

O-032 知的照明システムにおける照度実現可能範囲の可視化 Visualization of the Realizable Range of Illuminance in an Intelligent Lighting System

北村 一峰*
Kazutaka Kitamura

三木 光範*
Mitsunori Miki

池上 久典†
Hisanori Ikegami

間 博人*
Hiroto Aida

1. はじめに

近年、オフィス環境の改善に注目が集まっていることから、著者らは執務者ごとに個別照度を実現する知的照明システムを提案し、高い省エネルギー効果があることを確認している¹⁾。しかし、オフィスにおける検証実験の結果、近くに在席している執務者同士の要求する照度(目標照度)が大きく異なる場合や目標照度が機器の照明限界を超える場合など、各執務者の目標照度をすべて満たすことが物理的に困難な状況が存在した。このような場合、執務者は目標照度を満たされていないことに対して、システムが機能していないと判断し、ストレスを感じる可能性がある。また、目標照度が満たされない場合において、執務者は少しでも照度を自身の要求する照度に近づけるために、目標照度に過剰な値を設定する場合もある。その際、過剰な目標照度を設定している執務者の周囲の執務者には明るすぎる、あるいは暗すぎる照度環境となる場合もあり、執務に支障が出る可能性がある。そのため、実現可能な目標照度を執務者が判断できることが望ましい。本研究では、執務者が実現可能な目標照度を判断できるように、目標照度の実現可能な範囲をシミュレーションにより推定し、その範囲の可視化を行う。これにより、目標照度が満たせない状況に対するストレスを未然に防ぐことを狙う。

2. 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムは複数の照明器具と照度センサ、制御装置および電力計をネットワークに接続することにより構成する。それらの協調動作によって各執務者の目標照度を満足させ、かつ消費電力量を最小化するように自律的に照明の光度を変化させる照明システムである。

執務者は知的照明システムのWebユーザインタフェース(以下UI)を用いて目標照度の設定を行う。UIを図1に示す。図1のUIを用いて、執務者は目標照度の変更、現在照度の確認および在席離席の設定を行う。目標照度は50lx刻みで設定できる。知的照明システムは実オフィスにおける検証実験の結果、執務者が要求する目標照度の実現を確認した。消費電力量に関しても従来の照明と比較して50%程度削減が可能であり、省エネルギー効果の観点からも良好な結果を出している¹⁾。

2.2 検証実験において生じた課題

オフィスにおける検証実験により、執務者が要求する目標照度を物理的に満たせない状況が存在することがわかった。物理的に満たせない状況とは、照明の制御限界を超えた明るさを要求している場合、あるいは近くに在席する執務者同士の目標照度が大きく異なる場合である。知的照明システムでは天井照明の制御を行っているため、隣接する場所に大きく異なる目標照度をそれぞれ実現す

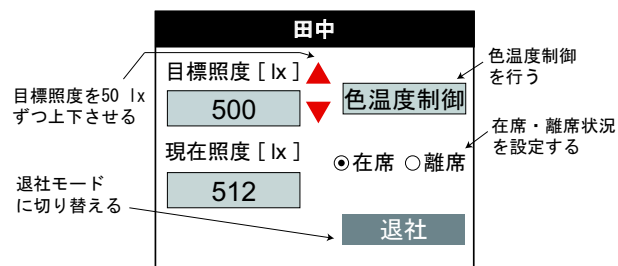


図1: 知的照明システムの従来のUI

ることは容易ではない。執務者は目標照度を満たせていない場合、システムが機能していないと判断し、ストレスを感じる事例が存在した。また、目標照度を満たせていないため、少しでも照度を上げるために目標照度に過剰な値を設定する事例も存在した。目標照度に過剰な値を設定することにより、その執務者の周囲の執務者の現在照度に影響を及ぼす事例も存在した。このような場合、周囲の執務者もストレスを感じてしまう可能性もある。

