

実オフィスに導入した知的照明システムの稼働ログデータを用いた照度/光度影響度係数の推定

榊原 佑樹

Yuki SAKAKIBARA

1 はじめに

我々は執務者の快適性・知的生産性向上を目的とした知的照明システムの研究を行っており¹⁾、実オフィスにシステムを導入することでその有用性を検証している。実オフィスでは、システム導入時に各照明が各照度センサに与える影響度合い（照度/光度影響度係数）を実測し、その値を用いてシステムを制御している。しかし、実測値は照明環境の変更（机上面における照度センサの移動、パーティションの設置等）に応じて変化する。そこで著者らは、照明環境の変化に応じて照度/光度影響度係数を推定する手法として、知的照明システムの稼働ログデータを用いた照度/光度影響度係数推定手法を提案し、実験室においてその有用性を示唆した²⁾。

本稿では、実証実験中のオフィスである東京都新丸の内ビルディングエコツツエリアを評価対象とし、実オフィスの稼働ログデータを用いた際にも本提案手法が有用であることを示す。

2 知的照明システム

知的照明システムの構成図を Fig. 1 に示す。

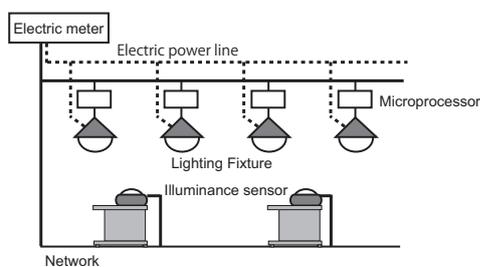


Fig. 1 知的照明システムの構成図

知的照明システムは、調光可能な照明器具、照度センサ、電力計、および制御装置をネットワークに接続することで構成する。照度センサから得られる照度情報および電力計から得られる電力情報をもとに、最適化手法を用いることで各執務者が要求する照度を最小の消費電力で提供する。

3 実オフィスにおける課題

知的照明システムを導入した実オフィスでは、固定席が多く照度センサの移動がないため、システム導入時に照度/光度影響度係数を実測し、その値を用いて照明を

制御している。しかし照度/光度影響度係数は照明環境の変更に応じて変化する。実測実験には照明の点滅を伴うため、執務者が働いている環境下で実測を行うことは執務者へ不快感を与えることが懸念される。このことにより、現在実オフィスに導入した知的照明システムでは、照度/光度影響度係数を更新することなく照明の制御を行っている。そのため、実オフィスにおける実証実験結果により、執務者にとって不要な照明が強く点灯するといった現象が確認されている。

そこで著者らは、実測実験を行うことなく照度/光度影響度係数を更新する手法として、知的照明システムの稼働ログデータを用いた照度/光度影響度係数推定手法を提案した²⁾。

4 稼働ログデータを用いた照度/光度影響度係数推定手法

提案手法は知的照明システムの稼働ログデータを用いて、式 (1) に示す目的関数を最小化することにより、照度/光度影響度係数を推定する。照度/光度影響度係数の算出には、数理計画法のうち最急降下法を用いた。

$$\begin{aligned} \min : F &= \sum_{i=1}^d f_i(R_{j,k}) \\ f_i &= \sum_{j=1}^n (E_{i,j} - I_{i,j})^2 \\ E_{i,j} &= \sum_{k=1}^m R_{j,k} L_{i,k} \end{aligned} \quad (1)$$

d : データ系列, m : 照明台数,

n : センサ数, L : 稼働ログデータ中の光度,

$E_{i,j}$: 推定照度, $I_{i,j}$: 実測照度,

$R_{j,k}$: 照度/光度影響度係数, $L_{i,k}$: 点灯光度

5 提案手法を用いた検証実験

5.1 実験概要

本章では、提案手法が実オフィスに導入した知的照明システムに対しても有用な手法であるか検証する。実オフィスでは、実験室における検証と異なり、窓やディスプレイからの外光といった外乱が存在する。それらの環境下においても、本提案手法により照度/光度影響度係数の推定が可能か検証を行う。

