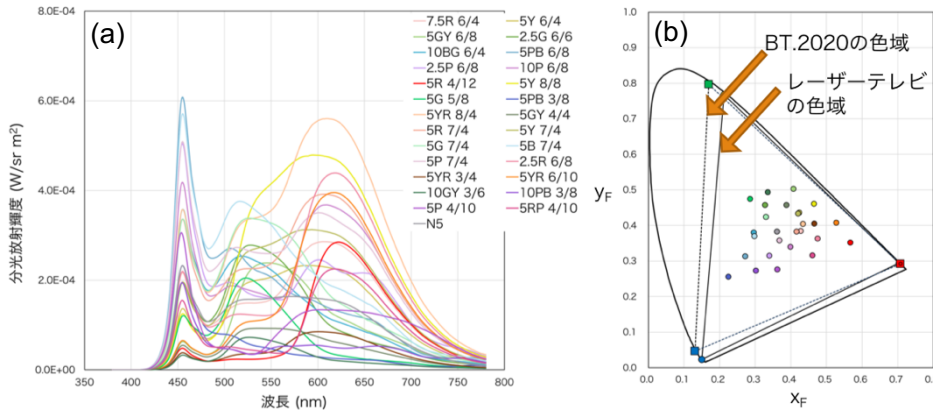


図2 (a)テスト刺激の分光分布, (b)テスト刺激の CIE<sub>xFyF</sub> 色度, レーザーテレビの色域と BT.2020 の色域

ビの原色の色度および色域も示す。

### 3. 実験

レーザーテレビに対する異常3色覚の色の見えを2つの実験によって測定した。ひとつめの実験では、テスト刺激である色票と等しい三刺激値をレーザーテレビに呈示し、これらの中での色差を評価することであった。ふたつめの実験は色票とレーザーテレビとの間で等色を行うことであった。

#### 3.1 実験1：色差評価と色カテゴリー応答実験

色票と等しい三刺激値をレーザーテレビに呈

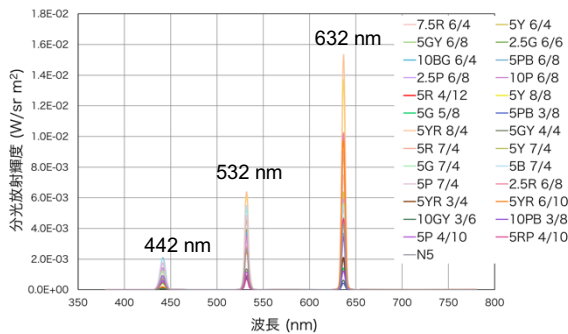


図3 テスト刺激 27色と等しい三刺激値をレーザーテレビに呈示したときの分光分布

示し、それと色票の間に色差を評価した。

#### 3.1.1 方法

図3に色票と等しい三刺激値としたときのディスプレイの分光分布を示す。レーザーテレビでは、原色がレーザーであるため、かなりの狭帯域であった。また、レーザーテレビに呈示した色と色票との間の色差  $\Delta E_{ab}^*$  は最大で 0.69 であった。

被験者は、テスト刺激である色票とレーザーテレビに再現された色とを交互に観察し、それらの間の色の違いを以下の4つの選択肢によって応答することであった。

- 1) 同じ色に見える。
- 2) わずかに色の違いがわかるが、ほぼ同じ色。
- 3) はっきりと色の違いがわかるが、色カテゴリーは同じ。
- 4) はっきりと色の違いがわかり、色カテゴリーも異なる。

さらに、1語からなる色名を色カテゴリーとして扱い、色カテゴリーを色票およびレーザーテレビ

- (1) 同じ色に見える
- (2) わずかに色の違いがわかるが、ほぼ同じ色
- (3) はっきりと色の違いがわかるが、色カテゴリーは同じ
- (4) はっきりと色の違いがわかり、色カテゴリーも異なる