そこで、知的照明システムが各執務者の実現可能な目標照度の範囲を求めるシミュレーションを行い、執務者にその範囲をUIを通じて提示することで、ストレスを感じる状況を未然に防ぐ。

3. 照度の実現可能範囲

3.1 実現可能な目標照度範囲の推定

照明の点灯光度と照度の間には、線形関係が存在し²⁾、式(1)で表すことができる。

$$I = R \times L \quad (1)$$

I : 照度 [lx], R : 影響度 [lx/cd], L : 光度 [cd]

なお、影響度は照明と照度センサの位置関係により定まる値であるため、これらの位置を固定した場合には影響度を定数と見なすことができる。つまり、式(1)のように、照明の光度に定数である影響度をかける合わせることで、各照度センサの現在照度を推定することができる。影響度は環境によって異なるため、知的照明システムでは導入時に照明の光度と照度センサの照度を実測し、算出している。影響度と照明の光度値を用いることで、知的照明システムの制御をシミュレーションすることができる。

実現可能な照度範囲を求める執務者の目標照度を0lxから1000lxまで50lx刻みで変更していくシミュレーションを行う。すべての執務者の照度が要求した目標照度の ± 50 lxの範囲に収束するとき、実現可能な目標照度であると判断する。これにより、実現可能な目標照度の最小値と最大値を求め、実現可能な照度範囲とする。

3.2 実現可能な目標照度範囲の可視化

執務者が実現可能な照度範囲を把握した上で目標照度を選択できるように、知的照明システムのUIに実現可能

*同志社大学理工学部

†同志社大学

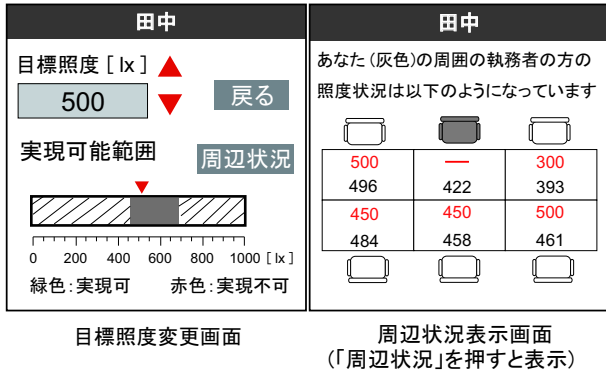


図 2: 実現可能範囲と周辺状況を確認できる UI

な照度範囲を表示する。また、執務者が提示された範囲しか実現できないことにより、ストレスを感じる可能性がある。実現可能な照度範囲が制限されるのは、主に周囲の執務者が自分とは異なる照度を要求しているためである。そこで、周囲の執務者の目標照度と現在照度を確認できるように周辺状況を UI に表示することで、実現可能な照度の制限に対する理解を促進し、ストレスを感じさせないようにする。求めた値から照度の実現可能範囲と周辺状況を実装した UI を図 2 に示す。

照度の実現可能範囲は赤色 (実現不可) と緑色 (実現可) で色分けしたバーで表現した。図 2 の斜線部が赤色、灰色が緑色を表している。周辺状況表示画面では、周囲の執務者の目標照度と現在照度が即座に分かるように図で表現した。また各執務者の目標照度を赤文字 (上段)、現在照度を黒文字 (下段) で表現した。

4. 照度実現可能範囲の有効性の検証

4.1 実験概要

本実験では、実執務空間に知的照明システムの構築を行い、被験者は照度の実現可能範囲の可視化を行った提案 UI と可視化を行っていない従来 UI をそれぞれ使用する。各被験者が執務に最適と思う目標照度を適宜設定し、それぞれ 15 日間行う。この実験の目的は、照度の実現可能範囲を UI に実装することで、被験者が可視化の有効性を感じるかどうかを検証することである。被験者は、20 代前半の男女 9 名とし、実験終了後に以下の項目についてアンケートを実施した。

