

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[†] 三木 光範[†] 上南 遼平^{††} 提中 慎哉^{††} 間 博人[†]

[†]同志社大学理工学研究科, 京都府 ^{††}同志社大学理工学部, 京都府

1 はじめに

我々は執務者ごとに照度を個別に提供する知的照明システムの研究を行っている。知的照明システムは執務者が希望する照度を最小の消費電力で提供する [1]。執務に最適な明るさを執務者ごとに提供することがオフィス環境の改善に有効であると報告されている [2]。しかし、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ことがある。

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実現し、消費電力の最小化を行うシステムである。

標準的な知的照明システムでは執務者の目標照度が実現できない状況下で、高照度優先、低照度優先、平均化するなどのポリシーによって制御する。しかし、ポリシーに応じて実現した照度によって執務者が得られる満足度の検証は行っていなかった。本稿では、満足度の観点から新たな知的照明システムの提案を行う。

3 執務者の照度に対する選好範囲

3.1 選好範囲計測方法について

知的照明システムでは執務者が目標照度を設定し、その目標値になるように制御する。人間の眼には様々な明るさに対する順応性があるため、選好する照度は幅を持つことが考えられる。本研究では満足度が高い領域を選好範囲、全く満足できなくなるまでの照度領域を許容範囲とする。また、本研究における実験は明暗順応に準拠して行った [3]。

3.2 選好範囲および許容範囲計測実験環境

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。被験者は実験室中央付近にある照明 2 灯間にある机に座る。被験者は白色パー

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。

本実験では紙面作業を想定し A4 サイズの文章を置く。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。

3.3 選好範囲および許容範囲計測実験

3.3.1 実験方法

知的照明システムへの導入方法検証のために、選好範囲と許容範囲を同時に測り包含関係を見る必要がある。人間の眼の順応時間を考慮して被験者の選好範囲と許容範囲を測定する。まず、被験者は机上面が 300 lx の実験室に入り執務机に着席後、体調や気分をアンケートに記入する。このとき 5 分間待機する。その後、被験者自身が調光することによって選好範囲の上限値と下限値、許容範囲の上限値と下限値の各値を決定する。なお、各値の決定において順応状態の差を除外するため、値決定後約 1 分順応のための時間をあけ、再度値を決定する方法で測定を行った。被験者は 20 歳の男性 15 名、再実験を含めれば 20 名である。

3.3.2 実験結果と考察

図 1 に 15 名の選好範囲と許容範囲の結果を示す。結果は各選好範囲の中央値の大きさと並べ変えている。縦軸に被験者を並べ、横軸は照度値を表す。

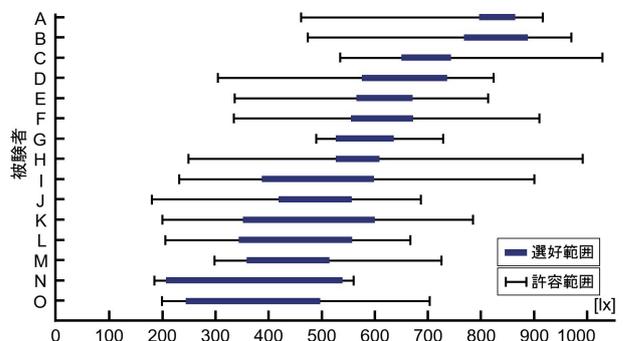


図 1: 選好範囲計測実験の結果

図 1 では、計測できた被験者の中で選好範囲が最も狭い人で約 100 lx あり、最も広い人で約 300 lx の幅を持つ結果が得られた。人ごとに選好範囲および許容

Measurement of Illuminance Satisfaction regard to Duties and New Control Method of Intelligent Lighting System Using Satisfaction Level

[†] Hiroaki NASU (hnasu@mikilab.doshisha.ac.jp)

[†] Mitsunori MIKI

^{††} Ryohei JONAN

^{††} Shinya DAINAKA

[†] Hiroto AIDA

Doshisha University ([†])

Graduate School of Doshisha University (^{††})

範囲の存在する領域が異なり、また範囲の幅も異なることが結果より得られた。

また、日によって選好範囲の存在領域がほぼ変わらない被験者もいれば、日を変えると選好範囲の存在領域が変化する被験者も存在した。体調がすぐれない日の選好範囲が低照度側に移動する被験者がいた。

3.4 照度に関する満足度計測実験

3.4.1 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。

3.4.2 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図2に示す。図の網掛け部は執務者の選好範囲を示している。

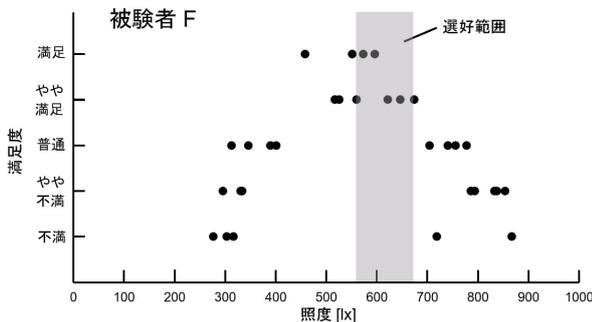


図 2: 満足度計測実験の結果

図2の被験者の選好範囲は560 lxから671 lxである。図2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図2と同様に選好範囲付近で高い満足度を示す形であった。このことから、照度に対する人間の一般的な満足度が山形であるとすると、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 満足度を組み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。今回の実験結果より、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が全体の満足度を表す関数となる。そこで、この満足度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と考えられる。

標準の知的照明システムは各執務者の目標照度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[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

参考文献

- [1] 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 20110000000875, 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.
- [2] N.Ekstrand P.Boyee and N.Simpson, Individual lighting control task performance,mood, and illuminance," J.Illuminating Engineering Society, pp.131142, 2000.
- [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.