

心理状態を考慮した照明光色制御システムの提案

小田原 健雄^{†1} 貝瀬 峻^{†1} 磯部 譲^{†1} 山本 弥沙季^{†1} 佐藤 侑希^{†1}
渡部 智樹^{†2} 三栖 貴行^{†1} 一色 正男^{†1}

概要: 本研究は、照明光色による心理的効果を利用し、生活環境下においてより快適な生活支援を目指している。本稿では、照明光色の違いによる心理的影響を調べるためのVAS(Visual Analogue Scale)評価結果に基づいて、ユーザの求める状態に対する適切な照明光色の設定方法について検討する。さらに、照明光色制御システムのプロトタイプを製作し、実現性を検証したので報告する。

キーワード: 照明光色による心理的効果, VAS 評価, 照明光色制御システム, ECHONET Lite

Proposal of illumination lighting colors control system considering psychological conditions

TAKEO ODAHARA^{†1} RYO KAISE^{†1} YUZURU ISOBE^{†1}
MISAKI YAMAMOTO^{†1} YUKI SATO^{†1}
TOMOKI WATANABE^{†2} TAKAYUKI MISU^{†1} MASAO ISSHIKI^{†1}

Abstract: In this study, we aim to provide a more comfortable life support in the living environment by utilizing the psychological effect of illumination lighting colors. In this paper, based on the VAS(Visual Analogue Scale) assessment result for exploring the psychological influences due to the difference in illumination lighting colors. In this paper, we propose a suitable illumination lighting colors setting method for user's desired condition. In addition, prototype of illumination lighting colors control system is created and its feasibility verified.

Keywords: the psychological influences by illumination lighting colors, VAS assessment, Illumination lighting colors control system, ECHONET Lite

1. はじめに

照明機器は私たちの生活を快適にするためのものや人に癒しを与えるものなど幅広く存在する。シーリングライトはLEDの普及により照明光色を変化させることが可能となった。我々の日々の生活の中で、照明は広く活用されている。一方で、人間の視覚から受ける光の色彩効果が人間に与える影響は広く知られており、体感温度への影響も論じられている[1]。そこで、照明光色を適切な有彩色光に変えることで、日常生活に良い影響を与えることが出来ると考えた。しかし、先行研究において純色R,G,Bそれぞれの照明光色の場合、多くの被験者が不快に感じる意見が多く、その環境に長時間留まることが困難であるという課題があった[2]。

そのため、本研究ではウェアラブルセンサで取得したバイタルデータを活用し、ユーザの状態に応じて快適な照明光色に制御し、健康的かつ快適な生活を支援することを目指している。本論文では、先行研究において課題となっていた有彩色光による不快感やストレスを軽減するため、照

明光色の印象や感じ方を主要7項目に分け、VAS(Visual Analogue Scale) [3]評価を実施し、最適な照明光色を検討した。さらに、照明光色制御システムのプロトタイプを製作し、実現性を検証した。プロトタイプの製作にあたり純色実験、混合色実験と段階的に実施した。

2. 照明光色制御システム

システム構成図を図1に示す。同じWi-Fi圏内で機器同士がつながり、なおかつルータによって振り分けられたIPアドレスに送信する仕組みとなっている。照明光色制御は、ECHONET Lite[4]を使用した。ECHONET Liteの制御コマンドを送信するコントローラは、swift2で作成し[5]、iPadを使ってユーザが操作可能とした。コントローラ上に配置したボタンをタップすることで照明光色を変化させることができる。照明光色を変化させる際、純色を使用する場合は目を順応させるため、段階的に変化するよう制御コマンドを送信させるように設計した。以降の実験では、ECHONET Lite照明として東芝ライテック社製のLEDH82718XLC-LT3を用いた。

^{†1} 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

^{†2} 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,

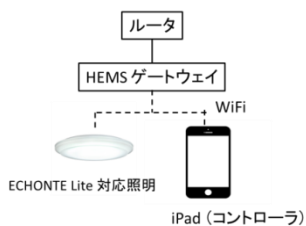


図 1 システム構成図
 Figure 1 System Configuration.

