

満足度を考慮した知的照明システムの実環境での有効性と今後の課題点

坂東 航

Wataru BANDO

1 はじめに

近年、執務者の快適性や生産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。また、オフィス環境の中でも、照明による光環境が執務者の生産性に影響することが報告されている¹⁾。そこで著者らは、執務者の快適性や生産性の向上を目的とし、各執務者が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の研究を行なっている。

知的照明システムはすでに複数のオフィスに導入され、実証実験の結果からその有効性を示している。しかし、導入するオフィスのレイアウトや照明の設置間隔などによって、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とがわかった。

そこで、著者らは執務者ごとに満足できる照度および色温度の範囲が異なることに着目し、光環境に対する満足度を考慮した照明制御手法を提案した²⁾。本稿では、提案手法の実環境における有効性の検証結果と実運用に関して考慮すべき課題点について述べる。

2 満足度を考慮した知的照明システム

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]

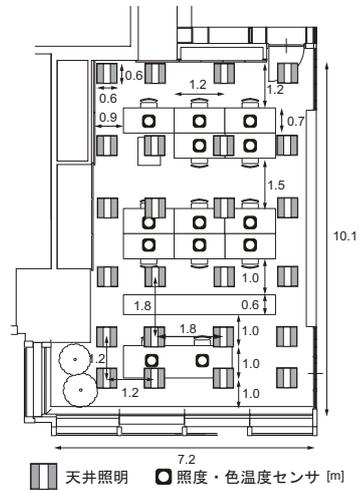


Fig.1 シミュレーション環境 (丸の内エコツェリア)

3 提案手法の実環境における有効性の検証

3.1 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東京都にある三菱地所エコツェリアの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は Fig. 1 に示すように、10.1 m × 7.2 m、照明 24 灯、座席 13 席のオフィス空間である。本環境は標準手法が照度および色温度を実現しにくい場所と実現しやすい場所が混在している。そこで、それぞれの環境に分けて提案手法の有効性の検証を行い、提案手法がどちらの環境で標準手法と比較してより有効であるかを調べる。

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。Fig. 2 に被験者実験の際にそれぞれの被験者が選好した照度および色温度を示す。Fig. 2 より被験者の選好する照度および色温度は高照度・高色温度の領域から低照度・低色温度の領域まで幅広く分布していることがわかる。本実験では、この 13 名の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の比較を行い、提案手法の有効性の検証する。

3.2 実験結果および考察

Fig. 3 に標準手法および提案手法による平均満足度の結果を箱ひげ図で示す。Fig. 3 より、照度および色温度を実現しやすい場所と実現しにくい場所の両方において提案手法の方が平均の満足度は高くなり、有効であることを示した。また、上昇幅に関しては、実現しやすい場所より実現しにくい場所の方が大きいことがわかる。これは、実現し

