

照明と照度センサ間の影響度をデータベース化する 個別分散最適制御照明システム

三木 光範^{††} 米本 洋幸[†] 廣安 知之[‡] 吉見 真聡^{††}

[†]同志社大学大学院工学研究科 ^{††}同志社大学理工学部 [‡]同志社大学生命医科学部

1 はじめに

近年、オフィスビルなど業務ビルの消費エネルギーが年々増加している。オフィスビルのうち、照明による電力コストはビル全体の約 20%を占めているという現状 [1] であり、政府が掲げる温室効果ガスの排出 25%削減を実現する上で、この照明に対する省エネルギー対策は重要な課題である。

また、オフィス環境がオフィスワーカーの生産性に及ぼす影響に関する研究が広く行われており、オフィス環境を改善することで、ワーカーの生産性が向上すると報告されている [2][3]。これらのことから著者らは知的照明システムと呼ばれる照明システムを提案している [4]。本システムは、実用化に向けて複数のオフィスビルにプロトタイプシステムを導入し、実証実験を行っている。従来は照度センサの移動やオフィスのレイアウト変更といった環境の変化を考慮し、照明と照度センサの位置関係を動的に把握し、照明制御を行っていた。しかし、オフィスにおいて照度センサは固定であることが多く、各照明が影響を与える照度センサは限定される。このため、事前に照明と照度センサの影響度をデータベース化することで、より安定した制御を可能とする照明制御アルゴリズムを提案する。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

知的照明システムは、任意の場所に任意の明るさ(目標照度)を提供する照明制御システムである。調光可能な照明器具、移動可能な照度センサ、および電力計をネットワークに接続することで構成される。各照明は、照度センサからの照度情報ならび、電力計からの消費電力情報に基づき、最適化手法により、自身の明るさ(光度)を制御することでユーザの要求する様々な目標照度を実現する。

2.2 システムの制御

知的照明システムでは、システムの制御に照明の光度変化量と照度センサの照度変化量の回帰係数を照明制御用に用いた適応的近傍アルゴリズム (Adap-

tive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC) を用いている [5]。本アルゴリズムでは、照度センサを設置した場所の照度を目標とする照度以上にし、照明が使用する電力量を最小化することを目的としている。これらを定式化すると式 1 となる。つまり、設計変数を照明の光度とし、式 1 の最小化を目的とする。 n は照度センサ数、 w は重み、 P は消費電力、 L_c は現在照度、 L_t は目標照度、 r は影響度ランクを表す。

$$f = P + w \sum_{i=1}^n g_i \quad (1)$$

$$g_i = \begin{cases} 0 & (L_{c_i} - L_{t_i}) \geq 0 \\ r_i(L_{c_i} - L_{t_i})^2 & (L_{c_i} - L_{t_i}) < 0 \end{cases}$$

また、本アルゴリズムでは、照度センサの移動、照明器具の故障、オフィスレイアウトの変更といった環境の変化に対応することを可能とする。各照明は常にランダムに光度を変化させ、そのときの光度変化量と照度センサで測定される照度変化量を基に、照明と照度センサの位置関係を動的に把握することで、目標照度を満たし、省電力な状態へと速やかに収束する。しかし、各照明はランダムに光度を変化させるために、照明台数の増加に伴い、各照明同士の光度変化に相関関係がある可能性が高くなる。この時、その照明は無関係な照度センサと相関が高くなり、影響があると判断することがある。これにより、無関係な照明が数分間程度明るく点灯することで、目標照度の実現に影響を与えることが考えられる。

3 照明と照度センサ間の影響度をデータベース化する個別分散最適制御照明システム

3.1 システムの概要

前節で述べたことを改善するべく、オフィスのように照度センサの移動がない場所では、照明は影響を与える照度センサを事前に学習し、データベースとして把握することで、より安定した照明制御を実現し、各ユーザの目標照度の実現を可能とする制御アルゴリズムを提案する。本システムでは、事前に照明を一灯ごとに消灯・点灯を行うことで、照明は照度センサとの影響度を学習し、データベースとして保持する。これを用いて照明制御を行う。しかし、本アルゴリズムでは、照度センサに書類などが被さることで、正しい照

^{††} Mitsunori MIKI

^{††} Hiroyuki YONEMOTO(hyonemoto@mikilab.doshisha.ac.jp)

^{††} Tomoyuki HIROYASU

^{††} Masato YOSHIMI

Doshisha University (^{††})

度情報を取得できない場合、その照度センサを影響度データベースとして登録する照明が必要以上の光度で点灯するという問題が生じる。これは、照明が影響度を持つ照度センサに必要な明るさを提供出来ていないと判断し、光度を増光させるためである。これにより、近接する他の照度センサに適切な照度環境を提供できないという結果となる。このような場合において、各照明は影響度データベースに登録している照度センサから正しい照度情報を取得出来ていないことを判断し、該当する照度センサを影響度データベースから一時的に外すメカニズムを設けることが重要となる。次節にメカニズムを述べる。

