

天井照度センサを用いた外光照度推定手法の検討

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¹⁾の研究・開発を行っている。知的照明システムとは、個別制御可能な照明を調光することで、各執務者が要求する照度を実現するシステムである。システムの構成要素としては、調光可能な照明器具、制御装置、電力計、および机上面に照度センサがあり、それらを1つのネットワークに接続している。知的照明システムは都内の複数のオフィスに導入されており、実証実験が行われている。実証実験の結果、一部のオフィスでは照度センサが書類や棚に隠れてしまい、正確に机上面の照度を測れない場合が存在した。このように照度センサが物陰に隠れてしまう場合には、システムが照度センサの付近の照明が要求された照度を実現するために、不要な増光を行ってしまい、消費電力が増大する。そこで、問題の解決のために、遮蔽物の少ない天井面に設置した照度センサ（以後、天井照度センサ）を用いることで、安定して調光を行う照明制御を目指す。本研究では、天井照度センサを用いて知的照明システムを動作させる際に必要となる、机上面における外光照度を、天井照度センサを用いて推定することを目的とする。

2 天井照度センサ

2.1 天井照度センサの概要

本研究では、安定した照度測定を行うために天井照度センサ²⁾を利用する。先進ビルや工場では、昼光利用を様々な形で行っており³⁾、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、検知範囲内の物体や床からの反射光を測定する。一般的な利用例としては、外光を取り入れた上でセンサ直下の制御範囲が一定の明るさになるように、周囲の照明を調光することで、照明による消費電力を抑えている。

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各机上面照度を推定する必要があります。一般的に窓がある環境において式(1)のように机上面の照度は、照明による照度

と外光による照度の和からなります。

$$L_c = L_a + L_e \tag{1}$$

L_c :机上面の照度

L_a :照明による照度

L_e :外光による照度

ここで照明による照度は、様々な方法で求めることが可能である。その中でも照度/光度影響度係数を用いる手法では、事前計測によって各照明の光度と机上面の照度が線形関係として求まることが分かっている。このことから照明による照度は、照明の光度から照度/光度影響度係数を用いることで推定可能である。そのため、照明による照度は、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。そのために、照度センサを用いて外光による照度を測定する必要がある。本研究では、天井照度センサを用いて外光照度推定が可能かを検証する。

3 外光照度推定手法

まず部屋に窓が1面だけの場合（以後、単一窓）を考える。机上面の外光照度を求めるために、天井照度センサと机上面の照度の関係式を求める。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される。関係式が得られると、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。この関係式を想

