

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、日光や他の照明などの外乱の影響を受けるといった問題がある。

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づ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 CLC/PUI

2.1 CLC/PUI 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 とそのセンシング

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マーカーがあり、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。着色部分は 1 箇所だけの着色でも、色光の制御が可能である。マーカーは、マーカー内の 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。

UI である紙からビジョンセンサでユーザが要求する色をセンシングする流れを以下に示す。

- (1) UI の紙から着色部分を検出
- (2) 着色部分の RGB 値を取得
- (3) ユーザによる着色が 2 色の場合は、その 2 色に対し

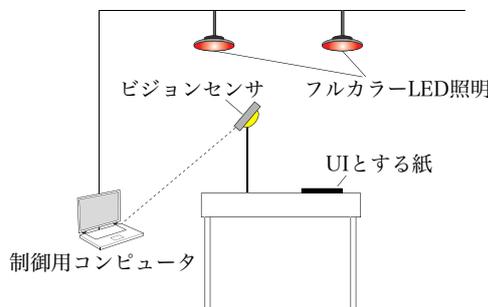


Fig.1 CLC/PUI のシステム構成図

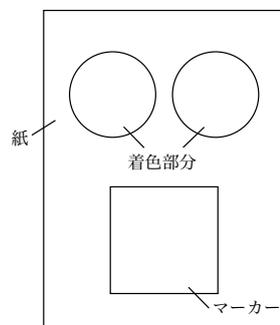


Fig.2 CLC/PUI の UI

て減法混色を行い、目標とする RGB 値を算出

UI である紙からビジョンセンサで現在の色光環境をセンシングする流れを以下に示す。

- (1) UI の紙からマーカーを検出
- (2) マーカー内の RGB 値を取得

上記の動作を行うことで、ユーザが要求する色光環境と現在の色光環境の RGB 値を比較することができる。

2.3 CLC/PUI の制御アルゴリズム

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。

$$f = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2} \tag{1}$$

L^*, a^*, b^* : $L^*a^*b^*$ 表色系における色情報の値

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) LED の色光を白色光にして点灯
- (2) ユーザが任意の色で UI となる紙に円を描き、目標の色光を選択
- (3) 作成した UI をビジョンセンサの範囲内に設置
- (4) ビジョンセンサが UI 画像を取得
- (5) 画像解析を行い、ユーザーが要求する色の RGB 値を取得
- (6) $\pm 20\%$ の近傍でランダムに光度を変化
- (7) ビジョンセンサが UI 画像を取得
- (8) 画像解析を行い、現在の色環境の RGB 値を取得
- (9) (8) の色情報を元に目的関数を算出
- (10) ビジョンセンサが UI 画像を取得
- (11) 画像解析を行い、現在の色環境の RGB 値を取得
- (12) 目的関数を算出し、評価値が改善している場合は (6) へ
- (13) 評価値が悪化した場合は前の色光に戻し、(6) へ

上記の動作を 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 秒である。これを繰り返し制御することで、ユーザー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実現可能か評価した。

検証実験は、マゼンダ [225, 58, 249], イエロー [255, 250, 53] の 2 色を入力する M+Y パターン、マゼンダ [225, 58, 249], シアン [93, 250, 253] の 2 色を入力する M+C パターン、イエロー [255, 250, 53], シアン [93, 250, 253] の 2 色を入力する Y+C パターンの 3 パターンで UI を着色した。

3.2 実験環境

検証実験は KC111 で行う。使用機器は、赤・青・緑・黄の 4 色の光源を調光可能な SHARP 製フルカラー LED 照明 29 台、ビジョンセンサ 1 台、制御用コンピュータ 1 台および任意の色の円が描かれた紙を用いて行う。

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 から入力された 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度差の履歴を Fig.4 に示す。色度差の履歴は縦軸が色度差を表し、横軸がステップ数を表している。

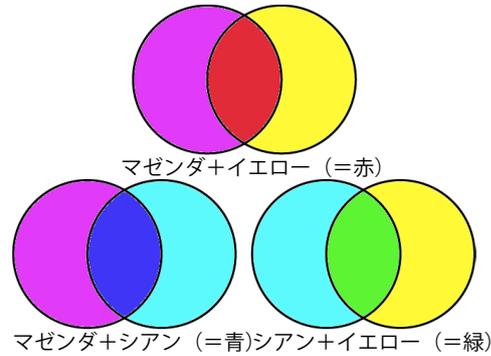


Fig.3 入力された 2 色の色とそれらを混色した結果

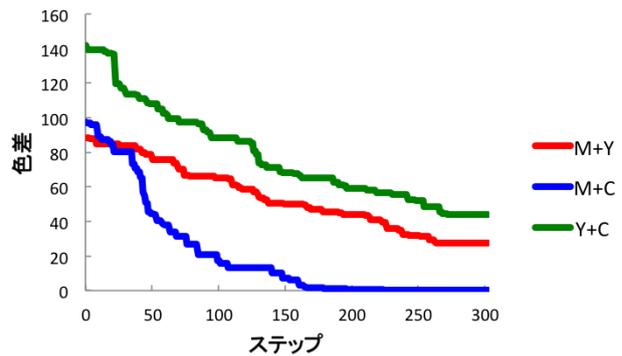


Fig.4 色度差の履歴

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

M+Y パターンの 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 27.5 の色度差があり、M+C パターンの UI を使用した場合は 0.3 の色度差があり、Y+C パターンの UI を使用した場合は 43.8 の色度差があった。

3.4 考察

上記の結果から CLC/PUI を用いて、目標の色光へと近づいたことがわかった。しかし、JIS が定める工業利用における色度差の許容範囲では、色度差が 25.0 を超えると別の色という認識になるとされているため²⁾、色光環境の探索において M+C パターン以外は 300 ステップ以内に最適解を見つけることができていない。そのため、今後もアルゴリズムの改善が必要であることが考えられる。

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