3. 照明光色の変化による純色実験

3.1 実験方法

実験は、VAS を用いて評価を行った。この方法は、主観的な症状を数値で評価するとき用いられる方法で、信頼性と妥当性がすでに検証されている。具体的な評価方法としては幅 100mm の目盛のない直線を設け、ある評価項目に対して左端を最小、右端を最大に分ける。最小点の端から被験者が付けた印の位置までの長さを測定し、その長さを評価項目に対する評価値とする。実際に使用した VAS 評価アンケート記入シートを図 2 に示す。照明光色から受ける想定される心理的感覚を洗い出し、その中から 7 つの評価項目を設定した。

本学内に設置した実験環境の概要を図 3 に示す。実際の家庭内環境を想定し、実験室にはベッドと勉強机を設置した。さらに、室内環境においてはエアコンを使用し、常時室内の温度が同じになるように設定温度を 22℃とした。また、照明光色のみ効果を測定するため周囲の光を暗幕で遮断し、外界から光の影響をなくした。

実験時間は各照明光色あたり 45 秒間設けて、VAS の評価用紙に記入させる。その後、前色の影響を防ぐために 15 秒間白色光とした。よって 1 つの照明光色で計 1 分間行った。

(各色に対する 7 つの項目)

全く暖かくない	_____	とても暖かい
全く涼しくない	_____	とても涼しい
全く疲れない	_____	とても疲れる
全く眩しくない	_____	とても眩しい
全く落ち着かない	_____	とても落ち着く
全く眠くない	_____	とても眠い
全く集中できない	_____	とても集中できる

図 2 VAS 評価アンケートの記入シート

Figure 2 Entry sheet of VAS evaluation questionnaire.

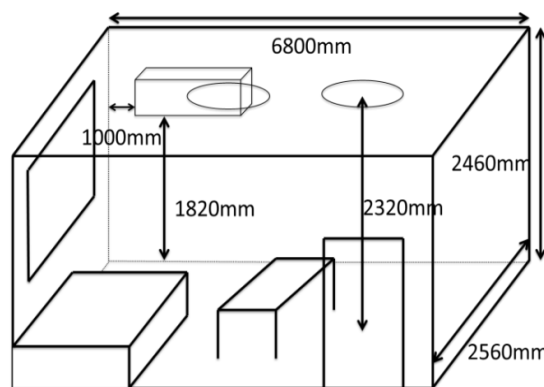


図 3 照明環境可変実験室

Figure 3 Lighting environment variable laboratory.

純色実験では、10 歳から 74 歳までの計 75 名に実施した。実験の流れを図 4 に示す。今回は表 1 に示した、RED (RGB 値 255,0,0)、BLUE (RGB 値 0,0,255)、GREEN (RGB 値 0,255,0)、BULB (電球色)、WHITE (昼光色) の計 5 色を使用した。今回照明光色を ECHONET Lite で制御するため、BULB と WHITE においては ECHONET Lite の規定に従ってコマンドを送信させた。実験時間は、各色 1 分の計 5 分間で実験を行った。実際に作製した使用したコントローラ画面を図 5 に示す。さらに各照明光色に対して線種を定め、実験の流れと実験結果に対応している。

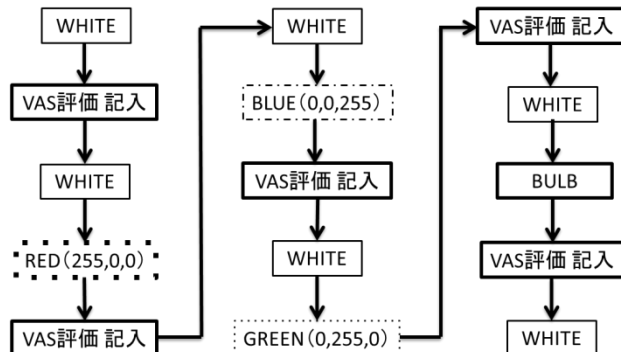


図 4 純色実験 フローチャート

Figure 4 Pure colors experiment flowchart.

