

マルチエリア型人感センサを用いた照明制御の最適化

伊藤 克也^{††} 三木 光範[†] 上南 遼平^{††} 寺井 大地^{††} 間 博人[†]

[†] 同志社大学理工学部 ^{††} 同志社大学大学院理工学研究科

1 はじめに

近年、オフィスビルにおいて省エネルギーに対する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により消費電力を削減することができる。

このような背景から、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[2]。一方で、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型人感センサの開発が進んでいる。

そこで本研究では、マルチエリア型人感センサによる検知に応じた照明制御の最適化手法の検討を行う。マルチエリア型人感センサの検知位置に応じた照明制御の最適化手法を提案し、提案手法の消費電力削減効果および執務者に与える照度に関して検証実験を行う。

2 マルチエリア型人感センサ

本研究で用いるマルチエリア型人感センサは、オムロン社が開発した人感センサである。3.6 × 3.6 m²の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、その分割した各々の区画に対して人の有無を検知が可能である。そのためマルチエリア型人感センサでは、従来の人感センサと比べ、検知範囲内にいる人の詳細な位置を特定することが可能である。また複数人が範囲内にいる場合でも各々の位置を検知することが可能である。マルチエリア型人感センサの検知可能範囲を図1に示す。

3 マルチエリア型人感センサを用いた照明制御

3.1 提案手法の概要

マルチエリア型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、その分割した各々の区画に対して人の有無を検知できる。人の詳細な位置を判別できるため、照明を細かく制御できると言える。しかし、検知位置の周囲の照明を点灯するだけでは、JIS照度基準を超え、必要以上に照明を点灯する可能性がある。そこで、本研究ではマル

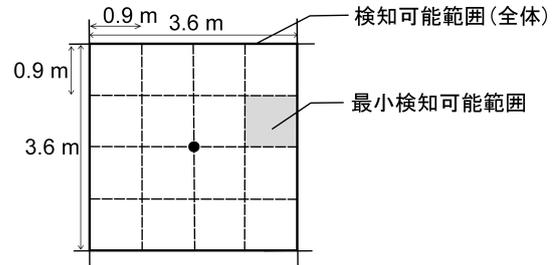


図1: マルチエリア型人感センサの検知範囲

チエリア型人感センサを用いた照明制御の最適化手法を提案する。

提案手法では、マルチエリア型人感センサの検知位置と照明の位置関係を用いて執務者に与える照度の推定を行う。マルチエリア型人感センサにより執務者に位置が判別できるため、照明の配光曲線を用いることにより執務者に与える照度を算出することが可能である。そこで、制御装置、照明器具、電力計、およびマルチエリア型人感センサを1つのネットワークに接続し、照明制御システムを構成する。制御装置は、算出される照度情報、電力計から得られる消費電力情報を基に現在の照明の点灯パターンを評価し、各照明を制御する。そして、照明全体でJIS照度基準を満たす照度を実現しつつ、消費電力の最小化を行い、マルチエリア型人感を用いた照明制御の最適化を行う。

3.2 制御アルゴリズム

制御アルゴリズムには、山登り法を基とした適応的の近傍アルゴリズムを用いる。照明と検知位置の距離に応じて照明の光度を適切に変化させることで、最適な照明の点灯パターンを探索する。提案手法は、各執務者のJIS照度基準を満たす照度の実現および消費電力の最小化を目的とする。そこで、制御に用いる目的関数を式(1)のように定式化する。

$$f = P + w \times \sum_{j=1}^n g_j \quad (1)$$

$$P = \sum_{i=1}^m L_i$$

$$g_j = \begin{cases} 0 & (I_{c_j} - I_{t_j}) \geq 0 \\ (I_{c_j} - I_{t_j})^2 & (I_{c_j} - I_{t_j}) < 0 \end{cases}$$

n : 照度センサの数, m : 照明の数, w : 重み

L : 光度 [cd], P : 消費電力 [W]

I_c : 推定現在照度 [lx], I_t : JIS照度基準 [lx]

Optimization of the Lighting Control Using the Multi-Area Infrared Sensor

^{††} Katsuya ITO(kito@mikilab.doshisha.ac.jp)

[†] Mitsunori MIKI

^{††} Ryohei JONAN

^{††} Daichi TERAJ

[†] Hiroto AIDA

Graduate School of Science and Technology, Doshisha University (††)

Doshisha University (†)

