

## 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ッ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 照明の調光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調光制御が容易ではなく、誰もが容易に調光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難しい。

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 (Color-lighting and Illuminance Control System using Paper UI: CICS/PUI) 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 を同一ネットワーク上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

調光制御に使用するペーパー UI を Fig. 2 に示す。ペーパー UI は、紙に色光の指定や照度操作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、色光検知部分は現在の照

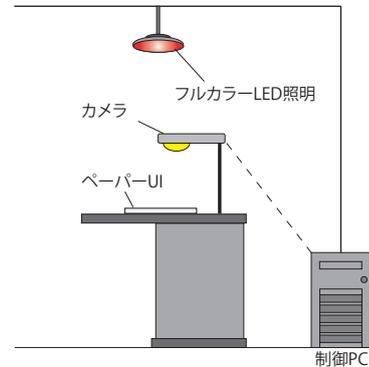


Fig.1 CICS/PUI の構成図

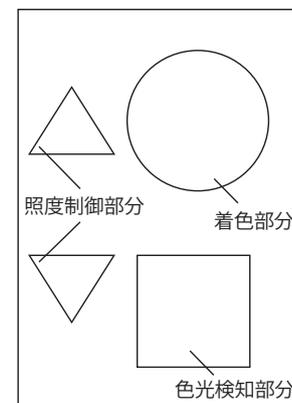


Fig.2 ペーパー UI

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光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 色光・照度の実現精度検証

#### 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。目標とする色光は赤、青、緑とし、初期照度を 90 lx とする。検証時間は 600 秒間である。その後、照度を変化させた場合に目標とする色光を維持、および照度の制御が可能かを検証する。照度を 50 lx に調整し、計測を開始する。計測時間は 800 秒間である。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

色光制御時における色差の履歴を Fig. 3 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<sup>1)</sup>。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。Fig. 3 より、目標とする色光が赤と青の場合に、収束時の色差が 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、目標とする色光が緑の場合は目標とする色光を実現できていない。

ペーパー UI を赤に着色した場合における色差と照度の履歴を Fig. 4 に示す。Fig. 4 より、色差が安定した状態でペーパー UI を用いた照度制御を実現できていることがわかる。また照度について、第 1 目標照度との誤差は、目標とする色光が赤、青、緑のとき、それぞれ、1.3 lx、6.2 lx、0.9 lx となった。加えて、第 2 目標照度との誤差は、目標とする色光が赤、青、緑のとき、それぞれ、1.5 lx、2.3 lx、2.7 lx となった。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<sup>2)</sup>。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。よって、すべての場合で目標照度を実現し、ペーパー UI を用いた照度制御を実現した。

### 4 ユーザビリティ評価

#### 4.1 実験概要

CICS/PUI のユーザビリティ評価を行う。実験はペーパー UI を用いて調光・調色制御を行った場合と Philips Hue 公式アプリケーションを利用した場合について、操作

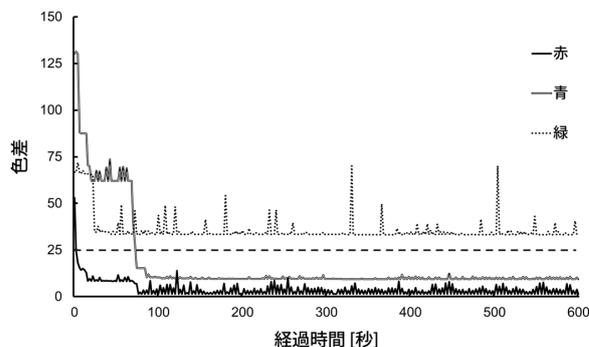


Fig.3 色光制御時における色差の履歴

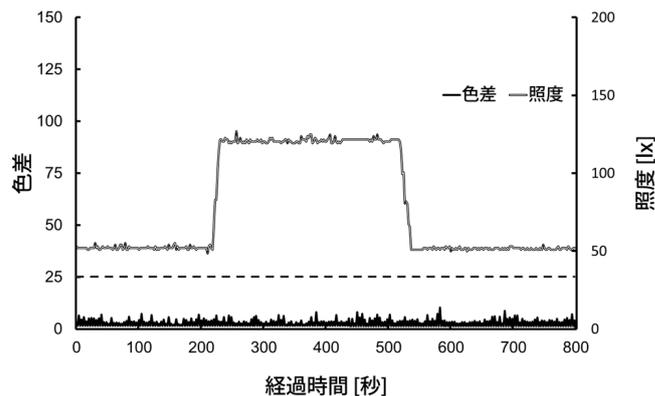


Fig.4 ペーパー UI を赤に着色した場合における色差と照度の履歴

性や UI の分かり易さを比較する。被験者は 20 代の学生 5 名である。被験者は座った姿勢で机の上に設置されたペーパー UI とモバイル端末を操作する。実験終了後、被験者はユーザビリティ評価としてアンケートに回答する。

#### 4.2 実験結果

どちらの操作性が優れているかとの質問に対して、5 人中 4 人がペーパー UI と回答した。また、どちらの UI が分かり易いかとの質問に対して、5 人中 4 人がペーパー UI と回答した。一方で、ペーパー UI の改善点として、5 人中 3 人がレスポンスを早くして欲しいと述べた。

### 5 結論と今後の展望

目標とする色光が赤と青の場合において色光制御を実現した。また、色差が安定した状態でペーパー UI を用いた照度制御を実現した。加えて、操作性と UI の分かり易さについて提案手法の優位性を確認した。しかし、標本数が少なく結果の信頼性は高くないと考えられる。そのため今後は、より多くの被験者を募りユーザビリティ評価を行いたい。また、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を対象にユーザビリティ評価を実施したい。

#### 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).