

## 大規模な知的照明システムにおける照度センサ近傍照明抽出手法 An Extraction of Influential Lightings for Illuminance Sensors in Large Office

池上 久典\*  
Hisanori Ikegami

三木 光範†  
Mitsunori Miki

榊原 佑樹\*  
Yuki Sakakibara

間 博人†  
Hiroto Aida

### 1. はじめに

我々はオフィスにおける執務者の快適性向上と照明の消費電力の削減を両立する知的照明システムの研究・開発を行なっている。知的照明システムは照度センサのある場所に、執務者が希望する照度を最小の消費電力で提供する。知的照明システムは個別照度実現性と消費電力削減の有効性を認められ、さらに大規模な照明環境への導入が検討されている。

知的照明システムは執務者一人ひとりの机に移動可能な照度センサを設置し、照明が各照度センサの照度に及ぼす明るさの大小（以下、照度/光度影響度）に応じて、各照明の光度を適切に変化させる。照度/光度影響度の学習精度によって、省エネルギー性に大きな違いがあり、学習精度を向上させるため、これまでに回帰分析と照明配置図を併用した学習手法を提案した [1]。しかしながら、照明台数が増えるに従って、回帰分析に必要な時間が長くなり、照度センサに近い照明抽出に要する時間も長くなる。

本研究では、大規模な照明環境を想定したシミュレーションを行い、回帰分析に基づいた照度センサ近傍照明抽出に必要な時間や照明抽出精度を検証し、回帰分析を用いる手法の課題を示す。さらに、照明台数の多い環境でも短時間で照度センサに近い照明を抽出するために、回帰分析に依らない新たな照明抽出手法を提案する。提案手法を用いることで、回帰分析を用いる手法よりも短時間で照度センサに近い照明を正確に抽出できることを示す。

### 2. 大規模照明環境における照度センサの近傍照明抽出に要する時間の検証

照明台数が縦横に 4×4 灯, 6×6 灯, …, 20×20 灯の 9 通りの環境を想定し、シミュレーションを行う。想定した全ての照明環境で、照度センサの位置は 3 行 3 列目の照明直下とする。天井と照度センサの垂直距離は 1.9 m である。また、シミュレーションにおける照度値算出には逐点法 [2] を用いた。執務者の要求する照度を十分に満たすためには、照度センサ 1 台につき 4 灯~6 灯の照明抽出が必要である [1]。回帰分析のみを用いる手法 (ANA/RC) と照明配置図を併用する手法 (MAP 手法) について、照度センサ直近の 4 灯以上の抽出に要する時間を検証する。

想定した環境でそれぞれ 100 回のシミュレーションを行った。9 通りの環境のうち、10×10 灯の環境における回帰係数の学習時間と照明抽出成功確率を図 1 に示す。

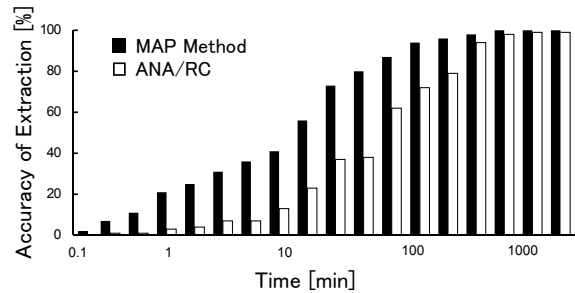


図 1 照明の抽出成功に要する時間 (10×10 灯)

図 1 より、小規模な照明環境なら短時間で照明抽出可能 [1] な MAP 手法であっても、大規模な照明環境になると照明抽出精度が 100 % となるまでに 12 時間 (21600 ステップ) 必要であることがわかる。知的照明システムは、照明の光度を微小に乱数変化させて回帰係数を求めるが、照度センサの照度変化とセンサから遠い照明の光度変化が偶然似てしまい、照度センサから遠い照明の回帰係数が高く算出されてしまうことがある [1]。照明台数が増えるほどこの現象の起きる確率は高くなるため、照度センサに近い照明を正確に抽出するまでに時間がかかると考えられる。