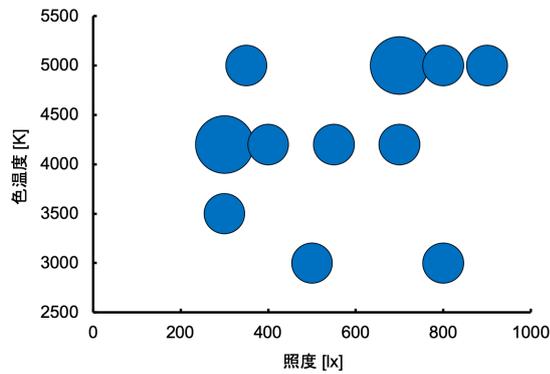


Fig.2 被験者 13 名の選好照度および色温度の分布

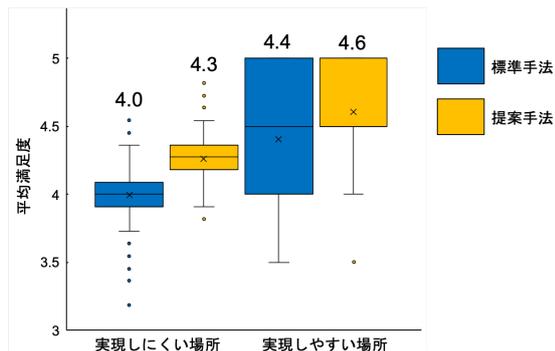


Fig.3 標準手法および提案手法による平均満足度

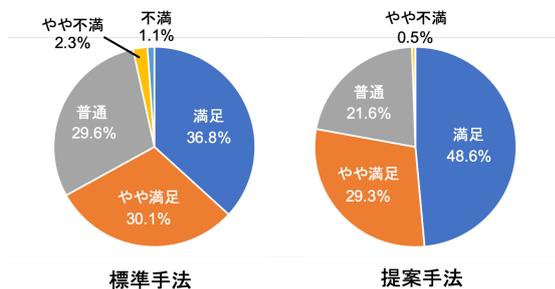


Fig.4 各満足度の割合 (実現しにくい場所)

やすい場所では標準手法でも執務者は高い満足度を得ることができるためと考えられる。そのため、提案手法は照度および色温度の実現が困難な環境ほど満足度向上に有効であると考えられる。

次に、Fig. 4 に照度および色温度を実現しにくい場所での各満足度の割合を Fig. 5 に照度および色温度を実現しやすい場所での各満足度の割合を示す。Fig. 4 より、実現しにくい場所では、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% 発生してしまう「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、提案手法により光環境に不満を持つ執務者を減らすことができたといえる。同様に、実現しやすい環境においても有効な結果が得られていると考えられる。

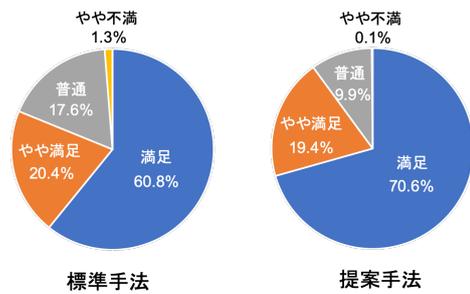


Fig.5 各満足度の割合 (実現しやすい場所)

4 実運用に向けた課題点

本実験の結果から、提案手法は実環境においても執務者の満足度向上に有効であることがわかった。一方で、過去の先行研究から執務者が選好する照度および色温度は気分転換のためや体調がすぐれなかったなどの理由により変化することが報告されている³⁾。提案手法に用いる満足度モデルは選好照度・色温度付近に高い満足度が分布していることから、選好照度・色温度が変化した際は、満足度モデルも同様に変化していることが考えられる。そのため、提案システムを実運用する際にはそれぞれの執務者が複数の満足度モデルを持つことを想定し、執務者が選好照度・色温度を変化させた際には、その満足度モデルを適用するシステムに設計する必要があると考えられる。

5 結論

本稿では、満足度を考慮した提案手法の実環境での有効性の検証結果と実運用をしていく上で考慮すべき課題点について述べた。シミュレーション環境の結果から、提案手法は照度および色温度が実現しやすい場所と実現しにくい場所の両方において有効であり、実現しにくい場所においてより効果が高いことを示した。

また、提案手法の実用化に向けては、執務者が日毎に選好する照度および色温度を変更する場合に対応するため、それぞれの執務者に複数の満足度モデルを適用するシステムの必要性があることについて論じた。今後は、特定の被験者に複数日の被験者実験を行い、上記システムの実現性について検証を行う。

参考文献

- 1) T.Warita, T.Ikaga, K.Harimoto, M.Ichihara, "Effect of Illuminance and Color Temperature on productivity", IAQC2011, pp.1785-1790.
- 2) W.Bando, M.Miki, R.Tomioka, H.Nasu, H.Aida, "Lighting Control to Optimize the Illuminance and Color Temperature Satisfaction in Working Areas", IEEE SMC2018, pp.2331-2336.
- 3) M. Miki, Y. Taniguchi, M. Yoshimi, "Effect of Preferred Illuminance and Color Temperature on Creative Works/Intellectual Productivity", The Illuminating Engineering Institute of Japan, 2012.