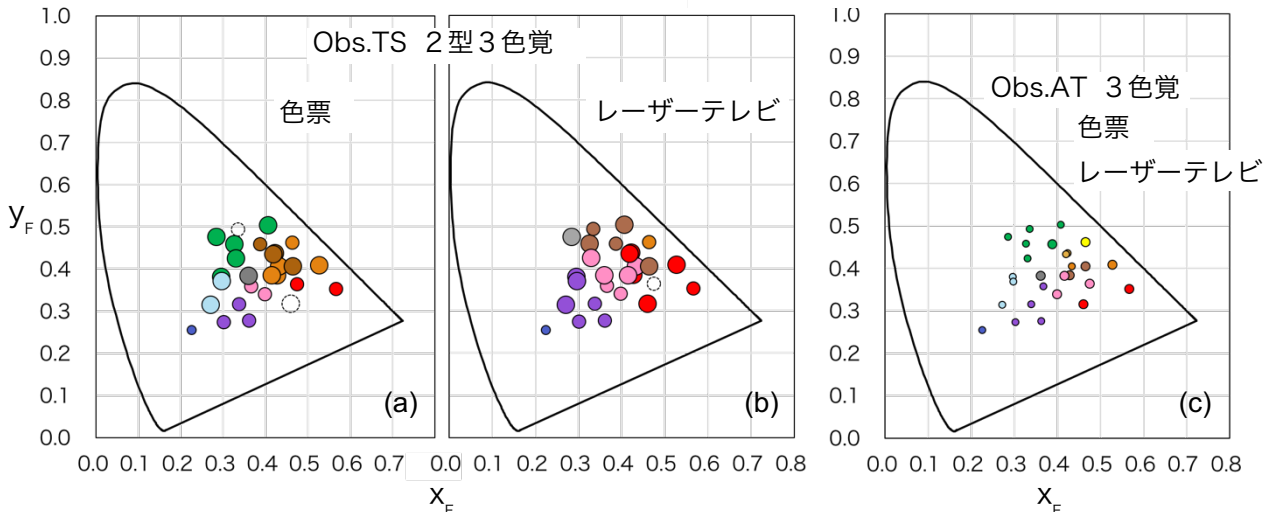


図4 2型3色覚と3色覚の色差評価と色カテゴリー応答



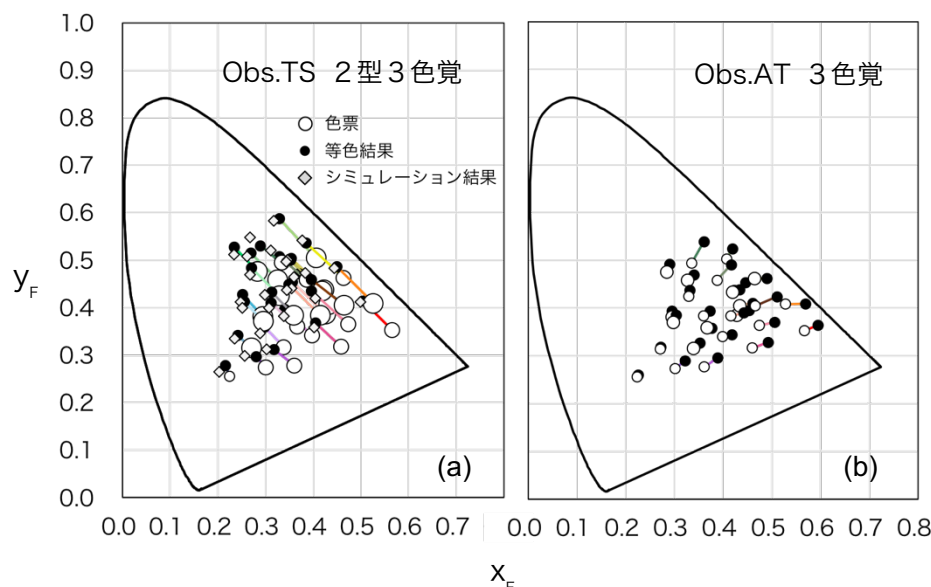


図5 2型3色覚と3色覚の等色実験の結果

の色に対して割り当てることも同時に行った。各テスト刺激に対し、5回の応答を行った。

### 3.1.2 結果

図4に結果を示す。色差評価の結果はシンボルの大きさで、色カテゴリーの応答はシンボルの色で示した。3色覚の被験者AT(図4c)では、色票とレーザーテレビ間の色差評価にて、わずかに色の違いが知覚される色もあるが、基本的には同じ色と応答されている。一方、弱度2型3色覚の被験者TSでは、明確な色の違いが知覚され、しかも、色によっては色カテゴリーも異なった。さらに、色票とレーザーテレビでの色カテゴリー応答の結果を比較すると、レーザーテレビでは、紫、ピンク、赤、茶色の範囲が広くおり、測定した範囲では、緑や水色の応答がなくなった。また、色票ではN5を灰色と応答しているのに対し、レーザーテレビでは、5G 5/8を灰色と応答した。すなわち、無彩色点が緑方向にシフトしている可能性が示された。これらの傾向は、色票に対する被験者TSの色カテゴリーが3色覚の被験者ATの色カテゴリーの結果と類似していることから、狭帯域原色からなるレーザーテレビに対する異常3色覚の色の見えの特徴であるということが出来る。無彩色点の緑方向へのシフトについては、実験2の等色実験にて検討した。

### 3.2 実験2：等色実験

レーザーテレビに呈示された色がどのような色に見えるのかを検討するために、テスト刺激である27色の色票とレーザーテレビの色の間で等色実験を行い、対応色を測定した。

### 3.2.1 方法

27色の色票はランダムな順番で呈示された。被験者はマウスを上下左右に動かすことにより色度を変化させ、左右のマウスクリックにより輝度を増減分させ、レーザーテレビの色が色票と等しくなるように色の調整を行った。各テスト刺激に対し、3色覚ATとSSは5回の調整、2型3色覚TSは4回の調整を行った。

### 3.2.2 結果

図5に等色結果を示す。27色の色票と等色するレーザーテレビの色との間に、3色覚ATでも平均して $\Delta E_{ab}^*$ で10.8(SD=6.4)の色差が認められた。特に、この被験者では、黄成分が多い色票に対して、レーザーテレビの色の彩度を高くする傾向が確認できた。一方、2型3色覚TSの等色結果は、2型2色覚の混同色線に沿って緑方向にシフトしていた。そのシフト量を色差で評価すると、平均して $\Delta E_{ab}^*$ で33.3(SD=11.0)という3色覚の3倍以上であった。この結果から、狭帯域の分光分布からなる原色が使われているレーザーテレビでは、2型3色覚は3色覚よりも赤みが強い映像として見えているのではないかと推測することができる。

### 4. 考察

色カテゴリー応答と等色実験の結果から、レーザーテレビのような狭帯域の分光分布を持つ原色が使われている広色域ディスプレイを2型3色覚が観察した場合、無彩色点が緑方向に移動して、普段知覚しているとは異なる色として知覚し



てしまう可能性が示唆された。

これらの結果が錐体刺激値から説明できるのかどうか検討するために、等色結果と Yaguchi らの異常3色覚の色の見えシミュレーション結果<sup>3)</sup>との比較を行った。異常3色覚の色の見えシミュレーション結果を菱形のシンボルで図5aに示した。本研究では、異常3色覚のシミュレーション結果は、異常3色覚の型は2型であり、3色覚のM錐体分光感度を波数で700 cm<sup>-1</sup> L錐体方向にシフトさせた条件を採用した。この条件の予測結果と等色結果とを比較すると、 $\Delta E_{ab}^*$ で6.59 (SD=1.72)と比較的精度よく予測できることが明らかになった。

