

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 1 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25390091

研究課題名(和文) 可視域短波長光の視覚光学的研究 最適な青色原色の探求

研究課題名(英文) Investigation of proper blue primary of display from vision and KANSEI engineering point of view

研究代表者

阿山 みよし (Ayama, Miyoshi)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30251078

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ディスプレイの三原色の内、青色原色は、色収差、眼球内散乱、黄斑色素などの影響を強く受ける。また青色原色は提示画像の色の見えへの影響が最も大きい。そこで色彩画像の感性評価的視点から、最適青色原色を検討することを目的とした。青色原色として430nm、450nm、470nm、480nmを採用し、その各々に対して15種の色彩画像をテスト画像とし、14種の評価語対によるSD法評価実験を行った。その結果、全体としては新規規格BT.2020の467nmと近い470nmの条件で高い感性的評価となった。また、この条件での空や海部分の色度が、既往研究でのユニーク青軌跡とほぼ一致し、色の見えの重要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Among the RGB primaries of the display, the B primary is affected by optical properties of ocular media such as chromatic aberration, scatter in the eye, and the absorbance of macular pigments. On the other hand, it affects the color appearance of image the most strongly. Therefore, to investigate the best blue primary for color display from KANSEI-evaluation point of view, evaluation experiment using Semantic Differential method was carried out using four different blue primaries of 430nm, 450nm, 470nm, and 480nm. The blue primary of 470nm shows the highest scores for bluish test images. Many points in blue and blue-green images distribute along the unique blue locus in the previous study, suggesting the importance of color appearance in selecting the blue primary.

研究分野：視覚情報処理, 感知情報学

キーワード：カラーディスプレイ 青色原色 感性評価 視覚光学

### 1. 研究開始当初の背景

現在のカラーディスプレイの RGB 三原色は視覚科学的根拠からではなく、ブラウン管テレビ用蛍光体の特性から決められてきた。これは BT.709 とよばれている。デジタルデバイス用の色空間である sRGB も基本的にはこの色域を採用している。しかし、4K8K 時代に対応する仕様として 2012 年に発行された BT.2020 では、レーザーディスプレイなど超広色域ディスプレイへの対応を鑑み、単色光の三原色が採用され、 $R=630\text{nm}$ ,  $G=532\text{nm}$ ,  $B=467\text{nm}$  となっている。

一方で、三原色の内青色原色は、色収差、眼球内散乱、黄斑色素など眼光学的要因の影響を強く受け、また色の見えへの影響が大きい。

また、これまでに色域の評価としては標準的な照明条件下での物体色の再現可能範囲という視点からの評価が主であり、色彩画像の感性的側面からの検討は数少ない。

### 2. 研究の目的

ディスプレイの三原色の内、青色原色は、色収差、眼球内散乱、黄斑色素など眼光学的要因の影響を強く受け、また色の見えへの影響が大きい青色原色に着目し、色彩画像の感性評価的視点から最適な青色原色を検討することを目的とする。

### 3. 研究の方法

以下の実験を実施し、結果を解析した。

#### (1) 実験方法

実験環境を図 1 に示す。2 台のプロジェクターを用いて、一台からは赤と緑の要素を、もう一台からは青の要素を投影し、スクリーン上で合わせることでカラー画像を表示した。この際、青色投影機のレンズ前面に干渉フィルターを設置し、青色波長を限定する。本実験で使用したのは 430nm, 450nm, 470nm, 480nm の 4 波長である。これにより青色のみ波長の異なるカラー画像を提示できる。また、両プロジェクターに干渉フィルターの変化に対応した ND フィルターを設置する。さらにプロジェクターの gain 機能を用い、最大輝度と  $(R, G, B) = (255, 255, 255)$  の色度の差異が出来るだけ小さくなるよう調整した。

実験で使用する画像は 15 の色グループ(赤, 緑, 青, 黄, オレンジ, 赤緑, 青緑, 黄青, 黄緑, 赤青, ピンク, 紫, 多色, 白黒, 肌色)から 1 枚ずつ、計 15 枚の画像を選択した。

