

紙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伴い、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、温熱環境など様々なものがあるが、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実現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ユーザの作業効率向上やリラククス効果を得ることができる。しかしながら、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、多くの場合情報機器の操作が必要となる。そのため、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言えない。また、色光と照度は互いに影響を及ぼすため、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。

そこでこれらの問題を解決し、フルカラー LED 照明の直感的な制御を実現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: Color-lighting 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 は紙をユーザインタフェース (UI) に用いたフルカラー LED 照明の制御手法である。紙への着色や接触といった動作は老若男女問わず容易に実行可能である。CICS/PUI の特徴として、これらの動作をもとに制御を行うことで直感的な操作が可能となる点が挙げられる。また、クレヨンや色鉛筆など紙に対する着色画材は豊富に存在し、その色数も多いことから、ユーザは様々な色を目標色として選択可能である。加えて、フィードバック制御を行うため、目標とする色光を高い再現率で実現可能である。

CICS/PUI の構成図を 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。

2.2 ペーパー UI の概要と解析方法

CICS/PUI の UI であるペーパー UI を Fig. 2 に示す。ペーパー UI は、紙に目標とする色光の指定や照度制御を行うためのパターンを印刷することで作成可能なユーザインタフェースである。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。ユーザは着色部分に色を塗ることで目標とする色光を指定する。また、色光検

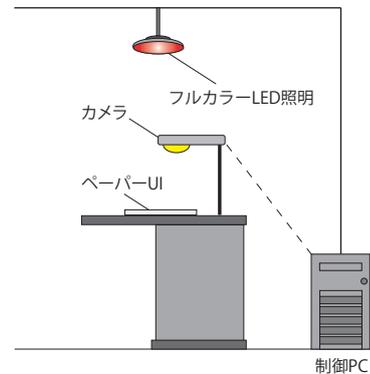


Fig.1 CICS/PUI の構成図

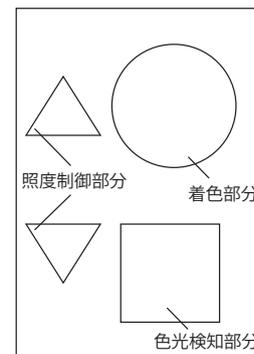


Fig.2 ペーパー UI

知部分は現在の照明の色光の色情報を取得するために使用する。色光検知部分に照射された照明の色光が、着色部分に着色した目標の色に近づくように繰り返し調色制御を行うことで目標とする色光を実現する。加えて、ユーザは照度制御部分に手を触れることで照度を任意に制御することが可能である。

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調色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 目標とする色光の実現精度検証

3.1 実験概要

目標とする色光の実現精度について検証する。目標とする色光はサクラクレパス クレパス太巻 全 16 色とし、初期照度を 90 lx とする。検証時間は 600 秒間である。

3.2 実験環境と実験機器

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 Hue1 台、Sekonic 製照度センサ 1 台、カメラ 1 台、制御 PC1 台およびペーパー UI 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。

3.3 実験結果と考察

ペーパー UI を赤、青、緑に着色した場合における色差の履歴を Fig. 3 に示す。Fig. 3 より、色差が悪化した場合は悪化する前の色光に戻す動作を実現していることより、過去の制御の中から最も適切な色光を保持していることが確認できる。次に、クレパス太巻 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ていると定義する。Table 1 より、目標とする色光が赤、橙色、黄色、水色、青、桃色、薄橙、灰色、白の場合について、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。しかし、目標とする色光が黄緑、緑、紫、黄土色、茶色、焦茶、黒の場合には目標とする色光を実現できていない。茶色、焦茶、黒については、光の特性上実現できない色であるといった物理的な理由が原因と考えられる。次に、黄緑と緑については、実験機器の特性が影響していると考えられる。本実験では赤色 LED が 4 灯、青色 LED が 2 灯、緑色 LED が 5 灯から構成されるフルカラー LED 照明を使用した。そのため、目標とする色光を緑とした場合に他の色を目標とした場合よりも照明が明るく点灯する。したがって、クレヨンで描いた濃い緑色と比較した場合に色差が大きくなったと考えられる。

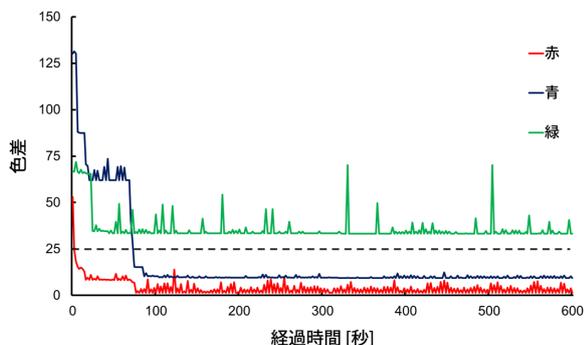


Fig.3 色光制御時における色差の履歴

Table1 クレパス太巻 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	38.5	灰色	9.2
黄緑	42.9	紫	50.8	茶色	42.8	白	2.9

4 手描きのペーパー UI を用いた色光・照度制御実験

4.1 実験概要

CICS/PUI は情報機器に慣れ親しんでいないユーザを対象としたシステムである。しかしながら、CICS/PUI の UI であるペーパー UI の作成には、情報機器の操作が必要になるといった課題が存在する。そこで、ペーパー UI の各部分の認識方法を刷新した上で、CICS/PUI による手描きのペーパー UI の認識および色光・照度制御が可能かを検証する。

4.2 実験手順

本実験では着色画材として、サクラクレパス クレパス太巻を使用する。3 章の実験において、目標とする色光の実現が可能であった 9 色を被験者に提示する。被験者は提示された色の中から好きな色を選択する。被験者は 20 代の学生 12 名である。順序効果による影響を考慮するため、被験者を 6 名ずつの 2 つのグループに分割する。グループ A の被験者は、Fig. 2 に示したパターンを印刷したペーパー UI を見ながら、ペーパー UI の各部分を A4 用紙に描画する。その後、被験者は任意で着色画材の色を変更する。次に、被験者は A4 用紙に任意の図形を 4 つ描画する。グループ B の被験者の実験手順は、グループ A の被験者の逆である。すべての手順が終了した後、実験者は被験者が作成した UI を使用して、CICS/PUI による認識および色光・照度制御が可能かを確認する。

4.3 実験結果

グループ A およびグループ B の被験者が作成した手描きのペーパー UI (合計 12 枚) および、任意の図形による UI (合計 12 枚) すべてについて、CICS/PUI による認識および色光・照度制御が可能であることを確認した。

5 結論と今後の展望

目標とする色光が赤、橙色、黄色、水色、青、桃色、薄橙、灰色、白の場合について、ペーパー UI を用いた色光制御を実現した。また、ユーザが紙に描いた任意の図形をペーパー UI として認識可能とすることで、UI の作成に情報機器の操作が不要となった。今後は、子どもや高齢者などを対象としたユーザビリティ評価の実施を検討している。

参考文献

- 1) 色の表示方法 - 三属性による表示, JIS Z 8721:1993, (1993).