表 1 純色実験 照明光色の RGB 値

Table 1 The RGB value of the illumination lighting colors in the pure colors experiment.

色	R	G	B	R	G	B	本稿文中の線種
RED	255	0	0	128	0	0	...
BLUE	0	0	255	0	0	128	-.-.-
GREEN	0	255	0	0	128	0
BULB	ECHONET Lite照明の“電球色モード”に設定						—
WHITE	ECHONET Lite照明の“昼白色モード”に設定						—

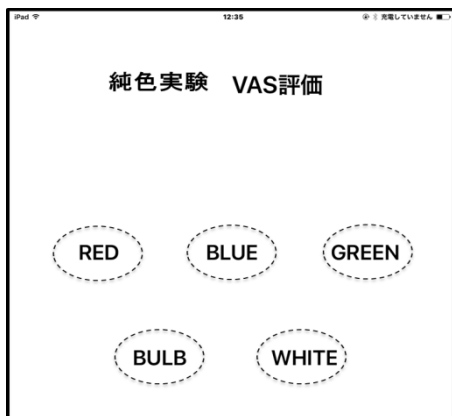


図 5 純色実験 照明光色コントローラ画面

Figure 5 Illumination lighting colors controller screen of pure colors experiment.

3.2 結果

本論文では 20 代 (被験者 38 名) の VAS 評価結果の平均を取ったものを図 6 に示す。また、白色と比較して優位性が見られた項目を表 2 に示す。今回の実験で得られた 7 項目の結果を以下に示す。

- ◎ 「眠気」は、BULB が眠気を感じやすく、RED では眠気を感じにくい。
- ◎ 「集中度」は、BULB が有効である。
- ◎ 「疲労度」は、RED が疲労を感じやすく、BULB では疲労を感じにくい。
- ◎ 「落ち着き度」は、BULB が有効である。
- 「暖かさ」は、BULB が有効である。
- 「涼しさ」は、BLUE が有効である。
- 「眩しさ」は、RED が眩しさを感じやすく、BULB では眩しさを感じにくい。

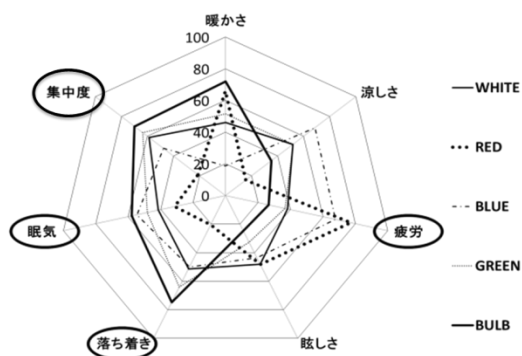


図 6 純色実験 VAS 評価結果 20 代平均

Figure 6 Result of VAS evaluation by averaged 20s of pure colors experiment.

表 2 白色と比較して優位が見られた項目

Table 2 Items where dominance was seen compared to white.

色	項目	本稿文中の線種
RED	暖かさ, 疲労度
BLUE	涼しさ, 疲労度, 眠気	-----
GREEN	暖かさ, 涼しさ, 落ち着き度, 眠気, 集中度
BULB	暖かさ, 落ち着き度, 眠気, 集中度	-----

3.3 考察

純色実験で、ECHONET Lite 照明の R,G,B 色による体感温度への影響が確認できた。また、GREEN は WHITE と比較して優位が見られた項目が多かったのに対し、数値の大きな変化は見られなかった。よって、RED, BLUE, BULB に比べて心理的影響は少ないと考えられる。また「眠気」と「集中度」は対照的な項目であるにも関わらず、両項目とも BULB が 1 番高い数値であった。また、被験者の年代によって色の感じ方への差異が見られたため、多様な光色で検討をさらに進めていく必要がある。そこで混合色、また RGB 値を変更し、輝度を下げた場合も同様の結果が得られるのかを検証する。

