

天井照度センサを用いた外光照度推定手法の提案

清水 祐希

Yuki SHIMIZU

1 はじめに

近年、オフィスにおけるオフィスワーカーの快適性および知的生産性の向上に注目が集まっている。オフィス環境を改善することにより、知的生産性が向上すると報告されている¹⁾。我々は、オフィスにおける光環境に着目し、任意の場所に任意の照度を実現し、かつ省電力を実現できる照明システム（以後、知的照明システム）の開発を行っている²⁾。知的照明システムは、机上面においた照度センサから照度値を取得して照明の制御を行っている。しかし、実証実験の結果より、照度センサの受光部が遮蔽物の影に隠れていることや、書類で覆われていることがある。そのため、本来の机上面照度が計測できていないことが課題として挙げられている。

その課題を解決するために、天井照明以外に光源のない空間では各照明の光度から特定の位置の照度を照度シミュレーションにより求める研究がされている³⁾。一方で、天井照明以外に光源がある場合、照度シミュレーションによって、正確な照度値を推定することは容易でない。しかし、外光がその部屋の特定の位置に、どの程度の明るさを与えているのかを推定可能であれば、照明光による照度は照度シミュレーションで推定可能なため、机上面照度の推定が可能である。

そこで、外光による照度を推定するために障害物の影響を受けない天井に照度センサを設置する。そして、外光のある空間で机上面に照度センサをおかない知的照明システムの実現のため、天井照度から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

天井照度センサは多くの先進ビルに導入されている。外光を検知することによって、昼光により十分な照度を与えられる窓際の照明の消灯や光度を下げることを目的として導入されている。実用例として、2013年に竣工された茅場町グリーンビルディングでは、エリアや照明ごと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直下のエリアに検知面があり、その範囲の平均照度を取得している。

2.2 天井照度と机上面照度の関係の基礎実験

本研究では照度センサを天井に取り付けて、天井照度センサを模擬した環境を構築した。その値から直下の執務者の机上面の高さにおける外光照度を推定する。そのため、天井照度センサとその直下の机上面の高さにおける照度の関係を明らかにする必要がある。そこで、天井と直下の机上面の高さに設置した照度センサの外光による照度を、1日を通して測定した。この結果を Fig.1 に示す。

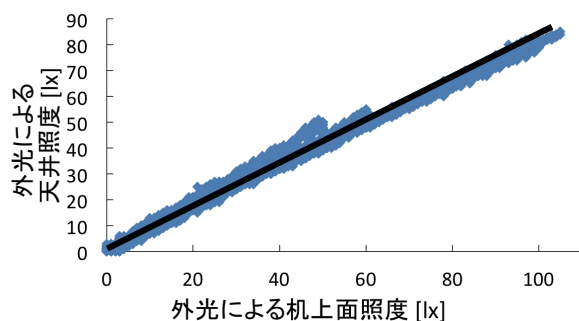


Fig. 1 外光による天井照度と机上面照度の関係

Fig.1より、外光照度が天井照度および机上面照度を与える照度値には線形関係があることを確認した。そのため、事前に天井照度と机上面照度を計測することによって近似式の生成が可能であり、天井照度から机上面照度の推定が可能であることがわかった。

3 天井照度センサを用いた外光推定

3.1 提案手法

2.2節で述べた通り、天井照度から机上面照度を求める近似式が生成できることがわかった。そこで、事前にレイアウトの定まった環境において、天井照度と机上面照度の関係を1日測定する。そして、全ての天井照度センサにおいて、直下の机上面の高さの照度を求める近似式が生成されているものとする。この場合、天井照度センサを用いた外光を推定する提案手法の制御フローを以下に示す。

1. 天井照度から近似式によって机上面照度を推定
2. 得られた推定照度を基にモデル式の係数を決定
3. 外光照度を取得する任意の地点の照度を推定

本実験環境下で用いるモデル式を式(1)に示す。これは、事前に様々な天候や時間帯の外光測定データを基

に、室内における外光分布モデル式の導出を行ったものである。

$$z = \beta_0 + \beta_1 x^4 y^3 + \beta_2 x^3 y^4 + \beta_3 x^3 y^2 + \beta_4 x^2 y^4 + \beta_5 x y^3 + \beta_6 x y^2 + \beta_7 y \quad (1)$$

x, y : 部屋の位置座標, z : その位置における外光照度

3.2 外光推定手法の精度検証実験

提案手法の有用性を検証するために検証実験を行った。本実験を行った環境を Fig.2 に示す。照度センサを天井面に 20 台、照度の推定精度を確かめるため、照度を推定したい机上面に 1 台ずつ設置した。また、窓の幅は 1.2 m、ブラインドは外向き 45° として外光を測定した。