- 項目 1 実現範囲内に設定したい照度があったか
- 項目 2 目標照度の実現範囲は参考になったか
- 項目 3 周辺状況ボタンは役立ったか
- 項目 4 従来 UI と提案 UI のどちらがよかったか

また、それぞれの UI で被験者が設定した目標照度に対して、知的照明システムがどの程度の照度を実現できているかを検証する。

4.2 実験の結果および考察

各アンケート項目における結果を図 3 に示す。アンケートより、照度の実現可能範囲は全被験者から参考になったという回答が得られた。従来 UI を使用していた場合、自

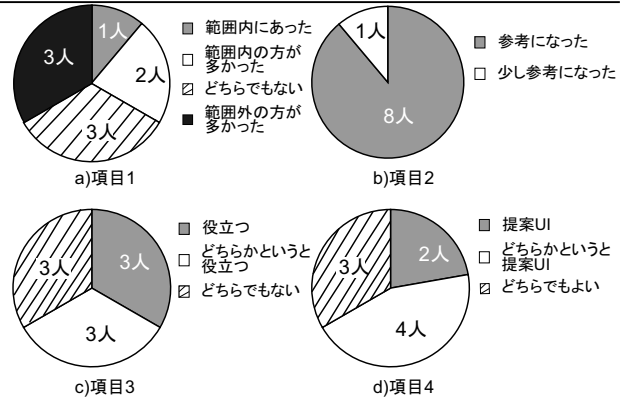


図 3: アンケート結果

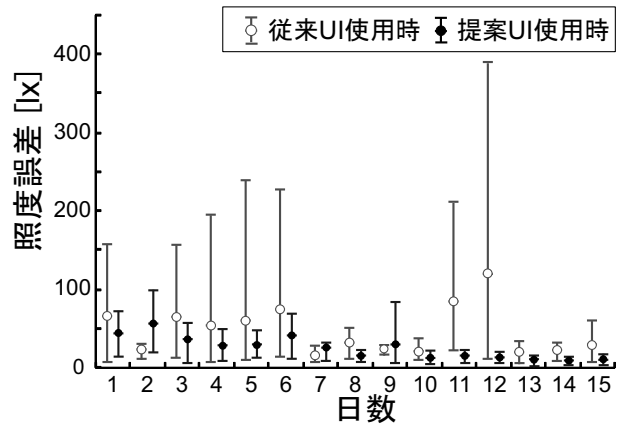


図 4: 平均照度誤差

身の設定する目標照度が実現できるかどうかを判断することが容易ではなかったため、項目 1 の結果からもわかるように実現できない目標照度を設定していたと考えられる。一方、提案 UI では目標照度の設定の際に実現範囲を参考にして設定が行われていると考えられる。

次に、各被験者の 1 日ごとの目標照度と実現照度の照度誤差の平均を求めた。被験者の照度誤差平均の最大値、最小値および平均値を図 4 に示す。図 4 より、従来 UI 使用時には目標照度と実現照度の照度誤差は大きく、最大で 400 lx 程度であるが、提案 UI 使用期間においては目標照度と実現照度の照度誤差は 100 lx 以内であることがわかる。アンケート結果より実現照度範囲を全被験者が参考にしていただけから、その範囲を参考にして目標照度を入力していたため、多くの被験者の目標照度と実現照度の誤差が減少したと考えられる。

5. 終わりに

知的照明システムにおいて実現照度範囲を可視化することで、執務者が要求する照度を満たせない原因を容易に判断できるようになったと考えられる。これにより、目標照度が実現できていない場合に生じる可能性のあるストレスは未然に解消されることが考えられる。

参考文献

- [1] 三木 光範, 加来 史也, 廣安 知之, 吉見 真聡, 田中 慎吾, 谷澤 淳一, 西本 龍生, 実オフィス環境における任意の場所にユーザが要求する照度を提供する知的照明システムの構築, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J94-D, No. 4, pp. 637-645, 2011
- [2] 社団法人 照明学会, 照明ハンドブック, オーム社, 2003