正確な照明抽出には MAP 手法であっても多くの時間を必要とし、照明台数が増えれば増えるほど、短時間で照度センサ近傍の照明を正確に抽出することは容易でない。大規模な照明環境に知的照明システムを導入するにあたって、照明台数が増えた場合でも、これまで実オフィスで導入した知的照明システムと同等の学習時間で、照度センサ近傍の照明を抽出できる手法が必要である。

### 3. 照度センサ座標を走査する照明抽出手法

大規模な照明環境で照度センサに近い照明を抽出するため、回帰係数に依らない照明抽出手法を提案する。照明抽出の流れを以下に示す。また、本手法の概念図を図 2 に示す。

1. 照明を縦横のグループに分ける。
2. 全照度センサの照度値を取得する。
3. 1 つの照明グループの各照明の光度を  $\Delta L$  変化させる。  
 $\Delta L$  は全照明グループで同じ値である。
4. 全照度センサの照度値を取得し、照度変化量を算出する。
5. 全ての照明グループで項目 (2) から項目 (4) を繰り返す。
6. 項目 (4) で算出した照度変化量を基に、照度変化量の大きい照明グループ同士で積集合を取る。
7. 抽出された照明が属している照明グループの照度変化量に応じて、抽出された各照明に照度センサへの影響度合いの順位を付与する。

\* 同志社大学大学院

† 同志社大学理工学部

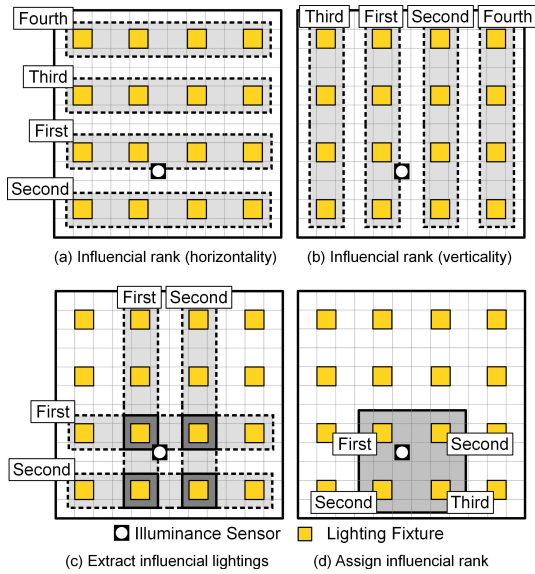


図2 照度センサに近い照明を抽出する座標走査手法

照度センサに近い照明の順位付けを基に、照度/光度影響度を決定することで、実オフィスに導入した知的照明システムの消費電力削減効果と同等の動作が可能となる [1]。また、本手法の照明抽出に要する時間は、照度センサの数に関わらず(縦の照明台数+横の照明台数)ステップである。照明台数と照明抽出に必要な時間の関係は線形的であり、正確な照明抽出に要する時間が非線形に増加する従来手法よりも、大規模な照明環境に適している。

#### 4. 照度収束および点灯パターン検証実験

提案手法を組み込んだ知的照明システムの有効性を示すため、検証実験を行う。実験室は7.2 m × 6.0 m × 2.6 mの空間で、JISが推奨するオフィス机の高さである床面から0.7 mの地点に照度センサを設置した。適切な位置の照明の点灯を分かりやすくするため、照度センサの台数を少なくしている。照明には30%から100%まで調光可能なPanasonic社製白色蛍光灯(FHP45EN)を用いた。

ANA/RCとMAP手法について、回帰分析による照度/光度影響度の学習時間は60ステップ(約2分)とした。これは実オフィスに導入している知的照明システムで採用している学習時間である。回帰分析を用いる手法と提案手法の照度履歴および各照明の点灯状況を比較する。ANA/RCとMAP手法を用いた場合の各照度センサの照度履歴を図3に示す。提案手法を用いた場合の照度履歴を図4に示す。また、300ステップ経過時の各手法における照明の点灯状況を図5に示す。