実験は 4 波長条件(最大輝度  $L_{\text{max}}$ : 約  $60\text{cd/m}^2$ )と、430nm を除外した 3 波長条件で(最大輝度  $L_{\text{max}}$ : 約  $170\text{cd/m}^2$ )で行った。

被験者には提示された画像を観察させ、その印象を「明るい - 暗い」「自然な - 不自然な」など 14 の評価語対を用いて、SD 法により 7 段階の評価尺度で評価させた。被験者は全員色覚正常者で、4 波長条件では 14 名、3 波長条件では 17 名で、大半は 20 代の男女である。

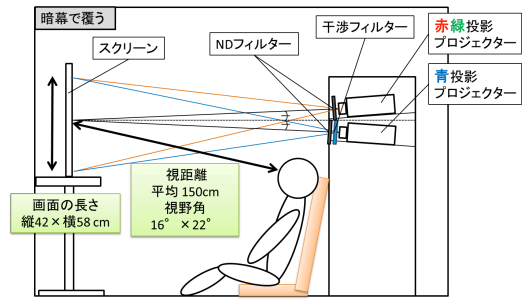


図 1. 実験環境

#### (2) 実験結果

代表的な評価語対「自然な - 不自然な」の 4 波長及び 3 波長条件の結果を、各々図 2 と図 3 に示す。また、4 波長条件において、青色原色による評価値の差が大きかった 5 つの評価語対の平均値を画像色別にプロットしたグラフを図 4 に示す。どのグラフにおいても、480nm 条件で評価が悪い。4 波長条件においては他の 3 波長の評価はそれほど差がなかった。3 波長条件では、青色に関係する赤青, 青緑, 黄青において、わずかな差ではあるが 470nm での評価値が 450nm の時に比べて高くなった。

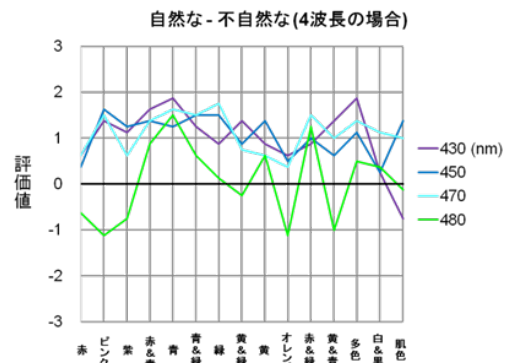


図 2. 4 波長実験の評価語別回答結果 (自然な-不自然な)

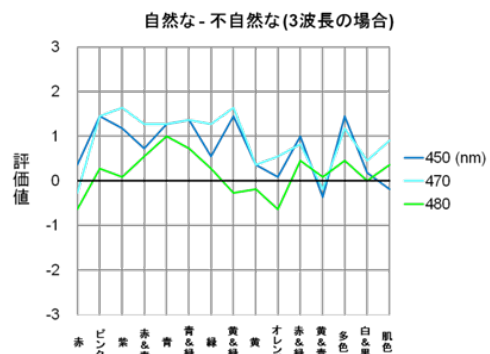


図 3. 3 波長実験の評価語別回答結果 (自然な-不自然な)

