

知的照明システムにおけるシミュレーション環境の簡易構築 - 照明の配光曲線とカメラによる照明抽出を用いた照度・光度影響度係数の算出 -

穠西 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個別制御可能な照明を用いて、執務者が要求する照度を最小の消費電力で提供するシステムである。知的照明システムにおいて最適な点灯パターンの探索の高速化のために、シミュレーション型知的照明システムがある。このシミュレーション環境構築にあたり、照明光度に対するデスク上の照度の推定が必要となる。ある照明の光度と任意の地点の照度は線形関係であり、その係数を照度・光度影響度係数とする。

現在、照度・光度影響度係数の計測には照明を 1 灯ずつ増減光して、その際の照度変化から求める手法を用いている。この手法はシステム導入前に実際の環境で行う必要があり、特に稼働中のオフィスに対して計測が容易ではない。

そこで照明の配光曲線、照明配置図とデスクレイアウトから任意の地点の照度を算出する手法¹⁾を用いる。さらに棚やパーティションといった照明光の遮蔽物に対応するためにカメラを用いる。外付け魚眼レンズを取り付けたスマートフォンで天井面を撮影して、照明光の遮蔽物を判断する。知的照明システムにおけるシミュレーション環境を容易に構築可能にするため、配光曲線とカメラを用いて照明による照度を推定する手法について検討する。

2 知的照明システム

2.1 シミュレーション型知的照明システム

知的照明システムは制御装置、照明器具、照度センサ、および電力計を 1 つのネットワークに接続し、最適化アルゴリズムに基づいて各照明の光度を制御するシステムである。このシステムは執務者の要求する照度（目標照度）を実現し、かつ照明の消費電力が最小になるようにそれぞれの照明の光度を制御する。シミュレーション型知的照明システムでは目標照度への収束速度向上のために、システム内部で照度シミュレーションを行っている。シミュレーション環境で照明の光度をアルゴリズムに則って変更し、目標照度に収束するための各照明の光度を求める。そして目標照度に収束した際の点灯パター

ンを実環境に反映することで、要求された照度を提供している。

2.2 照度・光度影響度係数の導出

シミュレーション内では照度・光度影響度係数を基に照度をシミュレーションしている。照度・光度影響度係数を事前計測する手法は壁の反射光の影響や照明の劣化といった要素にも対応している点で優れた手法である。しかし、導入時にすべてのデスク中央に照度センサを配置して、照明を 1 灯ごとに増減光する必要がある。これは稼働中のオフィスへの導入の際には容易ではない。

そこで、照明の配光曲線と照明配置図、デスクレイアウトを基に照度・光度影響度係数を求める。照明の配光曲線は、照明器具から各方向に対しての光度を読み取ることができるものである。これに照明配置図とデスクレイアウトを組み合わせることで、照明から各デスク中央に対しての光度が求まる。そして求めた光度と、デスク中央と照明との位置関係から、式 (1) を用いることで照度・光度影響度係数を求めることができる。

$$E = I/L^2 \quad (1)$$

E : 照度 [lx], I : 光度 [cd], L : 距離 [m]

2.3 照明の発光面積と照度・光度影響度係数の関係

遮蔽物が存在する環境の場合、配光曲線から求めた照度・光度影響度係数と異なる。そこで照明の発光面積が遮蔽物に覆われている面積とそのときの照度・光度影響

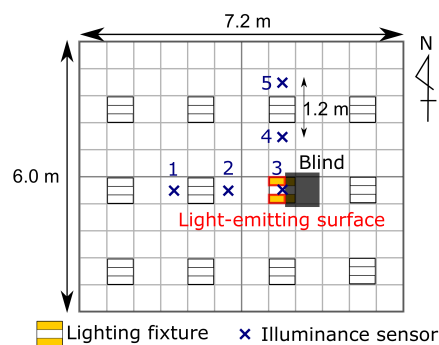


Fig. 1 実験環境

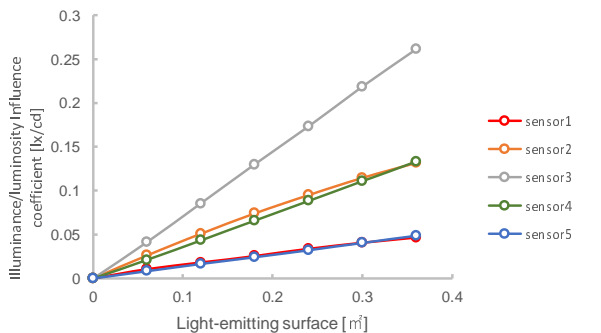


Fig. 2 照明の発光面積と照度・光度影響度係数の関係

度係数を求める。実験環境は Fig. 1 であり、実験結果を Fig. 2 に示す。照明の発光面積と照度・光度影響度係数は線形関係にあることから、照明の元の面積に対する発光面積からこのときの照度・光度影響度係数が求まる。

