

紙に描画した図形をユーザインタフェースに用いた 色光・照度制御手法の検討

大黒 智貴

Tomoki OKURO

1 はじめに

近年、ユビキタス情報社会の発達にともない、個人に適した環境を個別に制御する技術に注目が集まっている。屋内におけるユーザ環境には、空気環境、音環境、温熱環境などさまざまな環境が存在するが、本研究では照明環境に注目し、任意の場所に任意の照明環境を提供する手法を提案する。照明環境の色光と照度を適切に制御することで、集中力の向上やリラックス効果などさまざまな心理的作用を得ることができる。しかしながら、照明環境の色光と照度は相互に影響をおよぼすため、ユーザが要求する色光と照度を同時に実現することは容易ではない。また、多くの場合において、フルカラー LED 照明の制御には色情報や輝度値などのデジタルデータを入力する必要があるため、情報機器の操作が必要となる。そのため、小さな子どもや高齢者など、情報機器に慣れ親しんでいないユーザには制御が容易ではなく、誰もが容易に制御可能な環境が整備されているとはいえない。

そこでこれらの問題を解決し、フルカラー LED 照明を誰もが容易に制御可能とすることを目的として、ペーパー UI を用いた色光・照度制御システム (CICS/PUI: Colored light and Illuminance Control System using Paper UI) を提案する。

2 ペーパー UI を用いた色光・照度 制御システム (CICS/PUI)

2.1 概要

CICS/PUI では、老若男女を問わず日常的に使用する媒体である紙をユーザインタフェース (UI) として使用する。そして、色を塗ることや手を触れることといった誰もが実行可能な動作をもとにフルカラー LED 照明の制御を行う。また、CICS/PUI の UI をペーパー UI と呼び、ペーパー UI を用いてフィードバック制御を行うことで、ユーザが要求する色光・照度を実現する。CICS/PUI のシステム構成図を Fig. 1 に示す。CICS/PUI は、フルカラー LED 照明、カメラおよび制御 PC を同一のネットワークに接続して使用する。また、ペーパー UI はカメラの撮影範囲内に設置する。CICS/PUI の特徴として、UI に情報機器を用いない点、UI の作成にかかる費用が A4 用紙 1 枚分のコストのみである点があげられる。

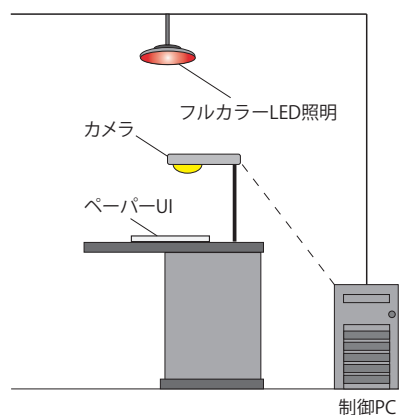


Fig. 1 CICS/PUI のシステム構成図

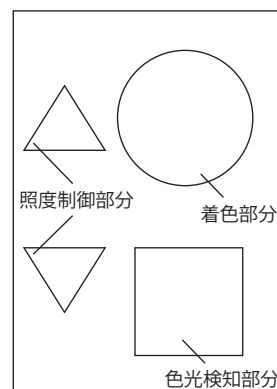


Fig. 2 ペーパー UI

2.2 ペーパー UI

ペーパー UI を Fig. 2 に示す。ペーパー UI は紙に任意の図形を 4 つ描くことで作成可能な UI である。ペーパー UI には、着色部分と色光検知部分および照度制御部分がある。ペーパー UI に描かれた 4 つの図形のうち、右上の図形が着色部分、右下の図形が色光検知部分、左上、左下の 2 つの図形が照度制御部分にそれぞれ対応する。各部分の役割について述べる。着色部分は、色を塗ることによって目標とする照明の色光を指定するために使用する。色光検知部分は、照明が放つ色光の色情報を取得するために使用する。照度制御部分は、手を触れることによって照度を任意に制御するために使用する。

