

天井照度センサを用いた外光推定

清水 祐希, 榊原 佑樹

Yuki SHIMIZU, Yuki SAKAKIBARA

1 はじめに

オフィスビルにおいて、照明に用いられる電力コストがビル全体の約 20% を占めており¹⁾、照明に対する省エネルギー対策は重要な課題となっている。その中でも窓から明かりが差し込む昼の時間帯は、窓側の照明の照度を下げる昼光利用の研究に注目が集まっている²⁾。

また、著者等は各執務者に最適な明るさを提供する知的照明システムの研究を行っている。その中で、外光の影響を受けない空間では照度シミュレーションに基づいて各照明の光度から特定の位置における照度を計算により求めることが可能となっている³⁾。

一方で、外光がある空間の場合においては、照度シミュレーションによる正確な照度値を取得できない。しかし、外光が特定の位置にどの程度の明るさを与えているのかを推定できるなら正確な照度の計算が可能である。

現在の知的照明システムでは照度センサを執務者の机上面におく必要がある。しかし、実証実験の結果として照度センサの受光部が遮蔽物の陰に隠れていたり、書類で覆われていたりして実際の照度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、本研究では天井に設置した照度センサ (以下天井照度センサとする) を用いて外光を推定する手法の提案を行う。

2 天井照度センサ

2.1 天井照度センサの概要

天井照度センサは、様々な先進ビルで外光の推定を目的として導入されている。例として、2013 年に竣工された茅場町グリーンビルディングでは、エリア毎や照明毎に天井照度センサが設置されている。ただし、これらの天井照度センサは任意の場所の照度を取得するのではなく、直下のエリアの照度を取得している。

そこで、本研究では照度センサを天井に取り付けて照度を測定し、その値から執務者の机上面の外光照度を推定する。外光は光源の方向が一定であるため天井照度と執務者の机上面照度のキャリブレーションを事前に行うことにより、天井照度から机上面照度を推定できると考えた。

また、従来の知的照明システムでは机上面に照度センサを配置する必要があったが、天井照度センサは天井に照度センサを設置するため机上面に照度センサを配置する必要がなくなることが利点として挙げられる。

2.2 天井照度センサを用いた机上面照度推定手法

本実験を行った環境を Fig.1 に示す。天井面に 20 台、執務者の机上面に 1 台ずつ照度センサを設置し計 9 台使

用した。また、窓の幅は 1.2 m としブラインドは外部視野の確保と採光を両立するため角度を外向き 45° として外光を測定した。

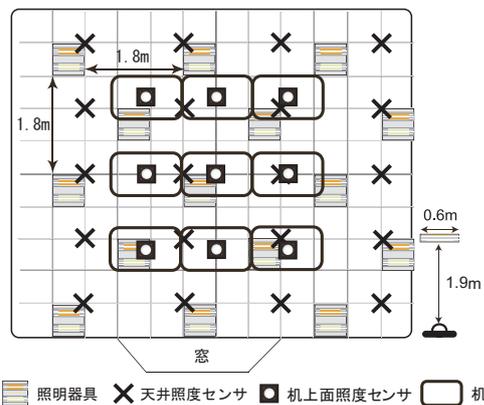


Fig.1 外光測定環境

外光は 12 月 1 日の 8 時から 18 時まで測定をした。測定データから外光を推定する手順を下記に示す。

- (1) 天井照度と机上面照度において相関係数の計算を行う。
- (2) 机上面の照度センサ 1 つに対して相関の高い 3 つの天井照度センサを紐付ける。
- (3) 紐付けた天井照度センサから机上面の照度を求める近似式をそれぞれ作成する。
- (4) 近似式を用いて机上面の照度を推定し、3 つの近似式を用いて計算した照度の平均値を机上面の照度とする。

なお、本実験では他にも様々なパターンの測定を実施したため、8 時から 18 時までの間で 5 分間の計測を 8 回行った結果となっており、照度は 1 秒毎に取得している。また、天井照度と机上面照度は予備実験の結果から線形関係にあったため、線形近似を行った。

以上の推定手法を用いて同日のデータを用いて求めた近似式による推定照度と実照度の関係を Fig.2 に示す。

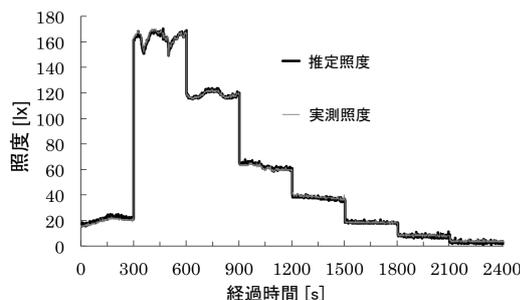


Fig.2 近似式で推定した外光と実測値の誤差

他の机上面センサも Fig.2 に示すような誤差で推定ができており、提案手法を用いることにより高精度な推定ができることがわかった。

2.3 外光照度の実測

提案手法の有用性を検証するため、3章で求めた近似式を用いて12月14日に同環境で8時から17時まで外光計測実験を行い、近似式から別日においても正確な照度値が推定できるかを検証した。机上面センサ位置を Fig.3、推定精度の良かったセンサの照度履歴を Fig.4、推定精度の悪かったセンサの照度履歴を Fig.5 に示す。

