

執務者の光環境に対する満足度のモデル化

坂東 航

Wataru BANDO

1 はじめに

近年、執務者の快適性や生産性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。また、オフィス環境の中でも、照明による光環境を改善することにより、執務者の生産性を向上できると報告されている¹⁾。そこで著者らは、執務者の快適性や生産性向上を目的とし、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。知的照明システムは各執務者が要求した照度と色温度を天井照明を個別に最適制御することにより実現する。しかし、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、天井照明の物理的な制約によって実現できない場合がある。

この課題に対して、著者らは執務者の光環境に対する満足度に着目した。執務者ごとに許容できる光環境の範囲の広さは異なることが報告されていることから²⁾、照度および色温度に対して満足できる範囲も個人ごとに異なると考えられる。そこで本研究では、従来の知的照明システムのように各執務者が要求する照度および色温度の実現を目指すのではなく、各執務者の満足度を考慮し、全体の執務者の満足度を最大化する新たな照明制御手法を提案する。

2 満足度を考慮した照明制御手法

本章では、執務者の満足度を考慮した照明制御手法について述べる。満足度を考慮した照明制御手法は、事前に執務者の光環境に対する満足度の評価モデルを作成し、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。制御アルゴリズムには、式 (1) に示した目的関数を使用し、汎化的な最適化手法である確率的山登り法によって満足度を最適化する。

目的関数中の S_i 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 から 1 へスコア化し算出する。また、 g_i は満足度の評価モデルであり、執務者ごとに作成する必要がある。本研究では、事前に被験者実験を行い、ヒアリングした光環境に対する満足度を教師データとして、満足度の評価モデルを作成した。具体的な評価モデルの作成方法については次章で述べる。

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

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

n : 執務者数, i : 執務者番号, w : 重み

S : 満足度, g : 満足度の評価モデル, P : 消費電力 [W]

I_c : 現在照度 [lx], T_c : 現在色温度 [K]

3 光環境に対する満足度のモデル化

3.1 満足度の評価モデルの作成

提案手法によって最適化を行うには、全執務者の満足度を評価し、目的関数を算出する必要がある。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光環境に対する満足度のヒアリングを行い、その結果からパターン認識手法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。SVM のカーネルは RBF カーネルを用い、パラメータ C , γ はグリッドサーチにより評価モデルごとに求める。また、特徴量である照度と色温度は 0-1 スケーリングにより標準化を行う。

3.2 サンプルング手法

ヒアリングによる満足度の計測は利用者にとって負担になるため、可能な限り少ない教師データで満足度の評価モデルを作成する必要がある。評価モデルの作成に使用した SVM は、各クラスの最も近いサンプル (サポートベクタ) までのマージンを最も広くするように識別境界を決定する。そのため、識別境界の決定は識別境界付近のデータに依存し、識別境界から遠いデータには依存しない³⁾。

そこで本研究では、各クラスの識別境界付近のデータ、つまり満足度が変化する境目のデータを集中的にサンプルングすることで、サンプル数を少なく評価モデルを作成する。サンプルングの手順を以下に示す。

1. 選好する照度および色温度の環境を選択し、「満足」の基準とする。
2. ヒアリング対象の照度および色温度の端側 8 点の満足度を評価する。
3. 満足度の違いがあった照度および色温度の中間の照度および色温度の満足度を評価する。
4. 3. に戻る

3.3 提案手法の有効性評価実験

提案手法の有効性を検証するため、評価実験を行った。評価実験に用いる満足度データは、被験者実験により 10 名の被験者の光環境に対する満足度をそれぞれ 80 点計測し使用した。80 点のうち 20 点をランダムにテストデータとして抜き出し、残りの 60 点の教師データを用いて評価モデルを作成する。

本実験では、提案するサンプルング手法により選択した

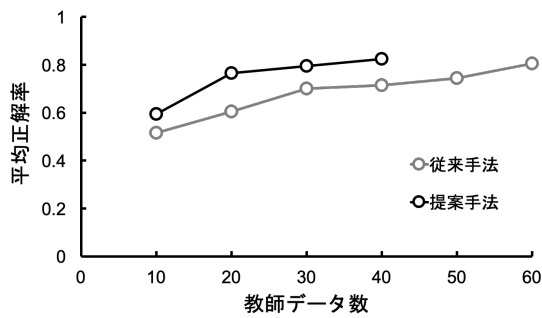


Fig.1 提案手法と従来手法による平均正解率

Table1 従来手法 (60 点) と提案手法 (30 点) の正解率

被験者	従来手法	提案手法	被験者	従来手法	提案手法
A	0.85	0.80	F	0.80	0.90
B	0.80	0.75	G	0.85	0.80
C	0.90	0.90	H	0.80	0.80
D	0.80	0.80	I	0.80	0.75
E	0.65	0.70	J	0.80	0.75
			平均	0.805	0.795

教師データとランダムに選択した教師データ (従来手法) からそれぞれ評価モデルを作成し, テストデータの正解率の検証を行った. なお, 教師データ数の違いによる検証も行うため, 教師データ数は 10 点から 60 点までの 10 点ごとに使用し, 評価モデルを作成した.

