

光環境に対する満足度を考慮した照明の個別分散制御手法

坂東 航

Wataru BANDO

1 はじめに

近年、執務者の快適性やオフィスの省エネルギー性の向上を求める声の高まりからオフィス環境の改善に注目が集まっている。そこで著者は、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。しかし、知的照明システムは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、物理的な制約により実現できない場合がある。

ここで、執務者の光環境に対する満足度に着目すると、執務者ごとに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¹⁾。そのため、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が期待できる。そこで本研究では、従来のように執務者が要求する照度と色温度を特定の値として捉えるのではなく、照度と色温度に対して満足度という評価指標を用いて領域として捉える。そして、執務者の照度と色温度に対する満足度を考慮した新たな照明制御手法を提案する。

2 光環境に対する満足度の評価モデル

2.1 満足度の評価モデルの作成

満足度を考慮した照明の最適化制御を行うためには、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評価モデルを作成する。そして、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評価モデルを用いて行う。

満足度の評価モデルの作成には、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。本研究では、3 名の被験者に対して事前に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を「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評価モデルを作成した。

2.2 実験結果および考察

被験者実験により計測した被験者 A の満足度を Fig. 1 に、SVM により作成した満足度の評価モデルを Fig. 2 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 により評価された各満足度の領域を表す。Fig. 2 より、被験者

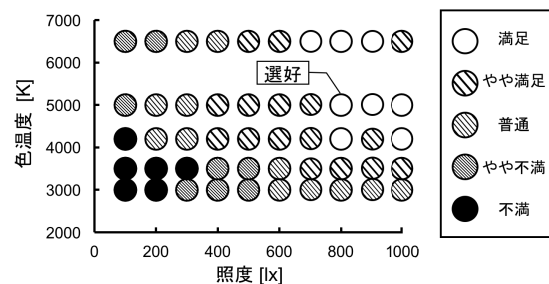


Fig.1 満足度の計測結果

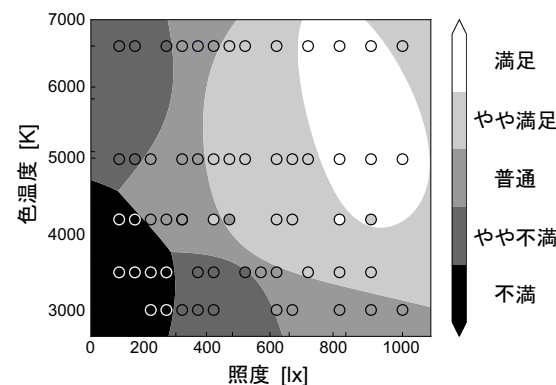


Fig.2 被験者 A の識別モデル

Table1 各識別モデルの正解率と F 値

被験者	正解率 [%]	F 値	被験者	正解率 [%]	F 値
A	83.3	0.84	F	73.3	0.64
B	71.6	0.70	G	85.0	0.84
C	83.3	0.82	H	85.0	0.81
D	80.0	0.81	I	75.0	0.68
E	80.0	0.82	J	76.7	0.76
			平均	79.3	0.77

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。

次に、各被験者の識別モデルの学習データに対する一個抜き交差検証による正解率と F 値を表 1 に示す。一個抜き交差検証の結果、正解率は最大で 85.0%, 最小で 71.6%, 平均 79.3% となった。正解率が比較的低かった被験者 B や被験者 F の識別器に関しては、学習データの中に外れ点が多かったことが原因として考えられる。また、F 値に関しては最大で 0.84, 最小で 0.64, 平均 0.77 となった。識別モデルによって大きく正解率や F 値が下がった結果はなく、SVM による満足度評価の有効性を示した。

3 満足度を考慮した照明の個別分散制御

執務者の満足度を考慮した照明制御手法を提案する。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、後述する制御アルゴリズムによって全執務者の満足度を最適化する。提案手法の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。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51とスコア化し算出する。

1. 執務者の満足度と消費電力から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. 再び、執務者の満足度と消費電力から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

$$f = w \times \sum_{i=1}^n S_i - P \quad (1)$$

$$S_i = g_i(I_{c_i}, T_{c_i})$$

n : 執務者数, i : 執務者番号, w : 重み

S : 満足度, g : 識別モデル, P : 消費電力 [W]

I_c : 現在照度 [lx], T_c : 現在色温度 [K]

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. 3に示すように3.6 m(W) × 5.4 m(D) × 2.6 m(H)の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、机は対向島型レイアウトで設置した。各机には3章の被験者10名が着席することを想定した。10名中6名を重複がないように選択し、それぞれの机にランダムに着席した。そして、6名の執務者の平均満足度および各満足度の執務者が占める割合と消費電力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. 4に示す。Fig. 4より、標準手法と比較して、提案手法の方が高い合計満足度を実現している頻度が多いことがわかる。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Fig. 5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

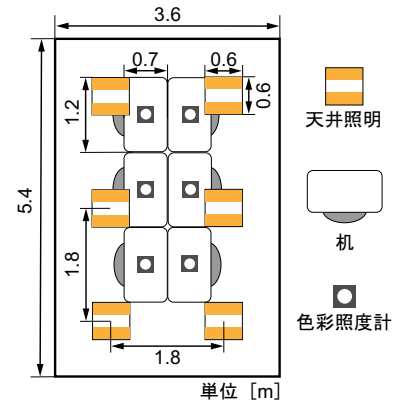


Fig.3 シミュレーション環境

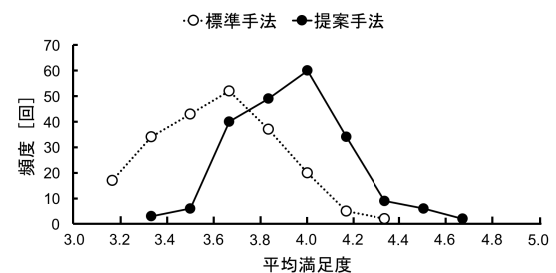


Fig.4 合計満足度の分布

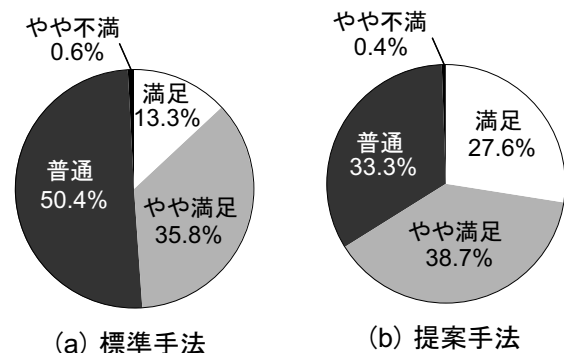


Fig.5 各満足度の執務者の割合

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することを示した。今後は、提案手法を実環境で動作させ、被験者実験により実際の満足度を計測し、提案手法の有効性を検証する。

参考文献

- 1) 鈴木真理子, 色度図上における人間の許容照明環境領域, 照明学会誌, 第96巻, 第5号, pp.279-285(2012).