

ユーザの要求する照度および色温度を実現する知的照明システム ～重回帰分析を用いた収束時間の高速化～

Intelligent Lighting System Realizing the Illuminance and Color Temperature Defined by Users' Demands

- Convergence-Time Acceleration Using Multiple Linear Regression Analysis -

三木 光範* 加來 史也† 廣安 知之‡ 吉見 真聡*
Mitsunori Miki Fumiya Kaku Tomoyuki Hiroyasu Masato Yoshimi

1. はじめに

近年、オフィス環境を改善することでオフィスワーカーの知的生産性の向上を求める声が高まっており、オフィスにおける光環境の改善に関する研究が行われている。さらに、ユーザにとって適切な明るさ（照度）および光の色（色温度）を提供することで、知的生産性が向上するという報告がなされている [1]。

このような背景から、照度および色温度を個別制御する知的照明システムが提案されている [2]。このシステムは、各照明の点灯の強さ（光度）を変化させ、その際の照度や色温度の評価を行うことで、徐々にユーザの要求する照度および色温度に近づける。ただし、この手法ではユーザの要求を実現するまでに 100 ステップ程度の探索回数が必要となる。そこで、より少ない探索回数でユーザの要求を実現するために、各照明の光度と各照度センサにおける照度の関係を定式化することで、探索を行わずにユーザの要求を実現する手法を提案する。

本報告では、重回帰分析を用いた光度と照度の関係の定式化手法、定式を用いてユーザの要求を実現する点灯パターンの生成手法、およびその実験結果について述べる。

2. 照度と色温度の性質

ユーザの要求する照度と色温度を基に各照明の光度を決定するために、照度と色温度の性質の把握が必要となる。そこで、予備実験により照度と色温度の性質を検討した。なお、光源として白色照明（色温度 4500K）、電球色照明（色温度 2800K）を用いた。以下に、予備実験により得られた結果を示す。

1. 照度は、照明の光度に比例する
2. 照度は、白色照明による照度と電球色照明による照度の和で決定する
3. 色温度は、白色照明による照度と電球色照明による照度の比で近似できる

以上の結果から、白色照明による照度と電球色照明による照度を制御することで、ユーザの要求する照度および色温度を実現できると考えられる。そこで、照度を制御するために、照度と光度の関係を明確にすることが必要となる。

3. 照度と光度の関係の定式化手法

照度と光度の関係を明確にすることで、ある照度を実現する光度が算出可能となる。そこで、重回帰分析を用

いて照度と光度の関係を定式化する。具体的な処理の流れを以下に示す。

1. 知的照明システム [2] を数十ステップ動作させる
2. 1 の過程で光度変化量および照度変化量を取得する
3. 光度変化量と照度変化量について重回帰分析を行う

以上の処理により、照度と光度の関係を表す重回帰式が生成できる。これを式 (1) に示す。

$$I = \sum_{i=1}^n r_i * L_i \quad (1)$$

I : 照度 n : 照度センサの数

r_i : 重回帰係数 L_i : 照明 i の光度

4. ユーザの要求を実現する点灯パターンの生成手法

4.1 提案手法の概要

ユーザの要求を実現する点灯パターンを照度と光度の関係式を基に生成する具体的な手法について述べる。

2 章で述べた照度と色温度の性質を基に、ユーザの要求を実現するために必要な白色照明による照度および電球色照明による照度を算出する。そして、それぞれの照度を実現する点灯パターンを式 (1) を用いて別々に生成し、組み合わせることでユーザの要求を実現する点灯パターンを生成する。

4.2 目標を実現する点灯パターンの生成

照度と光度の関係式から目標照度を実現する点灯パターンを生成する。具体的な処理の流れを以下に示す。

1. 式 (1) の重回帰係数が大きい順に照明を並び替える
2. 1 の順序に従って照明の光度を式 (1) により算出する
3. 目標照度が実現されるまで 2 の処理を繰り返す

この処理を、白色照明と電球色照明それぞれで別々に行い、白色照明の点灯パターンと電球色照明の点灯パターンを生成する。そして、2 つの点灯パターンを組み合わせることで、目標照度と目標色温度を実現する点灯パターンを生成する。

4.3 複数の目標を実現する点灯パターンの近似

ユーザの要求が複数である場合、各ユーザの要求を実現する点灯パターンを、その照度分布に応じて補正し、組み合わせることで、近似的に全てのユーザの要求を実現する。具体的な処理の流れを以下に示す。

1. 各ユーザの要求を実現する点灯パターンを別々に生成する
2. 各点灯パターンが全ての照度センサに及ぼす照度を式 (1) を基に推定する
3. 2 の結果を基に各点灯パターンの補正比率を算出する
4. 各点灯パターンを補正比率に応じて補正し、加算する

