

大規模な知的照明システムにおける階層的個別照明点灯による照度センサ近傍照明抽出手法

中林 弘光
Hiromitsu NAKABAYASHI

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最小の消費電力で照度を提供するために、できる限り照度センサ近傍の照明で執務者の希望する照度を提供するよう照明の点灯パターンを決定する。よって、照度センサに及ぼす影響が少ない照明は点灯光度を下げるよう制御される。現在、照明が照度センサに及ぼす影響度（以下、照度/光度影響度）は照度センサの取得照度と各照明の光度の回帰分析を行うことで測定している。この影響度を基に最適な照明の点灯パターンを決定している。しかしながら、大規模な照明環境に知的照明システムを用いた場合、照明台数が増加するため、回帰分析に必要な時間が多くなり、照度センサ近傍の照明抽出に時間がかかる。

2 知的照明システムの大規模化における課題

これまで知的照明システムを導入した実オフィスは、執務者のデスクが固定であり、照度センサの移動が見られなかったため、導入時に1灯ずつ光度変化させ、照度/光度影響度を計測することができた。一方で、個人のデスクをなくしたノンテリアルオフィスや執務者が自由に席を移動できるフリーアドレスを採用する企業も増えている。これらのオフィスでは執務者が自由に席を決定できるため、照度センサの移動が生じる環境といえる。導入前に照度/光度影響度を測定できないオフィスや照度センサの移動が想定されるオフィスでは、動的に照度/光度影響度が学習する必要がある。現在は、照明が照度センサに与える照度/光度影響度を動的に推定するために回帰分析を用いている。しかし、照度センサから遠い照明の回帰係数が正しく算出できず、省電力な点灯パターンが実現できないことがあった¹⁾。大規模な環境に知的照明システムを導入する場合、照明台数が増えるため回帰分析に時間がかかる上に、照度センサの位置に応じた確な照明制御が行えない。また、照度センサ近傍照明の抽出時間がかかるといった課題がある。

本研究では、照度センサに影響の大きい照明の抽出手法について、回帰分析に依らない照度センサ近傍照明抽出手法を提案する。

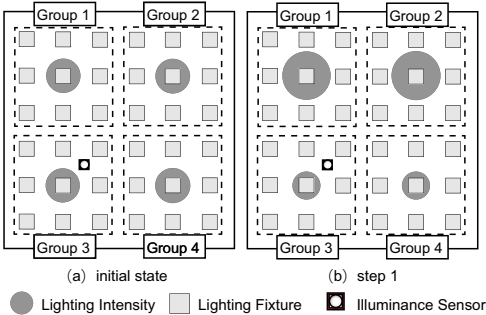


Fig.1 照度センサ近傍の照明抽出の概要

3 階層的個別照明点灯による照度センサ近傍照明抽出手法

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、階層的に照明を点灯させることで照度センサの位置を推定し、照度センサ近傍の照明を抽出する手法を提案する。Fig.1に示すように、照明を3×3灯(9台)ごとのグループに分ける。Fig.1では、増光、減光する照明のみの点灯状態を示し、他の照明の点灯状態は示していない。Fig.1-(b)のように各グループの中央の照明を同時に増光、または減光させる。なお、照明の光度は人の目に感知されない変化幅²⁾で変化させる。このときの照度センサにおける照度値の増減の変化を保存する。次にstep 2においてFig.1-(b)と異なった点灯パターンで照明グループの照明を点灯する。Table.1では照度センサの照度値の増減とGroup 3の照明の光度の増減が一致している。このように、照度センサの照度値の増減と一致した照明グループがただ一つに決定したとき、照度センサ近傍の照明グループとして照明抽出する。Table.1では、Group 3が照度センサの増減と一致しているため、Group 3の照明グループが照度センサの近傍照明であることがわかる。照度センサ近傍の照明グループ決定後、照明グループ内で1灯ずつ照明光度を変化させ、照度/光度影響度を取得することで照度センサに近い照明を抽出する。照明抽出の流れを以下に示す。

Table1 照明光度と照度センサの照度値の増減

	step 1	step 2
Group 1	1	1
Group 2	1	0
Group 3	0	1
Group 4	0	0
Illuminance sensor	0	1

