

室内の外光照度分布の検証と外光照度推定手法の提案

中林 弘光

Hiromitsu NAKABAYASHI

1 はじめに

オフィスの光環境改善の観点から、我々は任意の場所に執務者の要求する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。知的照明システムでは、照度センサを一人一台所持し、照度センサに目標照度を設定することで執務者に目標照度を提供する。

東京や福岡における複数のオフィスにおいて知的照明システムの実証実験が行われている。実証実験の結果、照度センサが机上面に設置されず、執務者の机上面に目標照度を提供できない状況が存在した。この問題を解決するため、机上面に照度センサを設置しなくても執務者の目標照度を提供する知的照明システムについて研究を行っている。この知的照明システムを実現するために、机上面の照度を推定する必要がある。机上面の照明光による照度は、求める手法が存在する¹⁾。机上面の外光による照度の推定において、既存の手法は、太陽の位置、雲量および窓の透過率など多くのパラメータを考慮する必要があるため^{2) 3)}、オフィスにおいて用いられていない。

本稿では、前述のようなパラメータが不要である外光照度推定手法を提案する。室内の外光照度分布について検証を行い、その検証結果を基に外光照度分布を定式化する。定式化したモデル式を用いることで机上面の外光照度を推定する。

2 外光照度分布の検証

外光照度分布の検証として、窓面に対して平行方向（平行方向）および奥行き方向（奥行き方向）における照度分布の近似に適した曲線についてそれぞれ検証する。

外光照度分布の計測をするため、Fig.1のような実験環境を構築した。この計測環境において、晴れ、曇りおよび雨の日における室内の外光照度分布を計測した。この計測した外光照度分布より、平行方向および奥行き方向における外光照度分布についてそれぞれ検証する。

一日の平行方向および奥行き方向における照度分布を様々な次数の曲線で近似し、近似曲線で求めた推定照度値と実測照度値の誤差を算出する。人の最小知覚変動比が -8% から $+6\%$ であること⁴⁾から実測照度値の約 $\pm 7\%$ の誤差であれば許容範囲内であると考えた。そこで、検証において実測照度値の約 $\pm 7\%$ を超えた誤差を推定誤差と判断する。一日のうち推定誤差が出た頻度が

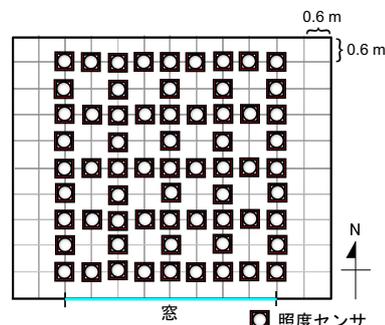


Fig. 1 計測環境

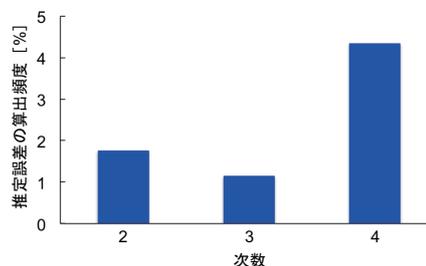


Fig. 2 窓面平行方向における照度分布の近似式の次数に対する推定誤差

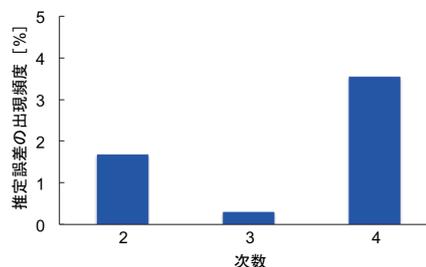


Fig. 3 窓面奥行き方向における照度分布の近似式の次数に対する推定誤差

最も少ない近似曲線を照度分布の近似に適した近似曲線と判断する。Fig.2に晴れの日における平行方向における外光照度分布についての検証結果を示し、Fig.3に晴れの日における奥行き方向における外光照度分布についての検証結果を示す。

検証結果より、平行方向および奥行き方向それぞれの外光照度分布において3次の近似曲線で推定誤差の出た頻度が最も少なく、3次の近似曲線で近似を行うことが有効であることがわかった。4次以降の次数における近似曲線において推定誤差の出た頻度が少なくなることはなかった。また、同様に曇りおよび雨の日においても3

