

# 天井照度センサを用いた外光照度推定におけるセンサ数削減手法の検討

穂西 克弥  
Katsuya AKINISHI

## 1 はじめに

我々の研究室では、オフィスにおける快適性や知的生産性の向上、さらに省エネルギー化を目的と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机上面の照度を基に照明制御を行うが、外光の影響を考慮するには机上面に照度センサを設置する必要がある。しかし、実証実験の結果、正確に机上面の照度を測定できない場合があると報告された。この原因は、机上面に設置した照度センサのセンサ受光部が棚や人の影となったためであった。そこで、本研究では天井面に設置した照度センサ(天井照度センサ<sup>1)</sup>)を用いて外光を測定し、執務者の机上面における照度を推定する。天井照度センサを用いることで、遮蔽物の影響が少ない照度測定が可能となり、安定したシステムの動作が期待できる。これまで著者は複数の天井照度センサを用いて外光照度分布を推定する手法と、窓と同数の天井照度センサを用いて外光照度を推定する手法について検証した。本研究では、天井照度センサの数を削減するための手法について検討する。

## 2 天井照度センサ

### 2.1 天井照度センサの概要

先進ビルや工場では、昼光利用を様々な形でっており<sup>2)</sup>、その中で天井照度センサの導入が進んでいる。多くの場合、窓の付近に天井照度センサは設置されており、昼光を検知するために用いられている。天井照度センサは鉛直下向きに円状に広がる検知範囲を有しており、検知範囲内の床や物体からの反射光を測定する。一般的な利用例としては、センサ直下の制御範囲が一定の明るさとなるようにセンサ周囲の照明を減光することで、照明による消費電力を抑えている。本研究では、机上面の外光照度を推定するために天井照度センサを利用する。

### 2.2 机上面照度の推定

天井照度センサを知的照明システムの照明制御に利用するためには、天井照度センサの測定値から執務者の机上面照度を推定する必要がある。一般的に窓がある環境において照度は、式 (1) のように照明による照度と外光による照度の和からなる。

$$Lc = La + Le \tag{1}$$

$Lc$ :机上面の照度  
 $La$ :照明による照度  
 $Le$ :外光による照度

照明による照度を求める手法として、照度/光度影響度を用いる手法がある。照度/光度影響度は外光のない環境

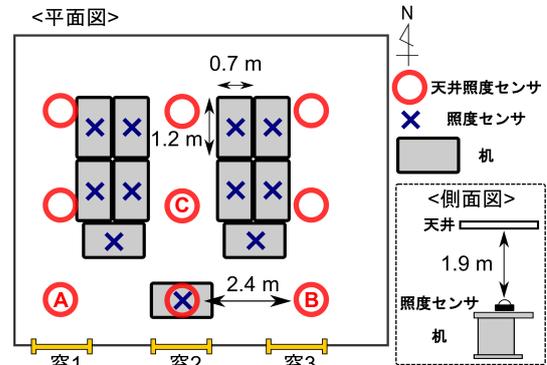


Fig.1 実験環境

での事前計測により、机上面の照度と各照明の光度が線形関係として求めることが可能である。このことから照明による照度は、照度/光度影響度と各照明の光度情報から推定可能であり、照度センサを用いなくても推定が可能である。しかし、外光による照度は季節、天候、時刻の影響を強く受けるため一定ではない。そのため、外光による照度はリアルタイムに測定する必要がある。照度センサを用いる必要がある。本研究では、天井照度センサの測定値を基に外光による照度を推定する。

### 3 窓と同数の天井照度センサを用いた外光照度推定手法

窓が単一の環境の場合、机上面の外光照度を求めるためには、天井照度センサと机上面の照度の関係式を求める必要がある。この関係はブラインドがかかった窓を光源とみなすと、照度/光度影響度係数を用いたときと同様に、線形関係となると予想した。関係式が得られたなら、天井照度センサの測定値から机上面の外光照度の推定が可能となる。想定する机上面すべてに対してこの関係式を求めることで、1台の天井照度センサからすべての机上面の外光照度が推定可能となる。

また、窓が複数の環境の場合、天井照度センサを窓と同数用いる外光照度推定手法について述べる。天井照度センサを窓付近に設置し、その窓からの外光を各天井照度センサが測定する。しかし、天井照度センサの測定値は、複数の窓からの外光が含まれている。そこで、それぞれの窓からの影響を個別に事前計測することで、窓から各天井照度センサへの影響を求める。

今回は Fig. 1 の天井照度センサ A, B を用いて、窓 1, 3 のみが開いている環境で外光を推定する。あらかじめ窓 1 からの外光を天井照度センサ A, B と執務者の机上面の照度センサを用いて測定する。その結果、天井照度センサ

