

# 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における有効ログデータ抽出

外村 篤紀

Atsuki TONOMURA

## 1 はじめに

著者らは知的照明システムの研究・開発を行っている。知的照明システムは照明と照度センサに関する影響度合い（以下、照度/光度影響度係数）に基づいて照明光度を変更する<sup>1)</sup>。これにより、照明における消費電力を最小化する点灯パターンを効率的に探索する。

知的照明システムをオフィスに導入した実証実験では、照度/光度影響度係数を導入時に実測することで取得している。この照度/光度影響度係数はレイアウト変更まで更新されないため、環境の変化があった場合、再測定が必要である。しかし、導入時に行う照度/光度影響度係数の実測手法は照明の点灯と消灯を繰り返すため、オフィスにおいて現実的ではない。そこで、知的照明システムの稼働ログデータを用いて照度/光度影響度係数を更新する手法が提案されている<sup>2)</sup>。

本研究では、この手法において推定に有効なログデータを抽出することで、照度/光度影響度係数推定の精度を向上させる手法を提案する。

## 2 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

我々の研究室では、知的照明システムの稼働ログデータを用いて照度/光度影響度係数を推定する手法を提案している<sup>2)</sup>。この手法はオフィスに立ち入る必要がないため、実オフィスでの知的照明システムの運用に対して有用である。

この手法は、1系列の稼働ログデータ中の照明光度と照度センサの測定照度から式(1)を用いて照度と光度の関係式を立式し、この関係式を基に照度/光度影響度係数  $R$  を算出する最適化問題として定義する手法である。

$$E_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} L_j \quad (1)$$

$E_i$ : 照度センサ  $i$  の照度 [lx],  $L_j$ : 照明  $j$  の光度 [cd],

$R_{ij}$ : 照度センサ  $i$  と照明  $j$  に関する照度/光度影響度係数 [cd],

この問題を最適化問題として目的関数を立式する。式(2)に目的関数を示す。問題は、同時刻に計測された照

明光度と実測照度を1系列の実測データとし、各データ系列  $i$  に対して立式した重み付き総和を単一目的関数として、これを最小化する照度/光度影響度係数を求める問題である。なお、最適化手法には数理計画法の最急降下法を用いる。

$$\min \sum_{i=1}^d f_i(\mathbf{R})$$

$$f_i(\mathbf{R}) = \sum_{j=1}^n (\sum_{k=1}^m R_{jk} L_{ik} - E_{ij})^2 \quad (2)$$

$E_{ij}$ : 実測照度 [lx],  $R$ : 照度/光度影響度係数 [lx/cd]

$m$ : 照明台数,  $L$ : 照明光度 [cd]

$n$ : 照度センサ台数,  $d$ : ログデータ系列数

しかし、各データ系列の各光度値が類似している場合、ある特定の点灯パターンに重み付けされた目的関数を最小化するため、推定精度が悪化する。そのため、全ての稼働ログデータを推定に利用することは望ましくない。本研究では、データ間の類似度に基づいて類似データを排除し、有効なログデータを抽出する（以下、有効データ抽出）ことで、推定の効率化および推定精度を向上させる手法を提案する。

## 3 有効データ抽出

### 3.1 有効データ抽出の概要

照度/光度影響度係数推定において、光度値に偏りのあるデータ系列を排除し、有効なログデータのみを抽出する。これには、全ての系列から2系列を選択する組み合わせに対して類似度を計算する。類似度があらかじめ設定した閾値より高ければ、一方を排除する。これを全データ系列の2つの組み合わせに対して適用することで、類似度の低いデータ系列のみを抽出することができる。類似度の算出には、2系列間の類似度計算として一般的なコサイン類似度とユークリッド距離を用いた。なお、閾値は予備実験により決定した。

### 3.2 コサイン類似度およびユークリッド距離を用いた有効データ抽出方法

コサイン類似度は2つのデータ系列  $D_i, D_j$  からなるベクトルの  $\cos \theta$  の値である。コサイン類似度の計算

式を式 (3) に示す.

$$\text{sim}(D_i, D_j) = \frac{D_i \cdot D_j}{|D_i| |D_j|} = \frac{d_{i1}d_{j1} + \dots + d_{im}d_{jm}}{\sqrt{d_{i1}^2 + \dots + d_{im}^2} \sqrt{d_{j1}^2 + \dots + d_{jm}^2}} \quad (3)$$

