

マルチエリア人感センサを用いた照明制御と 知的照明システムの消費電力削減効果の比較検証

Comparison inspection of the consumption electricity reduction effect in lighting control using the multi-area motion sensor and the Intelligent lighting system

松下 昌平*1 三木 光範*2 川島 梨沙*1 上南 遼平*1 間 博人*2
Shohei Matsushita Mitsunori Miki Risa Kawashima Ryohei Jonan Hiroto Aida

*1同志社大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

*2同志社大学 理工学部

Department of Science and Engineering, Doshisha University

In late years the multi-area motion sensor which can detect the position of the person in detail is developed. The illumination control using the multi-area motion sensor can reduce consumption electricity by turning off the light at the place without workers. On the other hand, we research and develop the Intelligent lighting system. This system realizes the brightness that each worker requires and reduces consumption electricity. In this research, we inspect a reduction effect of the consumption electricity in the illumination control of two above in the environment that assumed a real office.

1. はじめに

近年、オフィスビルにおいて消費電力削減の意識が高まっている。オフィスにおける照明の消費電力はおよそ40%を占めており[1]、照明環境を改善することでオフィス全体の消費電力を大きく削減することができる。このような背景から、不要な照明を消灯することで消費電力を削減するため、人感センサを用いて照明制御を行うオフィスが増加している。

また、人感センサの中でも、焦電センサで人を検知する従来の人感センサ（従来型人感センサ）と比較し、より詳細に人の状態や位置などの検知が可能な人感センサの開発が盛んに行われている[2]。本研究では、このように詳細に人の検知が可能な人感センサをマルチエリア人感センサと呼ぶ。従来よりも詳細に人の位置を検知できるため、マルチエリア人感センサを用いた照明制御では、従来型人感センサを用いた照明制御よりも高い消費電力削減効果が期待される。

一方で、著者らは、執務者が個別に要求する照度を最小の消費電力で実現する知的照明システムの研究・開発を行っている[3]。知的照明システムはその有効性を検証するため、東京都内の複数のオフィスにおいて実証実験を行っている。実証実験の結果、知的照明システムの導入前と比較して消費電力を50%程度削減することを確認した。

そこで本研究では、現在開発が進んでいるマルチエリア人感センサを用いた照明制御と、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い、各照明制御の有効性を検証する。検証では、オフィスにおける様々な執務形態を想定した複数の執務パターンを用い、実オフィスを想定したシミュレーション環境を構築して消費電力シミュレーションを行う。

2. 知的照明システム

知的照明システムは制御装置、照明機器、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。知的照明システムは、各執務者の目標照度を実現し、かつ照明の消費電力が最小になるようにそれぞれの照明の光度を制御する。

知的照明システムのアルゴリズムには、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では照明機器が照度センサに及ぼす影響度合いを回帰分析により学習し、その影響度合いに応じて照明の光度を変化させることで、より少ない探索回数で最適な照明の点灯パターンを探索する。

3. マルチエリア人感センサ

3.1 マルチエリア人感センサの概要

人感センサとは、人間の動きを検知する感知器である。そして近年、人感センサの中でも、焦電センサで人を検知する従来の人感センサと比較し、より詳細に人の検知が可能なマルチエリア人感センサの開発が盛んに行われている[2]。

一般的にオフィスで用いられる従来型人感センサは、そのセンサの検知範囲内に人がいるか否かを検知するのみである。一方、マルチエリア人感センサは人の状態や位置などの検知が可能な人感センサである。そのため、マルチエリア人感センサでは、従来型人感センサと比べ、検知範囲内にいる人のより詳細な位置を特定することが可能である。また、検知範囲内に複数人いた場合でも、各々の位置を判別することが可能である。

マルチエリア人感センサは従来よりも詳細に人の位置を検知できるため、マルチエリア人感センサを用いた照明制御では、従来型人感センサを用いた照明制御よりも高い消費電力削減効果が期待される。なお、本研究ではマルチエリア人感センサとして、 $3.6 \times 3.6 \text{m}^2$ の検知可能範囲を16分割した各々の区画ごとに人の有無を検知することが可能な人感センサを想定する。

3.2 マルチエリア人感センサを用いた照明制御

マルチエリア人感センサは検知範囲内の人の有無を検知するだけでなく、検知範囲を16分割し、その各々の区画に対して人の有無を検知できる。本研究では、実オフィスを想定したシミュレーション環境を構築し、執務者の各座席位置に対する人の有無をマルチエリア人感センサにより判断できるものとする。そして、執務者が在席していると判断した座席に対して最低限満たすべき机上面の照度を事前に設定し、その照度を実現するような点灯パターンで照明を点灯させる。

連絡先: 松下 昌平, 同志社大学大学院 理工学研究科 情報工学専攻, 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, 0774-65-6924, smatsushita@mikilab.doshisha.ac.jp

