

## 照度センサを用いずに個別照度を実現する知的照明システム ：実オフィスに導入した知的照明システムの課題解決

上南 遼平<sup>††</sup> 三木 光範<sup>†</sup> 寺井 大地<sup>††</sup> 山口 浩平<sup>††</sup> 間 博人<sup>†</sup>

<sup>†</sup>同志社大学工学部 <sup>††</sup>同志社大学大学院理工学研究科

### 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個別照度実現性と消費電力削減の有効性が認めれ、東京都内複数のオフィスに導入されており、今後更なる導入を検討している。

知的照明システムは、各執務者の机上面に設置された照度センサの情報を基に、フィードバック制御を行うことで各執務者の希望の照度（目標照度）を実現する。照度センサが書類やPCディスプレイの影に隠れている場合、照度センサの取得する値は非常に小さくなる。そのため、影に隠れた照度センサの周囲の照明は、目標照度を満たすために必要以上に明るさ（光度）を増加させるため、省エネルギー性が大幅に悪化する。実オフィスに導入した知的照明システムにおいて、この現象が観測されており運用上問題となっている。

本研究では、この課題を解決するため照度センサを用いずに個別照度を実現する手法を提案する。実験室および東京の新丸ビルの実オフィスにおいて検証実験を行い、その有効性を確認した。

### 2 知的照明システム

#### 2.1 知的照明システムの構成と制御

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、複数の照度センサ、および電力計を一つのネットワークに接続することで構成する。知的照明システムの構成図を図1に示す。

照明制御装置は、照度センサから得られた照度情報、および電力計から得られた電力情報に基づき、現在の照明の点灯パターンの有効性を評価する。照明の点灯パターンの微小な変更と有効性の評価を繰り返し、執

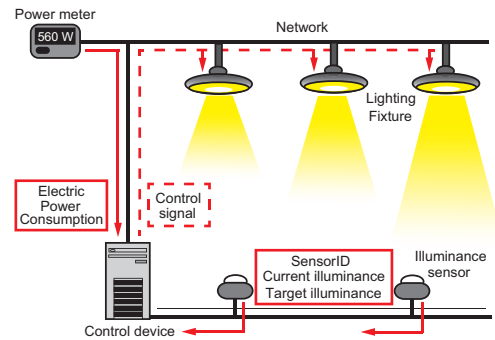


図1: 知的照明システムの構成

務者の設定する目標照度を実現しつつ、消費電力の最小化を行う [1]。そのため、照度センサから正確な照度情報を取得することが非常に重要である。

#### 2.2 実オフィスにおける課題

知的照明システムは実証実験だけでなく、商用利用としてテナントが入居するオフィスにも導入されている [2]。そのようなオフィスにおいて照度センサが書類やPCディスプレイの影に隠れる状況が発生している。

知的照明システムにおいて照度センサが影に隠れた場合、照度センサから取得される値は非常に小さくなり、周囲の照明が光度を増加させても照度値があまり変化しなくなる。そのため、影に隠れた照度センサの周囲の照明は、目標照度を実現するために光度を増加させ続け、必要以上に明るく点灯する。その結果、知的照明システムが正常に動作している場合と比べて、省エネルギー性が悪化する。そこで本研究では、実オフィスでの課題を解決するため、照度センサを用いずに各執務者の目標照度を実現する手法を提案する。

### 3 照度センサを用いずに目標照度を実現する知的照明システム

照明の光度と照度センサの照度には線形関係があり、複数台の照明が存在する環境における単一の照度センサの照度は式1で表現することができる。

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

$m$  : 照明台数,

$I_i$  : 照度センサ  $i$  の照度 [lx],  $L_j$  : 照明  $j$  の光度 [cd],

$R_{ij}$  : センサ  $i$  に対する照明  $j$  の照度/光度影響度 [lx/cd]

An Intelligent Lighting System to Provide the Individual Illuminance Without Using an Illuminance Sensor : Solving the Problem in a Real Office

<sup>††</sup> Ryohei JONAN(rjonan@mikilab.doshisha.ac.jp)

<sup>†</sup> Mitsunori MIKI

<sup>††</sup> Daichi TERAJ

<sup>††</sup> Kohei YAMAGUCHI

<sup>†</sup> Hiroto AIDA

Graduate School of Science and Technology, Doshisha University (††)

Doshisha University (†)

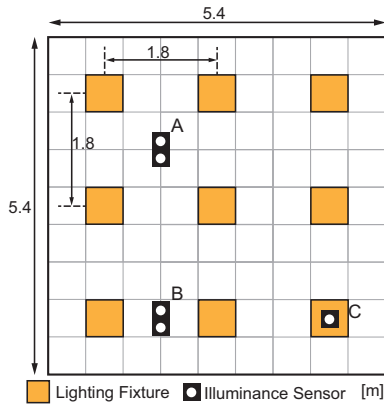


図 2: 実験環境 (平面図)

