

照明と照度センサの配置図を用いた知的照明システム

三輪 和広

Kazuhiro MIWA

1 はじめに

著者らは、執務者が個別に要求する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・開発を行っている¹⁾。知的照明システムはその有効性を検証するため、東京都内複数のオフィスにおいて実証実験を行っている²⁾。実証実験の結果から知的照明システムの導入前と比較して消費電力を 50% 程度削減することを確認した。

知的照明システムは、照明光度が照度センサの照度に及ぼす明るさの大小（以下、照度/光度影響度）に応じて、各照明光度を適切に変化させる。各照度センサに対して、各照明を照度/光度影響度に応じて分類し、この分類と目標照度と現在照度の差を基に照明光度を変化させる。

これまで知的照明システムを導入した実オフィスでは、導入前にオフィスに立ち入り、照明を 1 灯ずつ点灯・消灯することで、照度/光度影響度を計測することができた。しかし、導入のたびにオフィスに立ち入り照度/光度影響度を計測することは、手間がかかるため、知的照明システムの普及に対する障害である。

そこで現在、照明と照度センサの配置図を基に各照度センサに対して照明の分類を行い、照度/光度影響度を用いずに適切に照明光度を制御する手法（以下、ランク手法）を提案している。ランク手法では、照度/光度影響度の計測の必要をなくすことで、知的照明システムの導入容易性の向上を示した。

しかしながら、ランク手法における各照度センサに対する照明の分類についての検証はまだされていない。各照度センサに対する照明の分類についての検証を行うことで、より効率的に照明を制御することができる。そのため、ランク手法において、各照度センサに対する照明の遠近分類について見直す必要がある。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの概要

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することで構成される。各照明の光度を個別に変化させることによって、執務者の要求する照度を実現し、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光度を制御する。照明制御装置は、照度センサから得られた照度情報、および電力計から得られる電力情報に基づき、現在の点灯パターンに対する有効性を評価する。照明の点灯パターンの微弱変化と有効性の評価を繰り返すことで、各執務者が要求する照度の制約条件を満たしつつ、消費電力の最小化を行う。

2.2 照明の分類と近傍設計

知的照明システムでは、全ての照明に対して同一の近傍を用いるのではなく、状況に応じて複数の近傍を使い分けしている。照度/光度影響度に 2 種類の閾値を設けることで、各照度センサに対して全ての照明を 3 種類に（近い、やや近い、遠い）に分類する。この照明の分類および照度センサの現在照度と目標照度に応じて照明を光度を変化させる。これにより、明るさが必要な照度センサに対し、大きな影響を持つと判断された照明は強く増光し、影響の少ないと判定された照明から減光していく。このように、照明の光度変化の方向に重みを持たせることで、より短い時間に目標照度を満たすと共に、消費電力を最小にする点灯パターンを実現することができる。

2.3 照度/光度影響度に対する課題

一般的なオフィスでは、各執務者の自席は固定であり、照度センサの位置も固定である。そのため、知的照明システムの導入時にオフィスに立ち入ることで事前に正確な照度/光度影響度の計測を行うことができる。執務者の席の机上面に照度センサを設置し、照明をすべて消灯した状態で照明を 1 灯ずつ点灯・消灯することで、各照明の各照度センサに対する照度/光度影響度を計測する。

これまで、実証実験としてオフィスに導入した知的照明システムでは、導入ごとに照度/光度影響度を計測してきた。しかしながら、導入のたびにオフィスに立ち入り、事前に照度/光度影響度を計測することは、知的照明システムの普及に対して大きな障害である。

そこで、照度/光度影響度を用いずに各照度センサに対して照明を分類するランク手法が提案されている。ランク手法では、照明と照度センサの配置図を基に、従来手法より簡便に照明の分類を行い、照度/光度影響度の計測の必要をなくすことで、知的照明システムの導入容易性の向上を狙う。また、従来手法では、照度センサの配置変更等の照明環境の変化があった場合、照度/光度影響度を再計測し更新する必要があるが、ランク手法を用いることで、照明環境の変化により容易に対応することが可能となる。

3 照明と照度センサの配置図を用いた知的照明システム

3.1 配置図を用いた照明の分類

ランク手法では、照明と照度センサの配置図から各照明と各照度センサの距離を読み取ることで各照度センサに対する照明の分類を行う。照度センサの位置に対する照明の分類手法を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 の (a) から (e) に示す位置に照度センサがある場合、Fig. 1 内の照明を表 1 に基づいて分類する。また、