## 5. 追加観察調査

本実験によって、2型3色覚が観察した場合、普段知覚しているとは異なる色として知覚してしまう可能性が示唆された。そこで、実際に、2型3色覚の被験者 TS にレーザーテレビに呈示した様々な映像を暗室中で鑑賞してもらい、その印象をインタビューにより調査した。

### 5.1 観察映像

観察してもらった映像は人物が写っているテレビ映像と果物のライムの画像であった。

人物の映像は、肌の色再現に対して、不自然さを感じやすいかもしれないと考えたことから採用した。ライムの画像については、2型3色覚に対し、レーザーテレビでの無彩色点が緑方向にシフトするならば、ライムの緑みが消失し、ライムはレモンと勘違いされるのではとの予測からライム画像を採用した。

### 5.2 インタビュー結果

人物の映像では、「肌が、若干赤みがかっているが、不自然なほどではない。」との回答が得られた。さらに、ライムの画像に対しても、「レモンではなく、ライムである。」という正しい回答であった。

次に、レーザーテレビと sRGB 規格の液晶ディスプレイの両方に同じライム画像を呈示し、それらを並べた状態で、3色覚と2型3色覚に観察してもらった。液晶ディスプレイよりもレーザーテレビにてライムの緑は高い刺激純度の色として呈示されるため、3色覚には、レーザーテレビに呈示されているライムの方が、緑の彩度が高く知覚された。一方、2型3色覚は、3色覚とは逆に、液晶ディスプレイに呈示されたライムの方が緑の彩度が高いと報告した。

以上のインタビュー結果から、実際の鑑賞では、本実験結果で得られたほどの色の違いを知覚し

てないかもしれないが、異常3色覚にてオブザーバーメタメリズを観察することができた。暗室中にて、レーザーテレビに呈示した映像のみを観察したときに、異常3色覚が不自然さをさほど感じなかった理由として、赤方向への色の見えのシフトが映像全体で生じることによって色順応が起こり、この色順応が不自然さを軽減する役割を果たしたと考えることもできる。今後、この色順応効果についても検討を行っていく。

## 6. おわりに

レーザーテレビのような広色域ディスプレイを異常3色覚が観察した場合、オブザーバーメタメリズムが顕著に現れることが明らかになった。このことは、異常3色覚のような色覚多様性に対して、広色域ディスプレイにて測色的色再現を実現することが困難であることを意味する。

## 謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費課題番号 17H00809 (基盤 A) の助成を受けて行われた。

## 参考文献

- 1) Rec. ITU-R BT.2020: Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange, 2012
- 2) R. Ramanath: Minimizing Observer Metamerism in Display Systems, Color Res. Appl. 34,5, 391-398, 2008
- 3) H. Yaguchi, J. Luo, M. Kato, and Y. Mizokami: Computerized simulation of color appearance for anomalous trichromats using the multispectral image, J. Opt. Soc. Am. A., to be published, 2018

# 新しい動く錯視図形の提案

## Proposal of New Motion Illusion Images

藤原 功基 Koki Fujiwara 大阪産業大学  
 松田 博子 Hiroko Matsuda カラーコンサルタントスタジオ  
 北岡 明佳 Akiyoshi Kitaoka 立命館大学

Osaka Sangyo University  
 Color Consultant Studio  
 Ritsumeikan University

キーワード：中心ドリフト錯視，フレーザー・ウィルコックス錯視，補色，グラデーション，動く錯視

Keywords: central drift illusion, Fraser-Willecox illusion, complementary color, gradation, motion illusion image

### 1. はじめに

我々が生活する中で最も感知できる感覚は視覚である。色の組み合わせ方や図形の形によっては、目が錯覚を起し、見え方に様々な変化をもたらすこともある。

今回は、中心ドリフト錯視とフレーザー・ウィルコックス錯視に注目した。中心ドリフト錯視とは、明るさのコントラストが低い領域から、高い領域の方向に動いて見える錯視現象である。フレーザー・ウィルコックス錯視とは、黒から白へのグラデーションを繰り返し配置した図形。黒から白へ動いて見える観察者と、白から黒へ動いて見える観察者がいる錯視図形である(北岡, 2007)。

本研究では、上記2つの錯視とは、よく似ているが異なる見え方をする錯視図形について提案する。概要として、明るさのコントラストを用いたグラデーションにより、図形が大きく広がって見える新しい動く錯視図形である。また、応用として、補色を用いて図形同士が離れていくように見える図形のデザインも紹介する。今回、図形を作図するにあたり、Adobe社のIllustratorを用いた。

### 2. 新しい動く錯視図形のデザインの提案

#### 2-1. 大きく広がって見える図形

##### 2-1-1. 作成手順 (図-1)

①5mm角の基本図形となる多角形を作った。

②その図形を2.5mm間隔で水平・垂直方向に複写配置した。③②の複写を繰り返し、117.5mm角の背景となるひし形図形を制作した。④①の図形を用いて、3.0mm間隔、125mm角の図形も制作した。⑤完成した2つの図形は右揃えし、その図形の中央に直径80mmの円形を配置した。⑥⑤で制作した図形を回転複写し、配置した。

