

個別照度を実現する知的照明システムのためのユーザ座席提案システム

The Proposal System of User Seats for Intelligent Lighting System which Realizes Individual Illuminance

三木 光範* 秋田 雅俊† 廣安 知之‡ 吉見 真聡*
Mitsunori Miki Masatoshi Akita Tomoyuki Hiroyasu Masato Yoshimi

1. はじめに

近年、使用者や環境に合わせてシステムを自律的に制御し、人間の負荷を軽減する知的なシステムの開発が行われている。そのような中、我々は個別照度を実現することで知的生産性の向上と消費電力量の削減を実現する知的照明システムの研究を行っている [1]。このシステムについては、実オフィスにプロトタイプ版の導入を行うことで、個別照度の実現による作業効率の向上や省エネルギーが実現できることを確認した [2, 3]。このことは、従来の均一照度環境からの大きな発展である。しかし、さらなる要求として、近隣するユーザの照度差を大きくすることやさらなる省エネルギーの実現を考える。そこで、本研究では知的照明システムの効果をさらに発揮できるユーザ座席配置の最適化手法を提案する。そして、その効果をシミュレーションにより検証する。

2. 知的照明システム

2.1 知的照明システムの構成要素

知的照明システムとは、複数の照明器具がそれぞれ独立して照明の明るさ(光度)を調節することによってユーザの要求する照度を実現するシステムである [1]。

知的照明システムは、複数の知的照明機器と複数の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。知的照明機器とは、調光可能な照明とその明るさを制御する照明制御装置からなる。そのため、各照明機器に対して制御装置が搭載されていることで、自律分散型のシステムとして動作することが可能である。図1に知的照明システム概念を示す。

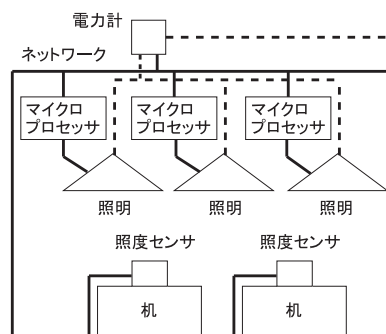


図1: 知的照明システム

2.2 知的照明システムの制御アルゴリズム

知的照明システムでは、各ユーザが携帯する照度センサに対して目標とする照度(目標照度)を入力する。そして、

照明が自律分散制御アルゴリズムを用いて制御を行う。そのため、集中管理機構なしに各知的照明が自律的に光度の調節を行うことが可能である。ネットワークに流れる照度情報に基づき、各制御装置が最適化アルゴリズムを用い自律的に制御を行うことで最適な点灯パターンを実現している。

2.3 目標照度の達成について

知的照明システムでは、照明器具の配置とユーザの座席が固定された場合、ユーザの要求照度は下限値として満足させる。そのため、要求する照度の分布によっては目標照度よりも照度が高くなる場合がある。この問題を解決するには照明器具あるいはその配置を変更する、もしくはユーザの座席配置を変更する必要がある。

3. 個別照度の精密な実現のための座席最適化

全てのユーザの要求照度を省エネルギーな状態で実現する最適座席をユーザに提案する方法について述べる。

3.1 制御アルゴリズム

- 知的照明システムで照度を収束させ、これ以上物理的に収束できない状態で目的関数値を求める。
- シミュレーション上で、全てのユーザをランダムに移動する。
- ユーザが移動した状態において、知的照明システムによる照明の光度の最適化を行う。
- 再度目的関数値を求め、目的関数値が改善した場合はその座席配置を維持し、改善した場合は移動前の座席配置へ戻す。
- 2~4の操作を繰り返し、全てのユーザの要求照度が実現された、もしくは一定回数以上処理を繰り返し行った場合に終了する。

本アルゴリズムで用いる目的関数には式(1)を用いる。

$$f = P + w \sum_{i=1}^n g_i \quad (1)$$

$$g_i = \begin{cases} (Lt_i - Lc_i)^2 & 50 \leq |Lt_i - Lc_i| \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

P : 消費電力量, n : 照度センサの数
 Lt : 目標照度, Lc : 現在照度

目的関数は消費電力量 P と照度差 g_i からなり、重み w を変化させることで消費電力量の削減あるいは照度の実現のどちらを優先的に行うかを定める。 g_i は目標照度との差が $50[\text{lx}]$ 以内の際に加算される値であり、目標照度と現在照度の差の2乗を用いる。

*同志社大学理工学部

†同志社大学大学院

‡同志社大学生命医学科部

3.2 システムの評価実験

提案するアルゴリズムの有効性を検証するために、照度シミュレーションを用いて検証実験を行う。照度が収束したと判断する基準は、現在の照度が目標照度の ± 50 [lx]以内になった場合とする。

本実験では、9名が1つの部屋に入室し、着席することを想定して実験を行う。その際、ユーザはランダムに着席する場合と提示された最適な座席配置に着席する場合との結果を比較する。ユーザの要求する照度は、400[lx]から800[lx]の間でランダムな値とする。ユーザが自由に着席する場合の結果を図2-(a)に、提示された最適な座席配置に従って着席する場合の結果を図2-(b)に示す。また、図2のように着席した場合の代表的なユーザ4名の目標照度と実現照度の様子を図3に示す。