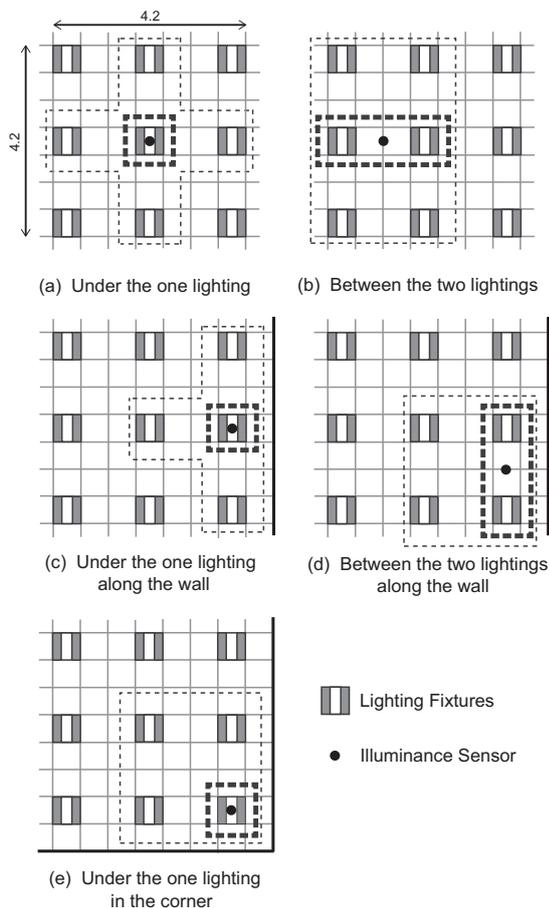


Fig.1 照度センサの位置に対する照明の分類

Fig. 1 の (a) から (e) に示す正確な位置に照度センサがない場合は、Fig. 1 の (a) から (e) の中で最も距離が近い位置に照度センサがあると仮定する。

3.2 目的関数

知的照明システムの目的関数の制約条件 g は、照度/光度影響度係数 r が閾値 T 未満の場合、その照度センサに対してその照明は影響を与えないと考え、その照明の影響 R_j を 0 にしている。また制約条件 g は照度/光度影響度係数 r に比例するため、照度センサに影響の大きい照明ほど制約条件 g を増加させないように動作する。よって、より短時間で最適な点灯パターンを実現する。

提案手法では、照明の分類に応じて制約条件 g に各分類を数値化した離散値をかける。提案手法で用いる目的関数を式 (1) に示す。

Table1 照度センサの位置に対する照明の分類方法

Position of lithings	Classification
In thick dashed line	Near
In thin dashed line	Slightly near
other	Far

$$f = P + w \times \sum_{j=1}^n g_j \quad (1)$$

$$P = \sum_{i=1}^m L_i$$

$$g_j = \begin{cases} 0 & (Ic_j - It_j) \geq 0 \\ R_j \times (Ic_j - It_j)^2 & (Ic_j - It_j) < 0 \end{cases}$$

n : 照度センサの数, m : 照明の数, w : 重み

P : 消費電力 [W], Ic : 現在照度 [lx], It : 目標照度 [lx]

L : 光度 [cd], R : 分類を数値化した値

分類を数値化した値 R は、距離が近い分類ほど大きい値で数値化することで、距離の近い分類の照明ほど制約条件 g を増加させないように動作する。また、距離が遠い分類は 0 で数値化することで、その照明の影響を 0 にする。よって従来手法と同じように最適な点灯パターンの探索を行う。

4 提案手法における課題

ランク手法を用いて照度収束実験を行うことで、従来手法と同程度の精度で目標照度を実現できることが確認されており、知的照明システムの導入に対して照度/光度影響度の計測を行う必要をなくし、知的照明システムの導入容易性向上に貢献した。

ランク手法は、照明と照度センサの配置図から各照明と各照度センサの距離を読み取ることで各照度センサに対して照明を 3 種類 (近い, やや近い, 遠い) に分類し、この分類を基に照明光度を制御する。この照明の分類に関して、十分な検証は行われていない。一般的なオフィスで用いられている照明の最大点灯光度が 1000 から 1400 cd 程度の場合、4 灯から 6 灯あればオフィスの一般的な明るさである 750 lx を満たすことができる。そのため、照度センサ 1 台に対して関連付ける照明を 4 灯から 6 灯としているが、照明の分類に十分な根拠はない。照明の分類に関して十分に検証し、論理的に分類することで、より効率的な照明制御が行えると考えられる。

照度センサに対する照明の分類を決めるために、現在は照度センサに対して、近い, やや近い, 遠いの 3 種類で分類を行っているが、3 つの分類が照明の制御において適切であるという根拠はない。そのため分類の種類について見直す必要がある。また、分類を行う際に用いる閾値についても検討する必要がある。閾値による照度収束の違いによる照度収束速度および低消費電力な点灯パターンへの収束速度の検証はされているが、未だに適切な閾値は決定されていない。適切な遠近分類の種類と遠近分類に用いる適切な閾値を決定し、決定した遠近分類の種類と閾値を用いて配置図から各照度センサに対する照明の分類を行う手法を現在検討している。

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