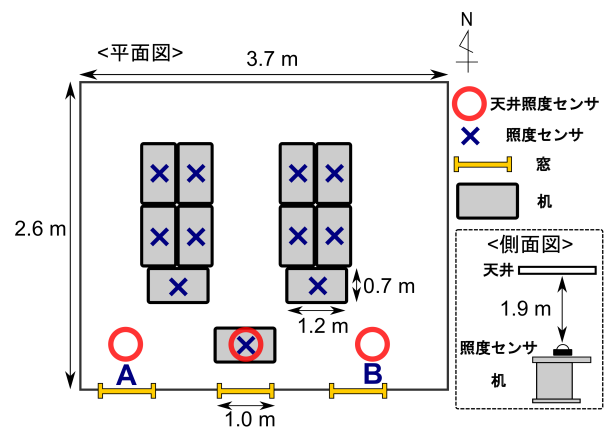


Fig. 1 実験環境

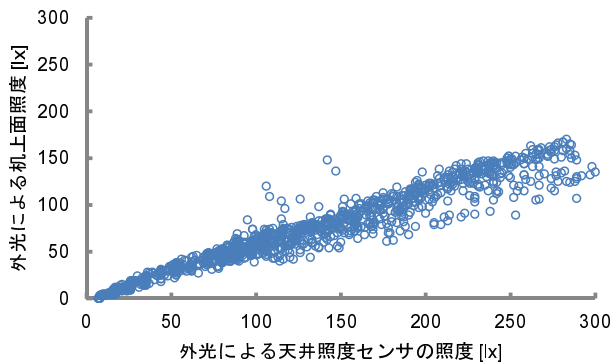


Fig. 2 天井照度センサと机上面の外光照度の関係

定する机上面すべてと求めることで、1 台の天井照度センサからすべての机上面の照度が推定可能となる。

次に窓が複数ある環境の場合（以後、複数窓）、窓と同数の天井照度センサを用いる。そして、天井照度センサはその付近の窓を対象として、その窓から入る外光を測定する。窓 1 面からの外光に対して、その窓に対応する天井照度センサと机上面の外光照度の関係式を求める。これにより、窓 1 面からの机上面への外光照度の推定が可能となる。窓 1 面からの外光の影響を、天井照度センサから机上面の外光照度を推定して、すべての窓からの影響を加算することで、複数窓のときの机上面における外光照度が求まる。ただし、このときに天井照度センサは測定値に他の窓からの照度も含んでいるために、除去した上で机上面の外光照度推定を行う。

4 外光照度推定の精度検証実験

4.1 実験概要および実験環境

天井照度センサの測定値から、机上面の外光照度の推定を行い、その推定精度の検証が目的である。実験環境は Fig. 1 のようになっており、一般的なオフィスでの机配置である対向島型である。南向きに窓が 3 面あり、全面に外向き 45° でブラインドがかかっている。この環境で窓の数を変更させて、外光照度の測定を行う。外光を取り入れない窓は、移動式の壁を用いて完全に遮光する。日中、照明消灯下において照度センサ設置箇所を外光照度を測定する。得られた照度を基にして、天井照度センサと机上面の外光照度の関係を求めた。

また、複数窓の場合は、窓 1 面ごとに外光を測定する必要がある。今回は Fig. 1 における中央以外の窓 2 面から入る外光を推定した。よって、天井照度センサ A に対応する窓 1 面、天井照度センサ B に対応する窓 1 面、推定精度検証のために窓 2 面の環境、それぞれで外光を測定した。

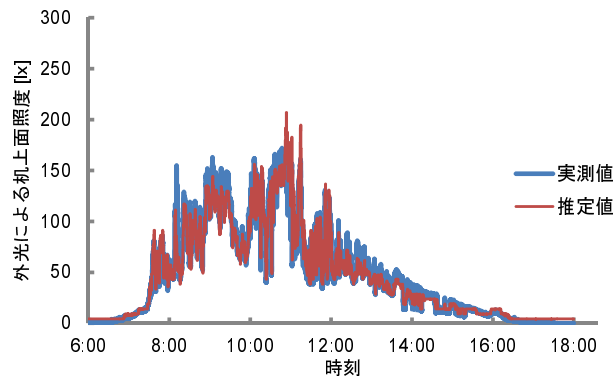


Fig. 3 外光照度推定結果（単一窓）

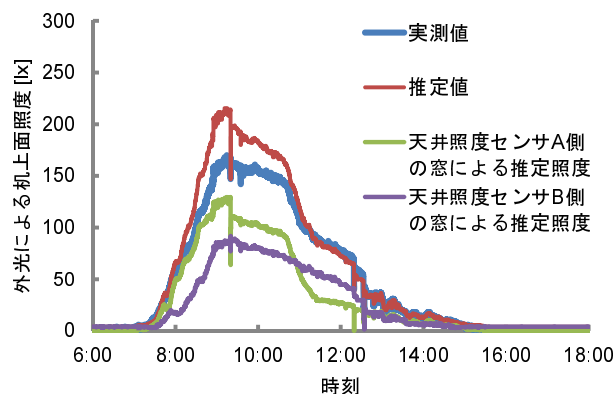


Fig. 4 外光照度推定結果（複数窓）

4.2 実験結果および考察

単一窓のときの外光照度を測定して、関係を求めたものを Fig. 2 に示す。線形関係が見て取れるために、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であるといえる。実際に推定を行った結果を Fig. 3 に示す。

また、複数窓のときの机上面の外光照度の推定結果を Fig. 4 に示す。各窓からの影響を個別に測定して、机上面の外光照度を推定して、それぞれの推定値を加算した結果、実測値と比較しても、誤差は小さくなく、十分に有効な推定精度であることが明らかになった。よって、天井照度センサを用いて外光照度推定を行うことは可能である。

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, pp. 399-410, 2007.
- 2) 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.
- 3) 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.