

知的照明システムにおける照度/光度影響度係数を用いない照明制御回数の削減

上南 遼平

Ryohei JONAN

1 はじめに

著者らは、執務者が要求する明るさ（目標照度）を最小の消費電力で実現する知的照明システムの研究を行っている¹⁾。知的照明システムは、導入時にオフィスにおいて照明が照度センサの照度に及ぼす影響の大小（照度/光度影響度係数）を計測している。よって、導入環境特有の影響を考慮した正確なシミュレーション環境を構築することができる。シミュレーションにより最適な点灯パターンを導出し、実環境に反映することで各執務者の目標照度を満たしつつ照明制御回数を削減することができた。しかし、導入ごとにオフィスに立ち入り照度/光度影響度係数を計測することは知的照明システムの普及に対する大きな障害である。また、照度センサの移動が想定される環境では、あらかじめ照度/光度影響度係数を計測することができない。本研究では、計測が必要な照度/光度影響度係数を用いずに、最適な点灯パターン実現までの照明制御回数を削減する手法を提案する。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの照明制御

知的照明システムは制御装置、照明器具、移動可能な照度センサ、および電力計を1つのネットワークに接続することで構成される。照度センサおよび電力計から得られる情報を基に、山登り法をベースとした最適化アルゴリズムに基づいて照明光度を制御する。知的照明システムは、目標照度を実現しつつ、消費電力を最小にするという目的を定式化している。定式化した目的関数の解を見つけることを最適化問題として捉え、照明光度を人の目に感知されない変化幅でランダムに変化させながら最適解の探索を行う。知的照明システムでは照度/光度影響度係数に応じて適切に照明光度を変化させることで、より少ない回数で最適な点灯パターンを実現する。照度/光度影響度係数は式(1)で表され、照明環境が変化しない限り定数とみなすことができる。

$$I = R \times L \quad (1)$$

I : 照度, L : 光度, R : 照度/光度影響度係数

2.2 知的照明システムの普及に対する課題

一般的なオフィスでは執務者の自席が固定であるため、照度センサの位置も固定であり、あらかじめ照度/光度影響度係数を計測することができる。これまで導入した知的照明システムでは導入時にオフィスに照度/光度

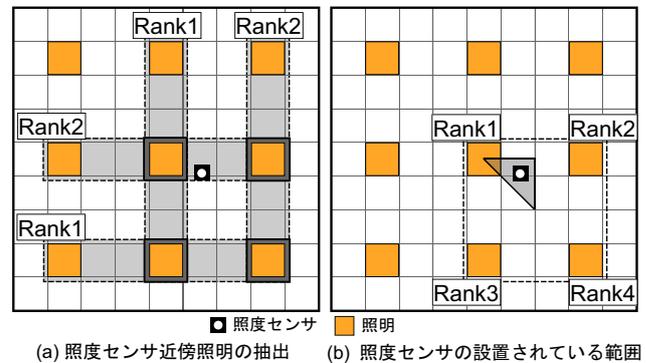


Fig. 1 照明抽出を基にした照度センサ設置位置の特定

影響度係数を計測することができた。また、照度/光度影響度係数が既知ならば、式(1)から任意の点灯パターンにおける照度センサの照度が算出できるため、導入環境のシミュレーションを行うことができる。シミュレーションにより最適な点灯パターンを導出し、実環境に反映させることで各執務者の目標照度を満たしつつ照明制御回数を削減することができた。しかし、導入のたびに照度/光度影響度係数を計測することは知的照明システムの普及における大きな障害である。導入先のテナントがオフィスへの立ち入りを好まないため、計測ができない事例も存在する。また、ノンテリトリアルオフィスのような照度センサが移動する環境では、照度センサの位置あらかじめ決まっていないため、照度/光度影響度係数を計測することができない。本研究では計測が必要な照度/光度影響度係数を用いずに、最適な点灯パターン実現までの照明制御回数を削減を提案する。照度/光度影響度係数の計測の必要をなくし、オフィス形態に依存せず照明制御回数の削減を可能にすることで、知的照明システムの導入容易性および汎用性の向上を狙う。

3 照度/光度影響度係数を用いない照明制御回数の削減

光度と照度の関係は式(2)で表すことができ、照度は光源からの直線距離の二乗に反比例する。

$$I = \frac{L}{d^2} \times L \quad (2)$$

I : 照度, L : 光度, d : 光源からの直線距離

提案手法では式(2)から、照明と照度センサ間の直線距離を基に照度センサの照度を算出し、照度シミュレーションを行う。照明器具ごとに異なる放射特性を考慮

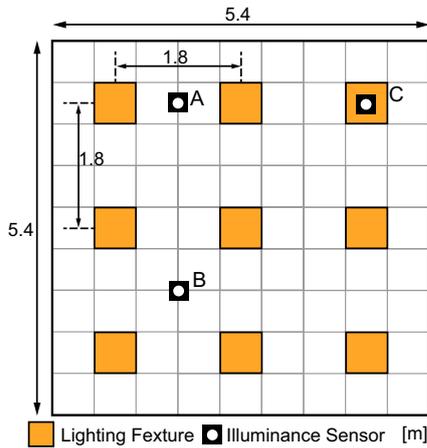


Fig. 2 検証実験を行う環境 (平面図)

