

人感センサを用いた照明制御システムと知的照明システムの消費電力削減効果の比較

Comparison of Power Consumption Reduce Effect of Intelligent Lighting System and Lighting Control System by Using Motion Sensor

三木 光範* 間 博人* 小野林 功昇* 池上 久典† 奥西 亮賀†
Mitsunori Miki Hiroto Aida Katsunori Onobayashi Hisanori Ikegami Ryoga Okunishi

1. はじめに

近年、オフィスビルにおいて省エネルギーを目指す取り組みが推進されている。オフィスにおける照明の消費電力は全体のおよそ40%を占めており[1]、照明環境を改善することで消費電力を大きく削減することができる。

また、光環境を改善する事でオフィスの執務者の生産性が向上する[2]。

このような背景から、著者らは個々の執務者の要求に応じた照度を省電力で実現する知的照明システムの研究を行っている[3]。

一方、人感センサを用いた照明制御システムを導入したオフィスが増加している。人感センサを用いた照明制御システムは、エリア単位で照明制御を行うことが特徴である。

本研究では、人感センサを用いた照明制御システムと知的照明システムにおける消費電力削減効果の比較を行う。様々なオフィス環境を想定するため、複数の執務形態を想定したシミュレーションを行う。それらのパターンについて、人感センサを用いた照明制御システムと知的照明システムの消費電力削減効果を比較する。

2. 知的照明システム

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し、最適化アルゴリズムに基づいて各照明の光度を制御するシステムである。

知的照明システムの制御アルゴリズムには、山登り法を照明制御用に改良した適応的近傍アルゴリズム(Adaptive Neighborhood Algorithm using Regression Coefficient: ANA/RC)を用いる[4]。

ANA/RCでは、各照明が式(1)を最小化することで最適な点灯パターンを探索する。

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

$$g_i = \begin{cases} 0 & (Ic_i - It_i) \geq 0 \\ R_i \times (Ic_i - It_i)^2 & (Ic_i - It_i) < 0 \end{cases}$$

$$R_i = \begin{cases} r_i & r_i \geq T \\ 0 & r_i < T \end{cases}$$

n :執務者数, ω :重み

P :消費電力 [W], Ic :現在の照度 [lx]

It :目標照度 [lx], L :光度 [cd], T :閾値

r_i :照明に対する照度センサ i の回帰係数

式(1)に示す目的関数は各照明毎に計算する。各照度センサの目標照度を制約条件としたペナルティ g_i は回帰係数 r_i に比例するため、照度センサに対する影響が大きい照明ほどペナルティを増加させないよう動作する。また、回帰係数 r_i に閾値 T を設けることで照度センサに対して影響が大きい照明のみが照度センサの設置点に対して強く点灯する。すなわち、照度センサから距離が離れている照明は消費電力の最小化のみを目的として動作する。また、重み ω の設定によって、目標照度を満足することを優先するか、消費電力の最小化を優先するか決定することができる。

3. 消費電力の比較検討

3.1 実験内容

執務環境を模擬したシミュレーション環境図を図1に示す。人感センサは、半径3.0m以内の人を検知する。また、残業時間と残業人数で消費電力が変化すると考えられるため、様々な残業パターンを想定する。図2に残業の概念を示した。図2に示したようにaは残業者数が多く、bは残業者数が残業時間に比例し、cは残業者数が少ない。この図2に従い、残業パターンを表1を示した。表1に示したように、執務者全体の残業者数の割合と残業時間を考慮し、実験を行った。実験手順を以下に示す。なお、シミュレーションにおける照度計算は、逐点法を用いた。

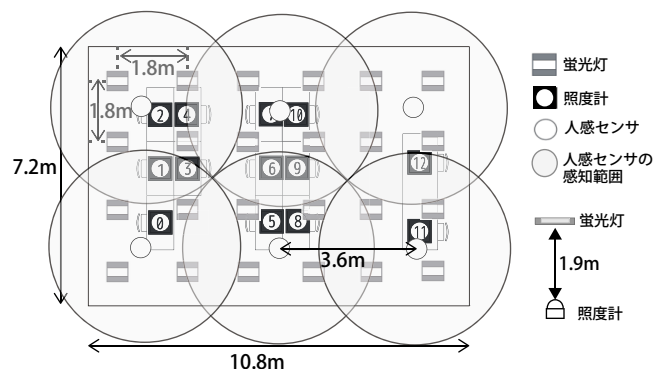


図1 実験環境

* 同志社大学理工学部

† 同志社大学大学院

- 1日の基本勤務時間は、9:00～18:00 までとする。
- 8:00～9:00 の間にすべての執務者が出勤する。
- 18:00～24:00 の間は、図2の残業パターンに従い各執務者が退社する。

消費電力を算出するために照明の点灯光度と消費電力の関係を検証した。実測値に基づいて得られた点灯光度と消費電力はほぼ線形であった。その結果をもとに消費電力を計算した。