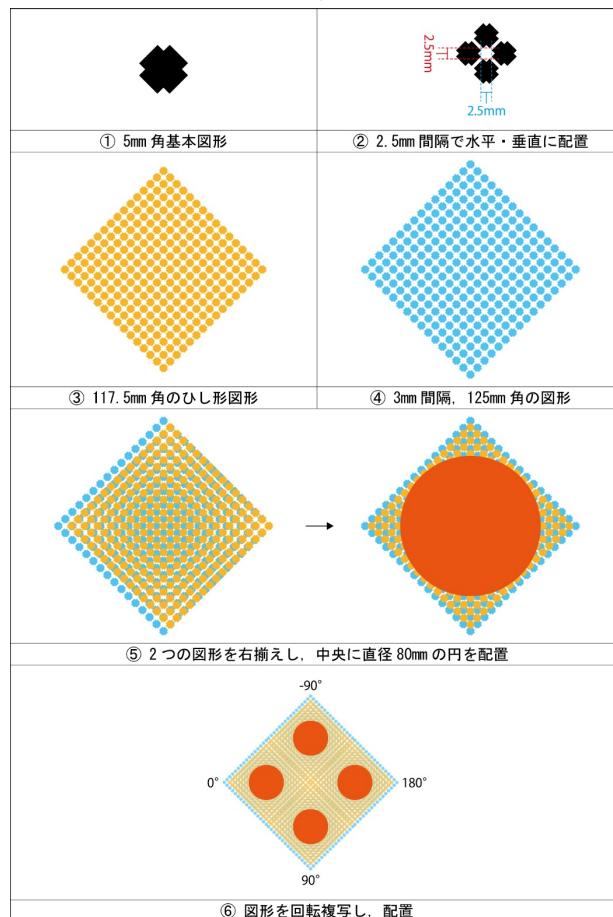


図-1 図形制作手順

#### 2-1-2. 配色手順

背景となる図形に青紫色と黒色の着彩をした。円の中心から、青紫色で明るさのコントラストの低い領域 (C:100 M:100 Y:0 K:0) から高い領域

(C:30 M:0 Y:0 K:0) にかけて変化するようにグラデーションの設定をした。グラデーションは、中央に向かうほどコントラストが低く、外側になるほどコントラストが高くなるように円形設定をした。黒色も同様、無彩色で明るさのコントラストの低い領域 (C:0 M:0 Y:0 K:100) から高い領域 (C:0 M:0 Y:0 K:20) にグラデーション設定をした (図-2)。

円形部分は、背景と同じグラデーションを用い、背景の図と一体的にするために、透明感の出るように設定をした。また、グラデーションの色の变化設定は、より動いて見えるように少し微調整をした (図-3)。

完成した青紫と黒の図形を、さらに市松模様のように一定の間隔で配置した。円形部分が外側に向かって広がって見えた。(図-4)。

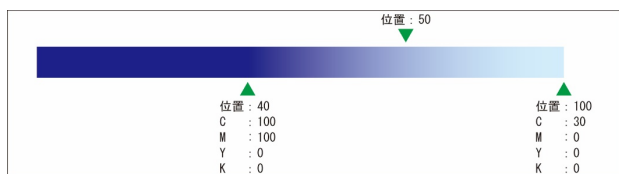


図-2 背景図形グラデーション

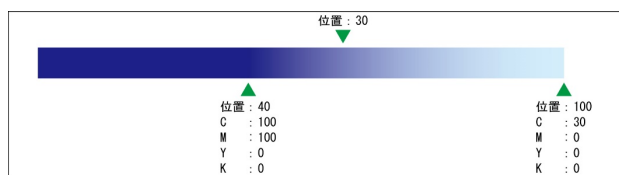


図-3 円形グラデーション

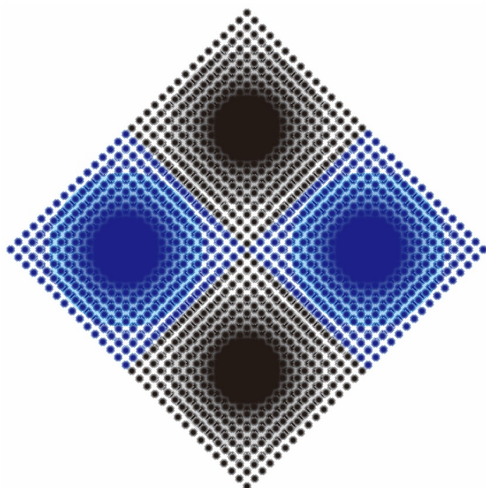


図-4 完成図形

## 2-2. 離れていくように見える図形

### 2-2-1. 作成手順 (図-5)

①高さ、幅が 150mm のひし形を背景の図形にし

た。②その上に、直径 35mm の円形を配置した。配置方法としては、円形の中心が背景のひし形の対角線上にくるよう等間隔で配置し、ひし形の頂点より 40mm 中心に向かって移動させた。また、図形の中央には着目点となる 2.5mm ほどの小さな円形を配置した。