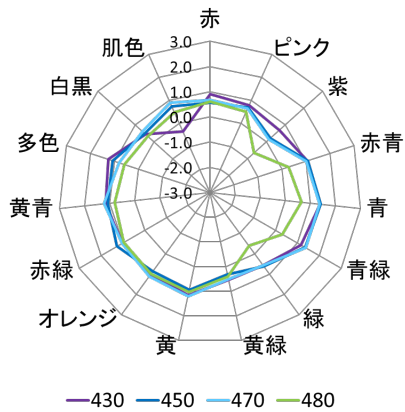


図4. 4波長実験色別回答結果  
色名はテスト画像の主たる色を示す

#### 4. 研究成果

本研究により以下の成果が得られた。全体としては新規規格 BT.2020 の 467nm と近い 470nm の条件で高い感性的評価となった。また、この条件においては青系画像の空や海部分の色度が、既往研究でのユニーク青軌跡とほぼ一致し、色の見えの重要性が示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者，研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- (1) Miyoshi Ayama, Takashi Fuseda, Toshiya Hamano, Tomoharu Ishikawa: KANSEI Evaluation of Color Images Presented in Color Gamuts with Different Blue Primaries, Journal of Society for Information Display, Vol. 24, No. 2, pp. 74-84 (2016. 2).
- (2) Tomoharu Ishikawa, Toshifumi Suzuki, Miyoshi Ayama: Border Detection in Various Levels of Surround Luminance, Journal of Society for Information Display, Vol. 24, No. 1, pp. 57-65 (2016. 1).
- (3) Tomonori Tashiro, Takako Kimura-Minoda, Shunsuke Kohko, Tomoharu Ishikawa, Miyoshi Ayama: Discomfort glare of white LED lights with different spatial arrangement, Lighting Research and Technology, Vol. 47, No. 3, pp. 316-337 (2015. 3).
- (4) Miyoshi Ayama, Ryosuke Yamazaki, Shinichi Nakanoya, Tomonori Tashiro, Tomoharu Ishikawa, Kazuhiko Ohnuma, Hiroyuki Shinoda, Keisuke Araki :

Estimation of Stray Light in the Eye and Its Relation to Visual Function, OPTICAL REVIEW, Vol. 21, No. 2, pp. 185-196 (2015. 2).

- (5) Yi-Chun Chen, Yunge Guan, Tomoharu Ishikawa, Hiroaki Eto, Takehiro Nakatsue, Jinhui Chao, Miyoshi Ayama: Preference for Color Enhanced Images Assessed by Color Deficiencies, Color Research and Application, Vol. 39, No. 3, pp. 234-251 (2014. 3).
- (6) Kazuo Kuroda, Tomoharu Ishikawa, Miyoshi Ayama, Shigeo Kubota: Color Speckle, Optical Review, Vol. 21, pp. 83-89 (2014. 1).
- (7) 久保千穂, 藪田由紀子, 山羽和夫, 阿山みよし: 照明下での視作業における眼疲労への分光分布の影響, 照明学会誌, Vol. 98, No. 2, pp. 79-86 (2014. 2).
- (8) 阿山みよし, 坂上雄軌, 河野哲也, 石川智治: 黒漆の表面特性とその感性評価, 塗装工学, Vol. 49, No. 1, pp. 5-11 (2014. 1).
- (9) 久保千穂, 山岸未沙子, 阿山みよし, 山羽和夫: LED 照明と蛍光灯下での色文字の可読性, 照明学会誌, Vol. 97, No. 5, pp. 255-262 (2013. 5).

[学会発表] (計 16 件)

国際学会発表

- (1) Taku Goto, Tomoharu Ishikawa, Kazunori Asada, Miyoshi Ayama: Benchmark to select a preferable color enhancement for an individual observer, ICVS(International Colour Vision Society)2015, Sendai, Japan (2015. 7).
- (2) Miyoshi Ayama, Michiko Iwata, Toshihide Mori, Hiroaki Iwasaki, Shunsuke Kohko, Youko Inoue, Hisaki Itsuki, Nobuhiro Kyoto: Discomfort glare of LED street lights with different correlated color temperatures, Proceedings of the 28th Session of the CIE, USB, Manchester, UK, (2015. 7).
- (3) Miyoshi Ayama, Takashi Fuseda, Toshiya Hamano, Tomoharu Ishikawa: KANSEI Evaluation of Color Images Presented in Color Gamuts with Different Blue Primaries, Proceedings of the SID 2015, San Jose, USA, (2015. 6)

