

# パーティション上に設置した照度センサの測定照度を基に 個別照度を実現する照明制御システム

中林 弘光

Hiromitsu NAKABAYASHI

## 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、低消費電力な点灯パターンで各執務者に希望する明るさ（目標照度）を実現する。知的照明システムでは、各執務者が机上面に照度センサを設置し、照度センサの測定する照度（測定照度）が目標照度になるように照明を制御する。知的照明システムは東京都内の複数オフィスで実証実験が行われている。実証実験の結果、一部のオフィスで照度センサが書類に隠れている状況が存在した。このような状況では、照度センサは非常に小さい値を測定し続ける。知的照明システムは、この測定した値を基に目標照度になるよう照明を制御するため、照明は必要以上に明るく点灯してしまう。その結果、執務者の目標照度を満たせない、かつ消費電力が大幅に増大するという問題が生じる。

本研究では、照度センサをパーティション上に設置し、測定照度から机上面照度を推定し、推定した値を基に個別照度を実現する新たな照明制御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、照度センサが書類の物陰に隠れることを阻止する。検証実験を行い、提案照明制御システムが有用であることを示す。

## 2 提案照明制御システム

### 2.1 提案照明制御システムの概要

パーティション上に照度センサを設置し、測定照度を基に机上面照度を推定することで個別照度を実現する新たな照明制御システム（以下、提案システム）を提案する。提案システムの概要を図1に示す。パーティション上に照度センサを設置することで、照度センサが書類に隠れることを阻止する。

知的照明システムは、机上面に設置した照度センサの測定照度を基に照明をフィードバック制御する。窓のないオフィスの場合、机上面照度は照明による照度（照明照度）のみである。照明照度は、各机上面と各照明の照度/光度影響度係数を求めておくことで、照明の光度値から計算で求めることができる<sup>1)</sup>。そのため、窓のないオフィスにおいて知的照明システムは照度センサなしで

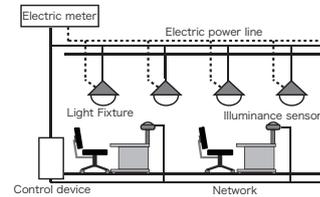


Fig. 1 提案照明制御システム

照明を最適に制御することができる。しかし、実オフィスは窓がある環境が一般的であり、机上面照度の推定において窓から入射する外光の影響を考慮する必要がある。そのため、室内の照度は、照明照度および外光による照度（外光照度）に分けられる。提案システムでは、パーティション上に設置した照度センサの測定照度を基に外光照度を推定する。

### 2.2 照明照度の推定

照明照度は、各照明の光度を基に照度/光度影響度係数を用いて推定する。照明の光度と照度の関係は、式(1)で表される。式(1)の照度/光度影響度係数  $R$  は、光度を除き、光源の形状や光源との距離など、照明環境に依存する定数である。

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

$I$ : 照度 [lx],  $R$ : 照度/光度影響度係数 [lx/cd]

$L$ : 光度 [cd],  $n$ : 照明台数

$i$ : 照明番号,  $j$ : 地点番号

知的照明システム導入時に暗幕を用いて外光を遮断した状態で室内の照明を全て消灯し、各照明を1灯ずつ点灯させることで各照明光度が各任意地点に及ぼす照度/光度影響度係数を算出することができる。計測した照度/光度影響度係数を用いることで式(1)で表す関係式から照明による照度を推定する。

### 2.3 外光照度の推定

パーティション上の照度センサの測定照度を基に机上面の外光照度を推定する。パーティション上と机上面の照度は図2のような関係にある。図中の直線は帰帰直線である。この図より、1次式で近似できることがわかる。