4. 混合色実験

4.1 実験方法

3.1 の実験方法と同様に行った。混合色実験では、20 代の大学生男女計 23 名を対象に実施した。実験の流れを図 7 に示す。純色のみで行った純色実験では、ユーザの求める最適な照明光色とは言い難いため、純色実験で行った純色 R,G,B と、純色 R,G,B の混合色である CYAN (RGB 値 0,255,255), MAGENTA (RGB 値 255,0,255), YELLOW (RGB 値 255,255,0) の 3 色を加え、計 6 色の照明光色を選択した。さらに、照明光色の RGB 値を 255 から 128 に変更し輝度を下げた 6 色を追加し、計 12 色を選択した。(以降、RGB 値 255 の 6 色を「BRIGHT」、RGB 値 128 の 6 色を「DARK」と呼ぶ。) 使用した 12 色の照明光色を表 3 に示す。BULB と WHITE は普段の生活で使用している照明光色のため、今回は行わない。また実験時間は、各色 1 分間の 12 色で、計 12 分間実験を行った。実際に作製し使用したコントローラ画面を図 8 に示す。

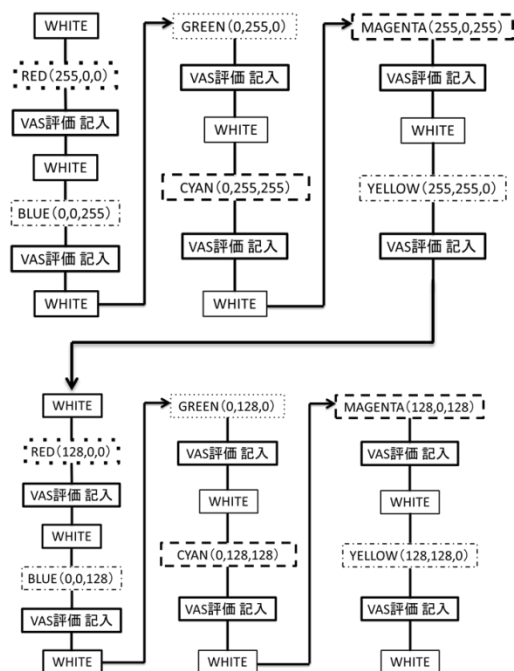


図 7 混合色実験 フローチャート

Figure 7 Mixed colors experiment flowchart.

表 3 混合色実験 照明光色の RGB 値

Table 3 The RGB value of illumination lighting colors of mixed colors experiment.

色	BRIGHT			DARK			本稿文中の線種
	R	G	B	R	G	B	
RED	255	0	0	128	0	0
BLUE	0	0	255	0	0	128	-----
GREEN	0	255	0	0	128	0
CYAN	0	255	255	0	128	128	-----
MAGENTA	255	0	255	128	0	128	-----
YELLOW	255	255	0	128	128	0	-----

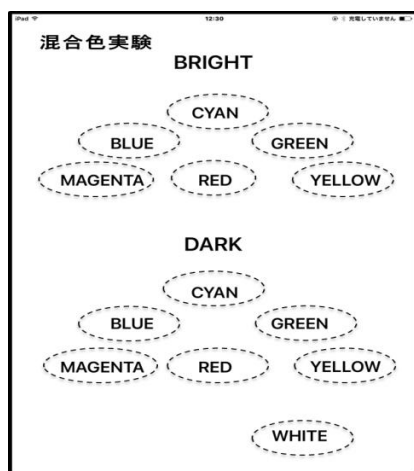


図 8 混合色実験 照明光色コントローラ画面

Figure 8 Illumination lighting colors controller screen of mixed colors experiment.

4.2 結果

4.2.1 BRIGHT の結果

BRIGHT の VAS 評価結果の平均を図 9 に示す. また, 各項目において優位が見られた上位 2 色を表 4 に示す. 「暖かさ」, 「涼しさ」, 「落ち着き度」, 「集中度」においては各項目で 1 番大きい数値の照明光色を◎, 次いで○としているが, 一方, 「疲労度」, 「眩しさ」, 「眠気」においては数値が高くなるにつれて不快になると想定されるため, 1 番大きい数値ではなく, 1 番小さい数値の照明光色を◎, 次いで○と示す. 本実験で得られた 7 項目の結果を以下に示す.

