

## 消灯メカニズムを組み込んだ知的照明システム Intelligent Lighting Systems with an Additional Energy-Saving Mechanism

三木 光範\* 廣安 知之† 吉見 真聡\* 田中 慎吾† 加來 史也† 米本 洋幸§  
Mitsunori Miki Tomoyuki Hiroyasu Masato Yoshimi Shingo Tanaka Fumiya Kaku Hiroyuki Yonemoto

### 1. はじめに

我々は任意の場所に、任意の明るさ(照度)を提供し、かつ省エネルギー性を実現する知的照明システムの研究を行っている。現在、ユーザの要求を実現し、省エネルギー性を実現できることが確認されている [1]。本稿では、更なる省エネルギー性を目標として、従来では制御の関係上実現が難しかった照明の消灯および点灯を実現するアルゴリズムの詳細について述べ、その有効性について検討する。

### 2. 知的照明システム

#### 2.1 概要

知的照明システムでは、複数の照明器具と複数の移動可能な照度センサ、および電力計がネットワークに接続され、各照明の明るさが制御されるシステムである。ユーザが照度センサに目標照度を設定することで、各照明は自身の明るさ(光度)の変化を繰り返し、最適な光度に変化していく。さらに、照明や照度センサの位置情報を必要とすることなく、照明が照度センサに与える影響度を把握することにより、有効な照明を判断し、任意の場所に任意の明るさを提供することができる [1]。

#### 2.2 照明制御アルゴリズム

照明制御アルゴリズムは、確率的山登り法(Stochastic Hill Climbing: SHC)を基に照明制御用に相関係数を用いた適応的近傍アルゴリズム(Adaptive Neighborhood Algorithm using Correlation Coefficient: ANA/CC)を用いた。以下に ANA/CC の手順を示す。

1. 各照明を最大点灯光度で点灯させ、各照度センサには目標照度を設定する。
2. 各照度センサのセンサ情報、及び電力計の電力消費量を取得し、それらから目的関数値を計算する。
3. 各照明はセンサ情報、相関係数に基づき3つの近傍範囲より適切な近傍を決定する。
4. 3で決定した近傍内に次光度をランダムに生成し、照明をその光度で点灯させる。
5. 再び各照度センサのセンサ情報、および電力計の電力消費量を取得する。
6. 取得したセンサ情報と次光度から照度変化量と光度変化量を用いて相関係数を計算する。
7. センサ情報と電力消費量から次光度で点灯した状態での目的関数値を計算する。
8. 目的関数値が改善している場合、その光度を確定し2へ戻る。
9. 8で目的関数値が改悪した場合、変化させた光度を計算上キャンセルし、2へ戻る。

\*同志社大学理工学部

†同志社大学大学院

‡同志社大学生命医科学部

§同志社大学工学部

以上の動作を繰り返し、光度変化量と照度変化量を基に求めた相関係数より照明と照度センサの位置関係を把握し、無駄のない動作で目標照度を満たすとともに電力消費量の最小化を行う。なお、8, 9において2に戻る理由としては、外光や移動といった環境の変化に対応するためである。

### 3. 消灯メカニズムを組み込んだ制御アルゴリズム

#### 3.1 概要

2.2節で述べた従来のアルゴリズムでは、照明を消灯させることはできない。照明の光度変化量と照度センサの照度変化量から照明と照度センサの影響度を把握するため、照明を消灯させてしまうと、影響度を把握はできなくなる。しかし、オフィスを想定した場合に照度センサの位置は固定されていることが多い。そのため、各照度センサに影響を与える照明は固定される。このことから各照度センサに関して影響が大きい照明との間に関連を持たせる。これを関連づけと称す。照明が消灯した場合には、この関連づけを用いることにより、照度センサに関連がある照明を最小点灯光度で点灯を行うことが可能となり、再び影響度を把握することができる。本研究で提案する制御アルゴリズムは、ANA/CCをベースとし、消灯メカニズムを組み込んだものである。本アルゴリズムの制御の流れは、2.2節で述べた ANA/CC とほぼ同様であるが、ステップ8、およびステップ9が異なる。共に、光度が確定した後に3.3節で述べる消灯制御を行い、ステップ2に戻る。

#### 3.2 関連づけの手法

消灯メカニズムでは、消灯および点灯を行う際に、照明と照度センサ間の関連を用いる。各照明と各照度センサ間の関連づけの手順を以下に示す。

1. 全照明を消灯させる。
2. 照明一灯を100%で点灯させる。
3. 2における各照度センサの値を取得し、照明を消灯させる。
4. 全照明に関して2と3の処理を繰り返す。
5. 各照度センサに関して、影響が大きい照明から順にソートを行い関連づけを行う。

以上の動作を行うことにより、照明と照度センサの関連を持たせる。また、各照度センサに関連づけされる照明の数は次のように限定する。その条件としては、机上面照度750 lxを満たすことが可能となるまで照明を関連づける。この照度値750 lxというのは、オフィスにおける作業面の推奨照度である [2]。しかし、照度センサの設置環境によっては、750 lxという基準を満たすことが困難であるために、実際は関連づけされるべきでない照明と関連を持つことがある。このことより、照度センサに関連を持つことが出来る照明の数を限定した。