*同志社大学理工学部

†同志社大学大学院

‡同志社大学生命医科学部

3の補正比率は、式(2)を各点灯パターンごとに生成し、連立方程式として解くことで、補正比率を算出する。

$$\sum_{j=1}^n r_j * I_{jk} = I_k \quad (2)$$

n : 照度センサの数 r_j : 点灯パターン j の補正比率

I_{jk} : 点灯パターン j による照度センサ k における照度

I_k : 照度センサ k の目標照度

以上の処理によって、複数の目標照度および目標色温度を実現する点灯パターンが近似的に生成できる。

5. 提案アルゴリズムの検証

5.1 実験環境

従来からの知的照明システムの最適化アルゴリズム [2] (以下、従来手法と呼称する)、および提案手法の照度および色温度の収束状況を検証し、それぞれがユーザの要求を実現するまでの探索時間の比較を行った。

実験環境を図1に示す。図1のように、白色照明15

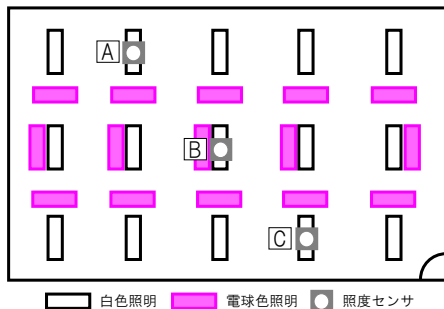


図1: 実験環境

灯と電球色照明15灯を光源とし、照度センサを3基設置した。各照度センサに表1に示す目標を設定した。

表1: 目標設定

	目標照度 [lx]	目標色温度 [K]
A点	700	4200
B点	900	3700
C点	600	3300

5.2 照度および色温度の収束状況

既存手法による照度履歴を図2に、提案手法による照度履歴を図3にそれぞれ示す。なお、縦軸は照度 [lx]、横軸は探索回数を表す。

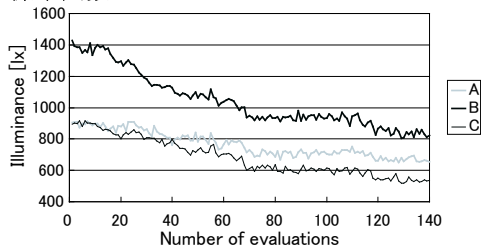


図2: 既存手法による照度履歴

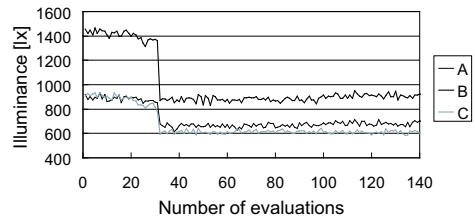


図3: 提案手法による照度履歴

従来手法では、全ての点において目標照度を実現するまでに80秒程度要した。一方、提案手法では、30秒程度で全ての点において目標照度を実現した。このことから、提案手法が従来手法よりも少ない探索時間でユーザの要求する照度を実現できることが確認できた。

既存手法による色温度履歴を図4に、提案手法による色温度履歴を図5にそれぞれ示す。なお、縦軸は色温度 [K]、横軸は探索回数を表す。

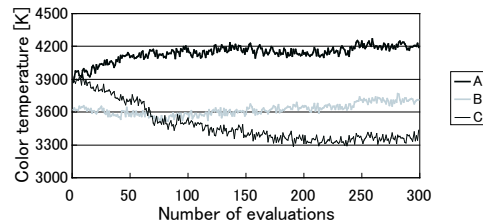


図4: 既存手法による色温度履歴

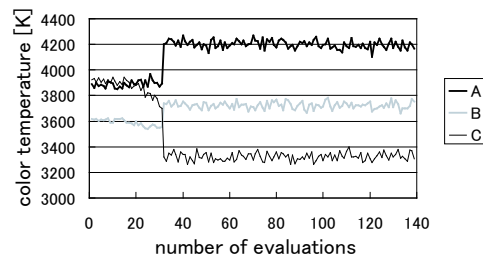


図5: 提案手法による色温度履歴

従来手法では、全ての点において目標色温度を実現するまでに200秒程度要した。一方、提案手法では、30秒程度で全ての点において目標照度を実現した。このことから、提案手法が従来手法よりも少ない探索時間でユーザの要求する照度を実現できることが確認できた。

以上の結果から、提案手法が従来手法よりも探索時間の観点において優れていることが確認できた。

参考文献

- [1] 大林 史明ら：オフィスワークの生産性・快適性改善のための環境制御法の研究－照明制御法の開発と実験的評価、ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006, Vol.1, No.1322, pp.151-156, 2006
- [2] 芦辺 麻衣子, "知的照明システムにおける照度と色温度の個別分散制御", 情報処理学会研究報告, Vol.2008, No.126(2008/12/17.18), pp.69-72, 2008