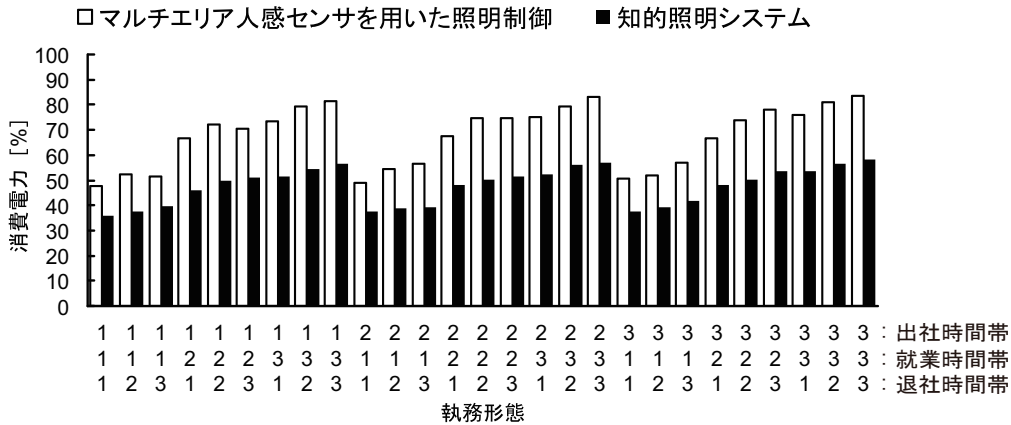


図 2: マルチエリア人感センサを用いた照明制御および知的照明システムにおける 1ヶ月間の消費電力

4. 消費電力削減効果の比較実験

4.1 シミュレーション概要

マルチエリア人感センサを用いた照明制御と知的照明システムにおける消費電力削減効果をシミュレーションにより検証する。実際のオフィスを参考に、消費電力削減効果の検証に用いるシミュレーション環境には、照明 114 灯、執務者の座席数 57 席の環境を構築した。

消費電力削減効果を検証する際、オフィス内の在席者数の推移を想定することは重要である。そこで本研究では、オフィスにおける 1 日を出社時間帯、就業時間帯および退社時間帯に分割し、それぞれの時間帯における執務者の在席率が表 1 のように推移すると想定した。表 1 の条件をグラフとして表したものを図 1 に示す。図 1 に示すように出社時間帯、就業時間帯および退社時間帯の各時間帯においてそれぞれ 3 通り、すなわち計 27 通りの執務形態を想定して検証を行う。なお、今回のシミュレーションでは、参考にした実オフィスの勤務時間に基づき、 T_M を 7 時、 T_A を 8 時 30 分、 T_L を 17 時 30 分、そして T_N を 22 時と設定した。

表 1: 各時間帯における執務者の在席率

	出社 (T_M - T_A)	就業 (T_A - T_L)	退社 (T_L - T_N)
1	谷型で増加	平均在席率 30 %	谷型で減少
2	線形に増加	平均在席率 60 %	線形に減少
3	山型で増加	平均在席率 90 %	山型で減少

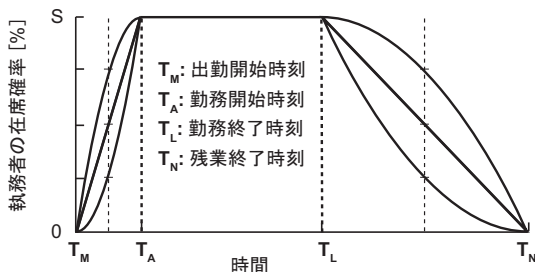


図 1: 執務者の在席率の推移

本研究では、マルチエリア人感センサを用いた照明制御および知的照明システムを 1ヶ月間稼働させた際の消費電力を、本節で述べた条件に基づいたシミュレーションにより算出する。なお、シミュレーションを行うにあたり、マルチエリア人感センサを用いた照明制御における最低限満たすべき照度、および知的照明システムの目標照度は、JIS 規格が定めたオフィスの

推奨照度である 750 lx に設定した。

4.2 シミュレーション結果

マルチエリア人感センサを用いた照明制御および知的照明システムを 1ヶ月間稼働させた際の消費電力のシミュレーション結果を図 2 に示す。なお、消費電力は、全ての照明を最大点灯光度で点灯した場合の消費電力を 100 %としたときの割合で表すこととする。また、図 2 の執務形態は紙面の関係上、各時間帯の種類を表 1 に示す数字で表している。

図 2 から、マルチエリア人感センサを用いた照明制御の消費電力は、最小のときで約 47 %、最大のときで約 83 %であることがわかる。一方、知的照明システムの消費電力は、最小のときで約 36 %、最大のときで約 58 %であることがわかる。また、いずれの照明制御においても、出社時間帯および退社時間帯では、在席率が谷型で増減する場合が最も消費電力削減効果が高く、山型で増減する場合が最も消費電力削減効果が低いことがわかった。

各時間帯のうち、執務形態の違いが消費電力に与える影響が最も大きかったのは、就業時間帯である。就業時間帯の平均在席率が 30 %の場合と、90 %の場合における消費電力差は、マルチエリア人感センサを用いた照明制御で最大約 29 %、知的照明システムで最大約 18 %であることがわかった。

5. 結論

実験結果より、マルチエリア人感センサを用いた照明制御および知的照明システムのいずれの照明制御においても、在席者数の少ない執務形態では、全点灯時と比べ 40 %以上の消費電力削減効果があることがわかった。また、知的照明システムは、最も消費電力が高い場合でも全点灯時と比べ 40 %以上の消費電力削減効果であることがわかった。これはオフィスの消費電力削減において非常に有効であると考えられる。

参考文献

- [1] オフィスビルのエネルギー消費の特徴, http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html.
- [2] 「フル 2 線式リモコン画像センサ付自動スイッチ」新発売, <http://news.panasonic.com/press/news/official.data/data.dir/2013/04/jn130410-1/jn130410-1.html>.
- [3] 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”, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3, pp.399-410, 2007
- [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, 123-124 (2007).