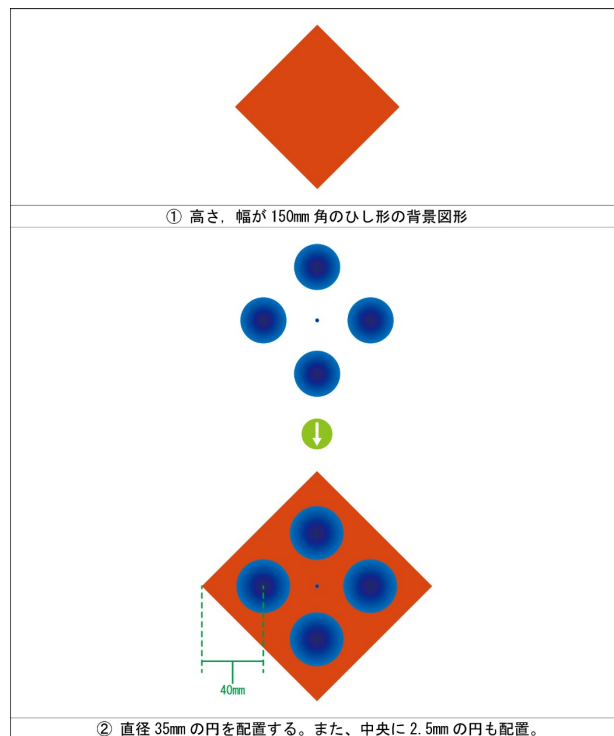


図-5 図形制作手順

### 2-2-2 配色手順

着色は、背景のひし形には濃い橙色 (C:10 M:85 Y:100 K:0) に設定した。円形は、背景色の補色色相の濃い青紫色を用い、円の中心から、明るさのコントラストの低い領域 (C:100 M:100 Y:0 K:50) から高い領域 (C:100 M:40 Y:0 K:0) にかけてグラデーションを設定した (図-6)。

図-7 の完成した図形では、中央の小さな円を見ていると、4 つの大きな円形が、背景のひし形の頂点へそれぞれ引き寄せられ、離れていくように見えた。

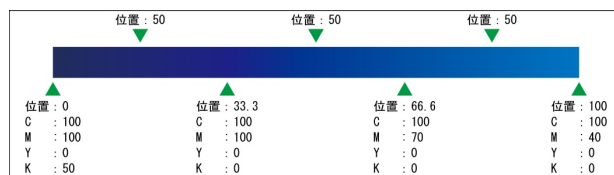


図-6 円形グラデーション

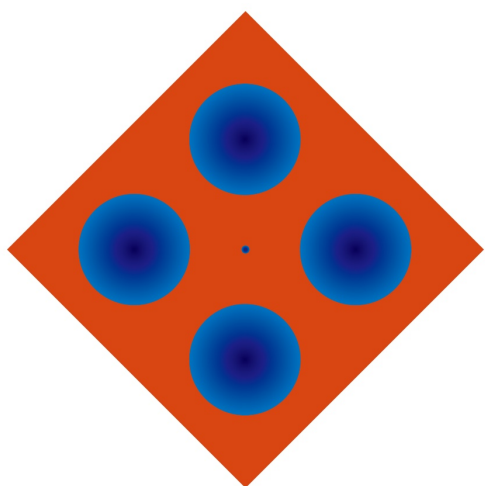


図-7 離れていくように見える図形

### 3. 結果と考察

#### 3-1. 大きく広がって見える図形

10色相(赤・橙・黄・黄緑・緑・青緑・青・青紫・紫・赤紫)と無彩色(黒・灰色)で、色相・明度・彩度について考察した。明度が高く彩度が低い、薄いトーンに設定すると錯視量が減少したため、いずれの色も彩度の高い純色、または、純色に少し黒を加えて明度を低くした濃い色みの方が錯視量が多いと思われた。色相では、純色と明度を低くした濃い色みの「赤、橙、黄」などの暖色系は、錯視現象が少しは見られたが、そのほかの暖色系にはほとんど錯視現象が起きなかった。「緑・青紫・紫」の中性色と「青」の寒色系、「黒・灰」などの無彩色に設定した円形には錯視現象が見られた。特に青紫色が最も錯視量が大きく感じられた。

#### 3-2. 離れていくように見える図形

10色相の色別に錯視量を考察した結果、いずれも、背景の図形の色と円形の色は、補色もしくは補色近似色の組み合わせの錯視量が大きく、色相別に考察した結果、「青紫(円形)と濃い橙色(背景)」が最も錯視現象が起きた。暖色系の円では動かず、寒色系では「青・青紫」が最も動いて見えた。

#### 3-3. 見え方の考察

また今回紹介した、離れていくように見える錯視については、中心ドリフト錯視やフレーザー・ウィルコックス錯視にみられるような、明るさのコントラストが低い領域から、高い領域の方向に動いて見えるという錯視現象でもあり、色の明暗

のグラデーションで動くだけではなく、背景色との色の組み合わせなどの関係で、離れていくような動きを呈したことも興味深い。

### 4. 応用と今後の課題

多角形や円系以外で、大きさの異なる花びら模様を作成した。それぞれの花びらには、明るさのコントラストの低い領域から高い領域でグラデーション設定を行い、かつ黄と紫の補色を用いた。それぞれの花びらが大きく広がって見える効果が得られた(図-8)。

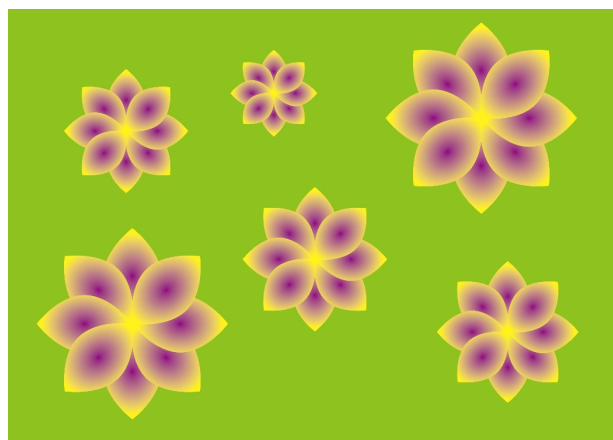


図-8 花びら図形への応用  
花びらが大きく広がって見える

また、グラデーション設定を、図4、図7とは反対に、円の中心から明るさのコントラストの高い領域から低い領域に設定した場合でも、円形部分が広がって見えた(図-9)。

さらに、藤原ら(2018)が紹介した図形に加えて、背景図形を市松模様(図-10)にすることや、円形を均一に配置し、ドット模様(図-11)の背景図形にしても、大きく広がる効果が見られた。背景を市松模様やドット模様にする場合は、背景図形をグラデーションに設定しなくても錯視の効果を得られた。具体的には、図-3のように円形のグラデーション設定をした際に、背景色にはグラデーションの色の中で、最も明度の低い色を色設定した。