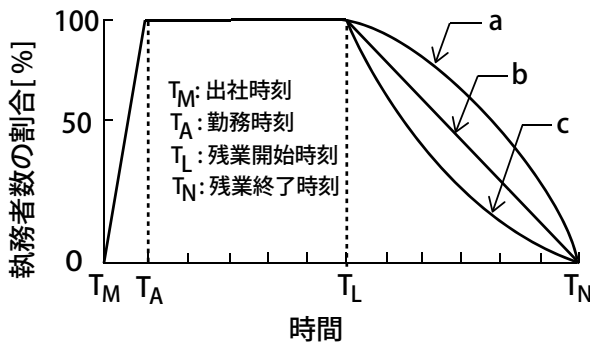


図2 残業パターン

表1 残業パターン

	残業パターンにおける執務形態				
A	T_M : 8時	T_A : 9時	T_L : 18時	T_N : 24時	残業パターン: a
B	T_M : 8時	T_A : 9時	T_L : 18時	T_N : 24時	残業パターン: b
C	T_M : 8時	T_A : 9時	T_L : 18時	T_N : 24時	残業パターン: c
D	T_M : 8時	T_A : 9時	T_L : 18時	T_N : 21時	残業パターン: a
E	T_M : 8時	T_A : 9時	T_L : 18時	T_N : 21時	残業パターン: b
F	T_M : 8時	T_A : 9時	T_L : 18時	T_N : 21時	残業パターン: c

3.2 実験結果

図2に示した残業パターンについてそれぞれ30日間のシミュレーションを行った。その際、8:00～24:00 までを一日とし、消費電力を算出した。

人感センサを用いた照明制御システムと知的照明システムの30日間の平均消費電力を図3に示す。また、知的照明システムと人感センサを用いた照明制御システムの一日の消費電力を図4示す。

図3に示すように、知的照明システムは、すべての残業パターンにおいて人感センサを用いた照明制御システムより消費電力削減効果に対して有効であると言える。また、人感センサを用いた照明システムより知的照明システムの方が最大で約27.2%、最小でも約7.6%の消費電力削減効果があった。

また、図4に示すように、一日の消費電力は、知的照明システムの方が人感センサを用いた照明制御システムより消費電力が少なく、消費電力削減効果に対し有効であ

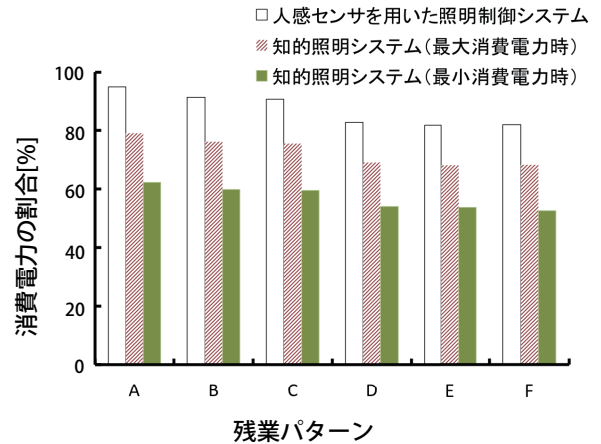


図3 残業パターン別平均消費電力

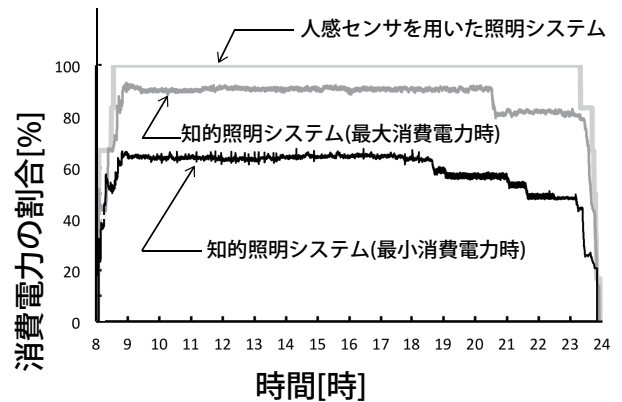


図4 一日の消費電力の割合の一例

ると言える。また、人感センサにおける一日の消費電力より、一日の消費電力の最大消費電力時の知的照明システムの方が消費電力が少なく、同様に有効であると言える。

4. 結論

知的照明システムは、全ての残業パターンで、人感センサを用いた照明制御システムより消費電力削減効果に対して有効性があった。特に、執務者数が少なく、かつ残業時間が短い残業パターン以外の残業パターンにおいて、消費電力削減効果に対して大きな有効性があった。

以上の結果から知的照明システムは、想定した多くの残業パターンで高い消費電力削減効果を得るため、人感センサを用いた照明制御システムと比較した際、知的照明システムが省電力において有効であると言える。

参考文献

- [1] (財)省エネルギーセンター, オフィスビルの部門別エネルギー消費. <http://www.eccj.or.jp>.
- [2] 下田宏, 大林士明, オフィスビルの省エネルギーとプロダクティビティ照明, 電気学会論文誌 C, Vol.128, No.1, 2008.
- [3] M. miki, t. hiroyasu and k. imazato, "proposal for an intelligent lighting system and verification of control method effectiveness", proc ieee cis, pp.520-525.
- [4] 後藤和宏, 三木光範, 廣安知之. 知的照明システムのための回帰係数を用いた自律分散最適化アルゴリズム. 照明学会全国大会講演論文集, Vol. 40, pp. 123-124, 2007.