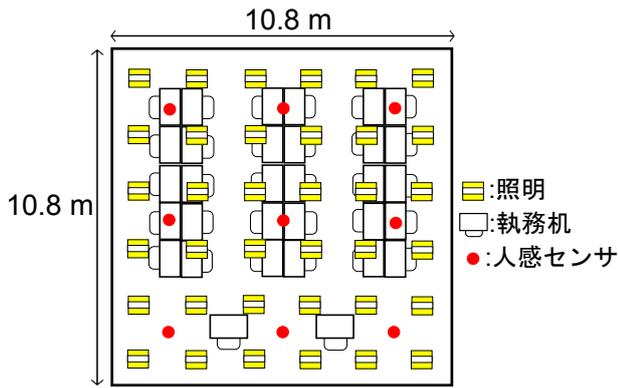


図 2: シミュレーション環境 (オフィス平面図)

各照明ごとに光度を最適化する必要があるため、目的関数は各照明ごとに設定する。式 (1) に示すように、目的関数 f は消費電力 P と制約条件 g からなる。制約条件 g は、推定現在照度 I_c が JIS 照度基準 I_t を満たさない場合に加算される値であり、推定現在照度と JIS 照度基準の差を 2 乗した値となる。

4 省エネルギー性の検証実験

4.1 シミュレーション概要

マルチエリア型人感センサを用いた照明制御手法の消費電力削減効果を検証するため、実オフィスを想定したシミュレーションを行う。実際のオフィスを模擬するために、シミュレーション環境として 32 名の執務者が就業するオフィスを構築した。検証に用いたシミュレーション環境を図 2 に示す。一方、1 日における執務者数の変動を模擬するために、出社時間帯、就業時間帯および退社時間帯を設けた。就業および退勤時間帯においては線形に執務者数が増減し、就業時間帯においては 3 パターンの在席率を設定した。図 3 に 1 日の執務者の在席率の推移を想定したグラフを示す。 T_M から T_A を出社時間帯、 T_A から T_L を就業時間帯、 T_L から T_N を退社時間帯とした。以下にシミュレーションの条件を示す。

- 任意の執務者が出社および退社することとする。
- 就業時間帯では、平均在席者率が設定在席率 (30%, 60% および 90%) となるようにする。
- 12 時から 1 時までを昼休みとし、照明は全消灯するものとする。
- 土曜日と日曜日を除いた 1ヶ月間を想定し、試行回数は 20 日間とする。

4.2 シミュレーション結果

計 3 通りの執務形態におけるマルチエリア型人感センサを用いた照明制御の最適化手法の 20 日間の平均

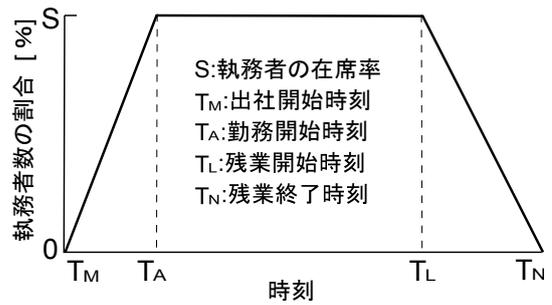


図 3: 執務者の在席率の推移

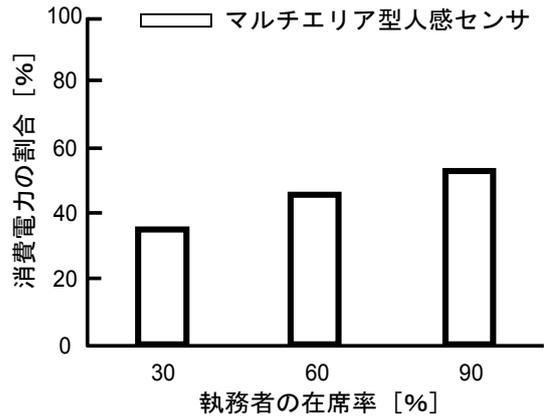


図 4: シミュレーション結果

消費電力を図 4 に示す。なお、縦軸は 20 日間すべての照明を最大点灯光度で点灯した際の消費電力を 100% とした際の割合で示す。

図 4 に示すように、マルチエリア型人感センサを用いた照明制御最適化手法が、執務者の在席率の低い執務形態において 60%，執務者の在席率の高い執務形態においても 45% 以上の消費電力削減効果を持つことを確認した。明るさの必要な位置においてのみ照明を点灯させることにより、必要以上の明るさを抑え、照明の消費電力を削減することができたと考えられる。

5 結論

マルチエリア型人感センサを用いた照明制御最適化手法は、想定した計 3 通りの執務形態で高い消費電力削減効果を持つことを確認した。特に執務環境に対して執務者の在席率の低い執務形態において、最も有効な消費電力削減効果があると言える。以上の結果より、提案手法を用いることにより、オフィスにおける省エネルギー性が向上すると考えられ、提案手法のオフィスへの導入可能性を示したと言える。

参考文献

- [1] オフィスビルのエネルギー消費量の特徴. <http://www.eccj.or.jp/office-bldg/01.html>.
- [2] 中澤功, オフィスにおける人感センサ照明制御システム, 照明学会全国大会講演論文集 Vol37, 2004.