

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2017

課題番号：26350693

研究課題名（和文）色覚バリアフリー照明の高性能化と試作に関する研究

研究課題名（英文）Research on LED lights to improve the color discrimination for people with color blindness

研究代表者

田村 繁治（Tamura, Shigeharu）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・生命工学領域・主任研究員

研究者番号：70357490

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：赤色LEDのみを使用した場合、型色覚者、型色覚者の石原式色覚検査表およびSPP色票を読んだ場合の正答率は一般色覚者と同等のレベルであった。色のバランスを考慮して、1種類を赤色、他の1種類に青色を使用した場合、型色覚者の正答率は型色覚者の正答率の半分以下であった。CIEL*a*b*色空間で検討した結果、型色覚者では赤色LEDのみを使用した場合は文字情報と背景情報が分離されていたが、他の1種類に青色を使用した場合にはL*a*平面での色情報が縮退したままであり、これが正答率を低くした原因であると考えられる。

研究成果の概要（英文）： We performed the 28 different experiments with the combination of seven LEDs (450, 470, 525, 590, 605, 630 and 660 nm) and examined their effects on the color discrimination for six protans and eight deutans, as well as 11 subjects with normal color vision in the Ishihara test and SPP-1 test.

In the Ishihara test, when the secondary LED at 525 nm (green light) was added, the error rates of protans and deutans increased remarkably regardless of the primary LED. Moreover, the error rates of protans were quite larger than those of deutans with the exception of the primary LED at 525, 470 or 450 nm. In the SPP-1 test, when the wavelength of primary LED was 660, 630, 605 or 590 nm and the wavelength of secondary LED was larger than 590 nm, the error rates of of protans and deutans were between 20 and 40%, as well as subjects with normal color vision.

研究分野：福祉用光源

キーワード：色覚障害 LED 色識別

1. 研究開始当初の背景

人間は外部からの情報は五感(視覚・聴覚・味覚・嗅覚・触覚)を利用して知る。その中でも、視覚情報は全体の8割以上を占めているので、目を通じて情報を正しく伝達することは極めて重要である。視覚情報の正確な伝達を妨げる事象の1つに、色覚障がいがある。色覚障がい者数は男性の5%、女性の0.2%、日本全体では320万人近くであり、欧米ではその割合は日本よりも多い。現代社会では、細分化された色を利用して情報を伝えるケースが増加している。例えば、交通機関の路線図、街中の行き先表示板、病院の床の行き先案内矢印、交通標識、菓の包装などであり、それらの意味する色情報が誤って伝達されると、日常生活のみならず安全面でも大きな支障・影響が懸念される。色覚障がい者は工夫して色の識別を行っているが、色の多様化により、もはや自助努力だけでは危険を避けられないと考えられる。

本事業では、色覚障がい者が配色パターンを正しく認識するための照明光源技術、すなわち色覚バリアフリー照明の開発を行う。使用する光源はLEDのみとした。

2. 研究の目的

近年、色覚障がい者が配色パターンを正しく認識するためのフィルタやシミュレーションソフト技術の開発は目覚ましいが、照明光源技術、すなわち色覚バリアフリー照明の開発に関してはD型(2型)の色覚者に対する照明の概念の提案、シミュレーションを中心とした分光スペクトルの例示はなされているが、実用化に向けての根本的な技術の探究は行われていない。人数としては2番目に多いP型(1型)の色覚者を対象にした研究開発事例は皆無である。

提案者は以前、独自に開発したLED照明装置、色覚擬似シミュレータ(市販)、環境照明変換シミュレーションソフトウェア(提案機関の独自技術で作成)などを利用して、一般色覚者がD型(2型)の見え方を疑似体験する方式により、(1)石原式色覚検査表(国際版38)で90%近い正答率、(2)パネルD15テストでの「誤り」、「欠落」が大幅に減少、の効果がある照明スペクトルを複数見出している。すなわち、これまでに見出した照明スペクトルは、石原式色覚検査表のような赤・緑を中心とした配色の認識を可能とするのみならず、連続する色相の変化の認識にも有効であった。

そこで、本課題では、人間工学実験を通じて、照明スペクトルの種類を増やしてD型(2型)色覚者に対する効果を網羅的に調べると共に、P型(1型)色覚者に対する効果、D型(2型)色覚者との違いについても、人間工学実験のみならず、理論的(CIE L*a*b*色空間を利用)にも考察する。

3. 研究の方法

人間工学実験での被験者として、強度P型(1型)色覚者6名、強度D型(2型)色覚者8名、および一般色覚者11名の協力を得た。各人の色覚特性は色覚外来などでアノマロスコープにより計測した。