$i, j$ : データ系列番号,  $m$ : 照明台数,  $d$ : 照明光度

一方, ユークリッド距離は 2 つのデータ系列で表される 2 点の幾何学的な直線距離である. ユークリッド距離の計算式を式 (4) に示す.

$$D(d_i, d_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^m (d_{i,k} - d_{j,k})^2} \quad (4)$$

$i, j$ : データ系列番号,  $k$ : 照明番号,  $d$ : 照明光度  
 $m$ : 照明台数

## 4 検証実験

### 4.1 実験概要

提案手法の有効性を検証するために実験を行った. Fig. 1 に示す環境にて知的照明システムによる照度収束実験を 4 時間行い, 取得した稼働ログデータに対して有効データ抽出をする. 抽出した有効データを用いて照度/光度影響度係数推定を行い, 推定値に対して評価を行う.

照度収束実験では, 照明 12 台と照度センサ 3 台を用いた. また, 照度センサ C の目標照度を 3 回変更した. 照度/光度影響度係数推定には提案手法の有効性を示すために抽出なしのログデータ, コサイン類似度によって抽出されたログデータ, ユークリッド距離によって抽出されたログデータの 3 種類を用いた. 推定値の評価のために, 推定値と実測値との比較を行った. なお, 実測値とは照度/光度影響度係数実測法により計測した値とする.

### 4.2 実験結果および考察

Fig. 2 に, センサ A における実測値と推定値の差を示す. また, 光度値をランダムに変化させたデータを 10000 用意し, センサ B における推定値と光度値から算出した照度値 (以下, 推定照度) と実測値と光度値から算出した照度値 (以下, 実測照度) の誤差のヒストグラムを Fig. 3 に示す.

Fig. 2 では, コサイン類似度およびユークリッド距離の有効データ抽出によって照度/光度影響度係数の誤差が小さくなっている. しかし, 照明によっては推定精度が悪化している場合がある. これは, 1 系列中の光度値の中に有効データである照明と偏りのある光度値が含まれており, 類似度に基づいてその 1 系列が排除されてし

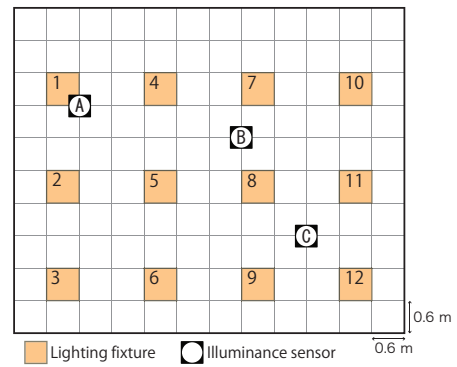


Fig. 1 実験環境

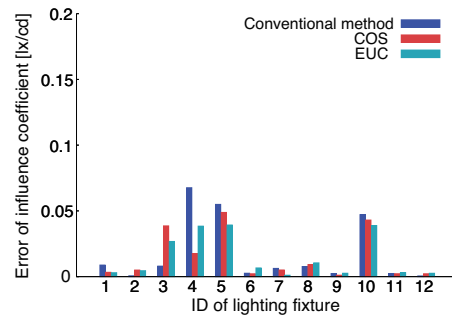


Fig. 2 実測値と推定値の差 (センサ B)

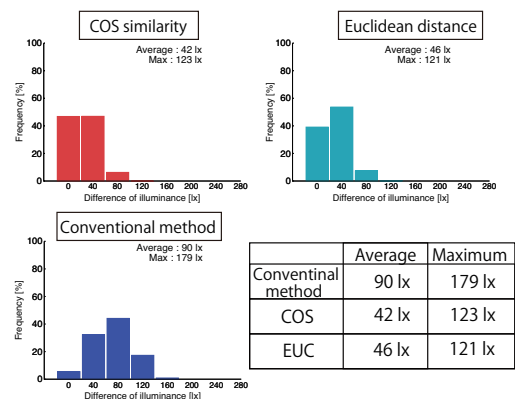


Fig. 3 照度誤差 (センサ B)

まったためと考えられる. Fig. 3 から平均照度誤差および最大照度誤差でユークリッド距離, コサイン類似度による有効データ抽出の結果が良くなっているため, 有効データ抽出に有効性があるといえる.

## 参考文献

- 1) 後藤和宏, 三木光範, 廣安知之. 知的照明システムのための回帰係数を用いた自律分散最適化アルゴリズム. 照明学会全国大会講演論文集, Vol. 40, pp. 123-124, 2007.
- 2) 上南遼平, 谷口武, 三木光範, 間博人. 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. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 3, pp. 936-946, mar 2016.