

## パーティション上に設置した照度センサの測定結果を基にした照明制御システム

The Lighting Control System Based on the Result  
Measured by Illuminance Sensor Installed on the Partition外村 篤紀<sup>†</sup>  
Atsuki Tonomura三木 光範<sup>\*</sup>  
Mitsunori Miki山下 大輔<sup>†</sup>  
Daisuke Yamashita提中 慎哉<sup>†</sup>  
Shinya Dainaka間 博人<sup>\*</sup>  
Hiroto Aida

## 1. はじめに

著者ら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<sup>1)</sup>。知的照明システムは、各執務者が机上面に置いた照度センサの測定照度を基に照明を調光し、執務者それぞれが希望する照度(目標照度)を机上面に提供する。しかしながら、実際のオフィスに知的照明システムを導入したところ、一部のオフィスで照度センサが机上面の書類やディスプレイ機器の影に隠れる状況が発生した。照度センサが机上面の照度を正確に測定できない状況では、知的照明システムは執務者の目標照度を実現できず、その結果、消費電力が増大する。そこで本研究では、照度センサを机上面ではなくパーティション上に設置する知的照明システムを提案する。照度センサをパーティション上に設置することで、照度センサが影に隠れることを防ぐ。窓のある対向島型オフィスを想定した検証実験を行い、提案手法が有用であることを示す。

## 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、複数の調光可能な照明器具、照明制御装置、各執務者が机上面に置く照度センサ、および電力計を1つのネットワークに接続することで構成する。

知的照明システムは、照明制御のアルゴリズムとして Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient (ANA/RC) を用いる<sup>2)</sup>。ANA/RC は Simulated Annealing (SA) を基礎とした最適化アルゴリズムである。設計変数である各照明光度を執務者に感知されない範囲でランダムに変化させ、目標照度を実現しつつ消費電力を最小化する照明光度を探索する。

## 2.2. 照度/光度影響度

単一光源の光度と、ある地点の照度は比例関係にある。そこで、著者らは知的照明システム導入時に測定を行うことで、各照明光度と各照度センサの測定照度の間に成立する比例関係を明らかにする。このときの比例定数を照度/光度影響度と呼ぶ。照度/光度影響度から、照明光の壁面反射やパーティションによる遮光などの影響を考慮した照明と照度センサの光学的位置関係を把握することができるため、知的照明システムは適切な光度変化を実現できる。照度/光度影響度、各照明光度、および各照度センサの測定照度の間には式1が成立する。

$$L_j = \sum_{i=1}^n (R_{ij} \times l_i) \quad (1)$$

$i$ : 照明番号,  $j$ : 照度センサ番号

$L$ : 測定照度 [lx],  $R$ : 照度/光度影響度 [lx/cd]

$l$ : 照明光度 [cd],  $n$ : 照明台数

## 2.3. 知的照明システムの実用化に向けた課題

都内複数のオフィスで知的照明システムの実証実験を行ったところ、一部のオフィスで照度センサが書類やディスプレイ機器などの影に隠れる状況が存在した。影に隠れた照度センサは低い照度を測定し続けるため、照明制御装置は未だ机上面照度が目標照度に対して不足していると判断し、照明の増光を繰り返す。結果、机上面照度は目標照度を大きく上回り、必要以上に明るく点灯した照明が原因で消費電力が増大してしまう。

## 3. 照度センサの設置位置をパーティション上に変更した知的照明システム

## 3.1. 提案手法の概要

本研究では、机上面ではなくパーティション上に照度センサを設置する知的照明システムを提案する。照度センサの位置を机上面からパーティション上へ変更することで、一部のオフィスで生じた照度センサが影に隠れる問題を解決する。提案手法は照度センサをパーティション上に設置するため、机上面照度を推定する必要がある。そこで、パーティション上に設置した照度センサを用いて机上面照度を推定する。

## 3.2. 机上面照度推定

机上面照度は天井照明による照度(照明照度)と、窓から入射する外光による照度(外光照度)の和で構成される。照明照度は式1を用いることで算出できるため、机上面の外光照度推定手法を提案する。机上面照度と同様に、パーティション上の照度センサの測定照度は外光照度と照明照度の和で構成されるため、パーティション上の照度センサの照明照度を式1を用いて算出したあと、測定照度から差し引くことでパーティション上に設置された照度センサの外光照度を算出する。後述する第4.1節の実験から、算出したパーティション上の外光照度と、パーティションが設置された執務机上の外光照度は線形関係にあることがわかった。よって、パーティション上の照度センサの外光照度から机上面の外光照度を推定することができる。