1 : increase
0 : decrease

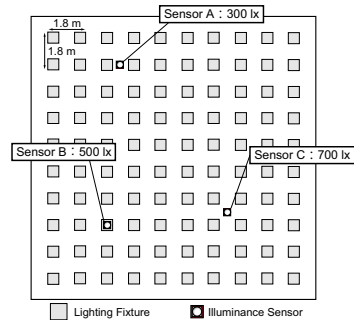


Fig.2 シミュレーション環境

1. 照明のグループ分けを行う。
2. 知的照明システムの稼働を停止する。なお、停止の状態は直前の光度状態である。
3. すべての照度センサの現在照度を取得する。
4. 各グループの中央の照明を同時に増光、または減光させる。
5. すべての照度センサの現在照度を取得し、(3)で取得した照度と比較し、各照度センサの照度値の変化を保存する。
6. 各照度センサの照度値の増減と各グループの中央の照明の光度における増減を比較する。比較した結果、一つの照度センサに対して同じ増減のパターンで光度変化した照明グループが複数存在した場合、(3)に戻る。照明グループが一つであった場合、(7)へ進む。
7. 抽出した照明グループの照明を1灯ずつ光度変化させる。
8. 照度センサから得られる照度変化量を各照明の光度変化量より、各照明と照度センサの照度/光度影響度を取得する。
9. 取得した照度/光度影響度から照度センサへの影響度合いの順位を付与する。

4 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。検証実験では照明100台の環境と照度センサ3台を想定し、シミュレーション環境を構築した。なお、抽出した照明をわ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。センサA、BおよびCも目標照度はそれぞれ300 lx、500 lxおよび700 lxとする。Fig.2に実験環境を示す。Fig.2に示した環境において、照度収束実験を行う。従来手法と提案手法の照度履歴および各照明点灯状況を比較する。従来手法を用いた場合の各照度センサの照度履歴をFig.3に、提案手法を用いた場合の各照度センサの照度履歴をFig.4に示す。なお、照明制御1ステップにかかる時間は約2秒である。また、500ステップ経過時の各手法における照明の点灯状況をFig.5に示す。

Fig.3とFig.4を比較すると、提案手法は照明抽出を13ステップ（約26秒）で完了し、従来手法を用いるより素早く目標照度を実現している。また、Fig.5-(a)より、

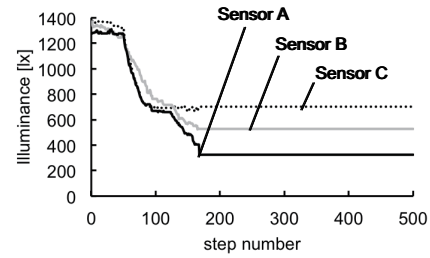


Fig.3 従来手法を用いた場合の照度履歴

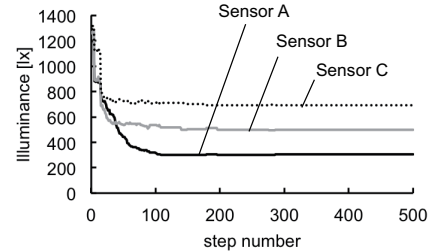


Fig.4 提案手法を用いた場合の照度履歴

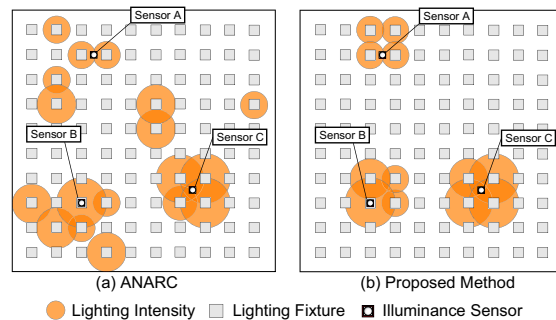


Fig.5 各手法を用いた場合の点灯状況（500ステップ時）

従来手法は照度センサから離れた照明が点灯していることが確認できる。これは回帰分析の際、照度センサから遠い照明の回帰係数が高く算出されたためである¹⁾。しかし、提案手法では、回帰分析を用いずに照明を抽出するため、Fig.5-(b)のように照度センサ近傍の照明のみが点灯する。これらの結果から、提案手法を用いることで、従来手法よりも短時間で照度センサ近傍の照明を抽出することができ、照度も短時間で収束することを確認した。これより、大規模な照明環境に対して知的照明システムを導入する場合、提案手法を用いることで短時間で照明抽出を行うことができることが確認できた。

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) 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変動知覚に関する研究. 照明学会誌 Vol.85(5), pp. 346-351, 2001.