ANA/RCとMAP手法では、照度履歴に差は見られなかったが、図5-(a)、図5-(b)の点灯状況を比較すると、ANA/RCでは照度センサから2灯分離れた照明が点灯している一方で、MAP手法では照度センサに近い照明のみ点灯しており、消費電力の観点から効率的な点灯パターンを実現している。また、図5-(c)より、提案手法もMAP手法と同様に省電力な点灯パターンを実現している。さらに、図4より、提案手法は11ステップで照明抽出を完了し、回帰分析を用いる手法より素早く

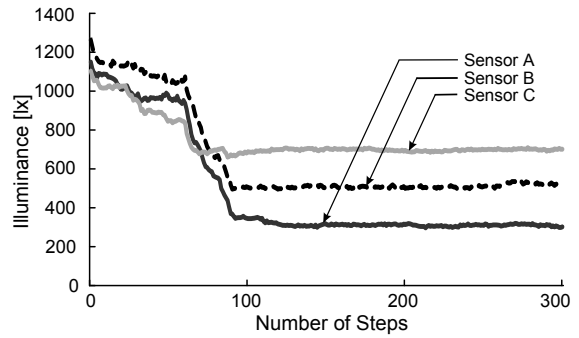


図3 MAP手法の照度履歴

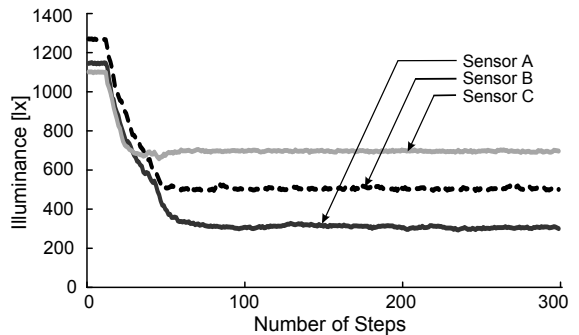


図4 提案手法の照度履歴

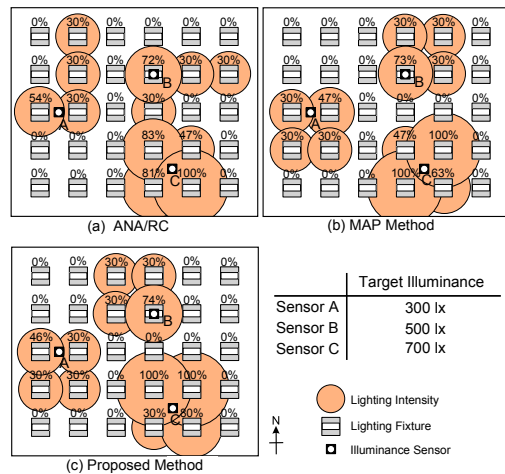


図5 各手法を用いた場合の点灯状況(300ステップ時)

目標照度を実現している。これらの結果から、提案手法を用いることで、回帰分析を用いる手法よりも短時間で照度センサに近い照明を正確に抽出し、効率的な点灯パターンを実現できることを示した。照明台数の増加に対応した照明抽出アルゴリズムを考案したことで、大規模な照明に対して知的照明システムの導入可能性を示すことができた。

#### 参考文献

- [1] 三木光範, 東陽平, 吉田健太, 池上久典. 知的照明システムにおける照度センサに影響のある照明の抽出手法及びそれに伴う消灯制御(オフィスインフォメーションシステム,e-ビジネスモデリング, 特集システム開発論文). 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol. 96, No. 10, pp. 2418-2425, oct 2013.
- [2] 松下進. よくわかる最新照明の基本と仕組み 照明計画の意味と役割を基礎から学ぶ 住空間と光環境. 秀和システム, jun 2008.