観察対象として、石原式色覚検査表(国際版38表の中の一般色覚者のみが正確に認識できる15枚)、SPP-1先天性色覚検査表の15枚を使用した。前者は世界標準であることから、また、後者はPanel D-15の配色を利用しており前者とは異なる知見が得られる可能性が期待できるからである。

光源として、10cm角の場所に10×10(合計100個)のLEDを配置したものを使用した。光源は各実験において2台使用し、7種類の波長(450, 470, 525, 590, 605, 630 and 660 nm)における全ての組み合わせ28通りとした。

光源と被験者との距離はマニュアルに従って75cm、色票表面における照度は300 lxとした。実験系を図1に示す。



図1 実験系

4. 研究成果

まず、色覚障がい者の色覚検査表に対する誤答率を低下させるためには、波長630, 660 nmの赤色光の照射が必要であること、D型(2型)色覚者と比較してP型(1型)色覚者の方がその傾向が大きいことが解かった。しかし、赤色光のみの照射では色が赤色に偏り、一般色覚者にも見にくいことが予測されるので、一例として日常使用される波長630 nmの赤色光について、赤色光の単独使用の場合、他方の光源が黄色光(590 nm)、緑色光(525 nm)および青色光(470 nm)の場合についての結果を理論的(CIE L*a*b*色空間を利用)にも考察しながら示す。また、28通りの照明光下での結果を石原式色覚検査表、SPP-1先天性色覚検査表各2枚について示す。

最初に、石原式色覚検査表とSPP-1先天性色覚検査表についての全般的な傾向について記す。表1、2は2種類の検査表における結果である。自然光(D65)赤色光を利用した光源下では、一般、D型(2型)、P型(1

型) 色覚者の順に誤答率が多くなった。赤色光の効果は緑色光が妨げるので、630-525 nm の光源下では、色覚障がい者の誤答率は悪かった。得られた最大の知見は、赤色光のみの照射下での色の偏りを緩和するために青色光を併用すると、D型(2型)色覚者の誤答率は減少するが、P型(1型)色覚者の誤答率は赤色光のみを照射した場合の結果に戻らない、ということである。

表 1 The averaged error rates of Ishihara test under various LED conditions

LED Wavelength	Types of color vision		
	Control subjects	Protans	Deutans
D65 lamp	0	98.9 ± 2.7	86.7 ± 13.3
630 (nm)	0	1.1 ± 2.7	0
630 + 590	0	6.7 ± 6.0	5.0 ± 5.9
630 + 525	0	100	11.7 ± 13.2
630 + 470	0	23.3 ± 26.6	1.7 ± 4.7

Values of error rates are means ± SD (%).

表 2 The averaged error rates of SPP-1 test under various LED conditions

LED Wavelength	Types of color vision		
	Control subjects	Protans	Deutans
D65 lamp	0	72.2 ± 26.1	92.5 ± 16.1
630 (nm)	24.2 ± 7.5	27.8 ± 5.0	27.5 ± 8.3
630 + 590	23.0 ± 6.9	33.3 ± 8.4	31.7 ± 10.5
630 + 525	0	88.9 ± 15.0	56.7 ± 13.3
630 + 470	23.6 ± 7.5	71.1 ± 19.2	32.5 ± 10.9

Values of error rates are means ± SD (%).

表に示す光源下で、色票が人間の眼にどのように見えるかを理論的に考察した。利用したのは、CIE L*a*b* 色空間である。一般色覚者は主として a*b* 平面で色を知覚し、一方、色覚障がい者は a*b* 平面における情報は縮退しており、L*b* 平面における明度の差で主として色を知覚していると考えられる。

そこで、本課題では、石原式色覚検査表から 2 枚(一般色覚者には 5, 35 と読める) SPP-1 色覚検査表から 2 枚(一般色覚者には 8, 75 と読める)を選んで計算を行った。一般、D型(2型)、P型(1型)色覚者の誤答率を順に、表 3-5 に示す。

表 3 The averaged error rates with normal color vision (%)

Ishihara test plates	5	35	SPP-1 test plates	4	75
D65 lamp	0	0		0	0
630 (nm)	0	0		81.8	27.3
630 + 590	0	0		90.9	27.3
630 + 525	0	0		0	0
630 + 470	0	0		0	0

表 4 The averaged error rates of protans (%)

