

紙への着色を UI に用いた 色光制御システム

富吉 佑季

Yuki TOMIYOSHI

1 はじめに

高輝度青色 LED の登場以降の LED 照明の急激な進化に伴い、赤、緑、青のような色を持つ光である色光を表現することが可能であるフルカラー LED 照明が登場しており¹⁾、様々な環境における最適な色光制御が必要となることが考えられる。しかし、色光制御には、同一屋内の LED 照明を個別で制御する場合、昼光や他の照明などの外乱の影響を受けるという問題がある。

また、情報工学の発展に伴って情報端末を用いて実現できることが急増し、機器の操作の難易度が上昇しているが、システムは誰でも利用できるべきであり、情報機器の操作は直感的である必要がある。

そこで、ビジョンセンサでフィードバック制御を行いながら、ユーザが要求する色光に段階的に近付けていく色光制御を行う、紙への着色を UI に用いた色光制御システム (Color-Lighting Control using Painting tools as UI: CLC/PUI) を構築する。

2 紙への着色を UI に用いた色光制御システム

2.1 システムの概要

CLC/PUI は紙への着色を UI に用い、任意の場所に任意の色光を提供するシステムである。直感的に使用できるクレヨンや色鉛筆などの着色画材と紙を UI として用いるため誰でも使用できる。

CLC/PUI はビジョンセンサ、フルカラー LED 照明および、制御用コンピュータを同一ネットワーク上に接続して使用する。UI とする紙は、ビジョンセンサの範囲内に設置して使用する。CLC/PUI の構成図を Fig.1 に示す。

2.2 紙による UI およびそのセンシング

CLC/PUI は UI として紙を用いる。CLC/PUI の UI を Fig.2 に示す。UI とする紙には着色部分とセンシング部分があり、着色部分にはユーザが要求する色をクレヨンで着色する。着色部分内の RGB 値をビジョンセンサでセンシングすることによって、ユーザが要求する色を調べることができる。センシング部分は、センシング部分内の RGB 値をビジョンセンサでセンシングすることによって、現在の色光環境を調べることができる。

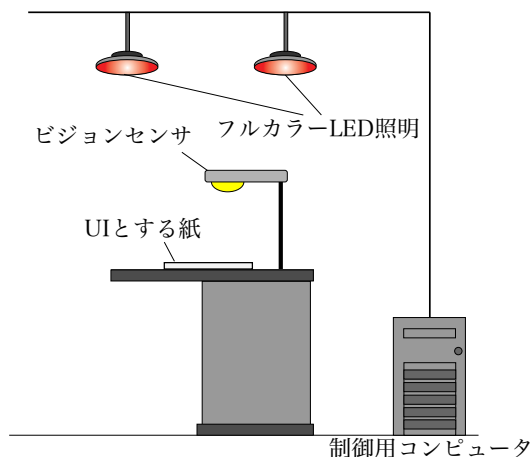


Fig. 1 CLC/PUI のシステム構成図

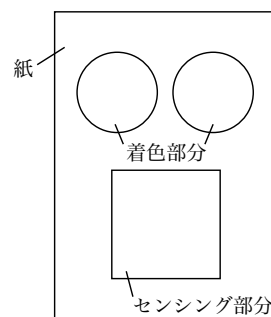


Fig. 2 CLC/PUI の UI

2.3 制御アルゴリズム

CLC/PUI の制御は、ビジョンセンサを用いて UI である紙をセンシング対象として定期的に制御用コンピュータへと画像を送信し、その送信された画像から色情報を抽出することで、その値を元にフィードバック制御を行う。これを繰り返し行うことで目標の色光環境を提供する。CLC/PUI で目標の色光探索を行うために用いた目的関数を式 (1) に示す。

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

L^*, a^*, b^* : 目標の色光の色情報

L', a', b' : 現在の色光の色情報

CLC/PUI は式 (1) で形式化した目的関数を最小化するように制御を行うことで、目標の色光を実現する。

CLC/PUI の制御の流れを以下に示す。

- (1) ユーザが UI を任意の色で着色し，ビジョンセンサの範囲内に設置
- (2) LED の色光を白色光にして点灯
- (3) ビジョンセンサが UI 画像を取得し，目標となる色の RGB 値を取得
- (4) $\pm 20\%$ の近傍でランダムに光度を変化
- (5) ビジョンセンサが UI 画像を取得し，現在の色環境の RGB 値から目的関数を算出
- (6) 評価値が改善している場合は (4) へ，悪化した場合は前の色光に戻し (4) へ