- ◎ 「眠気」は, CYAN が眠気を感じやすく, RED では眠気を感じにくい.
- ◎ 「疲労度」は, RED が疲労を感じやすく, CYAN では疲労を感じにくい.
- ◎ 「集中度」は, CYAN が有効である.
- ◎ 「落ち着き度」は, CYAN が有効である.
- 「暖かさ」は, RED が有効である.
- 「涼しさ」は, CYAN が有効である.
- 「眩しさ」は, RED が眩しさを感じやすく, CYAN では眩しさを感じにくい.

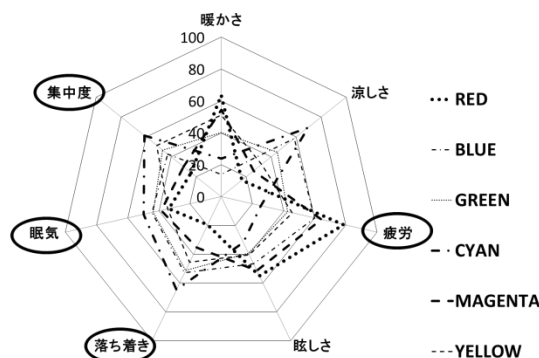


図 9 BRIGHT 光色 VAS 評価結果 20 代平均
 Figure 9 BRIGHT Result of VAS evaluation by 20th generation average of lighting colors.

表 4 BRIGHT 各項目で優位が見られた上位 2 色

Table 4 BRIGHT Top two colors where dominance was seen in each item.

BRIGHT	RED	GREEN	BLUE	MAGENTA	CYAN	YELLOW
暖かさ	◎			○		
涼しさ			○		◎	
疲労度※		○			◎	
眩しさ※		○			◎	
落ち着き度			○		◎	
眠気※	◎					○
集中度					◎	○

※ 数値が低い順に優位とする.

4.2.2 DARK の結果

DARK の VAS 評価結果の平均を図 10 に示す。また、各項目で優位が見られた上位 2 色を表 5 に示す。こちらも BRIGHT 時と同様に、「暖かさ」、「涼しさ」、「落ち着き度」、「集中度」においては各項目で 1 番大きい数値の照明光色を◎、次いで○としているが、一方、「疲労度」、「眩しさ」、「眠気」においては数値が高くなるにつれて不快になると想定されるため、1 番大きい数値ではなく、1 番小さい数値の照明光色を◎、次いで○と示す。本実験で得られた 7 項目の結果を以下に示す。

- ◎ 「眠気」は、BLUE が眠気を感じやすく、RED では眠気を感じにくい。
- ◎ 「疲労度」は、RED が疲労を感じやすく、CYAN では疲労を感じにくい。
- ◎ 「集中度」は、CYAN が有効である。
- ◎ 「落ち着き度」は、CYAN が有効である。
- 「暖かさ」は、RED が有効である。
- 「涼しさ」は、BLUE が有効である。
- 「眩しさ」は、RED が眩しさを感じやすく、CYAN では眩しさを感じにくい。

純色実験同様、照明光色の RGB 値を変化することにより、色による体感温度の変化が確認できた。また各項目で優位が見られた上位 2 色も変化があまり見られなかった。

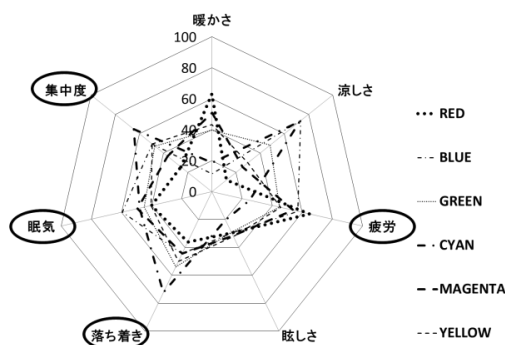


図 10 DARK 光色 VAS 評価結果 20 代平均

Figure 10 DARK VAS evaluation result by 20 th generation average of lighting colors.

