

知的照明システムにおける照度/光度影響度係数の稼働ログデータによる推定

榊原 佑樹

Yuki SAKAKIBARA

1 はじめに

著者らは、執務者の知的生産性向上およびオフィスの省エネルギー化を目的とした知的照明システムの研究・開発を行っている¹⁾。現在知的照明システムは、都内複数の実オフィスに導入し実証実験を行いその有用性を示してきた。また、2013年5月に知的照明システムは実用化第一号として茅場町グリーンビルディングに導入した²⁾。実オフィスに導入した知的照明システムは照度/光度影響度係数を実測し、その値を用いて照明制御している。照度/光度影響度係数は、執務環境の変化に応じて変化するため更新する必要がある。しかし、照度/光度影響度係数の実測は照明の点滅を繰り返すため、実際に業務が行われている環境下では、業務に支障を来す恐れがあるため再計測は困難である。

そこで、知的照明システムの稼働ログデータから照度/光度影響度係数を推定する手法を提案し実オフィスを模擬した環境下で実験を行いその有用性を示した。本稿では実オフィスに導入した知的照明システムにおいても照度/光度影響度係数の推定が可能であるか検証するため、茅場町グリーンビルディングに導入された知的照明システムのシミュレータを構築し、得られたログデータをもとに照度/光度影響度係数の推定が可能であるか検証する。

2 知的照明システム

2.1 制御アルゴリズム

知的照明システムは、制御用 PC、調光可能な照明器具、照度センサおよび電力計から構成される。知的照明システムは、執務者が要求する照度を実現しかつ執務者にとって不要な照明を減光することにより、消費電力を最小とする点灯パターンを自律的に求める。これらの対象問題を実現するために目的関数を立式し、目的関数を最小化する照明の点灯パターンを最適化手法を用いて実現する。各照明の目的関数を式 1 に示す。

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

$$g_i = \begin{cases} 0 & (Lc_i - Lt_i) \geq 0 \\ R_i(Lc_i - Lt_i)^2 & (Lc_i - Lt_i) < 0 \end{cases}$$

$$R_i = \begin{cases} r_i & r_i \geq T \\ 0 & r_i < T \end{cases}$$

n : 照度センサの数 w : 重み

P : 消費電力量 Lc : 現在照度 Lt : 目標照度

r_i : 照度/光度影響度係数 T : 閾値

設計変数を照明の光度とし、目的関数の最小化を行う。目的関数 f_i は、消費電力 P および照度ペナルティ関数項 g_i から成り、照明ごとに計算する。ペナルティ項の重みの値を変更することで、目標照度への収束精度向上または消費電力の削減を優先するかを決定することが可能である。

3 実オフィスに知的照明システムを導入した際の課題

現在実オフィスでは、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制御している。実測する照度/光度影響度係数は、衝立の設置や照明の劣化により変化するため更新する必要がある。しかし、照度/光度影響度係数の実測には、照明を 1 灯ずつ点灯・消灯を繰り返すため執務者がいる環境で実測を行うことは現実的ではない。

そこで、稼働ログデータから照度/光度影響度係数の推定手法を提案した。本手法は、執務環境が変化した際でも稼働ログデータから照度/光度影響度係数の更新が可能である。

4 稼働ログデータを用いた照度/光度影響度係数の推定

知的照明システムの稼働ログデータを用いて数理計画法により照度/光度影響度係数を推定する。数理計画法を適用するため、対象問題を最適化問題として定義する。

これは同時刻における照明光度とセンサ照度を 1 系列のデータとし、データ系列毎に式 (2) に立式した目的関数の総和を単一の目的関数として最小化する最適化問題である。目的関数を式 (2) に示す。

$$\min : \sum_{i=1}^d f_i(R) \quad (2)$$

$$f_i = \sum_{j=1}^n (E_{i,j} - I_{i,j})^2$$

$$E_{i,j} = \sum_{k=1}^m R_{j,k} I_{i,k}$$

i : データ系列, m : 照明台数, n : センサ数,

L : 光度 [cd], I : 実測照度 [lx],

$R_{j,k}$: センサ j に対する照明 k の影響度係数

式 (2) に示した照度/光度影響度係数推定の最適化問題は非線形であるため、数理計画法の手法として非線形問題である最急降下法を用いて推定を行った。

5 照度/光度影響度係数推定の精度検証

5.1 シミュレーション概要

茅場町に導入された知的照明システムのシミュレータを構築し、実オフィスにおいても本手法により照度/光度影響度係数の推定が可能であるか検証を行った。シミュレーション環境は、照度センサ7台、照明台数30灯ある茅場町グリーンビルディング知的照明フロアである。また、本稿では照度センサGを取り上げて評価を行った。シミュレーション環境を以下の図1に示す。