3 シミュレーション環境の簡易構築手法

今回、シミュレーション環境を簡易構築するための手法について述べる。本手法における前提として、照明の配光曲線と照明配置図、デスクレイアウトは明らかであるとする。

知的照明システムに必要なシミュレーションの要素としては照明からデスク中央に対しての照度である。照度を求めるために必要となる光度は、ネットワークを介して取得することができる値と配光曲線から求まる。そして照明からの照度・光度影響度係数に関しては遮蔽物の有無により変動する。そこでカメラを用いることで照明光の遮蔽度合いを調査する。

一連のシステムの流れを以下に示す。

1. デスク周辺に明らかに照明光を遮るものがない場合は、配光曲線を基にして照度算出式を作成する。
2. デスク周囲の近傍照明からの光が遮られる可能性がある場合、デスク中央から魚眼レンズカメラで近傍照明の撮影を行う。
3. 撮影画像の平面画像処理を行う。
4. 画像処理により照明光が遮蔽物に遮られているかの判定を行う。
5. 照明の面積から照度・光度影響度係数を求める。

4 提案手法の有効性検証実験

提案手法を用いて照度シミュレーション環境に必要な照度・光度影響度係数の精度の検証実験を行う。実験環境は Fig. 3 とする。Fig. 3 に示すように、照明をグリッド状に 12 台、照度測定地点は 3 点とし、パーティ

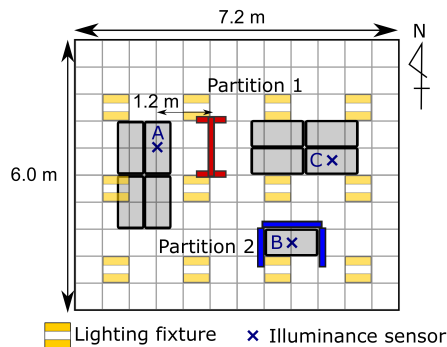


Fig. 3 提案手法の実験環境

ションを 2 カ所に設置した。照明から机上面までの距離は 2.0 m とした。パーティション 1 は高さが 1.8 m であり、パーティション 2 は高さが 1.2 m という一般的に市販されている大きさのものを設置している。照明を最小点灯光度から最大点灯光度の間でランダムに調光を行い、その際の実測値と提案手法で求めた照度/光度影響度係数を基に推定した照度を比較する。ランダムに調光を行う回数は 500 回とする。

Fig. 4 はセンサ A における実測照度と推定照度の誤差の分布を表したものである。遮蔽物が存在する環境であっても照度推定の誤差が最大 50 lx 程度であり、提案手法は有用であることを明らかにした。

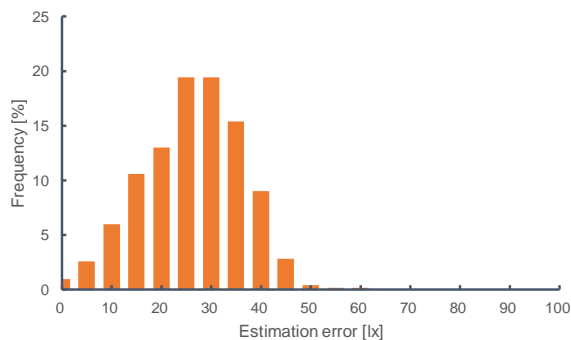


Fig. 4 地点 A における照度推定誤差

5 結論

知的照明システムの導入容易性の向上のために、照度・光度影響度係数を容易に計測する手法を提案した。現在の知的照明システムでは、照度・光度影響度係数を各照明の点滅により求めており、非常に手間となっていた。提案手法では知的照明システムを導入する環境において、デスクからカメラで天井面を撮影するだけで良くなり、システムの導入容易性の向上が見込まれる。

参考文献

- 1) 高橋貞雄. 照明器具の配光曲線. 照明学会誌, Vol. 79, No. 3, pp. 132-133, 1995.