

# 天井照度センサを用いて執務者の個別照度を実現する照明制御システム

清水 祐希

Yuki SHIMIZU

## 1 はじめに

我々はオフィス環境において執務者の知的生産性向上およびオフィスの省エネルギー化を目的とし、個別照度環境を実現する照明システム（以下、知的照明システム）の研究開発を行っている<sup>1)</sup>。本システムを導入した実オフィスにおける実証実験の結果より、照度センサの受光部が遮蔽物の影に隠れていることや、書類で覆われてしまい、本来の机上面照度値が計測できないことが課題として挙げられている。そこで本研究では、机上面に照度センサを設置することなく机上面照度値を推定する手法として、障害物の影響を受けることのない天井に照度センサを設置した。

本研究では知的照明システムの照度情報の取得に天井照度センサを利用することで、机上面に照度センサを設置することなく、個別照度の実現と省エネルギー性を両立させる手法の提案を行う。

## 2 知的照明システム

知的照明システムは、任意の場所にユーザが要求する明るさ（目標照度）を提供する照明制御システムであり、複数の照明器具、照度センサおよび電力センサをネットワークに接続することにより構成されている。照度センサから得られる照度値を用いて最適化手法に基づいて制御コンピュータが照明の明るさ（光度）制御することにより、ユーザが要求する明るさを実現するとともに、ユーザから遠い位置にある照明の明るさを抑え消費電力量の削減を図っている。

## 3 実オフィスにおける課題

知的照明システムは、実験室における検証実験により、有用性を検証してきた。知的照明システムでは、机上面照度値を基にフィードバック制御を行っているため、机上面に照度センサを設置する必要がある。しかし、実証実験により執務者はパーティションの上など机上面に照度センサを設置しないことが課題としてあげられている。さらに、正しく設置している執務者でも照度センサの受光部が書類等により隠れ、本来の机上面照度値を取得できていないことが課題として挙げられている。これらの状況を Fig. 1 に示す。

実環境では Fig. 1 の右図のような状況が発生し、各執務者が希望する照度を実現することが容易でなくなる。

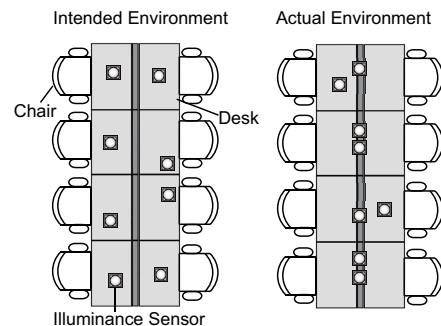


Fig. 1 照度センサの設置状況

## 4 天井照度センサ

本稿研究では3章で述べた課題を解決する手法として障害物の影響を受けない天井に照度センサを設置し、執務者の机上面の照度を推定する手法を提案する。執務者の机上面照度は各光源から及ぼされた照度値の和で表すことができる。そのため、外光が入る環境下であれば式(1)のように照明からの照度値と外光からの照度値の和が執務者の机上面照度値となる。

$$L_c = L_a + L_e \quad (1)$$

$L_c$ :机上面の照度値

$L_a$ :照明による照度値

$L_e$ :外光による照度値

執務者の机上面照度値を求める際に、執務者の机上面における照明による照度値を照度/光度影響度係数より求め、外光による照度値を天井照度センサを用いて推定する手法の提案を行う。

また天井照度センサとその直下の机上面の高さにおける照度値は Fig. 2 のように線形であることが確認できている。

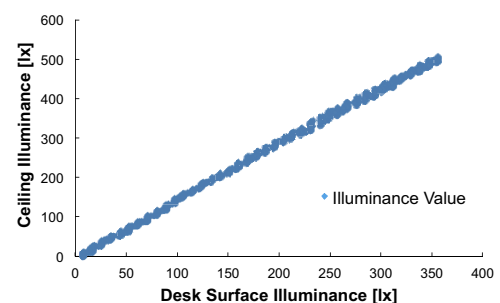


Fig. 2 天井照度値と机上面照度値の関係

## 5 外光照度取得実験

### 5.1 外光照度分布の推定手法

本手法では、事前に天井照度センサの外光照度値から直下の机上面の高さの外光照度値を推定する補正式をすべての天井照度センサにおいて求めているものとする。それらの照度値から部屋の縦方向の長さを x 軸、横方向の長さを y 軸、照度値を z 軸として、推定照度より事前に用意したモデル式に最小二乗法を用いて係数を決定することで室内の外光照度分布を求めることができる。これにより天井照度センサから執務者の机上面の照度値が推定可能である。

