

上下可動型照明を用いた知的照明システムの基礎的検証

外村 篤紀

Atsuki TONOMURA

1 はじめに

著者らは、執務者が要求する明るさ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、都内複数の実オフィスにおいて実証実験を行い、必要な場所に必要な照度を提供することに成功し、高い省エネルギー性を実現した。

しかし、現在の知的照明システムでは隣接する執務者同士が大きく異なる照度を要求する場合、各照度を物理的に実現できない場合がある。そこで本研究では高さを調節できる照明（以下、上下可動型照明）を用いた知的照明システムを提案する。

2 知的照明システム

2.1 知的照明システムの構成

知的照明システムは任意の場所に各執務者が要求する照度（以下、目標照度）を提供するシステムである。知的照明システムは、調光可能な照明器具、照明制御装置、移動可能な照度センサ、および電力計を一つのネットワークに接続することで構成される。各照明器具は照度計から得られる照度情報（現在照度および目標照度）および電力計による電力量に関する情報を基に、最適化アルゴリズムを用いて自律的に最適な点灯パターンを実現する。

2.2 知的照明システムの課題

標準的な知的照明システムでは、照射角の広い照明を用いており、各照明は広範囲を照らす。また、執務者に高照度を提供するためには、複数の照明を高光度で点灯させる必要がある。これらの理由から、隣接する執務者が照度の差が大きい場合、それらを満たすことは容易ではない。

そこで本研究では、照明器具として天井面から降下可能な上下可動型照明を用いる知的照明システムを提案する。照明の光度だけでなく、照明の高さも最適化することで、これまでの知的照明システムでは物理的に実現できなかった執務者の目標照度の実現が可能か検証する。

3 上下可動型照明を用いた知的照明システム

3.1 提案手法の照明制御アルゴリズム

頻繁な照明の昇降は執務者のストレスを生じさせる可能性がある。そのため、提案手法はシミュレーション環境において目標照度を実現し、消費電力を最小化する照明の光度および高さのパターンを算出した後、算出結果

を実環境に反映する構成を採用する。シミュレーション内部で行う提案手法の制御アルゴリズムを示す。

1. 後述する目的関数式 (1) に基づき、現在の照明の光度と高さにおける評価値を計算する。
2. 照明の高さと光度を変更する。
3. 変更後の照明の光度と高さにおける評価値を計算する。
4. 目的関数の評価値が改良された場合は変更後の照明の光度および高さを受理し、そうでない場合は変更前の照明の光度および高さに戻す。
5. 項目 1 に戻る。

以上の項目を探索の 1 ステップとし、この処理を繰り返すことで、最小の消費電力で目標照度を提供する最適な点灯パターンおよび照明の高さのパターンを導出する。

4 提案手法の目的関数

提案手法における目的関数を式 (1) のように定式化する。提案手法は式 (1) を最小化するように動作することで照明の光度と高さを最適化し、目標照度を満たしつつ消費電力の最小化を実現する。

$$f_i = P + w_1 \times \sum_{j=1}^n g_{ij} + w_2 \times \sum_{i=1}^m H_i \quad (1)$$

$$g_{ij} = \begin{cases} 0 & |Ic_j - It_j| \leq T \\ (Ic_j - It_j)^2 & otherwise \end{cases}$$

m :照明数, n :照度センサ数

w_1 :重み (照度), w_2 :重み (照明降下)

P :消費電力 [W], T :閾値

Ic :現在照度 [lx], It :目標照度 [lx], L :光度 [cd]

H :照明の降下距離 [m]

式 (1) は照明器具が天井から離れるほど照明器具の降下によるペナルティが増大する。よって、提案手法は知的照明システムでは実現が容易ではなかった目標照度を満たすために照明器具を降下させるが、過剰な降下を抑制するように制御を行う。



