

2N-5 多目的シミュレーテッドアニーリングを用いた知的 LED 照明システム

三木 光範[†] 廣安 知之[†] 日和 悟^{††}

[†]同志社大学工学部 ^{††}同志社大学工学部学生

1 はじめに

照明システムの高度化が進むにつれ、照明システムに対する要求は省エネルギー性やユーザビリティなどに留まらず、個々のユーザの要求に沿った環境を提供することが望まれている。その一例として、光の色を変えることによる部屋の雰囲気制御が挙げられる。人間の気分は光の色によって左右されることがある。例えば蛍光灯の白い光と白熱灯のオレンジ系統の光を比べれば、蛍光灯の光の方が人間の緊張感は高まり、逆に白熱灯の光は気分を和やかにするだろう。このように、光の色を制御することにより、我々の生活環境は大きく変化すると考えられる。

本研究では、RGB3 色の発光ダイオード (Light Emitting Diode: LED) を用い、それらの光度を自律的に制御することによって、任意の場所に任意の色の光を提供する知的 LED 照明システムの提案を行う。さらに、このシステムを制御するアルゴリズムとして、Serafini によって提案された多目的シミュレーテッドアニーリング [1] を適用し、シミュレーションを用いてその有効性を検証する。

2 知的 LED 照明システムとは

知的 LED 照明システムは、光源として RGB3 色の LED を用い、それらの光度を個々に制御することで、自律的に任意の場所に任意の色の光を提供するものである。

知的 LED 照明システムは、RGB3 色の LED を正方形のパネルに多数埋め込んだ LED パネルと、光の色を感知し数値化する色彩照度計から構成される (図 1)。図 1 の (a) のように、LED パネルを任意の高さに設置し、その下の任意の場所に色彩照度計を複数個設置する。ユーザは目標色の情報を色彩照度計に設定するだけで、要求した色の光が提供されるような点灯パターンが実現される。

図 1 の (b) のように、LED パネルには RGB3 色の

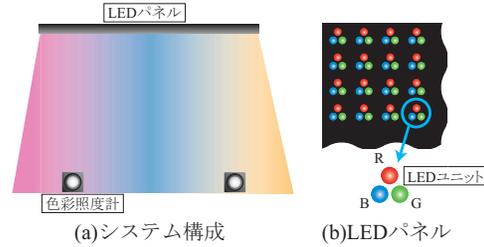


図 1: 知的 LED 照明システムの構成

LED を固めて配置する (以下、これを LED ユニットと呼ぶ)。すなわち、LED パネルには、縦横同数の LED ユニットが任意の数だけ設置されている。

3 知的 LED 照明システムの制御アルゴリズム

3.1 多目的シミュレーテッドアニーリングの適用

知的 LED 照明システムでは、複数地点における目標色と現在の色との誤差が最小となるような点灯パターンを求める。しかしこのような状況において、すべての地点における色誤差を同時に最小化することは非常に困難である。例えばある地点の誤差を最小化しようとした場合、他の地点での誤差が大きくなるといった状況が考えられる。すなわち、複数地点における色誤差が互いにトレードオフの関係をもつ場合が存在するというのである。

このようなトレードオフの関係を考慮しつつ、互いに競合する複数目的のもとで最適解を求める問題は、多目的最適化問題と呼ばれ、非常に難しい問題である。本研究では多目的最適化アルゴリズムとして、多目的シミュレーテッドアニーリング (Multi-Objective Simulated Annealing: MOSA) を用い、知的 LED 照明システムの制御を行う。

3.2 目的関数

本研究では、設計変数を各 LED の光度、色を表す座標系に RGB を用いるものとし、目的関数を式 1 のように定める。

$$f_j(x) = (\Delta R_j^2 + \Delta G_j^2 + \Delta B_j^2)^{\frac{1}{2}} + \lambda(\Delta K_{R_j}^2 + \Delta K_{G_j}^2 + \Delta K_{B_j}^2) \quad (1)$$
$$(j = 1, \dots, J)$$

$(\Delta R_j, \Delta G_j, \Delta B_j)$ は計測点における現在の RGB 値と目標 RGB 値との誤差である。 $(\Delta K_{R_j}, \Delta K_{G_j}, \Delta K_{B_j})$ は RGB 比の誤差を表し

Intelligent LED Lighting System using Multi-Objective Simulated Annealing

[†] Mitsunori MIKI(mmiki@mail.doshisha.ac.jp)

[†] Tomoyuki HIROYASU(tomo@is.doshisha.ac.jp)

^{††} Satoru HIWA(shiwa@mikilab.doshisha.ac.jp)

Department of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University ([†])

Undergraduate Student, Doshisha University (^{††})