5.2 実験環境

東京都新丸の内ビルディングエコツェリアを評価対象とし提案手法の精度検証を行った。実験環境の平面図を Fig. 2 に示す。

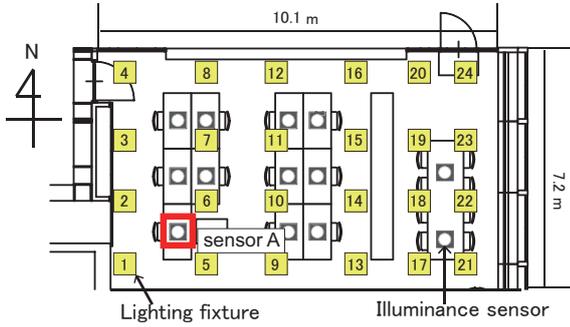


Fig. 2 実験環境（エコツェリア）

Fig.2 に示す照度センサを評価対象とし提案手法の評価を行った。推定には、ログデータは毎分出力しているログデータを用いた。また照度/光度影響度係数の推定には、2014年8月3日から21日の休日を除く10日間のログデータでかつ外光による影響を極力減らすため、日没後のログデータを用いた。

5.3 実験結果と考察

提案手法により照度/光度影響度係数の推定を行う。本稿では、実験結果を明確にするため評価対象の照度センサに対して、照度/光度影響度係数の上位3灯を抽出し Fig. 3 に示した。また提案手法の評価を行うため、実験環境において特別に執務者の許可を頂き照度/光度影響度係数の実測実験を行った。そしてその値を真値とすることで、提案手法の評価を行う。

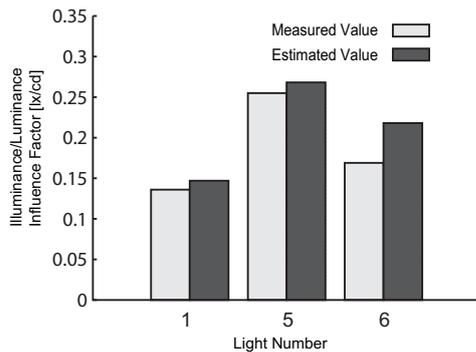


Fig. 3 照度/光度影響度係数の比較

Fig. 3 に示す通り、実測値と推定値に概ね誤差なく推定できていることがわかる。照度/光度影響度係数とは、各照明が各照度センサに与える影響度合いを数値化したものである。そこで、推定した照度/光度影響度係数の妥当性を評価する。照明の点灯光度と照度には、式 (2) の関係式が存在する。

$$I_i = \sum_{j=1}^m R_{i,j} L_j \quad (2)$$

I_i : センサ i の照度, L_j : 照明 j の光度, m : 照明数

$R_{i,j}$: 照明 i と照度センサ j の照度/光度影響度係数

そのため、稼働ログデータ中の点灯光度と推定した照度/光度影響度係数を乗算することで、推定照度を算出することが可能である。そこで、推定照度と稼働ログデータ中の実測照度を評価対象とし、以下の Fig. 4 に照度履歴を示す。

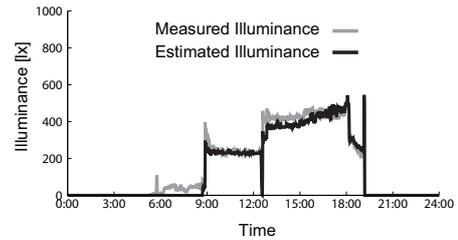


Fig. 4 照度履歴

Fig.4 に示す実験結果により、2つのグラフには概ね誤差がないことがわかる。このことにより、提案手法を用いて照度/光度影響度係数を推定することが可能であると言える。また、日の入り後のログデータを用いて推定値と実測値の照度誤差分布を Fig.5 に示す。

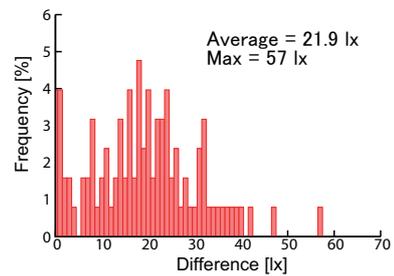


Fig. 5 照度誤差

Fig. 5 に示す実験結果により平均 21.0 lx, 最大 48 lx の照度誤差で照度/光度影響度係数を推定することができた。知的照明システムでは、執務者が設定した目標照度に対して ± 50 lx 以内を収束範囲としている。また、執務者は JIS の規定照度 750 lx に対して 50 lx 程度の照度誤差は認知しないという先行研究が存在する³⁾。

これらの点により、知的照明システム実オフィスで利用するにあたり、本提案手法は有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 三木光範. 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム. 人工知能学会, Vol. 22, No. 3, pp. 399-410, 2007.
- 2) Y.Sakakibara, M.Miki, H.Ikegami, H.Aida. Estimation of illuminance/luminance influence factor in intelligent lighting system using operation log data. Int'l Conf. Artificial Intelligence, Vol. 2, pp. 523-529, 2014.
- 3) 鹿倉智明, 森川宏之, 中村芳樹. オフィス照明環境における明るさの変動知覚に関する研究. 照明学会誌, pp. 346-351, 2001.