3.3 消灯制御

消灯制御を行うにあたり、3.2節の手法を用いて、各照明が関連を持つ照度センサを把握しているものとし、関連づけを用いて消灯および点灯を行う。図1に消灯制御の手順を示す。

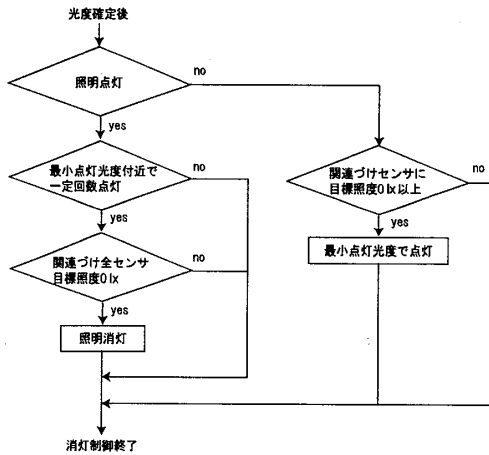


図1: 消灯アルゴリズム

以上の動作を繰り返すことで、照明の消灯および点灯を実現し、電力消費量の削減を可能とする。

4. 提案アルゴリズムの検証

4.1 シミュレーション環境

消灯メカニズムを組み込むことによる省エネルギー性の検証を行う。シミュレーション環境を図2に示す。

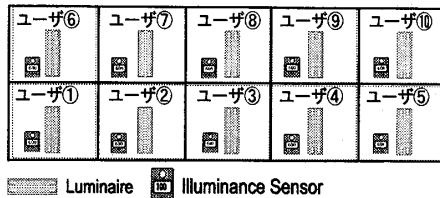


図2: 実験環境

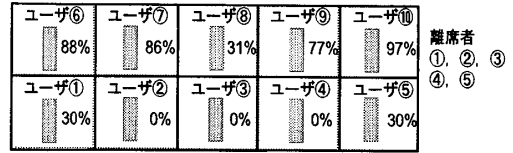
図2のように、床面から2.5mに白色照明10灯を光源とし、床面から0.7mの机上面に照度センサを10基設置した。各照明間および各照度センサ間の距離を1.1mとした。また、各照度センサに関連づけされる照明数は4灯までとした。照度センサの目標照度は知的照明システムでは個人の好みに応じて照度を変えることができるが、ここでは目標照度を600lxとし、離席率は50%と設定した。ここでの離席率とは、目標照度が0lxのユーザの割合を示す。離席者は図2のユーザに対応する。

4.2 消灯メカニズムによる省エネルギー性の検証

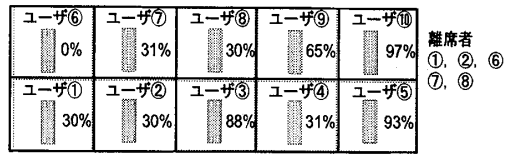
消灯メカニズムを知的照明システムに組み込むことによる省エネルギー性の検証を行う。各離席パターンにおける従来の照明制御アルゴリズムとの電力消費率の比較を表1に示す。また、図3に消灯メカニズムを組み込んだ場合における各パターンでの照明の点灯状況を示す。従来の制御アルゴリズムでは最小点灯光度が30%となる。また、電力消費率とは全照度センサで750lxを満たすように全照明が適切な光度で点灯した場合の電力消費量を100%とする。

表1: 電力消費率

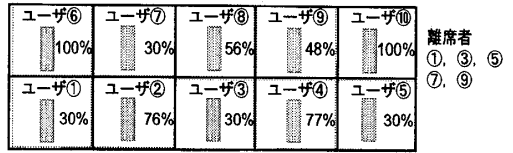
	提案手法 [%]	従来手法 [%]	削減率 [%]
パターンA	63.1	68.4	5.3
パターンB	67.7	68.7	1.0
パターンC	75.7	75.0	-0.7



(a): パターンA



(b): パターンB



(c): パターンC

図3: 点灯状況

図3の(a)では、消灯メカニズムを組み込むことによって、ユーザ2, 3, 4の直上の照明が消灯した。一方で、ユーザ1の直上の照明はユーザ6とユーザ5の直上の照明はユーザ10と関連づけされていることから消灯されなかった。しかし、三灯が消灯することにより、従来の電力消費率と比較して5.3%の省エネルギーを実現した。図3の(b)においては、ユーザ6の直上の照明のみが消灯するという結果になった。この結果は、関連づけの制約が大きかったためである。また、図3の(c)においては省エネルギー性はなかった。これは、消灯している照明がないためである。これは各照明に関連づけされた照度センサ内に目標照度0lx以上のものが存在したためである。このように、離席率が同等であったとしても、消灯メカニズムが有効に機能する離席パターンとそうでない場合がある。有効に機能する離席パターンの場合には、消灯メカニズムを組み込むことにより省エネルギー性があると言える。

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, Vol.22, No.3, pp.399-410, 2007  
 [2] オーム社, 照明ハンドブック, 照明学会, 第2版, pp.270-271, 2003