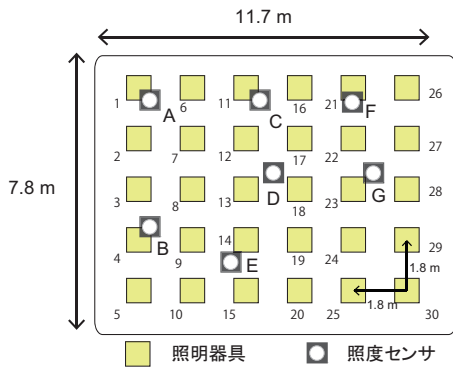


Fig.1 シミュレーション環境

また、実環境における執務環境を模擬するため、執務者は目標照度を500ステップごとに変更することとし、2000ステップのログデータを用いて照度/光度影響度係数の推定を行った。推定に用いた照度履歴は図2に示す通りである。

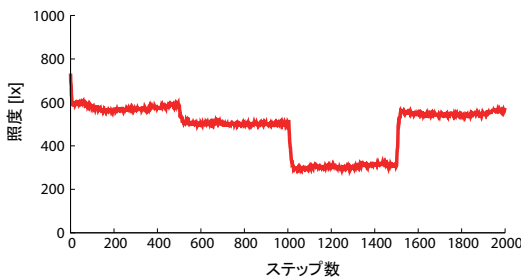


Fig.2 照度履歴（照度センサG）

5.2 シミュレーション結果

数理計画法により推定した照度/光度影響度係数（推定値）と茅場町で実測した照度/光度影響度係数（真値）を比較することで、提案手法の検証を行う。照度/光度影響度係数の推定結果を図3に示す。図3には、照度センサGに対して照度/光度影響度係数の高い上位5灯を示したが他の照明に対しても同様の精度で推定が可能である。

次に、推定した照度/光度影響度係数の結果を用いて、照度誤差を算出することにより提案手法の評価を行う。照度誤差とは、実測した照度/光度影響度係数と光度をかけて算出した照度（真値）と提案手法により推定した照度/光度影響度係数に光度をかけて算出した照度（推定値）の誤差である。また、ヒストグラムの算出に用いた

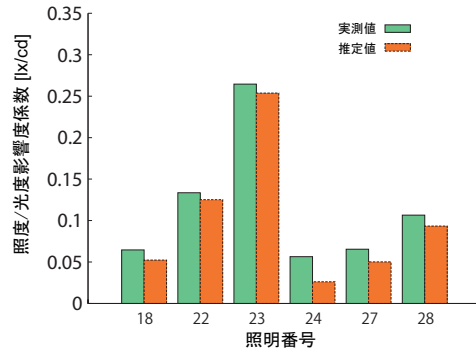


Fig.3 影響度の推定値と実測値の比較（照度センサG）

光度は、照明の点灯光度をランダムに作成したデータ（ 1×10^4 通り）である。図4に照度センサEの照度誤差を示す。

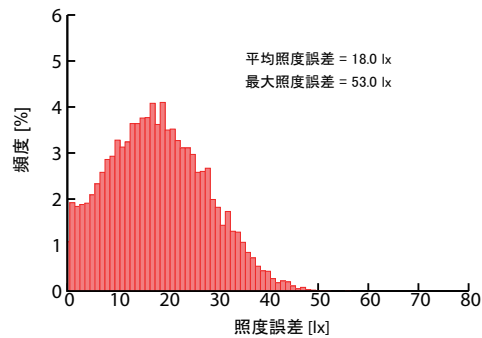


Fig.4 照度誤差（照度センサG）

図4より、平均18 lx程度の照度誤差で照度/光度影響度係数の推定が可能であることがわかる。算出した照度誤差は執務者が許容できる程度の誤差であるため、実オフィスを模擬した環境下でも照度/光度影響度係数の推定が可能であると言える。

6 今後の展望

実オフィスに導入された知的照明システムのシミュレータを構築し、影響度係数推定手法の精度検証を行った。シミュレーション結果により、本手法は十分な精度で照度/光度影響度係数の推定が可能であることがわかった。今後は、茅場町グリーンビルディングのログデータを実際に用いて照度/光度影響度係数の推定し影響度係数の推定が可能であるか検証していきたいと考えている。

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) 三菱地所株式会社. より快適で、よりスマートで、より環境にやさしい次世代オフィスの創造に向けて. http://www.mec.co.jp/j/news/archives/mec130509_kayabacho.pdf.