表 5 DARK 各項目で優位が見られた上位 2 色

Table 5 DARK Top two colors where dominance was seen in each item.

DARK	RED	GREEN	BLUE	MAGENTA	CYAN	YELLOW
暖かさ	◎			○		
涼しさ			◎		○	
疲労度※		○			◎	
眩しさ※		○			◎	
落ち着き度		◎			◎	
眠気※	◎					○
集中度			○		◎	○

※ 数値が低い順に優位とする。

さらに BRIGHT から DARK に変更し、得られた 7 項目の結果を以下に示す。

- ◎ 「眠気」は、CYAN を除き増加した。
- ◎ 「疲労度」は、GREEN を除き減少した。
- ◎ 「集中度」は、YELLOW を除き増加した。
- ◎ 「落ち着き度」は、BLUE を除き増加した。
- 「暖かさ」は、減少した。
- 「涼しさ」は、BLUE, GREEN, CYAN で増加した。
- 「眩しさ」は、減少した。

4.3 考察

BRIGHT の場合 CYAN と BULB の 2 色を除くと、「疲労度」は数値が大きく、「落ち着き度」は数値が小さく、快適性があるとは言えない。さらに BRIGHT における CYAN と純色実験で行った BULB の優位の項目が似ていたため、純色実験で行った BULB, WHITE を BRIGHT の CYAN の計 3 色比較したものを図 11 に示す。CYAN と BULB は暖かさと涼しさを除く 5 項目で結果が類似していた。純色実験同様に、BRIGHT 時でも「眠気」と「集中度」は対照的な項目であるにも関わらず、CYAN の数値が両項目とも大きかった。結論として、混合色では CYAN が「疲労度」と「落ち着き度」の数値が他の照明光色と比べ優位であったため、快適性の向上が見られた。

一方 DARK 時においては、BRIGHT 時に比べ、輝度を下げることによって「暖かさ」、「眩しさ」はどの照明光色においても感じにくくなった。また、「疲労度」、「落ち着き度」、「眠気」、「集中度」の 4 項目は 1 つの照明光色を除き同じ傾向の変化が見られた。CYAN の輝度を下げる前後の VAS 評価結果平均を図 12 に示す。「眩しさ」の減少、「落ち着き度」増加が見られた。それ以外の項目では数値として大きな変化は見られなかった。また、輝度を下げることにより省エネ効果も可能である。結論として、DARK では BRIGHT に比べ、多くの照明光色が「疲労度」、「眠気」の減少、「落ち着き」、「集中度」の増加となり、快適性の向上が見られ、さらに省エネ効果にもつながる。

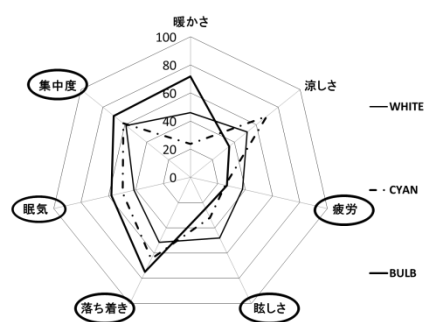


図 11 CYAN と BULB の比較 VAS 評価結果

Figure 11 Comparison of CYAN and BULB VAS evaluation result.

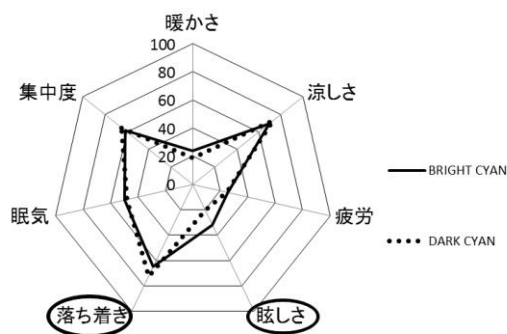


図 12 CYAN の BRIGHT, DARK 比較 VAS 評価結果
 Figure 12 CYAN BRIGHT and DARK comparison result VAS evaluation result.