- (4) Toshiya Hamano, Takashi Fuseda, Tomonori Tashiro, Tomoharu Ishikawa, Hiroyuki Shinoda, Kazuhiko Ohnuma, Keisuke Araki, Miyoshi Ayama: KANSEI evaluation of color images presented in different blue primary displays, Midterm Meeting of the International Colour Association (AIC) 2015, CD-ROM, Tokyo, (2015.5).
- (5) Hiroyuki Kaji, Kentaro Oba, Kazushige Nagai, Ken-ichi Iwauchi, Seiichi Tanaka, Sakae Saito, Tomoharu Ishikawa, Miyoshi Ayama: Relation between Recognition of Illumination and Depth Perception, Proceedings of the SID 2013, Vancouver (2013.5).
- (6) Miyoshi Ayama: Assessing Glare Based on LED Lighting (Invited), Solid State Lighting China SSL2013, Beijing (2013.5).
- (7) Miyoshi Ayama, Tomonori Tashiro, Shoko Kawanobe, Takako Kimura-Minoda, Shunsuke Kohko, Tomoharu Ishikawa: Discomfort glare of white LED sources of different spatial arrangements, Proceedings of the CIE midterm meeting, USB, Paris, (2013.4).

#### 国内学会発表

- (1) 田代知範, 石井貴大, 石川智治, 大沼一彦, 阿山みよし: 眼球内迷光の心理物理学的測定, Optics & Photonics Japan 2015 講演予稿集 2015, CD-ROM, 筑波大学東京キャンパス文京校舎 (2015.10).
- (2) 石井貴大, 田代知範, 石川智治, 大沼一彦, 阿山みよし: 眼球内迷光の波長依存性, 日本色彩学会第46回全国大会予稿集 2015, USB, 山形大学 (2015.9).
- (3) 佐々木勇太, 田代知範, 石川智治, 阿山みよし: 一般色覚者と色弱者の彩度差知覚に関する研究, 日本色彩学会第46回全国大会予稿集 2015, USB, 山形大学 (2015.9).
- (4) 後藤拓, 石川智治, 浅田一憲, 阿山みよし: 色彩画像の感性評価によるベンチマーク画像の調査, 日本色彩学会第46回全国大会予稿集 2015, USB, 山形大学 (2015.9).
- (5) 濱野俊也, 伏田誉, 田代知範, 石川智治, 篠田博之, 大沼一彦, 荒木敬介, 阿山みよし: 異なる青色原色による色彩画像の感性評価, Optics & Photonics

Japan 2014 講演予稿集 2014, CD-ROM, 筑波大学東京キャンパス文京校舎 (2014.11).

- (6) 伏田誉, 濱野俊也, 石川智治, 阿山みよし: 画像の感性評価に対する青色原色の影響, 第16回日本感性工学会大会予稿集 2014, CD-ROM, 中央大学 (2014.9).
- (7) 田宮直樹, 田代知範, 船山利幸, 石川智治, 篠田博之, 大沼一彦, 荒木敬介, 阿山みよし: 眼球内散乱と不快グレアの関係, Optics & Photonics Japan 2013 講演予稿集 2013, CD-ROM, 奈良県新公会堂, (2013.11).
- (8) 後藤拓, 石川智治, 浅田一憲, 阿山みよし: 色覚バリアフリーを目指した感性的色変換ソフトの基礎的研究, 第15回日本感性工学会大会予稿集, CD-ROM, (2013.9).
- (9) 阿山みよし: グレアレスなLED防犯照明に向けて一趣旨説明一, 第46回照明学会全国大会予稿集 2013, CD-ROM, 名古屋大学 (2013.9).

[その他]

<http://www.ced.is.utsunomiya-u.ac.jp/~ishikawa/kenkyuhi.html>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

阿山 みよし (AYAMA MIYOSHI)  
宇都宮大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 30251078

##### (2) 研究分担者

大沼一彦 (OHMUMA KAZUHIKO)  
千葉大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 70203875

篠田博之 (SHINODA HIROYUKI)  
立命館大学・情報理工学部・教授  
研究者番号: 40278495

石川智治 (ISHIKAWA TOMOHARU)  
宇都宮大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 90343186