

庁舎照明設備における 微動検知人感センサの導入効果について

○前田 裕樹¹ ・ 山田 章登²

¹関東地方整備局 営繕部 整備課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)
²元 関東地方整備局 営繕部 整備課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)
現 関東地方整備局 営繕部 営繕技術管理課 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心2-1)

オフィスビル等の建築物において消費されるエネルギーのうち、照明設備により消費されるエネルギーは大きな割合を占めており、建築物の省エネを図るうえで、照明設備のより一層の省エネは必要不可欠である。そこで、事務室に人が在席しているか不在かを検知できる微動検知人感センサを用いて、照明器具を制御する手法（以下、在不在制御とする）に着目し、検証を行った。本論文では、官庁施設に微動検知人感センサを導入することによって得られる省エネ効果の検証結果について述べる。

キーワード 照明設備 省エネ効果 微動検知人感センサ 在不在制御 ZEB

1. はじめに

わが国では、地球環境の保護及び温室効果ガスの排出量低減を実現するため様々な施策を展開している。代表的な施策の一つであるエネルギー基本計画は、エネルギー資源の乏しい日本のエネルギー政策の基本的な方向性を示したものである。第5次エネルギー基本計画（2018年7月閣議決定）では、「2020年までに国を含めた新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）を実現することを目指す。」とされている。

このZEBとは「先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギーを実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物¹⁾」と定義され、図1のような建築物のエネルギー自給・自立を目指したものである。

具体的に建築物がZEBかどうか判断する基準として、BEI（ビルディング・エネルギー・インデックス）を用いる。BEIとは、「実際に建てる建物の設計一次エネルギー消費量を、地域や建物用途、室使用条件などにより定められている基準一次エネルギー消費量で除した値²⁾」と定義され、数値が小さいほど省エネとなる。つまり、建築物のZEBを達成するためには、建築物における負荷の低減と設備の効率化を図ることにより設計一次エネルギー消費量を削減する必要がある。

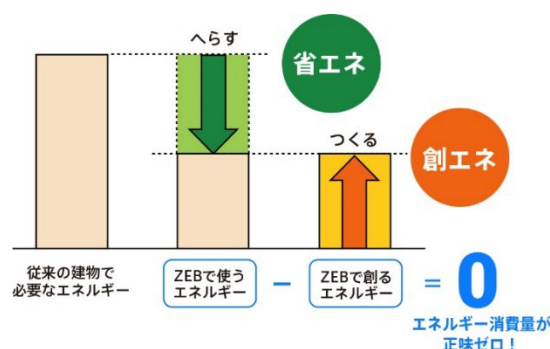


図1 ZEBのイメージ図¹⁾

2. 照明設備の現状

現在のオフィスビルのエネルギー消費割合は、以下の図2の通りである。照明設備のエネルギー消費割合は、空調機器に次いで多いことから、建築物のZEB化を目指すにあたって照明設備に使用するエネルギー消費量を削減することが重要となる。

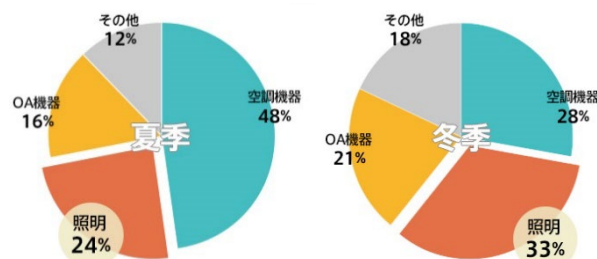


図2 オフィスビルのエネルギー消費割合²⁾

照明設備の省エネを図るため、ただ単に照明をスイッチでON/OFFさせる制御だけでなく、以下の3つの代表的な照明制御方式で省エネを図っている。

(1) 初期照度補正

従来の照明器具は、新品時100%の明るさ（照度）で点灯するものの、使用し続けるにしたがって徐々に暗くなっていく。初期照度補正では、新品時の明るさを70%程度とし、徐々に出力を上げていく。このように制御することで、照明器具の寿命に近づくにつれて暗くなってしまふことを防ぎ、100%点灯し続ける時よりも消費電力を抑えることができる制御方式である。しかし、現在導入が進むLED器具では、使用時間による劣化はほとんどなく、採用例が少なくなってきた状況である。

(2) 人感センサー制御

赤外線等を利用し、物体を検知したら照明を点灯させ、検知なくなり一定時間経過すると照明を消灯させる制御方式である。人が常駐していないトイレや廊下等に採用されることが多い。人の動きを細かく検知することが難しく、人がいるのにも関わらず消灯してしまうような誤作動を起こすこともある。

(3) 昼光利用制御（明るさセンサー制御）

屋外からの光を測定し、その明るさに応じて照明器具の明るさを絞る制御方式である。夜間は照明を100%点灯し、日中は窓からの採光に合わせて、自動的に照明器具の明るさを調整することで、消費電力の削減を目指したものである。