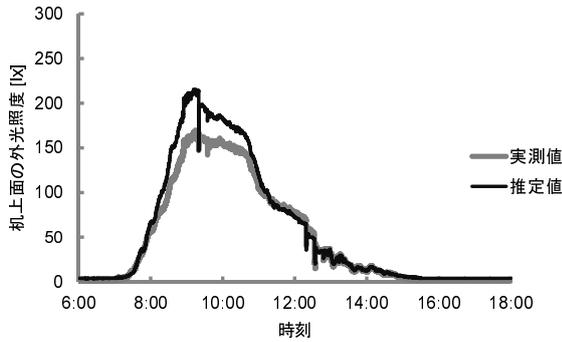


Fig.2 外光照度の実測値と推定値の時間推移（複数センサ）

A の測定値と机上面の照度センサの測定値の関係、また天井照度センサ A の測定値と天井照度センサ B の測定値の関係は線形であった。同様の手順を窓 3 についても行う。そして、外光推定する窓 2 面の環境において、窓 1 による机上面の外光照度を天井照度センサ A から推定する。同様に窓 3 による机上面の外光照度を天井照度センサ B から推定する。窓 1, 3 による外光照度を加算することで、複数窓のときの机上面における外光照度が求まる。外光照度を推定した結果を Fig. 2 に示す。

本手法では各窓からの影響を事前に計測する。そのため、窓ごとにブラインドの角度が異なっていた場合であっても、本手法は適用可能である。

#### 4 単一の天井照度センサを用いた外光照度推定手法

窓と同数の天井照度センサを用いた外光照度推定手法では、複数の天井照度センサが必要となる。また、窓の数だけ事前計測が必要となり、導入が容易ではない。さらに関係式を繰り返し適用するために、誤差が蓄積され推定誤差の拡大につながる。そこで、3 章の実験と同様の環境、外光照度に対して、天井照度センサ 1 台で推定を行う。Fig. 1 の天井照度センサ C と執務者の机上面の照度センサの関係式を求める。求めた関係式を Fig. 3 に示す。そして、この関係式を基に机上面の外光照度を推定した結果を Fig. 4 に示す。

推定精度が窓と同数の天井照度センサを用いた場合と比較して向上していることが分かる。これは推定式を多重に適用したことによる誤差が大きいためであると推測できる。

#### 5 課題と今後の展望

この手法を用いて知的照明システムを動作させた際に、外光照度の推定誤差が含まれるため、机上面に照度センサを設置する場合と比較して、目標照度との誤差が大きくなると予想できる。よって、知的照明システムにおける目標照度の実現精度を向上させるためには、外光照度をより正確に推定する必要がある。また、提案したシステムには現状では、対応できない状況が存在する。複数窓の環境で、単一の天井照度センサで外光照度を行うためには各窓から

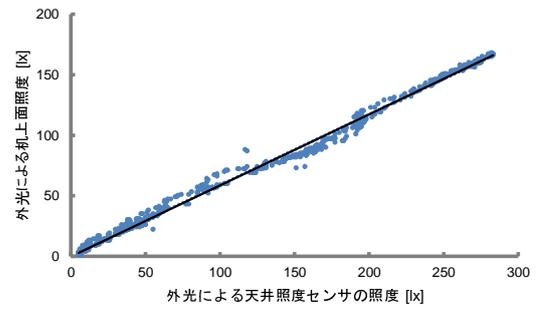


Fig.3 外光による天井照度センサの測定値と机上面照度の関係（単一センサ）

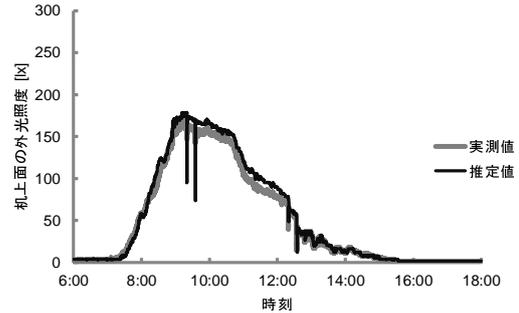


Fig.4 外光照度の実測値と推定値の時間推移（単一センサ）

入射する外光の比率が一定である必要がある。そのため、ブラインドの角度が窓ごとに異なる場合には適用が容易ではないと考えられる。さらに、より大規模な環境の場合においては、離れた地点ほど天井照度センサの測定値と机上面照度の相関が低下するのは明らかである。そこで窓と同数の天井照度センサを用いる手法と本手法を組み合わせたような外光照度手法が必要となると考えられる。また、天井照度センサと机上面の高さの照度との関係は、部屋のレイアウトによって変化するため、部屋の大幅なレイアウト変更に対応できない。したがって、提案手法では、部屋のレイアウト変更を行った場合には、再度照度/光度影響係数を求め直すだけでなく、外光照度を測定して関係式を求め直す必要がある。

#### 参考文献

- 1) Mitsubishi 三菱照明制御器 照度センサ 型名 ms2901. [https://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/ldg/wink/ssl/wink\\_doc/m\\_contents/wink/SHO\\_IB/62174011.pdf](https://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/ldg/wink/ssl/wink_doc/m_contents/wink/SHO_IB/62174011.pdf).
- 2) 川瀬貴晴, 吉岡陽介. 執務空間快適性に関する概念拡張の動向と昼光利用サーカディアン照明システムについて (特集快適・安心空間のための知的センシング). システム制御情報学会誌 50(10), pp. 376-381, 2006.10.