\* 同志社大学理工学部

† 同志社大学大学院

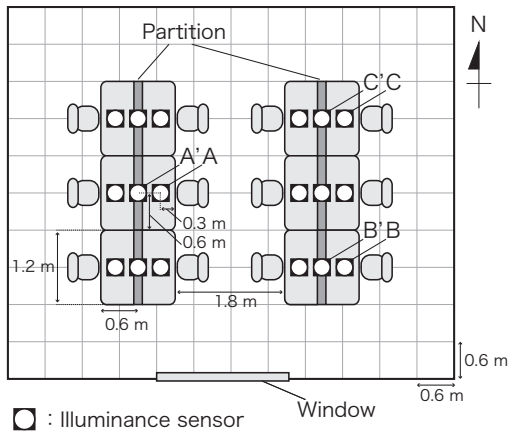


Fig.1 実験環境

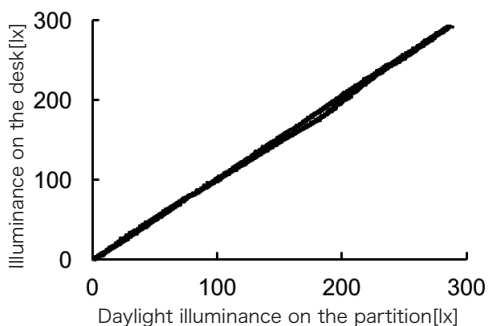


Fig.2 パーティション上と机上面の外光照度の関係

#### 4. 提案手法の検証実験

##### 4.1. パーティション上と机上面の外光照度の関係

パーティション上と机上面の外光照度の関係を明らかにするため、照度測定実験を行った。実験環境を Fig.1 に示す。各窓面にはブラインドを設置し、ブラインドの傾きは一般的な外向き 45 度とした。向かい合う 2 台の執務機の境界に高さ 0.35 m のパーティションを設置し、机上面の外光照度を測定するための照度センサを各執務機中央に設置した。パーティション上の照度センサは、向かい合う 2 台の執務機を 1 組として、1 組に対して 1 台ずつ設置した。パーティション上の照度センサの位置は執務者席の正面とした。

本実験ではパーティション上と机上面の外光照度を午前 6 時から午後 7 時まで測定した。机上面の地点 A とパーティション上の地点 A' における外光照度の関係を Fig.2 に示す。Fig.2 から、机上面の地点 A とパーティション上の地点 A' の外光照度は線形関係にあることがわかる。ほかの地点においても同様の関係が見られたことからパーティション上の照度センサから机上面の外光照度を推定可能であることがわかった。

##### 4.2. 提案手法の検証実験

Fig.1 の環境で照度収束実験を行い、目標照度の収束状況を検証することで提案手法の有用性を示す。

実験時間は午前 7 時から午後 6 時までの 11 時間とし、机上面の地点 A, B, および C の 3 地点を実験対象とした。机上面の地点 A, B および C の目標照度はそれぞれ 300 lx, 700 lx および 500 lx とした。実験時間中にお

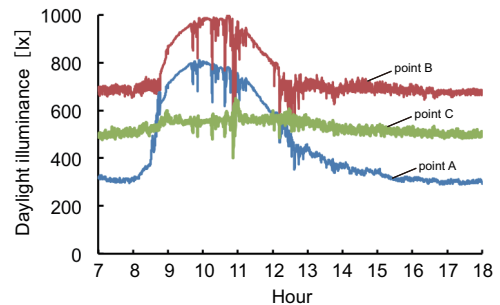


Fig.3 照度履歴

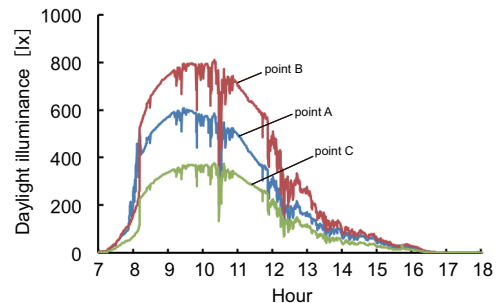


Fig.4 外光照度履歴

る、各地点に設置した照度センサの測定照度および各地点の外光照度をそれぞれ Fig.3, Fig.4 に示す。

Fig.3 より、地点 A においては 8 時頃から 13 時頃、地点 B においては 8 時 30 分頃から 12 時頃を除く時間帯は目標照度を実現できていることがわかる。

提案手法が地点 A および地点 B の目標照度を実現できていない時間帯について考察する。室内の照明をすべて最小点灯光度で点灯した場合、各地点における照明照度は約 100 lx である。そのため、地点 A の目標照度を実現できる条件は、地点 A における外光照度が 200 lx を下回る場合である。Fig.3 から、8 時頃から 13 時頃では地点 A における外光照度が 200 lx を超えており、照明光度が最小であっても机上面照度は目標照度である 300 lx を上回る。以上の理由から、地点 A の目標照度を実現することは物理的に不可能となる。同様の理由で、地点 B においても目標照度を物理的に実現できない時間が存在した。

#### 5. 結論

知的照明システムの実証実験を行っているオフィスで、照度センサが影に隠れてしまうことで執務者の目標照度を実現できず、消費電力が増大するという問題が生じた。そこで、本研究では照度センサをパーティション上に設置する知的照明システムを提案した。提案手法を用いることで、照度センサを机上面に置くことなく各執務者の机上面に目標照度を提供することが可能となった。

#### 参考文献

- 1) 三木光範. 知的照明システムと知的オフィスコンソーシアム. 人工知能学会, Vol. 22, No. 3, pp. 399-410, 2007.
- 2) Tomoyuki Hiroyasu Mitsuharu Yoshikata Shingo Tanaka, Mitsunori Miki. An evolutionary optimization algorithm to provide individual illuminance in workplaces. *Proc IEEE Int Conf Syst Man Cybern*, pp. 941-947, 2009.