3.2 外的影響に応じた影響度データベース更新手法

各照明は、影響度データベースに登録する照度センサの照度情報を監視し外的影響を判断することで、影響度データベースの更新を行う。更新方法は、ネットワークを介して取得した照度情報に変化がなく、取得した照度値が極めて小さい場合に照度センサに外的影響が生じたと判断する。その場合、対象照度センサを影響度データベースから一時的に外すものとする。これにより、照明が必要以上の光度で点灯することを防ぐ。

4 提案手法の検証

4.1 実験概要

提案システムの有効性を確認するために、動作実験を行う。従来の照明制御アルゴリズムとの比較ならびに、提案手法において照度センサに外的影響が生じた際、適切な照度環境を提供可能かの検証を行う。実験環境は、図1に示す環境で、調光範囲が30から100%の昼白色蛍光灯15灯および照度センサ8台を用いる。図中の蛍光灯上の番号は蛍光灯番号を、照度センサ上のアルファベットはセンサ識別名を表す。目標照度の設定は、照度センサA, Bは700 lx, 照度センサC, Dは600 lx, 照度センサE, Fは550 lx, および照度センサG, Hは500 lxとした。

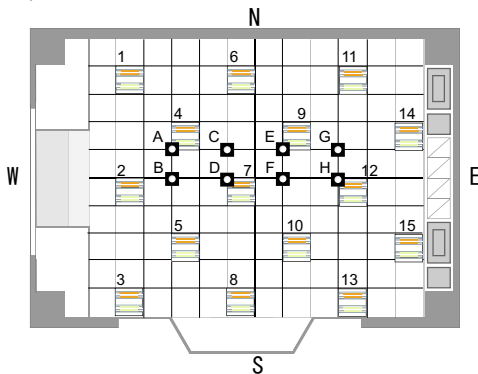


図1: 実験環境

4.2 実験結果1(従来の制御アルゴリズムとの比較)

従来の制御手法と提案手法の比較を行う。目標照度収束後に、目標照度を変更し、各制御手法の収束速度を比較する。図2に照度センサBの照度履歴を示す。横軸にステップ数、縦軸に照度を示す。また、300ステップ時に目標照度を変更したものとす。

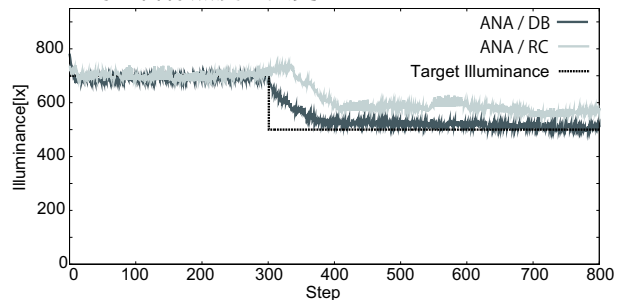


図2: 照度履歴(照度センサB)

図2より、目標照度の変更後、提案手法が従来手法よりも、速やかに目標照度に近づいていることがわかる。

4.3 実験結果2

提案手法において、照度センサに障害が生じた際に、影響度データベースの更新制御の必要性を検証する。影響度データベースの制御あり・なしの場合において、照度センサHに外的影響を加え、その時間帯における各照度センサの取得照度の平均を表1に示す。

表1: 平均照度値(外的影響が生じた場合)

センサ ID	目標照度 [lx]	更新あり [lx]	更新なし [lx]
A	700	698.6	696.7
B	700	689.3	692.8
C	600	595.3	613.2
D	600	598.9	622.9
E	550	579.9	624.9
F	550	568.4	627.3
G	500	500.0	541.9
H	500	0	0

表1より、更新制御なしの場合、照度センサHに外的影響が加わった際、近接する照度センサE, F, およびGに影響を与えている。一方で、更新制御を組み込むことで、周りの照度センサに影響を与えることなく適切な照度環境を実現出来ていると言える。このことより、提案システムにおいて更新制御は有効であると言える。

参考文献

- [1] 財団法人省エネルギーセンター. http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html.
- [2] 大林史明ら. オフィスワークの生産性向上のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験の評価. ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006, Vol. 1, No. 1322, pp. 151-156, 2006.
- [3] 西原直枝, 田辺新一. 中程度の高温環境下における知的生産性に関する被験者実験. 日本建築学会環境系論文集, No. 568, pp. 33-39, 2003.
- [4] 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. 人工知能誌, Vol. 22, No. 3, pp. 399-410, May 2007.
- [5] Shingo Tanaka, Mitsunori Miki, Tomoyuki Hiroyasu, Mitsuharu Yoshikata. An evolutionary optimization algorithm to provide individual illuminance in workplaces. *Proc IEEE Int Conf Syst Man Cybern. Vol.2009 Vol.2 Page.941-947*.