課題として、今後は、より複雑なデザインにも対応し、より幅広い色相やトーンでも同様の効果が得られるよう検討する必要がある。展望として、錯視デザインとして楽しむだけでなく、グラフィックやインテリア、建築、プロダクトなど幅広いデザイン分野においても応用させたいと思う。



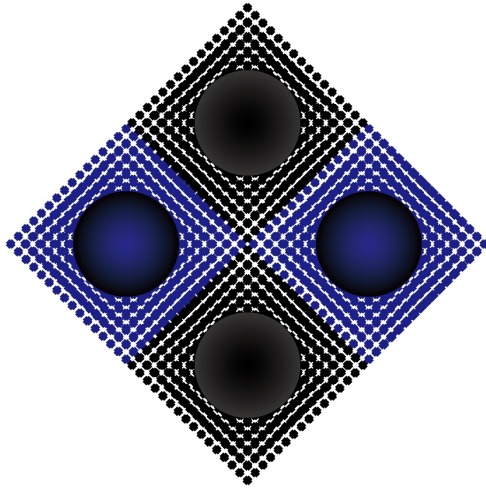


図-9 円形のコントラスト領域の  
グラデーションの方向を青と無彩色に変更

### <参考文献>

- 1) 北岡明佳 (2007). 「だまされる錯視 錯視の楽しみ方」. 株式会社化学同人, pp. 53-55, 64-72.
- 2) 藤原功基・松田博子・北岡明佳 (2018), 「新しい動く錯視図形の提案」, 関西支部大会.

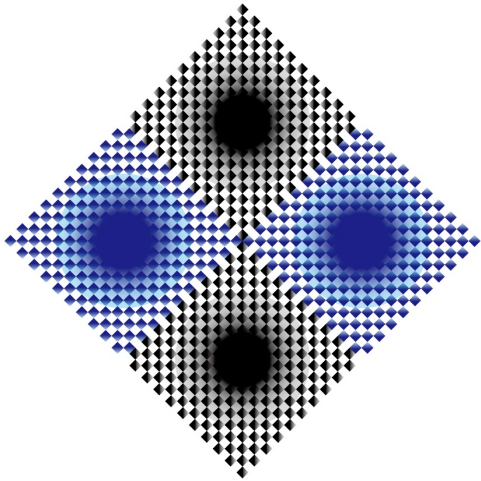


図-10 背景図形の変更図形 (市松模様)

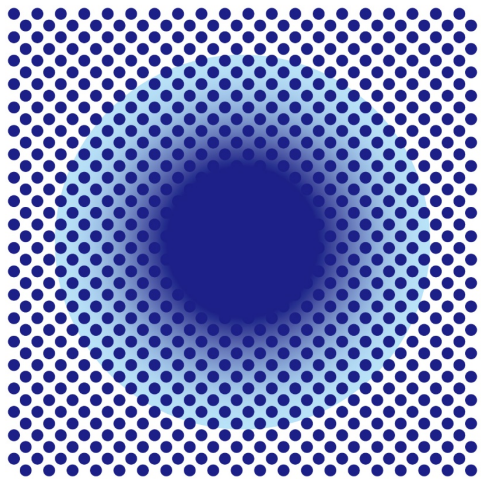


図-11 背景図形の変更図形 (ドット模様)

# スチームパンクのカラーデザイン分析

## An Analysis of Steampunk Color Design.

江良 智美 Satomi Era

帝京平成大学

Teikyo Heisei University

**Keywords:** 芸術学, カラーデザイン, スチームパンク, ファッションデザイン, メディア文化論.

への注目度は高い<sup>2)</sup>.

### (2) スチームパンクの作品群

#### 1. はじめに

本研究はサイエンス・フィクション (以下 SF) の 1 ジャンルとして世界的に愛好者を持つ「スチームパンク; Steampunk」に着目し, その世界観を象徴的に表現する要素としての色彩を原案である文学及び作品が発表された時代背景から分析し, カラーデザインを行い, ファッションデザイン作品として制作発表することを目的とする.

本研究では色彩イメージを抽出するために, スチームパンクの世界観を構築した文学作品群を次の 2 つに区分した. スチームパンクとは一般的に第 2 群を中心として論じられることが多いが, 第 1 群が原案である第 2 群の作品も多い.

#### 2. スチームパンクの概説

##### (1) スチームパンクの定義

スチームパンクは SF 小説, ファンタジー文学のサブジャンルの一つである. 1980 年代に流行したサイバーパンクから派生し, 主として 19 世紀中期から 20 世紀諸島のヨーロッパを中心に, フランス・ロマン主義, イギリス・ヴィクトリア朝の文化生活形態がオルタナティブワールドとして発展した世界が作品舞台として描かれている. 19 世紀において画期的発明であったワット式回転蒸気機関 (スチームエンジン), 産業革命や万国博覧会で次々に発表された工作機械を連想させる荒唐無稽で楽しい発明品が描かれる. そしてそれらを駆使し, ヴィクトリアン・スタイルをアレンジしたファッションを纏った登場人物たちが冒険活劇を繰り広げる.