1-3 Miyakodani, Tatara, Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan

ている．RGB 比は，RGB 値の要素のうち最大の要素ですべて要素を割ったものである．重み λ は RGB 比を重視する度合いを定めるパラメータである．なお，各目的関数は計測点に対応しているため，目的関数の数と計測点の数は一致する．

4 数値実験

知的 LED 照明システムの制御アルゴリズムとしての MOSA の有効性を検証するため，シミュレーターによる実験を行う．シミュレーターでは RGB 値を RGB の LED から得られる照度を元に算出する．照度の算出には，逐点法 [2] を用いた．

4.1 実験概要

ここでは，計測点の色誤差の間にトレードオフの関係が存在するかを検証する．実験環境は，縦横それぞれ 10 個の LED ユニットを 2[cm] 間隔でパネルに埋め込み，パネルを高さ 10[cm] に設置した環境を想定する．このとき，パネルの縦横の長さはそれぞれ 18[cm] である．LED ユニットの直径は無視する．また，計測点は 2 点とし，それぞれ計測点 1，計測点 2 と呼ぶ．実験を行う環境を表 1 に示す．

表 1: 計測点の位置

| | 座標 (x, y) | 目標 RGB 値 (R, G, B) |
|-------|--------------|----------------------|
| 計測点 1 | (0.08, 0.00) | (100, 0, 0) |
| 計測点 2 | (0.10, 0.18) | (0, 0, 100) |

シミュレーションの関係上，計測点の位置を表すために座標を与えなければならない．座標は LED パネルの左隅の真下の地点を原点とし，単位を [m] として座標を与えている (図 2)．

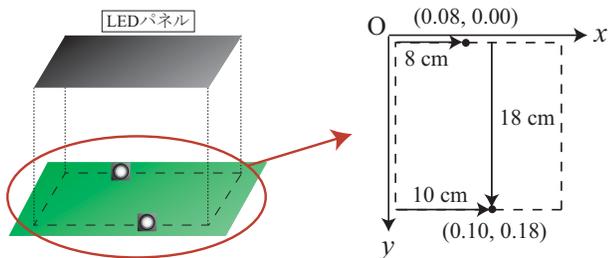


図 2: 座標の与え方

4.2 実験結果と考察

実験で得られた非劣解集合を図 3 に示す．なお，図 3 では，10 試行で得られた非劣解集合をすべてプロットしている．図 3 より，表 1 の環境において，計測点の色誤差の間にトレードオフの関係があることがわかる．

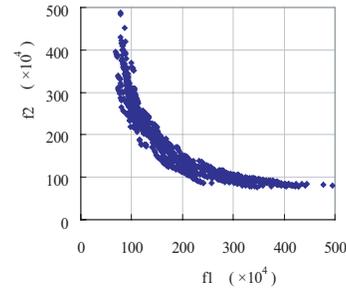


図 3: 実験で得られた非劣解集合

10 試行の結果のうち，ある 1 試行の結果の非劣解集合から， f_1 の値が最小値，中央値，最大値になっているときの計測点の RGB 値を表 2 に示す．ここで， f_1 は計測点 1 の色誤差を表すため， f_1 が最小値であるということは，計測点 1 の色誤差が最も小さくなるということである．結果より， f_1 の値が大きくなるにつれ，計測点 1 の RGB 値が目標 RGB 値である $(R, G, B) = (100, 0, 0)$ から遠ざかっていることがわかる．またこのとき，計測点 2 の色は目標値である $(R, G, B) = (0, 0, 100)$ に近づいていることから，トレードオフの関係が存在することがわかる．

表 2: 実験結果における計測点の RGB 値

| f_1 の値 | 計測点 1 (R, G, B) | 計測点 2 (R, G, B) |
|----------|-------------------|-------------------|
| 最小値 | (109, 14, 26) | (45, 20, 85) |
| 中央値 | (98, 15, 29) | (41, 22, 92) |
| 最大値 | (85, 23, 50) | (26, 18, 113) |

5 まとめ

本研究では，任意の場所に任意の色の光を提供する知的 LED 照明システムの提案を行い，計算機によるシミュレーションを行った．その結果，複数の計測点の色誤差の間にトレードオフの関係が存在する場合があることを確認し，多目的最適化アルゴリズムである MOSA による制御を行うことによって，目標色に近い解を求めることができた．以上より，知的 LED 照明システムという新たな調色システムの有効性が示された．

参考文献

- [1] Serafini P., Simulated Annealing for multiple objective optimization problems, *Proceedings of the Tenth International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, Taipei 19-24.07, vol.1, 87-96, 1992.
- [2] 池田紘一, 他 (編). 電気工学ハンドブック, 42 編, 電気学会, 第 6 版, 2001.