

知的照明システムのための 可動型照明の配置およびユーザの座席配置の最適化

Optimization of Arrangement of Seats and Movable Lightings for Intelligent Lighting System

三木 光範*1 秋田 雅俊*2 廣安 知之*3
Mitsunori Miki Masatoshi Akita Tomoyuki Hiroyasu

*1同志社大学理工学部 *2同志社大学大学院工学研究科
Department of Science and Engineering, Doshisha University Graduate School of Engineering, Doshisha University
*3同志社大学生命医科学部
Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University

We have proposed the Intelligent Lighting System that offers required illuminance to required locations. In this study, the reduction of power consumption of the lighting is achieved by optimizing the arrangement of the movable type lightings and the seat arrangement. Moreover, high illuminance that as not realized in the previous Intelligent Lighting System can be realized, and the illuminance can be satisfied more correctly than in the previous Intelligent Lighting System. As a result, the achievement of the illuminance that cannot be achieved up to now, and the target illuminance are achieved with high accuracy, and further energy conservation is achieved.

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、我々は個別に明るさ(照度)を提供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。このシステムは基礎実験の結果、ユーザの要求照度を満たし、高い省エネルギーを実現できることが確認されており、実用化に向けて実環境における検証実験が進められている [Miki 07]。

しかし、現在の知的照明システムでは、隣接するユーザ同士が大きく異なる照度を要求する場合など、要求する照度の分布が物理的に実現できない場合がある。そこで、本研究では高さの変更が可能な照明器具を用い、その照明器具の高さを最適化することで、様々な照度を望むユーザの要求を同時に満たす手法について提案する。また、照明器具の高さの最適化だけでなく、同様の目的を達成するためにユーザの座席配置の最適化を行うことを提案する。さらに、各提案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 [Miki 07]。

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になり、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。

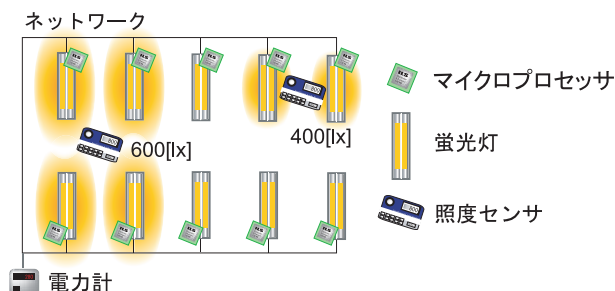


図1: 知的照明システム

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ようにしている。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の高さを可変とする、もしくはユーザの座席配置を変更する必要がある。

3. 個別照度実現のための照明器具の鉛直移動

第2.3節で述べた課題の解決方法として、高さを変更可能な照明器具を用い、各照明の高さを最適化することで、これまで実現できなかった要求照度を省エネルギーに実現する手法を提案する。

連絡先: 秋田雅俊, 同志社大学大学院,
京都府京田辺市多々羅都谷 1-3,
0774-65-6924, makita@mikilab.doshisha.ac.jp

3.1 制御アルゴリズム

以下に、照明器具の高さの最適化を行うための制御アルゴリズムを示す。

1. 知的照明システムで照度を収束させ、これ以上物理的に照度を収束できない状態で目的関数値を求める。
2. 全ての照明の高さをランダムに変更する。
3. 照明の高さを変更した状態において、知的照明システムで照明の光度の最適化を行う。
4. 再度目的関数値を求め、値が改善した場合は照明の高さを維持し、改善した場合は移動前の照明の高さへ戻す。
5. 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を式(1)に示す。

$$f = P + w \sum_{i=1}^n (L_{ti} - L_{ci})^2 \quad (1)$$

P : 消費電力量, n : 照度センサの数

w : 重み, L_t : 目標照度, L_c : 現在の照度

目的関数は消費電力量 P と目標照度と現在照度の差からなる。また、重み w を調節することで、消費電力量の削減と照度の実現のどちらを優先するかを決定する。

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、シミュレーションにより評価実験を行う。なお、照度が収束したと判断する基準は、現在の照度と目標照度の差が $\pm 50[\text{lx}]$ 以内である場合とする。これは、人間は $50[\text{lx}]$ 程度の照度差を認知できないとされているためである [Shikakura 01]。

