

# 照度・色温度に対する満足度評価と満足度を最大化する知的照明システム

坂東 航

Wataru BANDO

## 1 はじめに

著者らは、執務者の快適性や省エネルギー性の向上を目的とし、オフィスの光環境を改善する知的照明システムの研究を行なっている<sup>1)</sup>。知的照明システムは、最適化手法に基づいて照明を個別に制御することにより、各執務者が要求する照度および色温度を個別に実現する。しかし、使用する天井照明の配光角や設置間隔、オフィスレイアウトの関係により隣接する執務者が大きく異なる照度および色温度を要求したとき、それらを同時に実現できない場合がある。

一方で、光環境の許容領域には個人差があることが報告されており<sup>2)</sup>、満足できる照度および色温度の範囲の広さには個人差があると考えられる。そのため、各執務者が要求する照度および色温度を実現できない場合は、満足できる範囲が狭い執務者が要求する照度および色温度を優先的に実現することで全体の執務者の満足度を向上できる。そこで本研究では、各執務者が要求する照度および色温度を実現できない場合に、各執務者の満足度に基づいた照明の最適化制御により全執務者の合計満足度を最大化する知的照明システムを提案する。

## 2 照度・色温度に対する満足度評価

### 2.1 満足度の識別モデルの作成

満足度に基づいた照明の最適化制御を行うためには、現在の照度と色温度に対する執務者の満足度を評価する必要がある。しかし、最適化の途中で執務者が満足度を評価することは執務の妨げになり実用化が容易ではない。そこで本研究では、執務者に対して事前に照度と色温度に対する満足度の計測を行い、その結果からパターン認識によって満足度の識別モデルを作成する。この識別モデルにより最適化途中で必要となる任意の照度と色温度に対する満足度の評価を行う。満足度の識別モデルの作成には、教師あり学習によるパターン認識手法の1つである Support Vector Machine (以下、SVM) を用いる。

本実験では、3名の被験者に対してランダムに提示した60組の照度と色温度に対する満足度の計測実験を行った。満足度は「満足」「やや満足」「普通」「やや不満」「不満」の5段階で計測した。そして、計測した満足度を教師データとして被験者ごとに満足度の識別モデルを作成した。

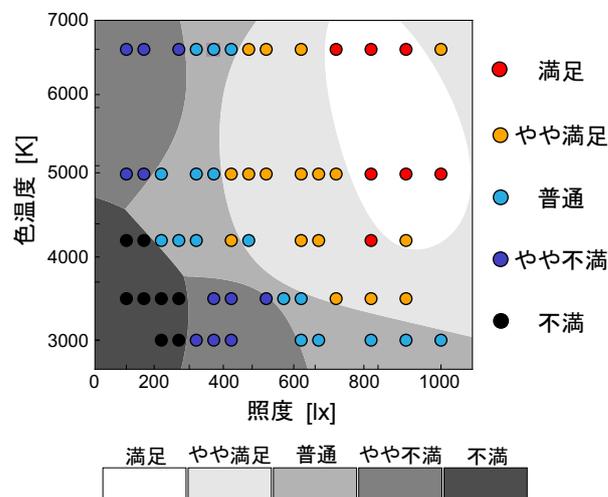


Fig. 1 被験者 A の識別モデル

### 2.2 作成した満足度の識別モデル

SVMにより作成した満足度の識別モデルの一例を Fig. 1 に示す。グラフのプロットは教師データに用いた満足度を表す。赤色のプロットは「満足」を表し、黒に近くにつれて「不満」を表す。また、グラフの背景の色分けは SVM により識別された各満足度の領域を表す。Fig. 1 より、被験者 A は高照度の領域において満足度が高くなっていることがわかる。この識別モデルにより、被験者 A の任意の照度と色温度に対する満足度を評価することが可能になった。

## 3 満足度を最大化する知的照明システム

各執務者の目標照度および目標色温度が実現できない場合に、全執務者の満足度の合計を最大化する知的照明システムを提案する。

提案手法は 2 章で述べた満足度の識別モデルを用いて満足度の評価を行い、後述する照明制御アルゴリズムによって全執務者の満足度の合計を最大化する。提案手法の照明制御アルゴリズムは汎化的な最適化手法である確率的山登り法を基に作成した。提案手法の照明制御アルゴリズムを以下に示す。また、提案手法で用いる目的関数を式 (1) に示す。提案手法はこの目的関数を最大化することを目的とする。なお、目的関数は 5 段階の満足度「満足」「やや満足」「普通」「やや不満」「不満」をそれぞれ 5~1 でスコア化し算出する。

