

# 知的照明において照明光度がセンサ照度に与える影響度係数の推定における有効ログデータ抽出手法

## Extracting Method of Active Logdata in an Intelligent Lighting System by Estimating Influence Coefficient on Illuminance Sensor

三木 光範<sup>‡</sup> 橋本 瑠璃亜<sup>†</sup> 池上 久典<sup>\*</sup> 吉田 健太<sup>\*</sup> 榊原 佑樹<sup>\*</sup> 間 博人<sup>\*</sup>  
Mitsunori Miki Ruria Hashimoto Hisanori Ikegami Kenta Yoshida Yuki Sakakibara Hiroto Aida

### 1. はじめに

著者らは分散制御照明システム（以下、知的照明システム）の研究を行っている [1]。知的照明システムの制御は焼き鈍し法をベースとしたアルゴリズムを用いており、照明光度がセンサ照度に与える影響度合い（光度/照度影響度）に基づいて、光度を適切に変化することで目標照度へ効率的に収束させることができる。

知的照明システムをオフィスに導入した実証実験では、影響度（光度/照度影響度）をシステム導入時に実測し、データベース化して制御に用いている。この影響度はレイアウト変更まで更新されないため、執務環境の変化があった場合、再測定が必要である。しかし、導入時に行う影響度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影響度を更新する手法が提案されている [2]。

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、影響度推定の精度を向上させる手法を提案し、その有効性を検証した。

### 2. 知的照明システムの稼働ログデータを用いた影響度推定

#### 2.1 知的照明システムの制御における課題

調光可能な照明器具、制御装置、照度センサおよび電力計をネットワークに接続することで構成している。最適手法を用いることで執務者が設定した照度を満たし、かつ低消費電力となる照明の点灯パターンを実現するシステムである。

知的照明システムの制御アルゴリズムである、影響度をデータベース化した適応的近傍アルゴリズムは導入時に照明を1灯ずつ点灯・消灯をすることで影響度を実測（以下、影響度係数実測法）し、データベース化して制御している。影響度は環境の変化に伴い変化するため、定期的に影響度係数実測法を行うことで更新するのが望ましい。しかし、オフィスにおいて点灯と消灯を繰り返す行う影響度係数実測法の実施は現実的でない。

そこで、知的照明システムの稼働ログデータを用いて影響度を算出する手法が提案されている。

#### 2.2 数理計画法を用いた影響度係数の推定

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

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

$E_i$ : 水平面照度 [lx],  $L_j$ : 照明  $j$  の光度 [cd],  
 $R_{ij}$ : センサ  $i$  と照明  $j$  に関する影響度係数 [cd],

この問題を最適化問題として問題 P1 のように定式化する。また、式 (3) に目的関数を示す。問題 P1 は、同時に計測された点灯光度と実測照度を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。

$$(P1) : \min \sum_{i=1}^d u_i f_i(\mathbf{R}) \quad (2)$$

$$f_i(\mathbf{R}) = \sum_{j=1}^n (\sum_{k=1}^m R_{j,k} L_{i,k} - E_{ij})^2 \quad (3)$$

$E_{ij}$ : 実測照度 [lx],  $R$ : 影響度係数 [lx/cd],  $m$ : 照明台数,  
 $n$ : センサ台数,  $d$ : ログデータ系列数,  $L$ : 照明光度 [cd],

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できない。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

影響度推定において、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方法を考えた。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。

\*同志社大学大学院

†同志社大学理工学部

‡同志社大学

### 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。コサイン類似度ではベクトルの大きさを考慮できないため、今回は基準光度を設定し光度値が基準光度以上ならば1に、基準光度以下であれば0にする特徴ベクトルを生成し、コサイン類似度の算出を行う。特徴ベクトルの例を式(4)に、コサイン類似度の計算式を式(5)に示す。

$$d_i = \{0, 1, 1, \dots, 0\} \quad (4)$$

$$\text{sim}(D_i, D_j) = \frac{D_i \cdot D_j}{|D_i| |D_j|} = \frac{d_{i1}d_{j1} + \dots + d_{im}d_{jm}}{\sqrt{d_{i1}^2 + \dots + d_{im}^2} \sqrt{d_{j1}^2 + \dots + d_{jm}^2}} \quad (5)$$

$i, j$ : 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(6)に示す。

$$D(d_i, d_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^m (d_{i,k} - d_{j,k})^2} \quad (6)$$

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

## 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。図1に示す環境にてANA/AMを用いた照度収束実験を2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影響度推定を行い、推定値に対して評価を行う。照度収束実験では、照明15台とセンサ3台を用いて目標照度を3回変更した。影響度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、実測値とは影響度係数実測法により計測した値とする。

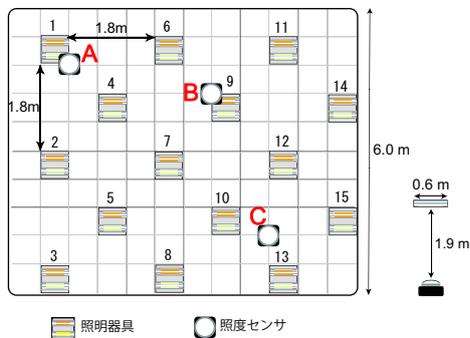


図 1: 実験環境

### 4.2 実験結果および考察

図2に、センサBにおける影響度の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個用意し、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）の最大照度差と平均照度差を図3に示す。

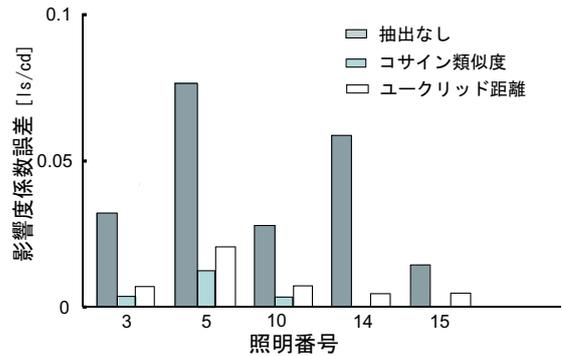


図 2: 実測値と推定値の差（センサ B）

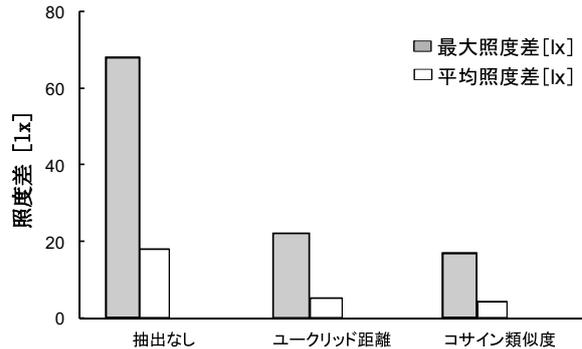


図 3: 照度誤差の比較（センサ B）

図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大幅に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まったためと考えられる。しかし、図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] 三木光範. 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム. 人工知能学会誌 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, Vol. 1, pp. 481-482, 2012.