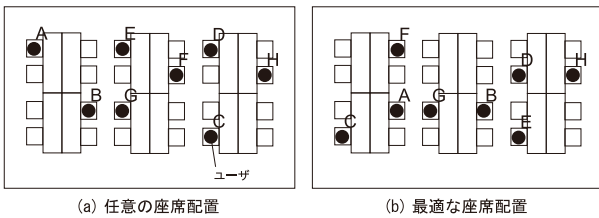


図2: 任意の座席配置および最適な座席配置

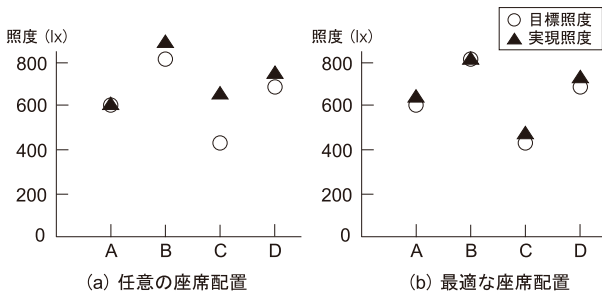


図3: ユーザの目標照度および実現照度

図2-(a)のようにユーザが自由に着席した場合、9名中4名のユーザの要求照度しか満たすことができず、照明の消費電力は全点灯時の70[%]となった。それに対して、最適配置に着席した図2-(b)の場合、全てのユーザの要求照度を満たすことができ、照明の消費電力は56[%]となった。また、図3-(b)のように、各ユーザの要求照度を高い精度で満たすことができた。

4. 新規ユーザの要求照度を満たす最適配置

部屋に新たなユーザ(新規ユーザ)が入室する際、既存の光環境を可能な限り維持しつつ、新規ユーザの要求照度を省エネルギーな状態で満たす座席配置の提案方法について述べる。

4.1 新規ユーザの要求照度を満たす最適配置の提示方法

既存の光環境を変更せずに新規ユーザの要求照度を満たす手法のアルゴリズムを示す。

1. シミュレーション上で空席の座席において、1名の新規ユーザが着席したと仮定する。
2. 既存ユーザおよび新規ユーザ全員の要求する照度を満たしているかを判断する。満たすことができている場合、その場所を新規ユーザの座席として提示する。
3. (1)~(2)を新規ユーザがいなくなるまで繰り返す。

以上の流れによって、光度の最適化を行わなくても新規ユーザの要求照度を満たす座席を提示することができる。しかし、照明の光度を変更せずに要求照度を満たす座席はユーザの要求照度によっては提示できる数に限りががあるため、周りの照明環境を変更することで、新規ユーザの要求照度を省エネルギーな状態で実現する座席を提示する手法を提案する。その手法の流れを示す。

1. シミュレーション上で空席の座席において、1名の新規ユーザが着席したと仮定する。
2. 新規ユーザが追加された状態で、知的照明システムによる照明の光度の最適化を行う。
3. 既存ユーザおよび新規ユーザ全員の要求する照度を満たしているかを判断する。満たすことができている場合、その場所を新規ユーザの座席として提示する。

4. (1)~(3)を新規ユーザがいなくなるまで繰り返す。以上の流れの場合、光度の最適化を行うことで新規ユーザの要求照度を満たすことのできる座席選択の幅を広げることが可能となる。

4.2 システムの評価実験

新規ユーザの最適な座席を提案するシミュレーション結果について述べる。3名のユーザが既に在席している状態に、新規ユーザの最適な座席を提案するアルゴリズムを適応させた結果を図4-(a)に示す。なお、照明の光度を変更することで要求照度を満たす座席には印、照明の光度を変更すれば要求照度を満たすことができる座席には×印を示す。実際に提示された座席の1つに新規ユーザが着席した状態を図4-(b)に示す。

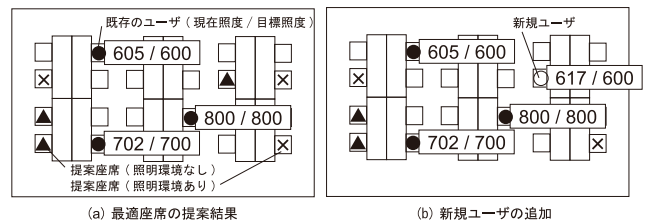


図4: 新規ユーザへの最適な座席配置の提案

図4-(b)では、新規ユーザは印の座席に着席した。そのため、現在の照明環境を変化することなく、最も省エネルギーを実現する状態で全てのユーザの要求照度を満たすことができた。

5. まとめ

本研究では、ユーザの座席配置の最適化を行うことで、これまで実現できなかったユーザの要求照度を満たすための手法を提案した。そして、提案する手法をシミュレーションに組み込み、評価実験を行うことで、提案手法がユーザの目標照度をこれまで以上に高い精度で実現するほか、さらなる省エネルギーを実現することに有効であることを確認することができた。

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, Vol. 22, No. 3, pp. 399~410. 2007
- [2] コクヨ ニュースリリース <http://www.kokuyo.co.jp/press/news/20081118-889.html>
- [3] 照度・色温度可変型照明制御「知的照明システム」の実証実験を開始 <http://www.mec.co.jp/j/news/pdf/mec090331.pdf>