Fig. 1 構築した上下可動型照明

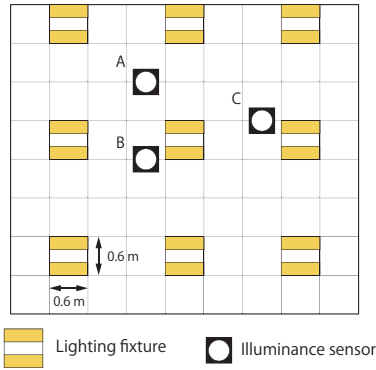


Fig. 2 実験環境

5 検証実験

5.1 実験概要および実験環境

標準的な知的照明システム（以下、標準的手法）では実現できない目標照度の要求を提案手法により検証することで、提案手法の有効性を検証する。本実験では、上下可動型照明の代わりにチェーンで天井から吊り下げることが可能な三菱電気株式会社製 LED 照明 9 灯を用いた。構築した上下可動型照明を Fig. 1 に示す。また、照度センサにはセコニック製デジタル照度センサを用いた。本実験では照明を 9 灯、照度センサ 3 台の空間を想定し、各照度センサ A, B, C の目標照度をそれぞれ 400 lx, 400 lx, 800 lx とした。なお、実験環境は床から天井の高さが 2.5 m であり、外光のない環境を想定した。

5.2 実験結果

標準的手法および提案手法で照度収束を行った場合の点灯パターンをそれぞれ Fig. 3, Fig. 4 に示す。

はじめに、標準的手法の実験結果に注目する。オフィス環境において人間が認知できる照度差は 50 lx 程度であることから²⁾、知的照明システムでは提供されている照度と目標照度の差が 50 lx 以下であれば目標照度を実現していると考えられる。よって、標準的手法では 3 台の照度センサのうち、照度センサ B および照度センサ C が目標照度を実現できていない。これは、照明 5 が高照度を要求した照度センサ C の目標照度を満たすために高照度で点灯した結果、近接する照度センサ B に対して過剰な照度を与えてしまったことが原因であると考え

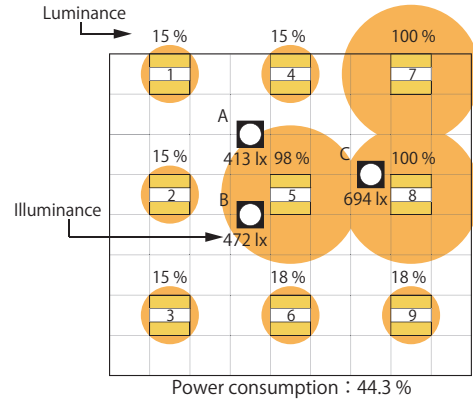


Fig. 3 標準的手法の点灯パターン

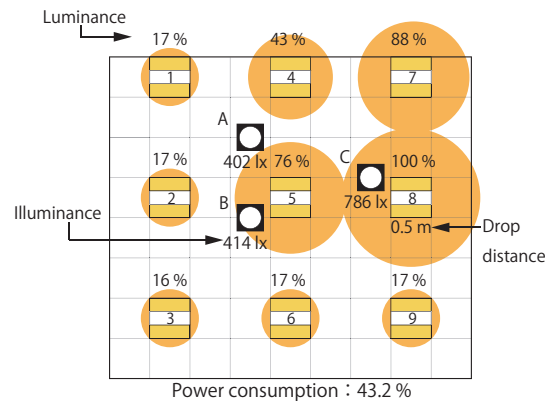


Fig. 4 提案手法の点灯パターン

られる。また、照度センサ C に関しては、影響の大きい照明 5、照明 7、および照明 8 が最大光度で点灯しても目標照度を実現することができないことがわかる。このように、標準的手法では目標照度が大きく異なる照度センサが近接する場合、全照度センサの目標照度を満たすことは物理的に容易ではない。

次に、提案手法の実験結果に注目する。提案手法による照度収束結果より、全照度センサが目標照度に収束していることがわかる。標準的手法では、照度センサ C の目標照度を満たすために付近の照明 5、照明 7、および照明 8 が高照度で点灯しても目標照度を実現できなかったことがわかった。一方で、提案手法では照明 8 が降下することで照度センサ C に対し不足分の照度を与え、照明 5 が光度を下げることで可能となった。その結果、照明 5 が照度センサ A に対して過剰な照度を与えることなく、照度センサ B 及び照度センサ C の目標照度を満たすことが可能となったと考えられる。

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シアム, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3 (2007), pp.399-410.
- 2) 智明鹿倉, 宏之森川, 芳樹中村. オフィス照明環境における明るさの変動知覚に関する研究. 照明学会誌, Vol. 85, No. 5, pp. 346-351, may 2001.