### 5.2 実験概要

5.1 節で述べた外光照度分布推定手法により推定した照度値と実測値との誤差について検討する精度検証実験を行った。実験は一般的なオフィスレイアウトである対向島型のオフィスを想定し、天井照度センサを 9 台、執務者数が 11 名いる環境を想定し各机の中心の照度値を推定した。ただし実測照度値との比較をするため、各机に照度センサを設置している。実験環境を Fig. 3 に示す。南側に窓があり、ブラインドを外向き 45 度の角度で設置している。実験は消灯環境下において晴れの日の 5 時から 19 時に行った。

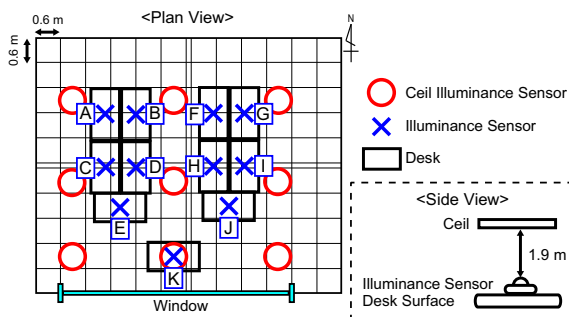


Fig. 3 外光照度取得環境

### 5.3 実験結果

推定精度が最も悪かったセンサであっても最大誤差が 67 lx の精度で推定できることがわかった。また、人が認知できる最小の照度変化<sup>2)</sup>である 50 lx 以上の誤差が出たセンサの割合は 2 % であり提案した外光照度分布推定手法の有用性が確認できた。

## 6 天井照度センサを用いた知的照明システム

### 6.1 実験概要

5 章で述べた外光照度分布を求める手法を用いて執務者の机上面における外光照度値を推定し、照明による照度値を照度/光度影響係数を用いて算出し、その和を執務者の机上面照度値として知的照明システムを動作する。Fig 3 と同様の環境で実験した時の精度を検証する。

## 6.2 実験結果と考察

Fig. 3 の照度センサ K の照度履歴を Fig. 4 に示す。

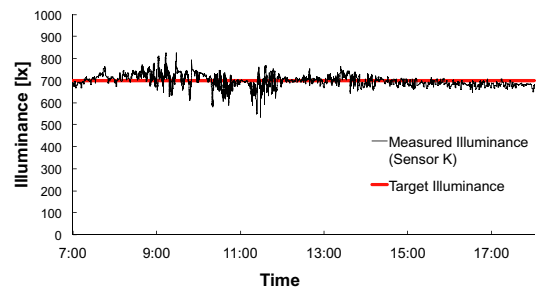


Fig. 4 照度履歴 (センサ K)

Fig. 4 より多くの時間帯において、目標照度である 700 lx を満たしていることが確認できた。全てのセンサの照度誤差の割合を Fig. 5 に示す。

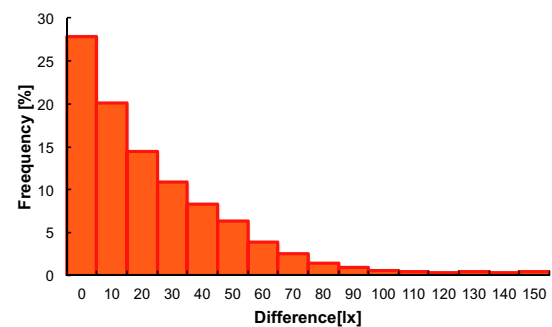


Fig. 5 照度誤差の割合

知的照明システムは目標照度の  $\pm 50$  lx 以内を収束範囲としているため、本実験結果では収束範囲を満たしていた割合は 82 % であった。収束範囲を満たせなかった時の原因として大きく二つの理由が挙げられる。一つ目は、外光照度値の推定時に誤差が生じてしまう場合である。今後は太陽の位置や高度、ブラインドにおける輝度分布などを考慮して、さらなる精度の向上を行いたい。

二つ目は、知的照明システムには物理的に目標照度を満たせない状況があるためである。設置位置が近い隣接している照度センサの目標照度に大きな差がある場合や、外光照度値が近くにある照度センサに大きく異なる照度を与えている場合である。これらの場合であれば、照明の光度を変更しても全ての照度センサの目標照度を満たすことができない。本環境においても常に照度センサ 11 台の目標照度を満たすように稼働しているため、誤差なく天井照度センサによって机上面照度値を推定できた場合であっても、外光照度分布の状況によっては物理的に目標照度を満たすことができない状況が発生してしまう。

### 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) 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の変動知覚に関する研究. 照明学会誌, pp. 346-351, 2001.