

SHC を用いた照明制御シミュレータ

田中 慎吾

1 はじめに

本研究室では、ユーザの要求に応じて照明を制御する知的照明システムの研究を行っている¹⁾。知的照明システムでは、照明が自律的に光度を制御するための照明制御アルゴリズムが重要である。そこで、制御アルゴリズムの研究の第 1 段階として、コンピュータ上に実環境を模擬した数値シミュレータを実装する。数値シミュレータを用いることで、容易に様々な実験環境における検討を行うことができる。さらに、GUI を用いて、照明の光度状況や照度変化の様子を可視化することで、照明や照度の変化を視覚的に細かく把握することができる。

本報告では、制御アルゴリズムとして汎用的な最適化手法である確率的山登り法 (Stochastic Hill Climbing : SHC)²⁾ を用いた照明制御シミュレータを作成し、その有効性や照度変化の様子について検討する。

2 SHC を用いた照明制御シミュレータ

2.1 システムの概要

本システムは、任意の場所に設定した各センサの目標照度を満たし、かつ使用電力量の最小化を行い、そのときの各蛍光灯の光度を表示するシステムである。ユーザはセンサの数、各センサの位置や目標照度、近傍、および探索回数を変更することができる。そのため、ユーザは任意の状況下での照明制御シミュレーションを行うことができる。また、本システムは知的照明実験室 (KC119) を模倣し、照明の位置や高さを設定している。

2.2 照明制御アルゴリズム

本システムでは照明制御アルゴリズムに SHC を用いた。SHC は最適化アルゴリズムの一つで、現在の解の近傍にランダムに次の解を生成し、目的関数が改良された場合にのみ受理する。これを繰り返すことで最適解を得ることができる。

アルゴリズムの流れを以下に説明し、Fig. 1 にフローチャートを Eq.1 に目的関数を示す。

1. 初期設定

ユーザがセンサの数、各センサの位置や目標照度、近傍、探索回数、および表示速度の設定を行う。

2. 目的関数の計算

センサの情報 (現在照度, 目標照度), および使用電力量を基に目的関数の計算を行う。

3. 次光度の生成

各蛍光灯は現在光度の近傍内にランダムに次光度を生成する。

4. 次光度の目的関数の計算

センサの情報, および使用電力量を基に次光度に

おける目的関数の計算を行う。

5. 受理判定

ステップ 2 と 4 の目的関数値を比較し、改良されている場合は次光度を受理し、そうでない場合は元の光度に戻す。

6. 終了判定

ステップ 2~5 を 1 回の探索とし、ステップ 1 で設定した探索回数を満たしていれば終了する。満たしていなければステップ 2 に戻る。

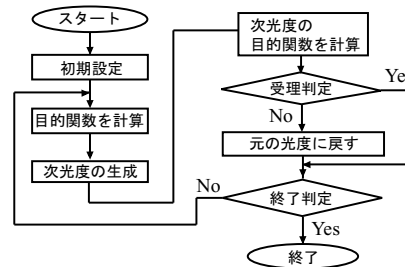


Fig.1 アルゴリズムの流れ (出典 : 自作)

$$f = P + w \sum_{j=1}^n g_j \tag{1}$$

$$P = \sum_{i=1}^m Cd_i$$

$$g_j = \begin{cases} 0 & (Lc_j - Lt_j) \geq 0 \\ (Lc_j - Lt_j)^2 & (Lc_j - Lt_j) < 0 \end{cases}$$

n, j : 照度センサの数および指標, P : 消費電力

m, i : 照明の数および指標, Cd : 現在の光度

Lt : 目標照度, Lc : 現在の照度, w : 重み

2.3 システムの機能

本システムの初期画面を Fig. 2 に示す。以下に本システムの機能を述べる。

1. 部屋状態表示部

知的照明実験室を模倣して、15 灯の蛍光灯が設置されている。各蛍光灯の光度値を常に表示し、光度変化に応じて光の大きさが変化する。また、センサ設定部のセンサ数に応じてセンサが表示される。実行時には、各センサの現在照度を表示する。

2. センサ設定部

センサの数, 位置, および目標照度を設定する。部屋状態表示部の左上が原点となっており、横を x 軸, 縦を y 軸とし、それぞれ 9.6m, 9.0m までの範囲でセンサの位置を設定できる。x, y 座標を入力後、センサセットボタンを押すことでセンサの位置を設定