Ishihara test plates	5	35	SPP-1 test plates	4	75
D65 lamp	100	100		50	83.3
630 (nm)	0	0		100	66.7
630 + 590	0	0		100	83.3
630 + 525	100	100		83.3	100
630 + 470	0	33.3		100	83.3

表 5 The averaged error rates of deutans (%)

Ishihara test plates	5	35	SPP-1 test plates	4	75
D65 lamp	87.5	100		50	87.5
630 (nm)	0	0		100	25
630 + 590	0	0		100	50
630 + 525	12.5	12.5		87.5	87.5
630 + 470	0	0		100	12.5

これらの誤答率の時の CIE L*a*b* 色空間の計算結果を、石原式色覚検査表から 1 枚(一般色覚者には 5 と読める)を選んで表 6-8 に示す。

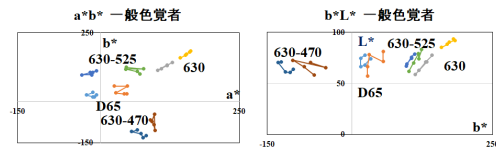


表 6 一般色覚者の色認識

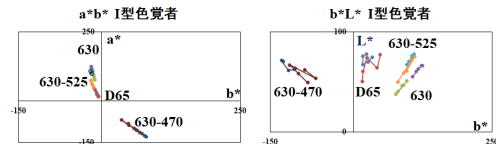


表 7 P型(1型)色覚者の色認識

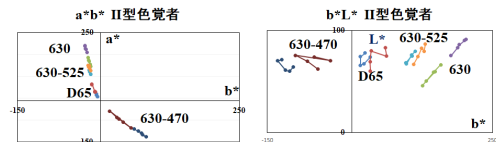


表 8 D型(2型)色覚者の色認識

一般色覚者が机上で考えた理論に基づくものであるから[1]、他の 3 枚の検査色票の計算結果と同様に、人間工学実験の結果を正確には考察できない。

しかし、正しく読めた理由は説明できる。背景色と文字色とが分離しているからである。一般色覚者は主として a*b* 平面で色を知覚し、一方、色覚障がい者は a*b* 平面における情報は縮退しており、L*b* 平面における明度の差で主として色を知覚していることも、正しく読めた場合には説明できる。

問題は、正しく読めた場合と同程度に L*b* 平面における明度の差があるにもかかわらず、誤答する理由が現時点では不明なことである。これについては今後の研究課題とする。

(引用文献)

[1] Brettel, H., Viénot, F. and Mollon, J. Computerized simulation of color appearance for dichromats, J. Opt. Soc. Am. A 14, (1997) pp.2647-2655.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

田村 繁治、岡本 洋輔、中川 誠司、坂本 隆、安藤 昌儀、茂里 康、Light Wavelengths of LEDs to Improve the Color Discrimination in Ishihara Test and Farnsworth Panel D-15 Test for Deutans、COLOR RESEARCH AND APPLICATION、Vol.40、No.3、2015、pp.218-223

田村 繁治、茂里 康、先天性色覚障がい者の色識別を補助するカラー光源の現状、日本色彩学会誌、Vol.40、No.5、2016、pp.218-223、2016年8月、pp.167-172

田村 繁治、岡本 洋輔、中川 誠司、坂本 隆、安藤 昌儀、茂里 康、Light Wavelengths of LEDs to Improve the Color Discrimination in Ishihara Test and Farnsworth Panel D-15 Test for Deutans、COLOR RESEARCH AND APPLICATION、Vol.42、No.4、2017、pp.424-430

〔学会発表〕(計 1 件)

田村 繁治、3型二色覚者の色識別を補助する光源、日本色彩学会 平成28年度研究会大会、2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：色覚障害者用照明装置
発明者：田村繁治、茂里康、岡本洋輔、
中川誠司
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2016-016087
出願年月日：2016/01/29
国内外の別：国内

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 無し

6. 研究組織

(1)研究代表者

田村 繁治 (TAMURA, Shigeharu)
産業技術総合研究所・バイオメディカル
研究部門・主任研究員
研究者番号：70357490

(2)研究分担者

伊藤 納奈 (ITO, Nana)
産業技術総合研究所・人間情報研究部門・
主任研究員
研究者番号：80392588

岡本 洋輔 (OKAMOTO, Yosuke)
大同大学・工学部・講師
研究者番号：80612184

茂里 康 (SHIGERI, Yasushi)
産業技術総合研究所・健康工学研究部門
統括研究員
研究者番号：90357187

中川 誠司 (Nakagawa, Seiji)
千葉大学・工学部・教授
研究者番号：70357615