上記 (4)～(6) の動作を 1 ステップとし，LED 照明における各色の要素に対して制御を行う。1 ステップにかかる時間は 2 秒とした。これを繰り返し制御することで，ユーザの要求する色光環境を実現する。

3 評価

3.1 実験概要

CLC/PUI を用いた場合における目標の色光環境の実現について検証する。検証実験は，CLC/PUI を用いて目標の色光へと制御を行い，色度を評価値に用いて目標の色光環境を実現可能か評価する。

3.2 実験環境

検証実験は制御する照明以外を全て消灯した暗室で行う。使用機器は，赤・青・緑の 3 色の光源を調光可能な Philips 社製フルカラー LED 照明 Hue1 台，ビジョンセンサ 1 台および制御用コンピュータ 1 台を用いて行う。UI を着色する色は色 1[225, 58, 249]，色 2[255, 250, 53]，色 3[93, 250, 253] の 3 色とし，色 1 と色 2 の 2 色を入力するパターン A，色 2 と色 3 の 2 色を入力するパターン B，色 1 と色 3 の 2 色を入力するパターン C の 3 つの UI を作成して使用する。

3.3 実験結果

CLC/PUI を用いた場合における目標の色光への実現できるかどうかの検証実験を行った。3 パターンの UI に入力した 2 色の色と，その 2 色に対して減法混色を行った結果を Fig.3 に示す。

また，3 パターンの UI で目標の色光を決定し，CLC/PUI を制御した場合における色差の履歴を Fig.4 に示す。色差の履歴は縦軸が色差を表し，横軸がステップ数を表している。また，JIS が定める工業利用における色差の許容範囲で，超えると別の色という認識になるとされている色差 25.0^2 を破線で図中に示す。

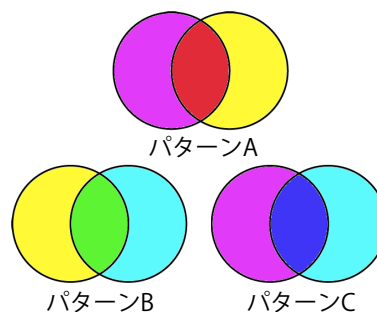


Fig. 3 入力する 2 色の色とそれらを混色した結果

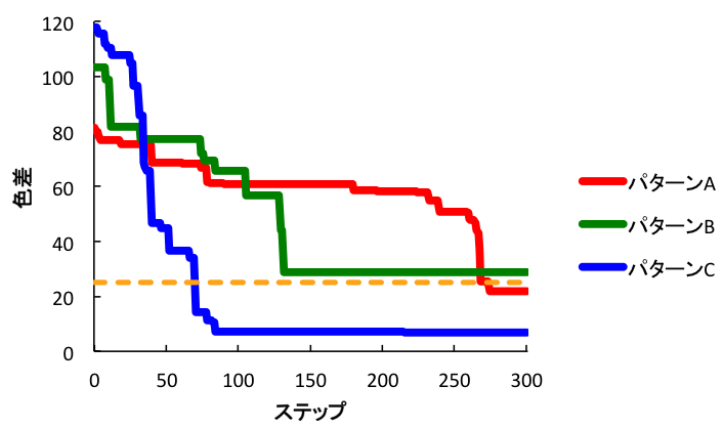


Fig. 4 色差の履歴

Fig.4 を見ると，どのパターンの UI を使用した場合でも色差が小さくなり，目標の色光へと近づいたことが確認できる。

パターン A の UI を使用した場合，300 ステップ時の色度と目標の色度とは 21.9 の色差があり，パターン B の UI を使用した場合は 28.7 の色差があり，パターン C の UI を使用した場合は 6.8 の色差があった。

3.4 考察

上記の結果から CLC/PUI を用いて，目標の色光へと近付けることが可能なことがわかった。しかし，CLC/PUI は目標の色光を探索できる場合とできない場合があり，CLC/PUI を使用する環境にあわせて明度変化の有無や光度変更幅を適切に変更することで，要求された色光環境をより正確に提供できるようになる。

また，最適解を探索する速度を高速化する必要もある。今回は白色光から少しずつ目標の色光環境に近づけているが，1 ステップ目で目標の色光に近い色光に制御し，2 ステップ目からフィードバック制御で色差を小さくしていくと高速化が実現できると考える。

参考文献

- 1) PHILIPS. Philips hue. <http://meethue.com>.
- 2) JIS. JISZ8721:色の表示方法-三属性による表示. 1993.