2.3 色光・照度制御の実現方法

カメラはペーパー UI を撮影した画像を定期的に制御 PC に送信する。制御 PC は受信した画像を解析することで色光・照度制御を実現する。まず、色光制御は目標とする色光の色情報と現在の色光の色情報を比較することで行う。CICS/PUI は式 1 に示す目的関数を最小化するように繰り返し色光制御を行うことで目標とする色光を実現する。一方で、照度制御は受信した画像から背景差分法によりユーザの動作を検出することで行う。

$$f = \sqrt{(L^* - L'^*)^2 + (a^* - a'^*)^2 + (b^* - b'^*)^2} \quad (1)$$

L^*, a^*, b^* : 目標とする色光の色情報

L', a', b' : 現在の色光の色情報

3 目標とする色光・照度の実現可能性検証

3.1 実験概要

目標とする色光・照度の実現可能性について検証する。本実験では、一般的な着色画材としてサクラクレパス クレパス太巻 16 色を使用し、16 色中何色において目標とする色光の実現が可能かを検証する。検証時間は 600 秒間である。初期照度を 90 lx とし、計測を開始する。なお、計測中は CICS/PUI による照度制御は行わないものとする。その後、目標とする色光を実現できた色について、目標とする色光を維持しつつ照度制御の実現が可能かを検証する。計測時間は 800 秒間である。初期照度を 50 lx とし、計測を開始する。計測開始後 200 秒間は 50 lx を維持し、200 秒から 300 秒の間で 120 lx まで照度を上昇させる。この照度を第 1 目標照度とする。次に、300 秒から 500 秒の間で第 1 目標照度との誤差を計測する。その後、500 秒から 600 秒の間で 50 lx まで照度を下降させる。この照度を第 2 目標照度とする。そして、600 秒から 800 秒の間で第 2 目標照度との誤差を計測する。

3.2 実験環境および使用機器

検証実験は制御する照明以外を消灯した暗室で行う。使用機器は、Philips 製フルカラー LED 照明 Hue 1 台、Sekonic 製照度センサ 1 台、カメラ 1 台および制御 PC 1 台である。Philips 製フルカラー LED 照明 Hue は 1600 万色以上の色光を再現可能な IoT 照明である。本実験では Hue をペーパー UI の直上 60 cm、カメラをペーパー UI の直上 22 cm、照度センサをペーパー UI の色光検知部分右横 12 cm の位置に設置する。また、ペーパー UI の着色に用いる画材としてサクラクレパス クレパス太巻を使用する。なお、実験における条件を統一するため、Fig. 2 に示すパターンを A4 用紙に印刷したものをペーパー UI として使用する。

Table 1 クレパス全 16 色における実験終了時の色差

色名	色差	色名	色差	色名	色差	色名	色差
赤	1.5	緑	33.2	桃色	20.5	焦茶	39.5
橙色	12.7	水色	25.0	薄橙	10.8	黒	47.9
黄色	6.4	青	9.3	黄土色	23.7	灰色	9.2
黄緑	42.9	紫	23.3	茶色	42.8	白	2.9

Table 2 目標照度との誤差 [lx]

色名	第 1	第 2	色名	第 1	第 2	色名	第 1	第 2
赤	1.4	1.5	青	6.2	2.4	黄土色	1.1	2.6
橙色	2.2	2.3	紫	1.6	2.7	灰色	1.1	2.4
黄色	5.7	2.7	桃色	2.7	2.8	白	2.9	2.2
水色	0.9	3.0	薄橙	3.0	2.4			

3.3 実験結果と考察

クレパス全 16 色における実験終了時の色差を Table 1 に示す。JIS では、人が同じ色と認識可能な色差の上限は 25 であるとしている¹⁾。そのため、色差が 25 以内であれば目標とする色光を実現できたと定義する。Table 1 より、赤、橙色、黄色、水色、青、紫、桃色、薄橙、黄土色、灰色、白の計 11 色において、実験終了時の色差が 25 以内であることから、目標とする色光を実現した。

目標照度との誤差を Table 2 に示す。人が認知可能な照度の変動は目標照度の $\pm 7\%$ lx であることがわかっている²⁾。そのため、第 1 目標照度との誤差が 8.4 lx 以内、第 2 目標照度との誤差が 3.5 lx 以内であれば目標照度を実現できていると定義する。Table 2 より、すべての場合において、第 1 目標照度との誤差は 8.4 lx 以内、第 2 目標照度との誤差は 3.5 lx 以内となった。加えて、計測時間 800 秒間における色差は 25 以内となった。したがって、目標とする色光を実現した色計 11 色について、目標とする色光を維持しつつ照度制御を実現した。

4 結論

サクラクレパス クレパス太巻 全 16 色中 11 色において、目標とする色光を維持しつつ照度制御を実現した。よって、目標とする色光を実現した色について、照度を変化させた場合においても目標とする色光を実現する、紙の UI を用いたフィードバック制御の有効性を示した。

参考文献

- 1) 色の表示方法 - 三属性による表示, JIS Z 8721:1993, (1993).
- 2) 鹿倉智明, 森川宏之, 中村芳樹: オフィス照明環境における明るさの変動知覚に関する研究, 照明学会誌, Vol. 85, No. 5, pp. 346-351 (2001).