

# 照明光度とセンサ照度に対する影響度の ログデータを用いた推定における精度向上手法の提案

榊原 佑樹

Yuki SAKAKIBARA

## 1 はじめに

我々の研究室では、執務者の快適性を目的とした個別照度環境を実現する照明制御システム（以下、知的照明システム）の研究を行っている<sup>1)</sup>。

現在、知的照明システムは実オフィスにおいて実証実験を行っている。実オフィスに導入されている知的照明システムは、システム導入時に照明を1灯ずつ点灯・消灯することで照明が照度センサに与える影響度合い（以下、影響度係数）を実測し、その値を用いて照明を制御する。影響度係数はオフィス環境の変化に応じて再計測することが望ましいが、執務者への影響を考慮すると頻繁に影響度の実測を行うことは現実的ではない。

そこで、執務環境の変化に応じて影響度を更新する手法として、稼働ログデータを用いる手法が提案された<sup>2)</sup>。上記の手法はログデータの中に類似した光度値のデータ系列が存在すると影響度係数の実測値と推定値に誤差が生じる。そこで、本稿では類似データの偏りを減らすことによる影響度の推定精度向上手法を提案する。

## 2 知的照明システム

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する。執務者が要求する照度を実現し、かつ執務者にとって影響の小さい照明を減光することにより、消費電力の削減を図る照明制御システムである。

実オフィスに導入されている知的照明システムでは、実測した影響度係数を用いて照明を制御している。影響度の実測方法は、全照明消灯状態から照明を1灯ずつ点灯・消灯を繰り返すことで影響度を実測するが、実測した影響度係数は照明の劣化やパーティションの設置等により変化する。オフィス環境の変化毎に影響度の実測を行うことは執務者の不快感を招くため、現実的でない。このため、オフィス環境の変化に応じて知的照明システムの稼働ログデータを基に影響度係数を更新する手法（以下、従来手法）が提案された。

この手法は、ログデータに類似した光度のデータ系列が存在すると影響度の推定値に誤差が生じる。

そこで、類似した点灯パターンで点灯している照明に対し、光度変化を行うことで、点灯パターンの偏りを低減させる。その際、執務者への影響を考慮し、執務者が

認知しない最小の変化幅で光度変化をさせる必要がある。そして光度変化を行ったログデータを用いて影響度を推定することで、類似した点灯パターンの偏りを低減させ、影響度の推定精度向上を図る。

## 3 数理計画法を用いた提案アルゴリズム

### 3.1 数理計画法を用いた影響度推定の概要

数理計画法を適用するため、最適化問題を式1に定式化する。目的関数は、ログデータ中の1データ系列における推定した影響度係数と光度値から算出される推定照度と実測照度の差の二乗からなり、データ系列分の目的関数の総和を最小化する影響度係数の探索を行う。

$$(P1) \quad \min : \sum_{i=1}^d w_i f_i(R) \quad (1)$$

$$f_i(R) = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{k=1}^m R_{j,k} L_{i,k} - I_{i,j} \right)^2$$

$d$ : データ番号,  $m$ : 照明台数,  $n$ : センサ数

$L$ : 光度 [cd],  $I$ : 実測照度 [lx],  $d$ : ログデータ数

$R_{j,k}$ : センサ  $j$  に対する照明  $k$  の影響度係数 [lx/cd]

対象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計画法である最急降下法を用いた。最急降下法とは勾配方向に直線探索を行い、最適なステップ幅を計算しながら最適解の探索を行う手法である。

### 3.2 提案手法による制御アルゴリズム

光度変化が起こらない点灯状況が続くと出力されるログデータの中に類似した点灯光度パターンのデータ系列が続く。このログデータを用いて影響度の推定を行った際、一定の点灯パターンに目的関数が重み付けされ、影響度の推定値に誤差が生じる。

そこで、光度変化の少ない照明に対して執務者が認知しない変化幅で光度変化を行い、類似した点灯パターンを削減することで、影響度の推定精度向上を図る。変化させる光度変化幅は、次節で述べる。

### 3.3 執務者が認知しない光度変化幅の検証

執務者が認知する最小の光度変化幅の検証を行うため、被験者実験を行った。予備実験により、執務中の被験者は、目の前の照明の光度変化を認知しやすいという

結果が得られたため、Fig.1 に示す実験環境において光度変化幅の検証を行った。先行研究により、執務者が認知する机上面照度の変化幅は増光と減光で異なることが知られている<sup>3)</sup>。そこで、本実験においても増光および減光に対して実験を行った。本稿では光度変化の少ない照明に対し、増光の変化を加えるため減光については割愛する。