するために、照明設計資料または事前実験を基に照明の放射特性を考慮したモデル式を導出する必要がある²⁾。シミュレーション環境では考慮できない外光照度を算出照度と実照度の差から推定し、シミュレーションにより外光照度を考慮した点灯パターンを算出する。

一般的な照度センサが固定される環境では、照明と照度センサの配置図から照明と照度センサ間の直線距離を読み取ることで照度を算出する。照度センサの移動が想定される環境では、Fig. 1-(a)に示すように縦横の各照明列の光度変化に対する照度センサの照度変化量を比較することで照度センサ近傍照明を抽出している。これにより、照度センサ近傍の4灯に照度センサに対する影響の大きさに応じて順位が付与される。照度センサに対してFig. 1-(b)に示すように近傍照明に順位が付与されている場合、照度センサはFig. 1-(b)に示す範囲内に設置されていることがわかる。この範囲の重心に照度センサが設置されていると仮定し、仮定した照度センサ設置位置と照明間の直線距離を基に照度を算出する。

4 検証実験

4.1 実験概要および実験環境

提案手法を組み込んだ提案手法の有効性を示すために検証実験を行う。照明9灯と照度センサA、BおよびCの3台を用いてFig. 2に示す実験環境を構築した。照明には、調光可能なPanasonic社製LED照明(NSE814S2)を用いた。

4.2 照明制御回数および点灯状況の比較実験

Fig. 2に示した実験環境において、照度収束実験を行う。照度センサA、BおよびCの目標照度をそれぞれ300、500および700 lxに設定した。また、外光を考慮する提案手法の有効性を検証するため、120回の照明制御を行った時点で、外光照度として照度センサCに蛍光灯の明かりを入射させた。従来手法と提案手法を用いて照度収束実験を行い、各手法の照度履歴および点灯状況を比較することで提案手法の有効性を検証する。ここ

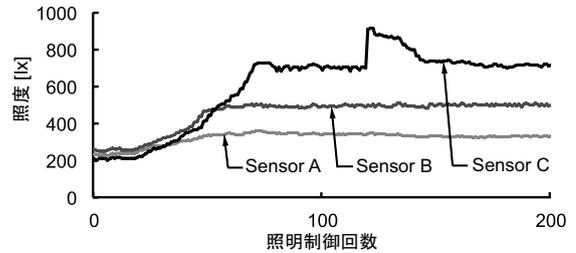


Fig. 3 従来手法を用いた場合の照度履歴

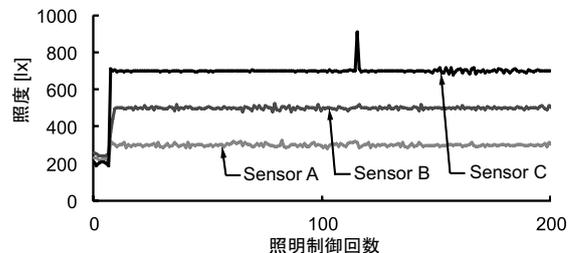


Fig. 4 提案手法を用いた場合の照度履歴

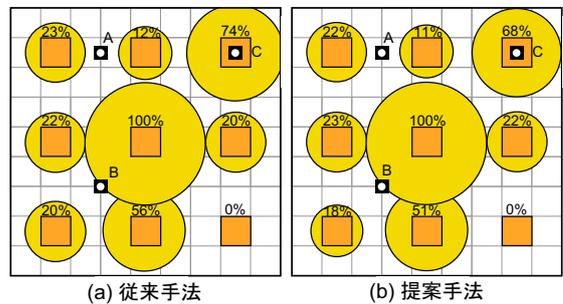


Fig. 5 各手法の点灯状況 (照明制御:200回)

では、枚数の都合上照度センサが固定された環境を想定した場合の検証結果を省略する。

各手法を用いた場合の照度センサの照度履歴をFig. 3, Fig. 4に示す。また、120回の照明制御行った時点での各手法の照明の点灯状況をFig. 5に示す。Fig. 3より、従来手法は照度センサ近傍照明抽出後、約80回の照明制御で目標照度を実現している。それに対して、Fig. 4より提案手法は照度センサ近傍照明抽出後、照度センサAおよびCは1回、照度センサBは3回の照明制御で目標照度を実現している。また、外光の入射に対して1回の照明制御で再び目標照度を実現している。次にFig. 5より、各手法は同等の点灯状況を実現している。以上の結果より、提案手法は照度センサが移動する環境において有効であることを示した。また、照度センサが固定された環境においても有効性を確認した。

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 (2007), pp.399-410.
- 2) 三木光範, 吉井拓郎, 小野景子, 東陽平. 知的照明システムにおける照度センサの位置推定を用いた消費電力の削減(オフィスインフォメーションシステム, e-ビジネスモデリング). 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol. 95, No. 10, pp. 1839-1847, oct 2012.