これらの方式により、省エネを図っているものの、一方で事務室内を見渡してみると執務者が在席していないのにも関わらず点灯し続けている場合がある。対応策として、人感センサーを設置することで人の在不在状況に応じて照明を点滅させることは可能であるが、前述したように従来の人感センサーでは、人の細かな動きを認識できないという問題があり、在席しているのに消灯してしまう誤作動の恐れがある。オフィスの省エネを図る場合は、照明設備の省エネと快適な執務環境の維持という2点を両立させる必要がある。

(4) タスク・アンビエント照明方式

天井の照明器具（アンビエント照明）は必要最小限の明るさとし、各机に個別制御可能な照明器具（タスク照明）を設置する。このタスク照明によって、作業領域の照度を確保することができる方式である。このタスク・アンビエント照明方式では、大きな省エネ効果を得られる反面、タスク照明のオンオフが必要であり、タスク照明のまぶしさ感、周辺空間の明るさ不足による閉塞感など、問題点も散見されるため、広く普及していない。

3. 在不在制御方式と微動検知人感センサー

現状の快適な執務環境を維持しつつ、さらなる省エネを実現するため、前述の人感センサー制御とタスク・アンビエント照明方式のメリットを兼ね備えた照明制御方式として、在不在制御方式が近年採用されつつある。

(1) 在不在制御方式

在不在制御方式とは、事務室内に人が滞在（在席）しているか、不在（離席）かをセンサーで自動的に判別し、照明器具を適切な明るさに調光する制御方式である。在席時は机上面で作業ができるための明るさを確保し、不在時は人が通行できる程度の最低限度の明るさまで減光する。これらの制御により、快適な執務環境を保ちつつ、照明設備のエネルギー消費を必要最小限とすることができる。

(2) 微動検知人感センサー

在不在制御方式を実現するために、微動検知人感センサーを使用する。微動検知人感センサーは、人の動きを検知し、照明器具を制御する点では、従来の人感センサーと同じ動作をする。しかし、従来との大きな違いは、人が静止しているときも検知可能な点である。そのほか、従来のセンサーより優れた点は以下の通りである。

- ・ 在不在をリアルタイムかつ正確に取得可能
- ・ 検知範囲内の人の状態（不在/滞在/進入/退去）を判別できるアルゴリズムをセンサーに搭載
- ・ 建築物のサイズに合わせて検知範囲を調整可能

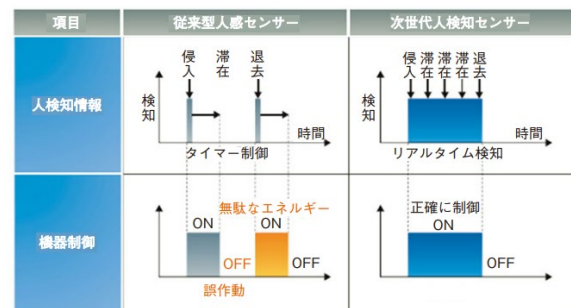


図3 人感センサーと微動検知人感センサーの違い³⁾

(3) 機能詳細

後述する検証で使用した微動検知人感センサーは、以下のような機能をもつ。

(a) 在不在検知

センサーは、サーモパイルにて人から放出される赤外線を検出し、検出された情報から、人が不在・滞在・進

入・退去の4つのどの状態かセンサ内で解析する。カメラから得た画像を利用するのではなく、サーモパイルを使用することで、センサから建物内の機密情報等が漏洩する恐れがないというメリットもある。

(b) 通り抜け検知

センサは、進入・退去といった検出情報を利用することで、人が滞在しているか、ただ単にセンサ付近を通り抜けるのみかを判別することができる。通り抜けを検知した場合は、照明器具を滞在時の設定の明るさまで増光させない。この機能により、通路で人の通行があるたびに照明の増光・減光が繰り返され、周囲の執務者がまぶしさ・煩わしさを感じる頻度を低減することができる。

(c) 照度設定

人の滞在・不在を検知した際に、照明器具を瞬時に増光・減光すると、周囲の執務者にまぶしさ・煩わしさを与える。それらを軽減するため、30秒間不在を検出した際は、30秒かけて徐々に照明器具を減光させるといった設定をすることが可能である。

このような微動検知人感センサを利用した在不在制御方式によって、執務環境の快適性と消費電力の削減の両立が実現可能となった。

4. 検証1

実際に、照明器具を微動検知人感センサにより在不在制御することで、どの程度省エネ効果が得られるのか検証した。

(1) 方法

電力消費量の計測を行った施設と、センサの制御設定等は次の通りである。

- ・対象施設 : 東京都内の税務署
- ・対象室 : 在不在制御を導入した事務室
- ・計測対象面積 : 約 750 m^2 (3室合計)
- ・設定照度 : 在席時 750lx, 不在時 300lx
- ・制御設定 :
検知範囲 1.8m 四方の範囲で在席が検知された場合、
5.4m 四方の範囲で在席時の照度設定で点灯
- ・点灯保持時間 : 30秒
- ・計測期間 : 1週間
- ・計測項目 : 電力消費量, 在席率, 照明器具の調光率
- ・その他 :
本センサには内蔵された明るさセンサにより、昼光利用制御が可能であるが、純粋な微動検知人感センサのみの電力消費量を計測するため、窓のブ