実験対象は20代前半の大学生5人とし3回ずつ同様の実験を行う。実験の手順(増光)を以下に示す。また、本実験のパラメータを $t_1=1$ ,  $t_2=3$ とし実験を行った。

1. 設定照度を満たす一律光度で全照明点灯
2. 光度変化させる照明に対して $h$  cd 増光し $t_1$ 秒点灯
3.  $t_2$ 秒かけ $h/3$  cd ずつ基準光度に復帰
4. 光度変化幅を5 cd 広げる
5. 2に戻る

実験結果をTable 1に示す。Table 1の結果より、執務者が認知する最小の光度変化幅は10.7%であることがわかる。そこで、本稿では執務者が10%の光度変化は認知しないと定義し、影響度推定に用いる。

Table 1 執務者が認知する光度変化幅(増光)

机上面照度 [lx]	平均値 [%]	中央値 [%]	最大値 [%]	最小値 [%]
300	22.6	20.4	45.1	15.9
500	19.2	18.0	30.4	10.7
700	18.4	17.3	29.0	11.9

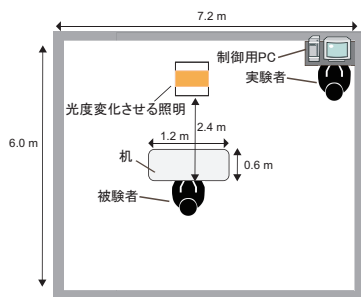


Fig. 1 実験環境

## 4 シミュレーションによる検証実験

### 4.1 実験概要

知的照明システムのログデータを用いて影響度係数の推定を行う。前節で執務者は10%の光度変化は認知しないという結果が得られた。この値を用いて光度変化を行うことにより、ログデータ中の類似データ系列の偏りを減らし、影響度係数の推定精度向上を図る。また、推定に用いるログデータは2000ステップ(1ステップ2秒)とし、目標照度を300ステップ毎に変更したものである。

本実験の想定環境をFig.2に示す。従来手法により推定した影響度係数を用い算出した照度と提案手法により推定した影響度係数を用い算出した照度の比較を行うことにより、提案手法の有効性を示す。

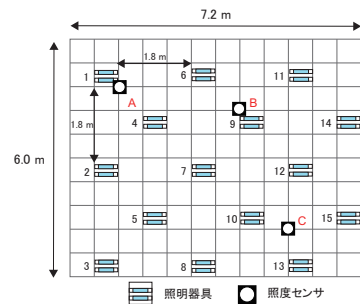


Fig. 2 想定環境

### 4.2 実験結果および考察

本実験は、事前に用意した光度値と推定した影響度から算出した照度値(推定照度)と光度値と影響度の実測値から算出した照度値(実測照度)をそれぞれ $1.0 \times 10^4$ パターン用意し、ヒストグラムを作成することにより評価を行った。

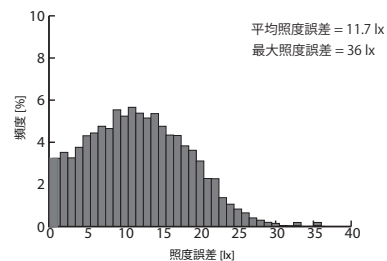


Fig. 3 従来手法による照度誤差(照度センサC)

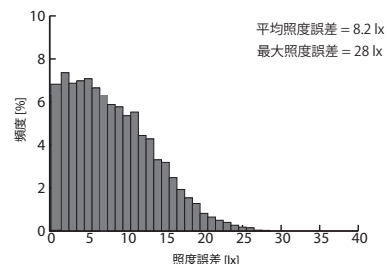


Fig. 4 提案手法による照度誤差(照度センサC)

従来手法と提案手法を比較した際、提案手法は平均照度誤差および最大照度誤差が低減されていることがわかる。すなわち、ログデータ中の類似した光度パターンの重み付けを軽減することができ、影響度の推定精度が向上したと考えられる。以上により、提案手法を用いることで影響度係数の推定精度が向上したため、本手法は有効であると言える。

### 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) 宮崎昇幸, 三木光範, 吉見真聡, 善裕樹. 分散制御照明システムにおける照度センサ位置の数理計画法を用いた推定. 情報処理学会第74回全国大会講演論文集, 2012.
- 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.