

照度・色温度に対する執務者の満足度を考慮した知的照明システムの提案

坂東 航

Wataru BANDO

1 はじめに

著者らは執務者の快適性や知的生産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っている¹⁾。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それらを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。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向上が期待できる。そこで本研究では、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知的照明システムを提案し、提案手法によりさらなる執務者の満足度向上を目指す。

2 光環境に対する満足度モデル

2.1 満足度モデルの作成

満足度を考慮した照明の最適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、その結果から機械学習手法によって満足度モデルを作成する。

満足度モデルの作成には、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、10名の被験者に対して事前にランダムに提示した80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モデルを作成した。

2.2 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数で満足度モデルを作成する必要がある。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、教師データ数を少なく満足度モデルを作成する。

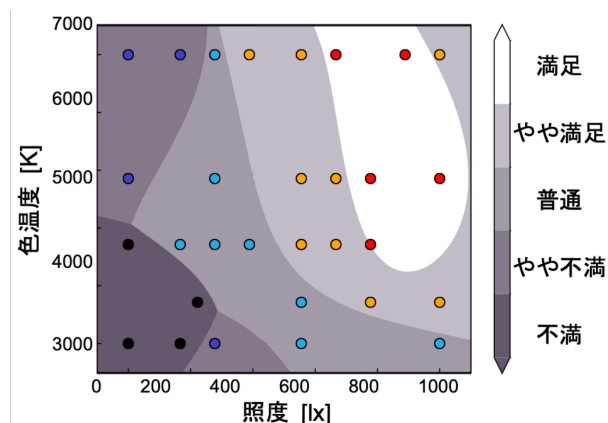


Fig. 1 被験者 A の満足度モデル

2.3 実験結果および考察

SVMにより作成した満足度モデルを 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・高色温度の領域において満足度が高くなることがわかる。

3 満足度を考慮した知的照明システム

執務者の満足度を考慮した知的照明システムについて述べる。提案手法は2章で述べた満足度モデルを用いて満足度の評価を行い、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。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5から1へとスコア化し算出する。

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

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

n : 執務者数, i : 執務者番号, w : 重み

S : 満足度, g : 満足度モデル, P : 消費電力 [W]

I_c : 現在照度 [lx], T_c : 現在色温度 [K]

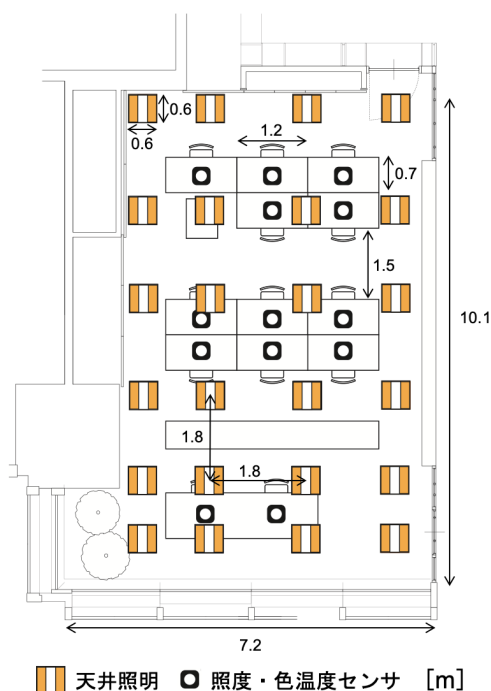


Fig. 2 シミュレーション環境

4 提案手法の実環境における有効性の検証

4.1 シミュレーション環境

本実験では、知的照明システムを導入した実績のあるオフィスレイアウトを想定し、提案手法の有効性の検証を行う。シミュレーション環境を Fig. 2 に示す。本環境は東京都内にあるオフィスを想定しており、7.2 m(W) × 10.1 m(D) × 2.6 m(H) のフロアに照明 24 灯、執務者席 13 席が設置されている。シミュレーションにおける照度は照明の設計資料の配光データから逐点法を用いて算出し、壁やパーティション、窓からの光の影響は考慮していない。

また、執務者には事前に満足度モデルの作成を行った被験者 13 名が配席することを想定した。本実験では、被験者をランダムに配席させた 1000 パターンの組み合わせに対して、標準手法と提案手法により照明制御を行い、各満足度の割合および満足度の平均、消費電力の比較を行う。

4.2 実験結果および考察

Fig. 3 に標準手法と提案手法による各満足度の割合を示す。Fig. 3 より、標準手法により「満足」となる執務者の割合が 36.8% となるのに対して、提案手法では 48.6% となり 12 ポイント近く増加している。また、標準手法では 3.4% 発生する「やや不満」「不満」となる執務者を提案手法では 0.5% に減らすことができている。これより、提案手法によって光環境に不満を持つ執務者を減らすことができることを示した。

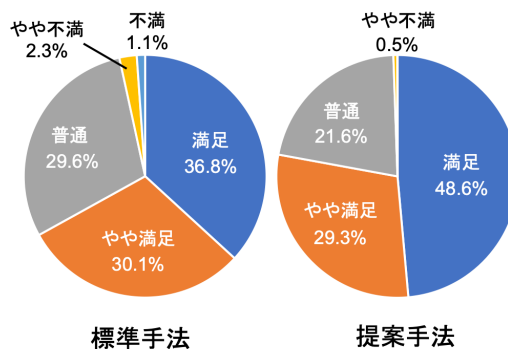


Fig. 3 標準手法および提案手法による各満足度の割合

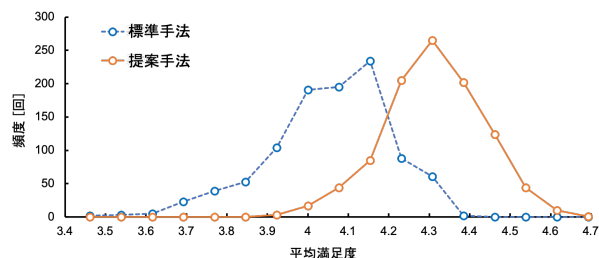


Fig. 4 標準手法および提案手法による平均満足度

Fig. 4 に標準手法と提案手法による執務者 13 名の平均満足度の分布を示す。Fig. 4 より、標準手法と比較して提案手法が高い平均満足度を実現する頻度が増加していることがわかる。また、標準手法が 4.4 以上の平均満足度を実現できていないのに対して、提案手法では 4.4 以上の平均満足度を多く実現できている。

最後に、消費電力の結果について述べる。消費電力は一般的なオフィスの点灯光度を 100% として算出した。標準手法では、平均の消費電力が 73.7%、提案手法では 72.1% となった。平均の消費電力に有意な差は見られず、標準手法と同等の省エネルギー性を実現した。

5 結論

本稿では、執務者の満足度を考慮した知的照明システムとその実オフィスでの有効性の検証結果について述べた。シミュレーション実験の結果から、提案手法が標準手法と比較して執務者の平均満足度および「満足」の執務者の割合が向上することを示した。また、平均の消費電力は標準手法と比較して有意差は見られず、提案手法が標準手法の省エネルギー性を損なわないことを示した。以上より、提案手法はさらなる執務者の満足度向上に貢献できると考えられる。

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).