

パーティション上に設置したカメラにより推定した外光照度を基に オフィスにおける各執務者の個別照度を実現する照明制御システム

伊藤 克也

Katsuya ITO

1 はじめに

我々はオフィスにおける執務者の知的生産性の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、各執務者の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）が各執務者の希望する明るさ（目標照度）になるように個別調光可能な照明をフィードバック制御する。これにより、一律に照明を点灯するオフィスと比較し、低消費電力な点灯パターンで各執務者の目標照度を実現する。しかし、東京都内の複数オフィスで行っている知的照明システムの実証実験の結果、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。このような状況において知的照明システムは、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、明るさが足りていないと判断し、照明が必要以上に明るく点灯する。その結果、執務者の実際の机上面照度は高くなり、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た。

本研究では、パーティション上に設置したカメラで撮影した窓面画像の画素値を基に外光照度を推定し、推定した照度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。パーティション上に設置したカメラを用いて机上面照度を推定することにより、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を解決する。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

外光照度を推定する手法として、執務機のパーティションに設置したカメラにより撮影した窓面画像の画素値を基に外光照度を推定する手法（以下、提案手法）を提案する。パーティション上に設置したカメラを用いることにより、執務の邪魔をすることなく、安価に外光照度を推定することが可能になる。オフィスにおける机上面の照度は照明照度と外光照度の合算として考えることができる。そのため、照度/光度影響度係数を予め計測しておき、照明の光度値から照明照度を推定する手法と提案手法を用いることにより、机上面の照度を推定する

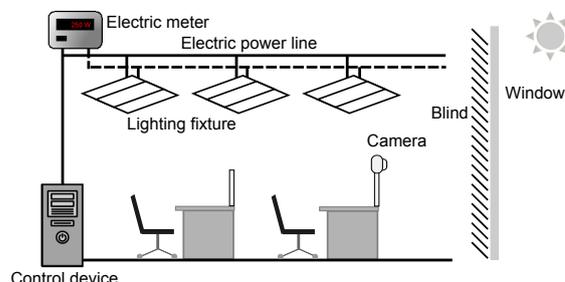


Fig. 1 提案照明制御システム

ことができる。そこで、カメラを用いて机上面の照度を推定し、推定した机上面照度を基に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。提案システムの構成を Fig.1 に示す。

照明照度は、各机上面と各照明の照度/光度影響度係数を予め計測しておくことで、照明の光度値から計算で求めることができる¹⁾。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。提案システムでは、パーティション上に設置したカメラにより撮影した窓面画像の画素値を基に外光照度を推定する。照度/光度影響度係数から推定した照明照度とカメラ画像から推定した外光照度を用いることにより、照度センサを用いず照明を最適に制御することができる。これにより、一部のオフィスで照度センサが陰に隠れる場合に生じた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を解決する。

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。

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

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 : 任意の地点

知的照明システム導入時に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

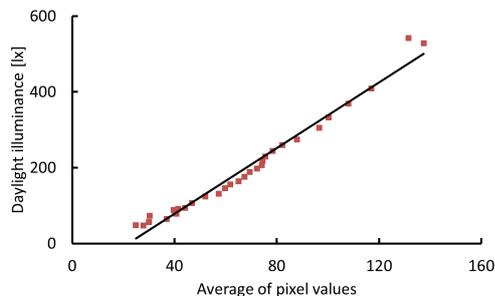


Fig. 2 外光照度と画像の画素値の関係

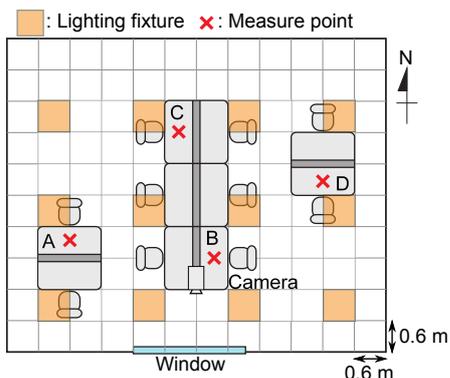


Fig. 3 実験環境

で各照明光度が任意の地点に及ぼす照度/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 外光照度の推定手法の提案

パーティション上に設置したカメラで撮影した窓面画像の画素値を基に外光照度を推定する。そこで実際のオフィスを模擬した実験環境において、外光照度が推定可能か検証を行った。カメラにより撮影した窓面画像の画素値と机上面の外光照度の関係はFig.2のような関係にあった。これより、1次式で近似できることがわかる。そのため、外光照度は式(2)のように表現できる。

$$D = \alpha P + \beta \quad (2)$$

D : 机上面の外光照度 [lx], α : 係数
 β : 定数, P : 撮影画像の画素値の平均

式(2)における係数 α および定数項 β は計測点ごとに固有の値である。予備実験を知的照明システムの導入時に行うことで、各机上面の外光照度の推定が可能となる。

3 提案システムの検証実験

照度収束実験を行い、目標照度の収束状況および照明の点灯パターンを検証し、提案システムの有用性を示す。

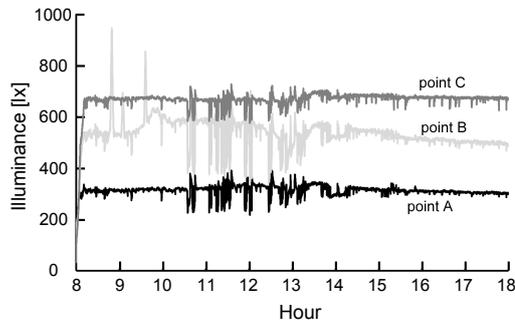


Fig. 4 照度履歴

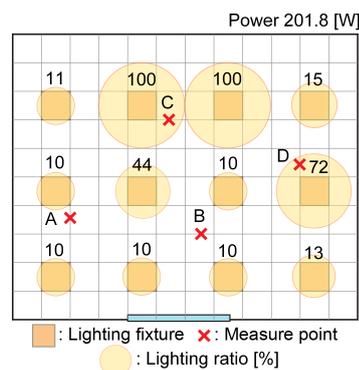


Fig. 5 The distribution of luminance

窓のあるオフィスを想定した実験環境をFig.3に示す。照明の点灯状況を明確にするため、執務者数を4人とした。目標照度提供地点は執務機の中央とする。また、提案システムの制御には用いないが、各地点における目標照度の収束状況を確認するため、目標照度提供地点に照度センサを設置している。各地点A, B, CおよびDの目標照度はそれぞれ300 lx, 500 lx, 700 lxおよび500 lxとする。

地点におけるA, BおよびCにおける測定照度履歴をFig.4に示す。Fig.4より、地点Bにおける10時頃から13時頃を除く時間帯において、各地点の目標照度をおよそ実現できていることがわかる。

地点Bの目標照度を実現できていない10時30分における点灯状況をFig.5に示す。Fig.5により、地点Bの周囲の照明が最小点灯光度で点灯していることがわかる。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