本実験では、白色蛍光灯 15 灯の環境下で、3 名のユーザのうち 1 名が非常に高い照度を要求した状況を想定する。知的照明システムを実行した状態を図 2-a に示す。この状態では、左上の場所において $1200[\text{lx}]$ の高い照度を要求したため、全ての照明が高い光度で点灯し、下限値としての制約は満たしているが、要求照度との差が大きい。次に、照明器具の高さの最適化を行った状態を図 2-b に示す。

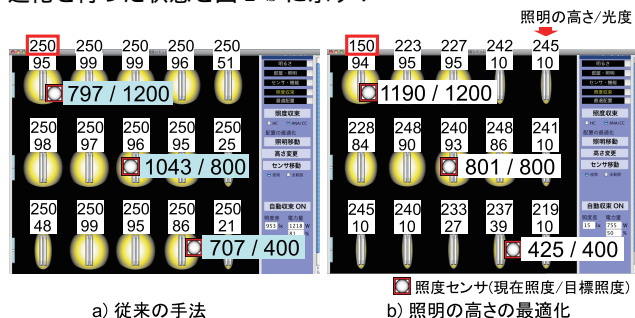


図 2: 極端に高い照度を要求した場合

図 2-b より、照明器具の高さを最適化することで、全ユーザの目標照度を満足できることが分かる。その際、高い照度を要求したユーザに最も近い照明の高さは 250cm から 150cm と大幅に変化した。このように、照明器具の高さを下げることで、これまで実現できなかった大きな照度差の実現と最大照度を高めることができた。以上より、照明器具の高さの変更による最適化は、図 2 のように一部のユーザが高い照度を要求した場合に有効であることが分かった。

4. 個別照度の精密な実現のための座席最適化

第 2.3 節で述べた課題の解決方法として、ユーザの最適座席配置を提案することで、これまで実現できなかった要求照度を最小のエネルギーで実現する手法を提案する。

4.1 制御アルゴリズム

以下に、ユーザの座席配置の最適化を行うための制御アルゴリズムを示す。

1. 知的照明システムで照度を収束させ、これ以上物理的に照度を収束できない状態で目的関数値を求める。
2. 全てのユーザをランダムに移動する。
3. ユーザが移動した状態において、知的照明システムで照明の光度の最適化を行う。
4. 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。
5. 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。

4.2 システムの評価実験

本実験では、白色蛍光灯 15 灯の環境下で、目標照度の異なる 7 名のユーザが 1 つの部屋にいと想定して行う。知的照明システムを実行した状態を図 3-a に示す。この状態では、過半数以上のユーザが要求照度より高い照度となっている。

次に、ユーザの座席配置の最適化を行った状態を図 3-b に示す。

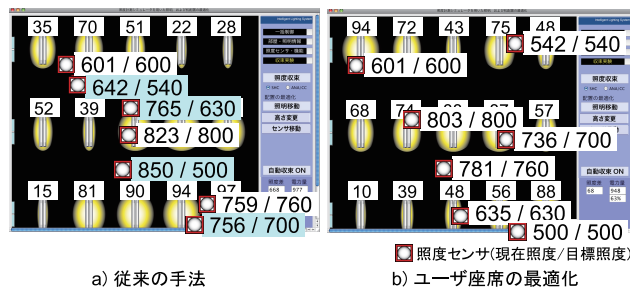


図 3: ユーザが自由に座席を選択した場合

図 3-b より、ユーザが最適な座席配置に着席することで、全てのユーザの要求を満たすことができた。また、図 3-a の状態での照明の電力量が全点灯時の $72[\%]$ であるのに対し、図 3-b の状態での電力量は $62[\%]$ となった。

以上より、要求する照度の近いユーザをグループ化することで、要求照度を高い精度で満足させ、さらなるエネルギー削減を実現できることが分かった。

5. まとめ

本研究では、照明器具および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実現する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、さらなるエネルギー削減が可能となった。

参考文献

[Miki 07] 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.

[Miki 05] Miki M, Hiroyasu T, Imazato K, Yonezawa M, Intelligent Lighting Control using Correlation Coefficient between Luminance and Illuminance, Proc IASTED Intelligent Systems and Control, Vol.497, No.078, pp.31-36, 2005.

[Shikakura 01] 鹿倉智明, 森永宏之, 中村芳樹. オフィス照明環境における明るさ変動知覚に関する研究. J.II lum.Engng.Inst.Jpn, Vol. 85, No. 5, pp. 346~351,2001.