次の近似曲線で近似を行うことが有効であることが確認できた。よって、この結果を基に外光照度分布のモデル式を決定し、外光照度を推定する。

3 外光照度推定手法

前章の外光照度分布の検証結果を基に外光照度分布を式 (1) のように定式化した。

$$z = \sum_{i=0}^3 y^i \sum_{j=0}^3 \beta_{4i+j} x^j \quad (1)$$

z : 推定照度, x, y : 位置座標 β_i : 係数

外光照度分布を定式化した式を用いることで室内の机上面の外光照度を推定する手法を提案する。外光照度分布は時々刻々と変化する。そのため、室内の執務の妨げにならない場所に照度センサを設置し、実測した照度と照度センサの位置座標を基に回帰分析を行うことで式 (1) の係数を決定する。実測照度値よりモデル式の係数を決定することでその実測した時刻の外光照度分布に近似した式を生成することができる。生成した式と推定したい位置における位置座標を基に推定地点の外光照度を推定する。

4 外光照度推定実験

本手法の有効性を検証するために外光照度推定実験を行った。オフィスにおけるデスクとデスクの間隔が標準で 1.8 m であること⁵⁾から照度センサの設置位置を考慮し、Fig.4 のような実験環境を構築した。7時から20時までにおいてFig.4中の×印で示す ABCD の各地点における外光照度を推定する。

なお、有効性を検証するため、Fig.4中の×印の位置にも照度センサを設置し、照度を実測する。実測値と推定値の誤差率を算出することで、手法の有効性を示す。各 ABCD 地点の実測照度値を Fig.5 に、推定照度値を Fig.6 に示す。

前章で述べたように実測照度値の±7%を推定の誤差の許容範囲内である。実験の結果、推定した地点のうち1地点のみ13時間中4分間、許容範囲を超える誤差を算出し、その最大は実測照度の10%であった。しかし、この最大が算出されたときの実測照度は93 lxであり、誤差は9 lxである。オフィスにおける最低照度は300 lxと定められており、外光照度が300 lx以下であるとき、照明光が300 lx以上となるように照度を補う。したがって、最大照度誤差である9 lxは、実運用上3%以下であり、この程度であれば問題ないとする。これらの結果より、本手法により机上面の外光照度を高精度で推定できることが確認できた。

今後の展望として、本手法を用いた複数窓のある室内における外光照度推定の検証および本手法における照度

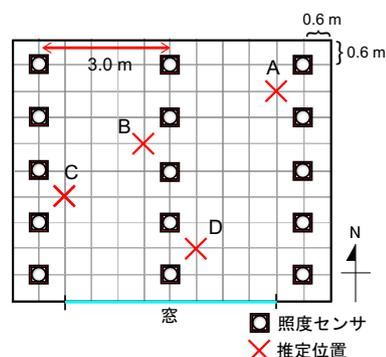


Fig. 4 実験環境

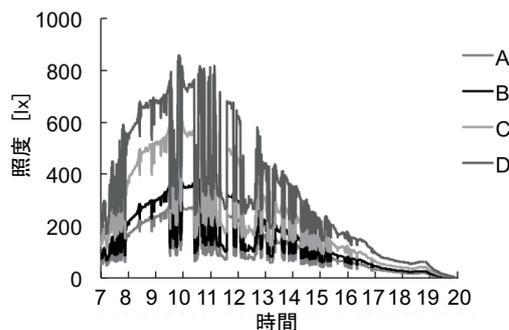


Fig. 5 実測照度値

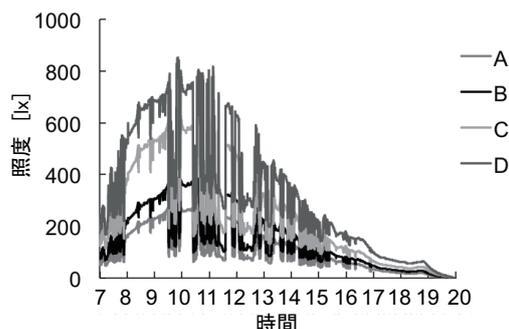


Fig. 6 推定照度値

センサの設置数の削減を考えている。

参考文献

- 1) 三本光範, 吉井拓郎, 池上久典. 外光の推定を基に個別照度を実現する知的照明システム. 同志社大学理工学研究報告. , Vol. 54, No. 1, pp. 21-28, 2013.
- 2) 菊池卓郎, 井川憲男. All sky model-1を導入した昼光照明計算プログラムの性能検証. 日本建築学会環境系論文集 73(629), pp. 865-871, 2008.
- 3) 一ノ瀬雅之, 石野久彌, 村上周三, 郡公子, 井上隆, 木下泰斗. 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「best」の開発(その25) 昼光利用照明計算について. 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp. 1101-1104, 2008.
- 4) 鹿倉智明, 森川宏之, 中村芳樹. オフィス照明環境における明るさ変動知覚に関する研究. J.Illum.Engng.Inst.Jpn, Vol. 85, No. 5, pp. 346-351, 2001.
- 5) 小林修一. より快適な環境をつくろう総務が知っておきたいオフィスレイアウトの基本と応用. 企業実務, Vol. 50, pp. 78-82, 2011.