照度/光度影響度  $R$  は、レイアウトの変更や照度センサ設置位置の変更がない限り定数である。知的照明システムの導入時に照明を1台ずつ点灯・消灯させることで、各照明から各照度センサに対する正確な照度/光度影響度を計測する。また、照明による消費電力と照明の光度には線形関係があるため、導入する照明の光度と消費電力の関係を調査する事前実験を行うことで、照明の光度から消費電力を推定することができる。すなわち、照明に対する事前実験と照度/光度影響度係数の計測実験を行うことで、導入環境の正確な照度シミュレーションを行うことが可能となる。

提案手法では、照明制御装置で導入環境の照度シミュレーションを行うことで、各執務者の目標照度を実現し、消費電力が最小となる照明の点灯パターンを算出し、実環境の照明に反映させる。これにより、照度センサを用いることなく各執務者の目標照度を実現することが可能となる。

#### 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、以下の手順で検証実験を行った。

1. 従来手法を用いて照度収束実験を行う。
2. 照度センサ数台を影に隠し、照度収束実験を行う。
3. 照度センサを影に隠したまま、提案手法による制御に変更し、照度収束実験を行う。

本検証実験は実験室と新丸ビルの実オフィスにて行ったが、本稿では枚数の都合上、実験室での結果のみを示す。照明9灯、照度センサ3台を用いて図2に示す実験環境を構築した。照度センサA、BおよびCの目標照度は、それぞれ300、500、700 lxに設定した。手順2において照度センサAとBを影に隠した。なお、提案手法による個別照度実現性を検証するため、照度センサAおよびBの設置地点に照度センサをもう1台設置し正確な照度を計測する。

各手順におけるすべての照度センサが目標照度に収束した後の照明の点灯パターンを図3に示す。なお、

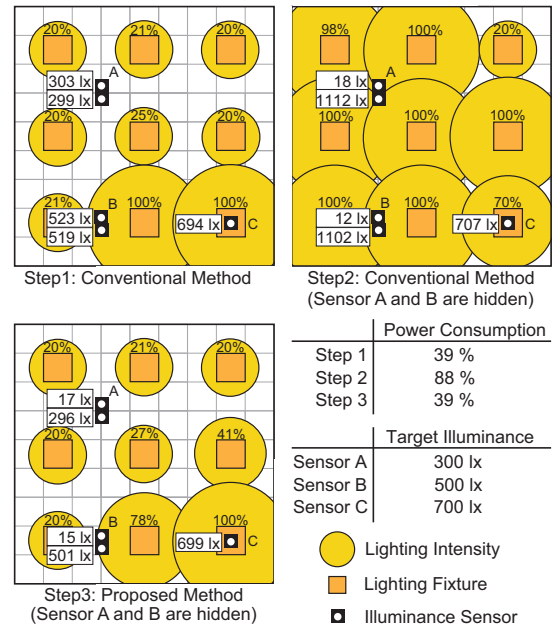


図 3: 各手順における照明の点灯パターン

図3の右下に示す消費電力はすべての照明が最大点灯光度で点灯した場合を100%としている。

図3-Step1は、照度センサが影に隠れていない場合、従来手法を用いることで照度センサの周囲の照明が明るく点灯し省電力な点灯パターンを実現できることを示している。また、すべての目標照度を実現している。

次に、図3-Step2は、照度センサを影に隠した場合、従来手法では、影に隠した照度センサAおよびBの周囲の照明が必要以上に明るく点灯し、省エネルギー性が悪化することを示している。消費電力は手順1と比較して49%増加している。

次に、図3-Step3は、照度センサを影に隠した場合でも、提案手法を用いることで図3-Step1同様に省電力な点灯パターンを実現できることを示している。消費電力も手順1と同じであり、各照度センサの目標照度を実現できている。これらの結果より、提案手法を用いることで照度センサが影に隠れた場合でも、各執務者の目標照度を実現し、省電力な点灯パターンを実現可能であることを示した。

一般的なオフィスでは窓からの昼光が存在し、机上面の照度は昼光により増加するため、照度センサを用いない提案手法では時間により変化する昼光による影響を考慮することはできない。しかし、昼光により希望の照度でなくなった場合、執務者は目標照度を変更することで希望の照度で執務を行うことができる。

#### 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 (2007), pp.399-410.
- [2] ニュースリリース:「茅場町グリーンビルディング」竣工のお知らせ. [http://www.mec.co.jp/j/news/archives/mec130509\\_kayabacho.pdf](http://www.mec.co.jp/j/news/archives/mec130509_kayabacho.pdf).