する。また、部屋表示部の各センサを直接ドラッグして移動させることで、センサの位置を変更することもできる。

3. 近傍設定部

次光度を生成する時に使用する近傍の範囲を設定する。

4. 探索回数設定部

探索回数を設定する。

5. 速度設定部

スライダーを用いて、部屋状態表示部の切り替え速度を設定する。

6. 実行ボタン

各パラメータに基づき、照明制御シミュレーションを開始する。

7. 初期化ボタン

光度を初期状態である 100%に戻す。

8. 結果表示

全点灯時の使用電力量を 100%とした場合の使用電力量を表示する。また、目的関数値も表示する。

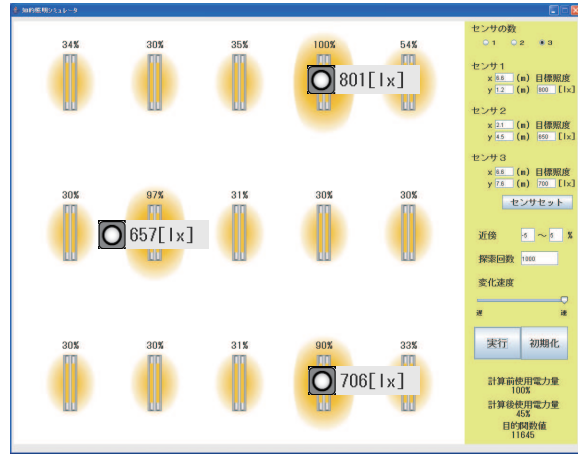


Fig.3 実行結果 (出典：自作)

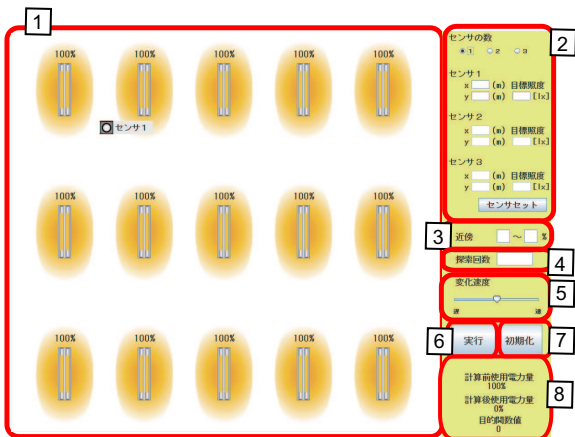


Fig.2 初期画面 (出典：自作)

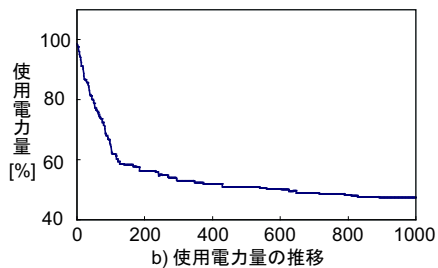
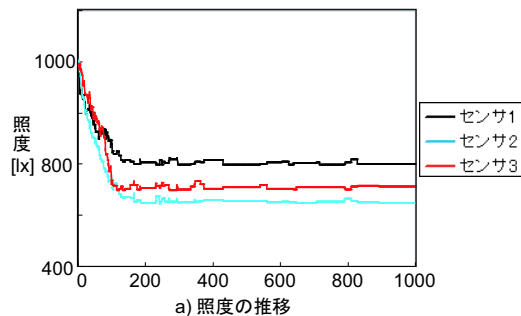


Fig.4 照度, 使用電力量の推移 (出典：自作)

3 数値実験による SHC の有効性の検証

作成したシステムを用いて数値実験を行った。Table 1 に実験で用いたパラメータを示す。実行結果を Fig. 3 に、照度と使用電力量の推移のグラフを Fig. 4 に示す。

Table1 パラメータ

センサ数	3
センサの位置	(6.6, 1.2), (2.1, 4.5), (6.6, 7.6)
センサの目標照度 [lx]	800, 650, 700
近傍	-5%~+5%
探索回数	1000

Fig. 3 より、各センサの照度が目標照度に収束し、使用電力量が全点灯時の 45%まで減少したことが確認できた。これはセンサから遠い蛍光灯の光度が低くなっているためだと考えられる。

Fig. 4 より各センサの照度は 200 ステップ程度で目標照度に収束した。しかし、この時センサから少し離れた

蛍光灯が高い点灯率であった。そのため、使用電力量の最小化にはより多くのステップ数を要していた。これは、SHC が照明と照度センサの位置関係を把握するメカニズムを保持していないため、効率的な制御を行えていないためであると考えられる。

4 まとめ

本報告では SHC を用いた照明制御シミュレータを作成した。作成したシミュレータを用いた数値実験により、SHC が照明制御アルゴリズムとして有効であることが確認できた。今後は、より効率的な探索が可能なアルゴリズムの開発を目指す。

参考文献

- Miki M, Hiroyasu T, Imazato K, Proposal for an Intelligent Lighting System and Verification of Control Method Effectiveness, Proc IEEE CIS, pp520-525, 2004.
- 米澤 基. 知的照明システムのための自律分散最適化アルゴリズム. 同志社大学大学院工学研究科知識工学専攻修士論文, 2005.