

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

LED 照明技術の発展に伴い色光を制御可能なフルカラー LED 照明が登場した。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、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提供することは難しい。

そこでこれらの問題を解決し、フルカラー LED 照明を直感的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 (Color-lighting and Illuminance Control System using Paper UI: CICS/PUI) を提案する。本研究では、CICS/PUI の構築を行うとともに、目標の色光を定めた上で照度を段階的に変化させ目標とする色光・照度の実現精度を評価する。

2 ペーパー UI を用いた色光・照度制御システム (CICS/PUI)

2.1 CICS/PUI の概要

本研究では、ペーパー UI を用いた色光・照度制御システム (CICS/PUI) を構築する。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 (UI) である。CICS/PUI では、ペーパー UI に着色することで目標とする色光を指定する。そして、ペーパー UI に手を触れることで照度を制御する。また、フィードバック制御を行い、現在点灯している照明の色光を指定した目標の色に近づけることで、照度を変更した場合においても目標とする色光を実現する。

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な点が挙げられる。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。

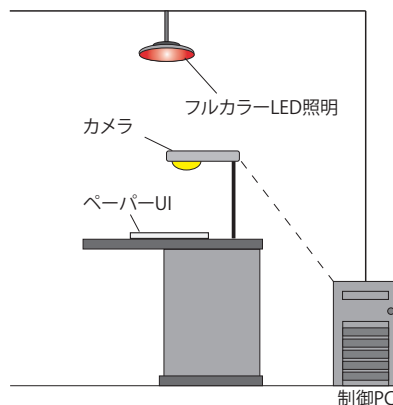


Fig. 1 CICS/PUI の構成図

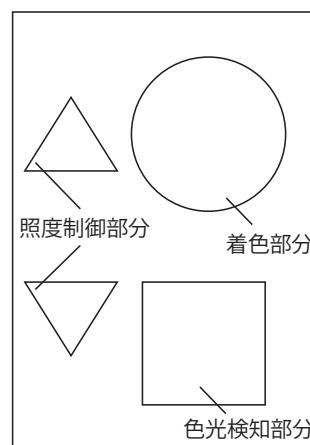


Fig. 2 ペーパー UI

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

調光を行う際に使用するペーパー UI を Fig. 2 に示す。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の色光を実現する。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制御することが可能である。

2.3 CICS/PUIの調光アルゴリズム

調光制御における目的関数を式 1 に示す。CICS/PUI では、確率的山登り法をベースとしたアルゴリズムにより式 1 に示す目的関数を最小化するように繰り返し調光を行い目標とする色光を実現する。

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

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 評価

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 16 色を使用する。

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。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

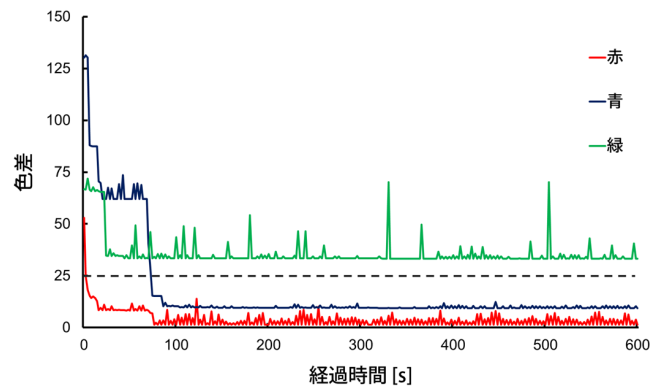


Fig. 3 色光制御時における色差の履歴

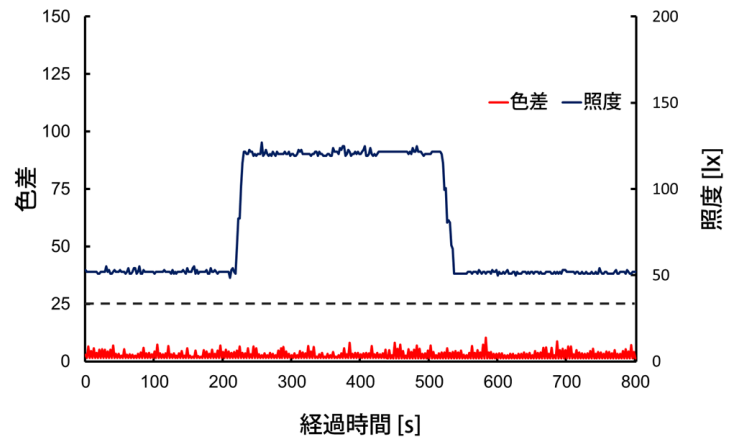


Fig. 4 ペーパー UI を赤に着色した場合における色差と照度の履歴

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。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 結論

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。

参考文献

- 1) JIS Z 9110: 照明基準総則 (2011).
- 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).