

執務に関して異なる照度に対する満足度の測定および その結果に基づいた知的照明システムの新たな制御方式について

那須 大晃

Hiroaki NASU

1 はじめに

オフィスでは定型的作業や知的創造的作業が同一環境で行われているが、生産性の観点より定型的作業と知的創造的作業では適した明るさが異なることが知られている¹⁾。さらに、視力や年齢、疲労度、好み等の要因により照度に対する視覚特性は変化するため、照度値を執務者毎に細かく制御する知的照明システム²⁾が必要とされている。

2 知的照明システムの概要と課題

知的照明システムは各執務者の希望する照度を個別に実現し、消費電力の最小化を行うシステムである。各執務者は制御端末を所持し各自が必要とする照度を設定すると、システムは目標照度を実現するように部屋全体の照明を制御する。

ある執務者が高い目標照度を設定した場合付近の照明は明るく点灯するが、近接する執務者の目標照度を維持するにはその執務者に近い照明は暗く点灯するように制御が行われる。隣接する執務者が大きく異なる目標照度を設定した場合、天井照明の物理的特性により目標照度が実現できない場合がある。この場合、標準的な知的照明システムでは目標照度と提供照度の二乗誤差を最小化するように制御が行われるが、その妥当性の検討はなされていない。

ところで、人間の眼には様々な明るさに対する順応性があるため、照度に対する視認性はなだらかに変化すると考えられる。そこで、本研究ではこの視認性を照度に対する満足度と呼ぶこととし、知的照明システムに満足度を導入することで目標照度が実現できない場合でも満足度の高い照度を提供する方式の提案を行うものである。

3 執務者の照度に対する選好範囲

3.1 満足度計測実験環境

実験環境は、7.2 m(W) × 6.0 m(D) × 2.6 m(H) の模擬オフィス空間である。実験用机は実験室中央付近にある照明 2 灯間に設置した。実験用机は白色パーティションが設置された壁面に正対している。天井照明はグリッド型の埋込み LED 照明 12 台を用いた。また、実験には知的照明システム用のセンサを用いた。

机上面にある操作ボタンによって天井照明を調光可能とした。机上面照度 (床上 70 cm) は、約 70 lx から 1000 lx まで変化させることができる。

3.2 照度に関する満足度計測実験

3.2.1 実験方法

本実験は SD 法を用いて、被験者が呈示した照度下で得られる満足度を A4 サイズの文章を使って計測実験を行った。被験者は実験室に入室し、机上面が 300 lx の被験者実験席に着席後アンケートに答える。このとき、5 分間待機する。被験者は 300 lx に順応後、実験者がランダムに変えた照度について、1 分間の順応時間³⁾ 後「満足」「やや満足」「普通」「やや不満」「不満」の 5 段階の SD 法で評価する。実験は 7 名の被験者に行った。

3.2.2 実験結果と考察

ランダムに呈示した照度に対する被験者の評価結果の一例を Fig.1 に示す。図の網掛け部は執務者の選好範囲を示している。

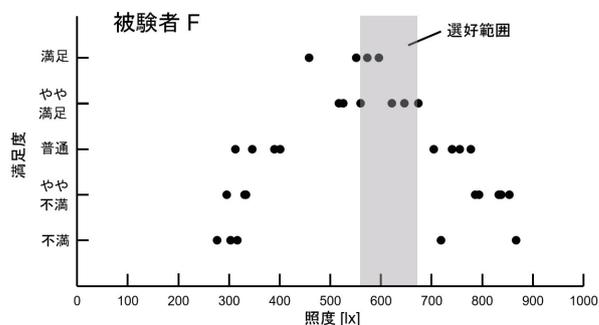


Fig. 1 満足度計測実験の結果

Fig.1 の被験者の選好範囲は 560 lx から 671 lx である。Fig.1 の中で、選好範囲の外側の照度を満足と評価した測定値や内側であってもやや満足となっている測定値がある。本実験は主観評価であり、気分等の影響によってばらつきが大きくなるが、ランダムに照度を変更しており順応時間をあけても最初の印象が影響与えている可能性も考えられる。他の被験者の結果も Fig.1 と同様に選好範囲付近で高い満足度を示す形であった。本実験結果を用いると執務者が得た満足度の程度を定量的に評価することができる。

4 満足度を組込んだ知的照明システムの検討

実オフィスでは異なる照度を要求する執務者に対して各照度を実現できない場合、執務者同士が照度調整を行っている。この場合、中間的な照度で妥協することや一方が譲歩することもある。知的照明システムでは目標照度の実現が行えない場合何らかのポリシー（高照度優先、低照度優先など）によって照度を決定する必要があるが、新たな方法として両者の満足度の合計を最大化する照度を選ぶことには合理性がある。