3.4 実験結果および考察

提案手法と従来手法による 10 名の評価モデルの平均正解率を Fig. 1 に示す. 提案手法では, 満足度の変化のない照度および色温度の中間の光環境は評価しないため, 教師データ数が 50 点以上になる評価モデルは存在しない. そのため, 提案手法は教師データ数 40 点までの評価モデルの平均満足度を示している.

Fig. 1 より, 従来手法と比較して提案手法は全ての教師データ数で高い正解率を実現していることがわかる. また, 従来手法の教師データ数 60 点の場合の正解率を提案手法は教師データ数 30 点で実現できていることがわかる. そこで, Table 1 に教師データ数 60 点の従来手法と教師データ数 30 点の提案手法によるそれぞれの被験者の評価モデルの正解率を示す. Table 1 より, 10 名中 7 名の被験者は, 提案手法によって同等もしくはそれ以上の正解率を実現できていることがわかる. 一方で, 正解率が下がった被験者の評価モデルについても大きく正解率が下がることはなく, 提案手法の有効性を示した.

また, 被験者 A の従来手法による評価モデルを Fig. 2 に提案手法による評価モデルを Fig. 3 に示す. 図より, 提案手法は教師データ数が半分の 30 点であるが, 評価モデルの概形が同じ形になっていることがわかる. 以上のことから, 提案手法を用いることで, 従来手法の約半分の教師データ数で評価モデルを作成できると考えられる.

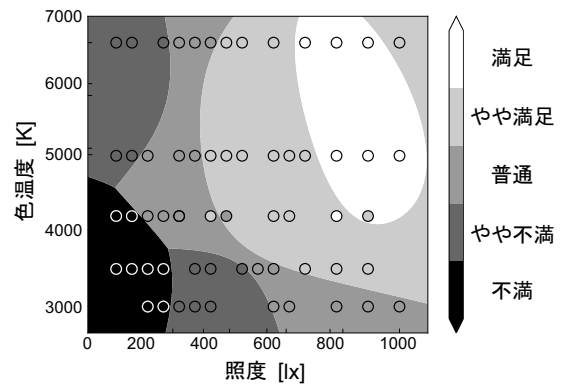


Fig.2 従来手法による被験者 A の評価モデル

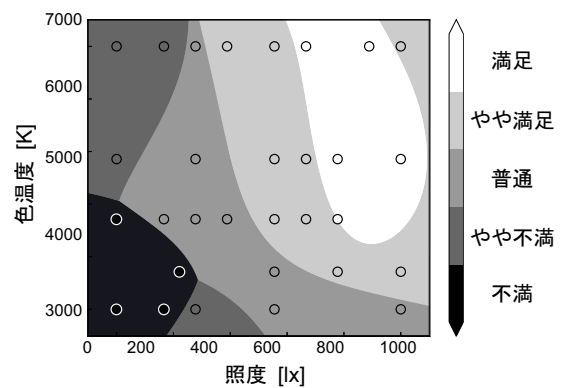


Fig.3 提案手法による被験者 A の評価モデル

4 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を最適化する新たな照明制御手法を提案した. また, 満足度の評価モデルの作成について, 執務者の負担を減らすため, より少ない教師データ数で評価モデルを作成する手法を提案した.

被験者 10 名分の満足度データを用いた提案手法の有効性検証実験の結果より, 従来手法と比較して提案手法により半分の教師データ数で評価モデルを作成可能であることを示した. これにより, 評価モデル作成における執務者の負担を軽減し, 提案する照明制御手法の実用性を高めることができた.

参考文献

- 1) 割田智裕ほか, 照度・色温度が知的生産性に与える影響に関する被験者実験: その 2 光環境満足度を用いた作業効率評価モデル, 建築学会誌, 第 81 巻, pp.153-156(2011).
- 2) 鈴木真理子ほか, 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).
- 3) 内田誠一, 3. パターン認識入門~人工知能の基盤技術, J.Plasma Res, Vol.92, No.11, pp.839-849(2016).