##### 第 1 群: 19 世紀後半に発表された「テクノロジー」や「未来」を描いた作家群

代表的な作家及び作品としては, ジュール・ヴェルヌ (Jules Gabriel Verne, 1828-1905) の『海底二万里』 (*Vingt mille lieues sous les mers*, 1870)<sup>3)</sup>, 風刺画家でもあるアルベール・ロビダ (Arbert Robida, 1848-1926) の『20 世紀』 (*Le Vingtième Siècle*, G. Decaux, 1883)<sup>4)</sup>, H.G ウェルズ (Herbert George Wells, 1866-1946) の『タイムマシン』 (*The Time Machine*, 1895)<sup>5)</sup>などが挙げられる. 第 1 群の作品発表時には「スチームパンク」という表現は存在しなかったが, 第 2 群の作品が発表され, スチームパンクとして再評価の対象となった. また, スチームパンクは産業革命時期のイギリスを舞台とした作品が多いが, 第 1 群の作品を検証すると 19 世紀後期から 20 世紀初頭フランスの生活文化も大きな影響を与えている.

##### 第 2 群: 1980 年-1990 年代のサイバーパンクムーブメントから派生した作品群

そして, 第 2 群として挙げられるのは, 第 1 群の作品に影響を受け, 80 年代の SF 小説におけるサイバーパンクムーブメントから派生した作品群である. 架空の乗り物や服装, 生活形態が 19 世紀ヨーロッパを彷彿とさせる点が特徴である. これらの作品をサイバーパンクと区分するためにジーターをはじめとする作家が「スチームパンク」という呼称を提案し, 徐々に読者に認知を得たため, 一般的には第 2 群の作品を中心にスチームパンク

スチームパンクの世界観を再現したオブジェはスチームパンク・アートと呼ばれ, スチームパンク風ファッションのファンコミュニティは欧米を中心に数多く存在する. 2009 年にはイギリスオックスフォード自然史博物館で初のスチームパンク・アートに関する展覧会が開催された<sup>6)</sup>. 文学, 映像, ファンコミュニティを研究する社会学等では独特の世界観と愛好者を持つスチームパンク

は語られることが多い。第2群の代表作品としては K・W・ジーター(Kevin Wayne Jeter, 1950-)の『悪魔の機械』(*Infernal Devices*, 1987)<sup>6)</sup>、ジェイムズ・P・ブレイロック(James P. Blaylock, 1950-)の『ホムンクルス』(*Homunculus*, 1978)<sup>8)</sup>、ティム・パワーズ(Timothy Thomas Powers, 1952-)の『アヌビスの門』(*The Anubis Gates*, 1983)<sup>9)</sup>などが挙げられる。この第2群には1950年代から公開されていた映画、テレビドラマシリーズなど映像作品の人気も影響しており、同時にスチームパンクの視覚的スタイルが確立された。

映像分野に関しては、第1群の作家、ジュール・ヴェルヌの『海底二万里』が何度も映像化されている。特にハーパー・ゴフ(Harper Goff, 1911-1993)が美術を担当した1954年後悔のリチャード・フライシャー(Richard Fleischer 1916-2006)監督作品<sup>10)</sup>は多くの人にスチームパンクの強い印象を与えた。また1980年代にはリドリー・スコット(Sir Ridley Scott, 1937-)が監督した『ブレードランナー』(*Blade Runner*, 1982)<sup>11)</sup>、テリー・ギリアム(Terry Gilliam, 1940-)が監督した『未来世紀ブラジル』(*Brazil*, 1985)<sup>12)</sup>などの美術設計もスチームパンク的な代表作品と呼ばれている。テレビドラマでは1963年イギリスの『ドクター・フーシリーズ』(*Doctor WHO*, 1963)<sup>13)</sup>もヴィクトリアン・スタイルの美術設計が用いられ、人気となった。

日本ではアニメ作品にスチームパンクが用いられる事例が多く、やはり『海底二万里』が原案となっている『ふしぎの海のナディア』<sup>14)</sup>、宮崎駿(1941-)『天空の城ラピュタ』<sup>15)</sup>、『ハウルのうごく城』<sup>16)</sup>などにもその要素が見られる。日本におけるスチームパンクの人気を確立したのは大友克洋(1954-)が2004年に発表した『スチームボーイ』<sup>17)</sup>であり、その後はロール・プレイング・ゲームやファンタジーアニメに多く登場するモチーフとなった。また、日本ではイギリス・ヴィクトリア朝が明治・大正時代と合致することから、和洋折衷独自のスチームパンク・スタイルの作品も多く創作されている。

### 3. スチームパンクで多用されるモチーフと色彩

本研究ではスチームパンクのカラーデザイン研究の第一歩として2)で区分した第1群の作品の描写、挿絵などからスチームパンクを象徴する色彩を検討した。次にそれらが刊行された19世紀後半

～20世紀初頭の生活用品や産業機械の色、流行色等を調査し、スチームパンクをイメージする基本的色彩を検討した。色彩の提示に関してはDICカラーガイド「フランスの伝統色」から関係性の深い38色を目視により抽出した。また、2009年から2010年に開催されたオックスフォードの科学史博物館で開催された「オックスフォード・スチームパンク展」の記録写真20点の写真画像から色情報を簡易抽出し、配色割合を分析した<sup>18)</sup>。以上の分析をふまえ、スチームパンクをイメージさせる色彩として次のメインカラー3色、アクセントカラー6色を抽出した。

#### <メインカラー>

- ① DIC F73 Bronze: ブロンズ・奇抜な発名品  
sRGB: 129, 109, 70 C54, M95, Y82, K0



スチームパンクの作品世界で多く登場する奇抜な乗り物や発明品は、産業革命時に登場した工作機械を彷彿とさせる。スチームエンジンで燻された鋼鉄や錫、銅のイメージである。