そこで、照度に関する満足度計測実験において得られた満足度の概形を関数近似し、各執務者の満足度関数の合計の最大値を求めることで、満足度を最大化する照明環境を提供することができる。

標準の知的照明システムは目標照度の実現と消費電力最小化を最適化問題と捉え、式(1)の目的関数を最小化する方式である⁴⁾。

$$f = P + \omega \sum_{i=1}^n g_i \quad (1)$$

$$g_i = \begin{cases} (L_{C_i} - L_{t_i})^2 & L_{t_i} \leq L_{C_i} \text{ or } L_{C_i} + 50 \leq L_{t_i} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

P : 消費電力, ω : 重み, L_C : 現在照度

n : 照度センサの数, L_t : 目標照度

一方、提案手法は消費電力を最小化しつつ、満足度の最大化を行う必要がある。この手法は式(2)を最大化することで消費電力の最小化を行い、執務者の合計満足度最大化を目指すものである。

$$f = \omega \sum_{i=1}^n s_i - P \quad (2)$$

s_i : 満足度, P : 消費電力

ω : 重み, n : 照度センサの数

5 提案手法と従来手法の比較検証

近接執務者の目標照度が実現できない場合における提案手法と従来手法のシミュレーションによる比較を行った。比較を行った際の環境を Fig.2 に示す。近接執務者 A, B の目標照度がそれぞれ 400 lx と 800 lx であり、執務者間の距離は 1.2 m となっている。このとき、提案手法に用いる執務者の満足度関数のモデルは頂点の高さを 2 とした (Fig.3)。

本満足度モデルは照度に関する満足度計測実験の結果をもとに作成している。

Fig.2 に示す条件において従来手法では執務者 A は 490 lx, 執務者 B は 704 lx の照度となった。従来手法はできるだけ各目標照度を実現しようとするが、大きく目標照度から外れる結果となっている。それに対して、提案手法によるシミュレーションでは執務者が Fig.3 の満足度を持っているとすると、執務者 A は 486 lx, 執務者 B は 703 lx の照度となった。

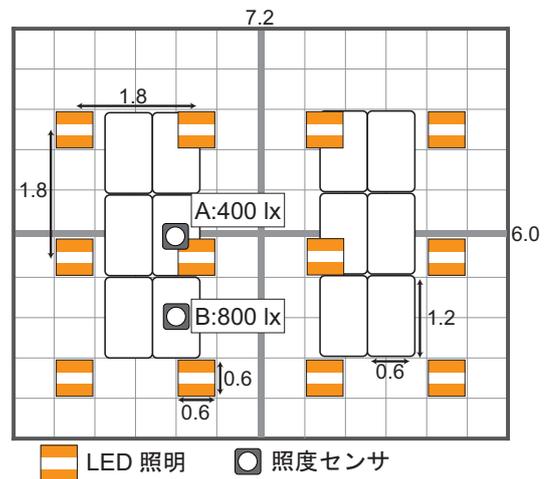


Fig. 2 比較検証実験の環境

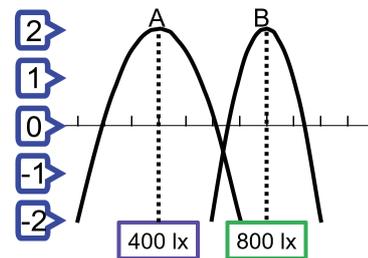


Fig. 3 執務者の満足度モデル

この結果を Fig.3 の各執務者の満足度関数に代入することで、満足度を相対的な評価尺度で評価できる。すなわち、従来手法で執務者が得られた照度の合計満足度は 2.698 となり、提案手法では 2.864 となり、提案手法が高い満足度を示した。また、いくつかの満足度パターンでシミュレーションを行い、提案手法の方が高い合計満足度を得られることを確認した。

本検証の結果、全執務者が高い満足度を得ることのできる照明環境が提供でき、この手法によって従来手法より生産性の高いオフィスの実現が期待できる。

参考文献

- 1) N.Ekstrand P.Boyee and N.Simpson. "Individual lighting control task performance,mood, and illuminance," J.Illuminating Engineering Society, pp.131-142, 2000.
- 2) 大学法人同志社大学, 株式会社三井物産戦略研究所. 平成 20 年度～平成 22 年度成果報告書エネルギー使用合理化技術戦略的開発エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発自律分散最適化アルゴリズムを用いた省エネ型照明システムの研究開発. "Technical Report 2011000000875, 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 4月 平成 23 年.
- 3) 照明ハンドブック (第 2 版), 照明学会,pp.25-26,2003.
- 4) M. Miki, T. Hiroyasu, and K.Imazato. "Proposal for an intelligent lighting system and verification of control method effectiveness," Proc. IEEE CIS, vol. 1, pp. 520?525, Dec, 2004.