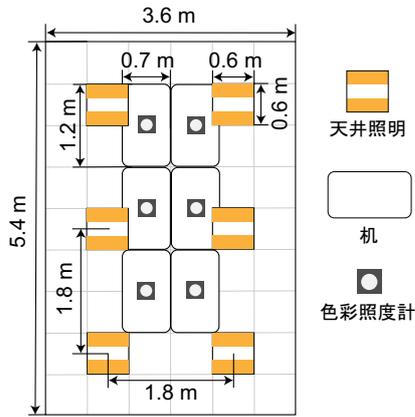


Fig. 2 シミュレーション環境

1. 満足度の識別モデルを用いて現在の照度と色温度に対する満足度を評価し、目的関数値を算出する。
2. ランダムに選択した執務者の目標照度および目標色温度を満足度が下らない範囲内で変化する。
3. 知的照明システムによる照明制御を行う。
4. 満足度の識別モデルを用いて現在の照度と色温度に対する満足度を評価し、目的関数値を算出する。
5. 目的関数値が向上している場合は変更を受理し、そうでない場合は変更を棄却する。
6. 1. に戻る

$$f = \sum_{i=1}^n S_i \quad (1)$$

$$S_i = g_i(I_c, T_c)$$

$n$ : 執務者数,  $i$ : 執務者番号  
 $S_i$ : 満足度,  $g_i$ : 識別モデル  
 $I_c$ : 現在照度,  $T_c$ : 現在色温度

#### 4 提案手法の有効性検証実験

##### 4.1 検証実験の概要

提案手法の有効性を示すため、シミュレーションによる検証実験を行った。実験は Fig. 2 に示す 3.6 m(W) × 5.4 m(D) × 2.6 m(H) の小規模の模擬オフィスを想定したシミュレーション環境を構築し行った。照明は 1.8 m 間隔で 6 灯設置し、机は一般的なオフィスで採用されている対向島型レイアウトで設置した。それぞれの机にランダムに執務者を配席した 50 通りの配席パターンに対して標準手法と提案手法による執務者の満足度のシミュレーションを行う。そして、6 名の執務者の合計満足度および各満足度の執務者が占める割合を比較し提案手法の有効性を検証する。

##### 4.2 シミュレーション結果および考察

標準手法と提案手法による合計満足度の分布を Fig. 3 に示す。Fig. 3 より標準手法と比較して提案手法の方が

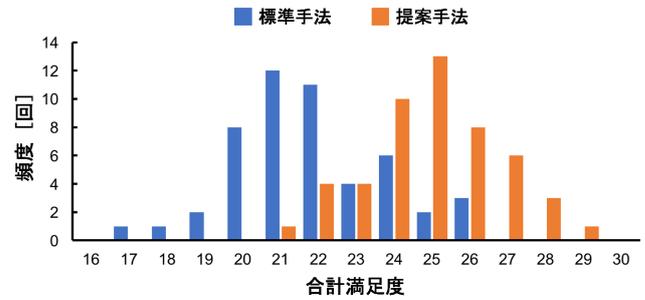


Fig. 3 合計満足度の分布

Table 1 各満足度の執務者の割合 [%]

	満足	やや満足	普通	やや不満	不満
標準手法	9.3	46.6	42.3	1.7	0.0
提案手法	37.3	42.0	20.3	0.3	0.0

高い合計満足度を実現している頻度が多くなった。また、合計満足度の平均は 21.9 から 25.0 となり 3.1 向上した。

次に、各満足度の執務者が占める割合を Table 1 に示す。標準手法では「やや満足」「普通」の執務者の割合がそれぞれ 46.6%、42.3%であり、2 つで全体の 9 割近くを占め、「満足」の執務者の割合は 9.3%と 1 割未満であった。一方で、提案手法では「やや満足」「普通」の執務者の割合はそれぞれ 42.0%、20.3%と 2 つで全体の 6 割程度であり、「満足」の執務者の割合は 37.3%と全体の 4 割程度になり「満足」の執務者の割合が大きく向上した。

#### 5 結論

本研究では、各執務者の目標照度および目標色温度が実現できない場合に全執務者の満足度の合計を最大化する新たな知的照明システムを提案した。シミュレーションによる有効性検証実験により、提案手法が標準手法と比較して合計満足度および「満足」の執務者の割合が向上した。これより、シミュレーション上で提案手法により執務者の快適性を向上すること示した。

今後は実環境の被験者実験により実際の満足度を計測し、提案手法の有効性の検証を行う。また、本研究では事前に計測した満足度から識別モデルを作成したが満足度は季節や体調によって大きく変化することも考えられる。そこで、今後は個人間での満足度の変化への対応方法も検討する。

#### 参考文献

- 1) 芦辺 麻衣子, 三木 光範, 廣安 知之: 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, バイオ情報学, Vol.2008, No.126, pp.69-72 (2008).
- 2) 鈴木 麻里子, 三木 光範, 吉見 真聡: 色度図上における人間の許容照明環境領域, 照明学会誌, 96(5), pp.279-285 (2012).