- ② DIC F112 Écru: みざらし木綿・碎木パルプ紙  
sRGB: 223, 197, 158 C7, M18, Y37, K0



19世紀の一般庶民の日常着であった漂白前の木綿や湯通ししていない絹、大衆紙に用いられた碎木パルプの量産紙は時代を経て黄変し、ファンタジーの世界を演出する。

- ③ DIC F97 Charbonneux: 石炭・スチームエンジン・ヴィクトリアンスタイル  
sRGB: 48, 47, 48 C85, M87, Y88, K50



産業革命時画期的な発明であり、科学の万能な未来を象徴した蒸気機関のエネルギー源としての石炭をイメージさせるくすんだ黒色。同時にイギ

リス・ヴィクトリア調に大流行した黒・紺などのダークカラーファッションを連想させる色である。

#### <アクセントカラー>

##### ① DIC F5 Aluminium(アルミニウム)

sRGB: 129, 109, 70 C52, M36, Y42, K0



銀白色の軽くて柔らかな金属の色。1862年の流行色。

##### ② DIC F7 Armant(アマラント)

sRGB: 163, 4, 108 C14, M100, Y0, K21



ピロードのような赤い深紅色の秋の花。1890年～1894年の流行色。

##### ③ DIC F131 Goumier(ゲーミエの色)

sRGB: 148, 43, 47 C34, M98, Y100, K14



1908～1956年フランス軍服の色。

##### ④ DIC F143 Gris Flanelle(フラネルのグレー)

sRGB: 88, 88, 88 C72, M67, Y66, K0



庶民の日常着、木綿やウールに用いられる色。

##### ⑤ DIC F54 Blue Petrole(石油の燃える色)

sRGB: 0, 128, 146 C100, M0, Y21, K20



石油が燃える時のブルーの焰の色。

##### ⑥ DIC F314 Blue Gauloise

(ブルー・ゴーロアーズ)

sRGB: 105, 172, 222 C55, M14, Y0, K0



1910年に発売されたタバコの包装紙の色。

#### 4. スチームパンクを連想させるカラーデザイン

歴史衣装はカラーデザインを施すことによってファンタジーの世界を演出できる。本研究ではスチームパンクを連想させるカラーデザインを

物語性の登場人物を仮に設定し表現した。ポスター発表ではこれらを応用したファッションデザイン作品を発表した。

#### ① <イメージ：先進的な女性発明家>



ヴィクトリアン・スタイルを連想させるF97を中心に、進歩的な強さを感じさせるF5と対照的に女性的なF7をアクセントカラーとした躍動感のあるカラーデザイン。

#### ② <イメージ：自作の飛行機に乗る冒険家>



スチームパンクを代表するメインカラー2色(F73, F117)を中心に、F131でアクセントを加えた力強い印象のあるカラーデザイン。

#### 6. 考察

スチームパンクを連想させる色彩は19世紀の生活文化から由来している。そこに当時にはない色彩、組み合わせで歴史衣装にはないポイントを作ることによりファンタジーの世界を広げることができる。

色彩は組み合わせによって物語を表現することができる。スチームパンクのような創作ジャンルに着目した色彩分析は、今後のファッションデザインにも重要な視点である。近年はアニメやマンガなどから派生した2.5次元と呼ばれる現実と虚構の曖昧な感覚を持った作品も注目されている。それらの人気に着目し、ファンタジーの世界観を表現した商品の需要は高まってきている。

色彩は空想の世界と現実を結ぶ要素である。今後こうした創作作品における色彩表現を分析する研究を進めていきたい。

#### 参考文献：

- 1) オックスフォード自然史博物館ウェブサイト, <http://www.mhs.ox.ac.uk/exhibits/steampunk/>, 平成30年3月25日閲覧。
- 2) 海野弘解説・監修『ファンタジーとSF・スチームパンクの世界』, パイインターナショナル, 2017。



- 3) ジュール・ヴェルヌ,朝比奈美知子訳,岩波文庫(1870)『海底二万里』(上)(下),岩波文庫(2007).
- 4) アルベール・ロビダ,朝比奈弘治訳(1870)『20世紀』,朝日出版社(2007).
- 5) H・G ウェルズ,石川年訳(1895)『タイムマシン』,角川書店(2002).
- 6) K・W・ジーター,大判墨人訳(1989)『悪魔の機械』,ハヤカワ文庫 FT.
- 8) ジェイムズ・P・ブレイロック,友枝康子訳(1987)『ホームンクルス』早川書房.
- 9) ティム・パワーズ,大判墨人訳『アヌビスの門』(上)(下),早川書房(1983)
- 10) リチャード・フライシャー監督(1954)『海底2万マイル』ウォルト・ディズニー・スタジオ・ジャパン(2009),ウォルト・ディズニー・レジェンドコレクション,DVD.
- 11) リドリイ・スコット監督(1982)『ブレードランナー ファイナル・カット』ワーナー・ブラザーズ・ホームエンターテイメント(2017),DVD.
- 12) テリー・ギリアム監督(1985)『未来世紀ブラジル』,20世紀フォックス・エンターテイメント(2018),DVD.
- 13) ブライアン・J・ロブ,日暮雅道訳『ヴィジュアル大全スチームパンク』,原書房(2014)102-103.
- 14) 宮崎駿監督『ふしぎの海のナディア DVD-BOX』(1990),キングレコード,2001,DVD.
- 15) 宮崎駿監督『天空の城ラピュタ』(1986)ブエナ・ビスタ・ホームエンターテイメント(2002),DVD.
- 16) 宮崎駿監督『ハウルの動く城』(2005)ブエナ・ビスタ・ホームエンターテイメント,2005.
- 17) 大友克洋監督『スチームボーイ』(2004),東宝.
- 18) 色彩の分析に関しては,photoshopCC2017による色彩の簡易抽出システムを使用した.