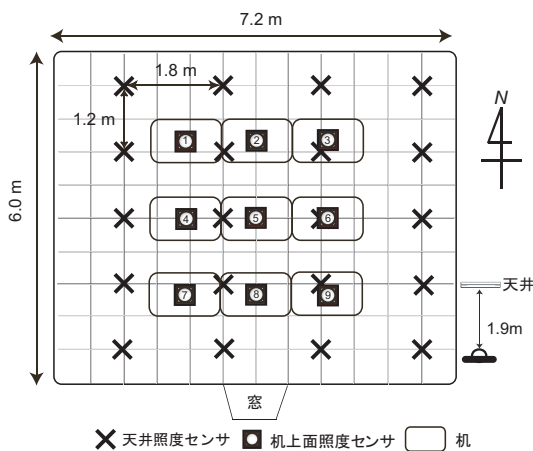


Fig. 2 外光測定環境

なお、天井照度から机上面照度を推定するための近似式は別日に計測を行った結果を基に生成した。実験は 2013 年 12 月 14 日の 8 時から 17 時の間行い、10 秒ごとに全ての照度センサから照度値を取得した。そして、取得したデータから提案手法を用いて、机上面における照度の推定を行い、実際に測定された値との誤差を比較した。推定した照度と 9 台の机上面照度センサで実際に計測した照度値との誤差が最も大きかった照度センサ (Fig.2 の 8 番の照度センサ) の照度の推移のグラフを Fig.3 および 1 日を通して外光照度が大きかったセンサ (Fig.2 の 6 番の照度センサ) の照度の推移のグラフを Fig.4 に示す。

Fig.3 より、推定精度が最も悪かった照度センサでも最大 36 lx となり、誤差が大きい時でも 30 lx 程度の誤差で推定が可能であることがわかった。誤差が出る主な原因としては、今回の手法では天井照度から直下の机上面照度を推定し、推定値を用いてモデル式を導出して机上面照度を推定している。このように、推定を 2 回行っているため誤差が大きくなってしまったと考えられる。また、天井照度から直下の机上面照度を推定しているが、

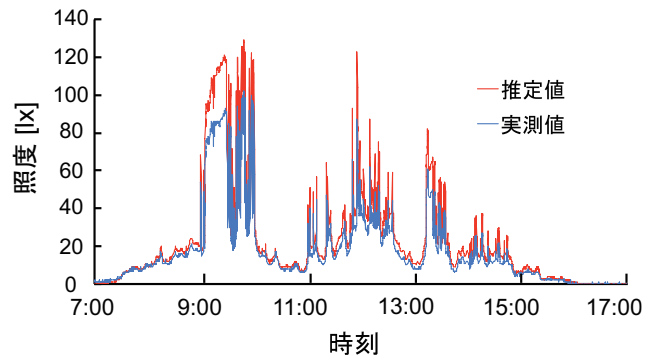


Fig. 3 計測した照度値と誤差が最も大きかったセンサ

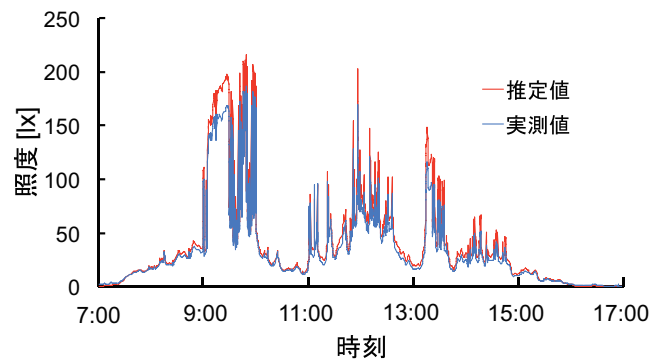


Fig. 4 1日を通して外光照度が大きかったセンサ

この時に用いられる近似式を別日に用いると、微妙なレイアウトの変化による誤差や壁面からの反射等により誤差が出ることも考えられる。本手法を用いる照度シミュレーションによる知的照明システムでは、目標照度から数 lx 程度しか誤差がでないことが報告されている。また、知的照明システムの取束範囲は人間の目が感知できないという ± 50 lx としているため、この最大で 36 lx という誤差であれば知的照明システムに利用可能であると考えられる。今後の展望として、本稿で提案した天井照度から任意の机上面の高さにおける照度を求める手法を、知的照明システムに導入して動作実験をしたいと思う。

参考文献

- 1) 大林史明, 富田和宏, 服部瑠子, 河内美佐, 下田宏, 石井裕剛, 寺野真明, 吉川榮和. オフィスワークの生産性改善のための環境制御法の研究—照明制御法の開発と実験的評価. ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006, 2006.
- 2) 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, No3, pp399-410, 2007.
- 3) 三木光範, 善裕樹, 吉見真聡. 数値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.