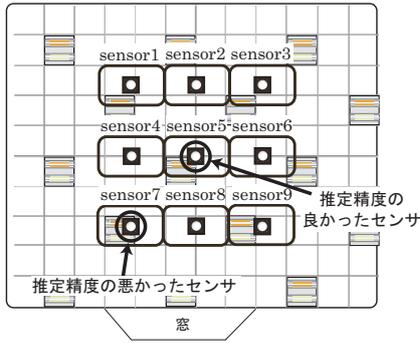


Fig.3 外光取得環境

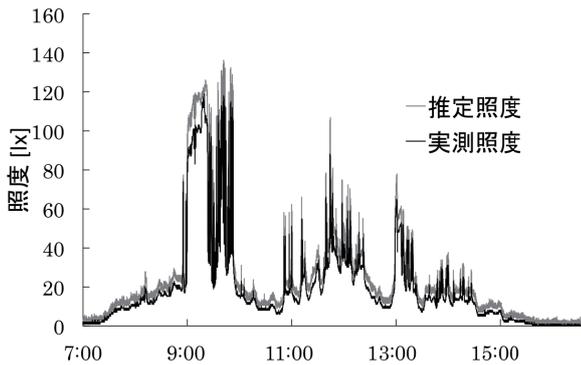


Fig.4 推定精度の良かったセンサ (sensor5)

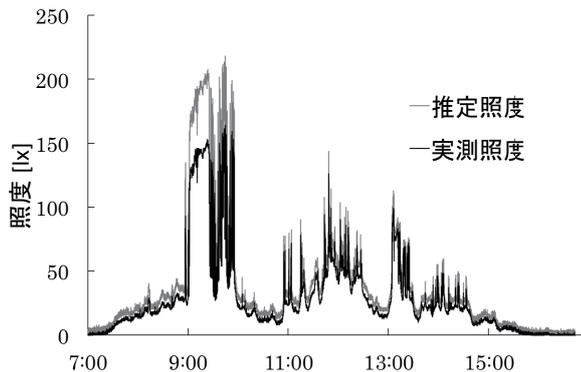


Fig.5 推定精度の悪かったセンサ (sensor7)

Fig.4,5 により、誤差が最も大きかった時でも 56 lx となり、提案手法を用いることにより、1日を通して高い精度で外光を推定できることがわかった。窓際の照明の方が誤差が大きくなる傾向にあったが、この理由として窓

側の照度センサと相関の高い天井照度センサが窓から離れた場所にあり、太陽の方角によっては相関のあるセンサ同士でも、明るくなる場合と暗くなる場合があり、うまく推定できなかったと考えられる。今後の展望として机上面照度センサと天井照度センサの紐付け方法についてはさらなる検討を行う。

3 1台の天井照度センサによる外光推定

天井照度センサは多くの先進ビルに普及されているが、ほとんどは各エリアに1台の導入となっている。そこで、部屋の中心に設置した1台の天井照度センサから外光が推定ができるかについて検証をする。こちらも3章で述べた手法と同様に天井照度と机上面照度の近似式を作成し、それに基づいて机上面照度を推定する。推定には4章と同様の12月14日のデータを用いる。誤差が最も大きいセンサ、最も小さいセンサに関する机上面照度と実測照度の差を Fig.6 に示す。

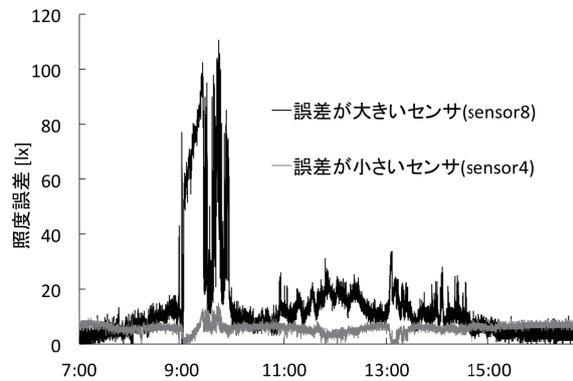


Fig.6 一台の天井照度センサを用いた場合の照度誤差

Fig.6 に示すように一部の照度誤差は大きいものの、ほぼ 50 lx 以下の誤差で推定できることがわかった。

この結果より、複数の天井照度センサを用いる方が精度はよかったが、エリアに天井照度センサが1台しかない環境でも外光の推定ができることが明らかとなった。

4 結論

天井照度と机上面照度には線形の相関があることを確認し、天井照度と机上面照度における近似式を作成した。この近似式を用いて複数の天井照度センサから高精度での外光の推定が可能であることがわかった。また、天井照度センサがエリアに1台しかない場合でも外光の推定が可能であることがわかった。ただし、本手法を用いるためにはオフィスのレイアウトが定まってから机上面照度と天井照度のキャリブレーションを行う必要がある。

参考文献

- 1) 環境庁編. 環境・循環型社会・生物多様性白書. 平成 22 年度版. <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h22/index.html>, 2010. (参照 2013-12-10).
- 2) 斎藤満. 自然光利用と建築・設備計画 (特集:自然光利用). 照明学会誌, Vol. 82, No. 9, pp. 733-738, sep 1998.
- 3) 三木光範, 善裕樹, 吉見真聡. 数理計画法を用いて外光のない執務空間における個別照度環境を実現する照明制御システム. 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 11, No. 1, pp. 75-76, sep 2012.