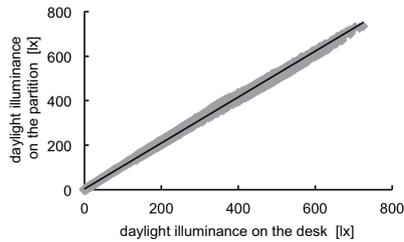


Fig. 2 机上面とパーティション上の外光照明度の関係

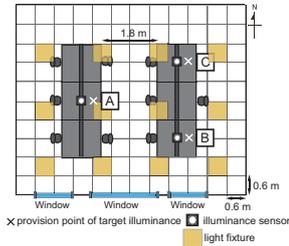


Fig. 3 実験環境

そのため、机上面の外光照明度は、式 (2) のように表現できる。

$$D_d = \alpha D_p + \beta \quad (2)$$

$D_d$ : 机上面の外光照明度 [lx],  $\alpha$ : 係数

$\beta$ : 定数,  $D_p$ : パーティション上の外光照明度

式 (2) における係数  $\alpha$  および定数項  $\beta$  は各机上面ごとに固有の値である。そのため、知的照明システムを導入する際に係数  $\alpha$  および定数項  $\beta$  を求める予備実験が必要である。各机上面と各机上面から直近のパーティション上に照度センサを設置し、照明を全て消灯し、外光照明度を計測する。これより、各机上面の外光照明度の推定が可能となる。しかし、知的照明システム稼働中、照度センサの測定する照度には、外光照明度のみでなく照明照度も含まれる。そのため、照度センサの設置位置における照明照度を前述の方法を用いて算出し、照度センサの測定照度から差し引くことで照度センサ位置の外光照明度を算出する。この算出した外光照明度を基に机上面の外光照明度を推定する。

### 3 検証実験

照度取束実験を行い、執務者の目標照度への取束状況および照明の点灯パターンを検証することで、提案照明制御システムの有用性を検証する。構築した実験環境を図3に示す。照明の点灯状況を明確にするため、執務者数を3人とし、照度センサはこれらの執務者席の照明のパーティション上に設置する。各地点における目標照度の取束状況を確認するため、目標照度提供地点にも照度センサを設置している。各地点A、BおよびCの目標照度はそれぞれ500、700および300 lxとする。検証実験では、実験中の外光照明度の変化を確認するため、20秒

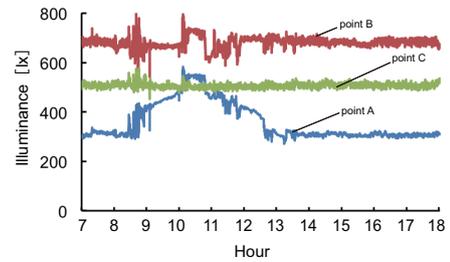


Fig. 4 各地点の照度履歴

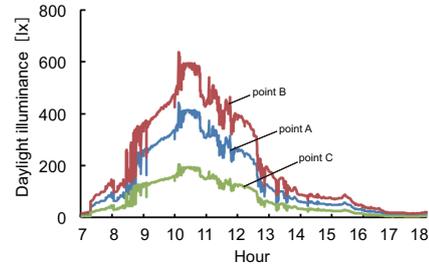


Fig. 5 各地点の外光照明度履歴

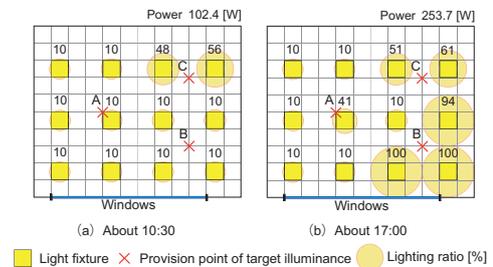


Fig. 6 照明の点灯パターン

ごとに3秒間照明を消灯し、外光照明度のみを取得した。照明の調光範囲は10~100%としている。

各目標照度提供地点における照度履歴を図4に示す。図4より、すべての地点において9時頃から13時頃の範囲を除き、一日を通して目標照度を満たしていることがわかった。

外光照明度履歴を図5、10時30分頃および17時頃の照明の点灯パターンを図6に示す。目標照度が大きく上回っている時間帯である10時において照明はすべて最小点灯光度で点灯している。また、10時30分頃および17時頃においても外光照明度に合わせて照明の点灯パターンを最適に制御している。これより、外光に対応して照明を最適に制御し、省エネルギー性を考慮した照明制御を行っていることがわかる。以上から、提案照明制御システムは有用であるといえる。

### 参考文献

- 1) 池上 久典, 桑島 奨, 三木 光範, 間 博人, ”知的照明システムにおける線形計画法を用いた照明制御アルゴリズム,” 情報処理学会論文誌, vol.56, no.3, pp.1090-1098, 2015