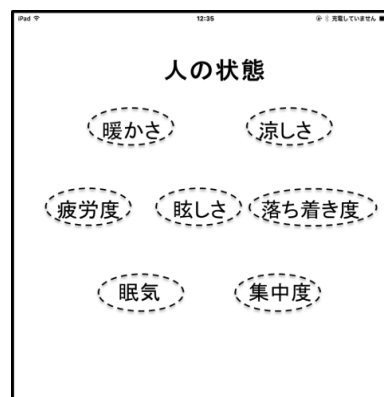


図 13 人の状態に合わせた照明光色コントローラ画面
 Figure 13 Illumination lighting colors controller according to human condition screen.

5. プロトタイプシステム作製

今回得られた VAS 評価の結果をもとに、照明光色制御システムのプロトタイプを作製した。今回は、普段の生活で使用している BULB と WHITE の照明光色を除き、混合色実験で使用した計 12 色を対象として行った。各項目に対しての上位 3 色を表 6 に示す。「暖かさ」、「涼しさ」、「落ち着き度」、「集中度」においては各項目で 1 位の照明光色を使用した。一方、「疲労度」、「眩しさ」、「眠気」においては数値が高くなるにつれて不快になると想定されるため 1 位の照明光色ではなく、数値が 1 番低い照明光色を使用し、照明光色制御システムのプロトタイプを作製した。実際に作製した照明光色制御システムのプロトタイプのコントローラ画面を図 14 に示す。各項目のボタンをタッチすることにより、照明光色が変化する。作製したプロトタイプシステムを被験者に評価してもらい検証を行っていく。項目によって照明光色が変わるシステムを作製したことにより、結論として、人の状態に合わせた照明光色を選出する新しいシステムを作製できた。

表 6 各項目において 12 色で優位が見られた上位 3 色
 Table 6 The top three colors where dominance was seen in 12 colors in each item.

項目	1位	2位	3位
暖かさ	RED(B)	RED(D)	MAGENTA(B)
涼しさ	BLUE(D)	CYAN(D)	CYAN(B)
疲労度※	CYAN(D)	CYAN(B)	GREEN(B)
眩しさ※	CYAN(D)	GREEN(D)	BLUE(D)
落ち着き度	CYAN(D)	CYAN(B)	GREEN(D)
眠気※	RED(B)	YELLOW(B)	MAGENTA(B)
集中度	CYAN(D)	CYAN(B)	YELLOW(B)

※ 数値が低い順に上位とする。

6. まとめと今後の展望

本稿で述べた実験を通じて、以下の結論が得られた。

- 人の状態に合わせた照明光色を選出する、新しいシステムを示せた。
- DARK では BRIGHT 時に比べ、多くの照明光色で「疲労度」、「眠気」の減少、「落ち着き度」、「集中度」が増加となり快適性の向上が見られ、さらに電力も削減でき、省エネ効果にもつながることが分かった。
- 混合色では CYAN が「疲労度」と「落ち着き度」の数値は他の照明光色と比べ優位であったため、快適性の向上が見られ、さらに「涼しさ」にも優位があったため暑い時期には、エアコンの使用も軽減でき、省エネ効果にもつながることが分かった。

以上のことから、DARK にすることにより多くの照明光色で、快適性の向上が見られ、特に CYAN 光色は BRIGHT の場合も、快適な空間を実現出来ると考えられる。

今後の展望として、今回の実験は学生を中心に実験協力をしてもらったため、他の年代ではデータの数が少ない。そのため、これらのデータを明確なものにするため、幅広い年齢層の被験者を集め、検証を行う必要がある。今回は、VAS 評価の結果をもとに 7 つの項目で作製したが、今後は状況に応じた最適な照明光色を自動制御できるシステムの構築を目指す。

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, 岡本健司, 藤田裕之, 三栖貴行, 一色正男, “暖寒色を利用した省エネ空調制御システムの構築”, 情報処理学会第 78 回全国大会予稿集, 5T-01, pp.283-284, (2016).
- [3] 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 pp1-7 (2014)
- [4] ECHONET コンソーシアム <https://echonet.jp/>
- [5] 片岡巖 “Swift ポケットリファレンス” 株式会社 技術評論社 東京都 (2016)