ラインドを閉めて検証を行った。

(2) 結果

検証期間のうち、一日の在席率と消費電力の推移は以下の図4、図5の通りになった。

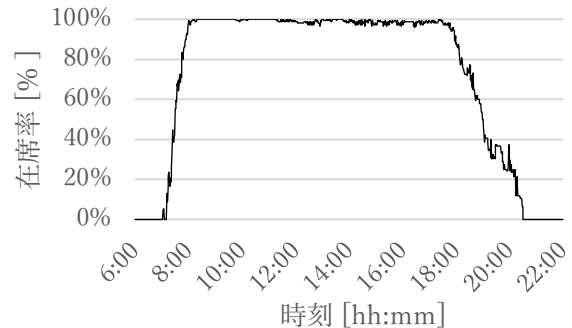


図4 1日の在席率の推移

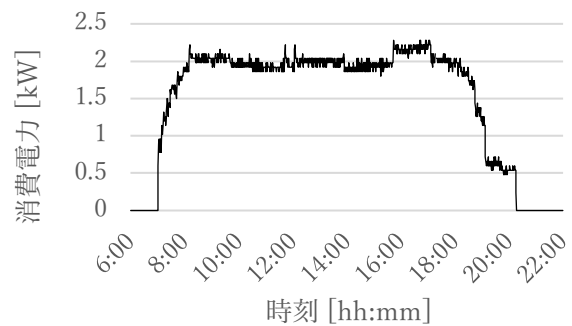


図5 1日の消費電力の推移

本センサは、1.8m四方の範囲で在席が検知された場合、5.4m四方の範囲で点灯する設定となっていた。そのため、通常の勤務時間中は在席率がほぼ100%の状態を維持している。

(3) 考察

(a) 省エネ効果

微動検知人感センサによる省エネ効果を推定するために、在不在制御を行わなかった場合の机上計算を行う。検証で得られた毎分の消費電力の最大値を W [kW]、計測時間を t [h]とすると、算出される机上の消費電力量 E_t [kWh]は

$$E_t = W \times 60 \times t$$

となる。今回の執務時間 t は、年間を通して人が在席している時間帯 7:30~19:00 の 11.5 時間とした。実際の消費電力量を E_r とすると、

$$E_r = 23.9 \text{ [kWh]}$$

$$E_t = 26.22 \text{ [kWh]}$$

$$E_r/E_t = 0.91$$

となり、本施設では在不在制御方式によって 9%の省エネ効果が得られたと推定される。本検証ではブラインドを閉めることで明るさセンサを利用しておらず、滞在が検知されると 5.4m 四方の周囲で点灯するよう運用していたことから、省エネ効果が限られていたと考えられる。

(b) 在席率と消費電力の相関関係

1 日の在席率と消費電力を散布図にプロットすると、以下の図 6 の通りになった。

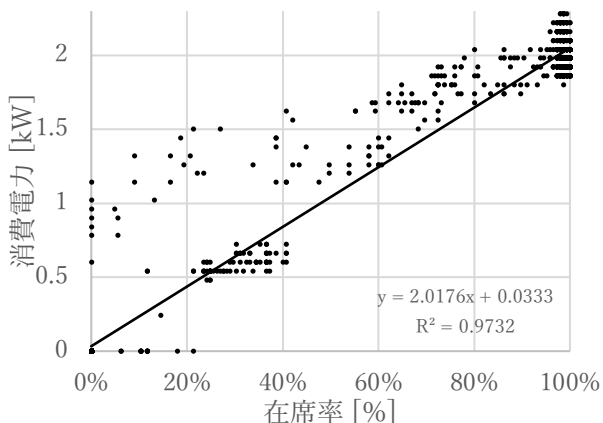


図 6 在席率と消費電力の相関関係

相関係数を計算すると $r = 0.98$ となり、在席率と消費電力には強い正の相関関係がみられる。

5. 検証 2

検証 1 は、庁舎に微動検知人感センサを導入してから間もないころに行ったものであるが、現在はセンサを運用開始後数年が経過した。運用開始後間もない頃は設計時に狙ったように省エネ効果が得られたものの、什器の移動や執務環境の変化により、省エネ効果が狙った通り長期的に得られているとは限らない。そのため、約 2 年分の微動検知人感センサのログデータを解析し、現在も設計時に狙った通りの省エネ効果が得られているか検証した。

(1) 方法

微動検知人感センサの設定等は検証 1 と同様である。微動検知人感センサに蓄積された在席率をもとに、月ごとの平均在席率を算出することで、どの程度省エネ効果が得られているか検証した。

(2) 結果と考察

約 2 年間のログデータをもとに算出した、月ごとの平均在席率は以下の図 7 の通りになった。

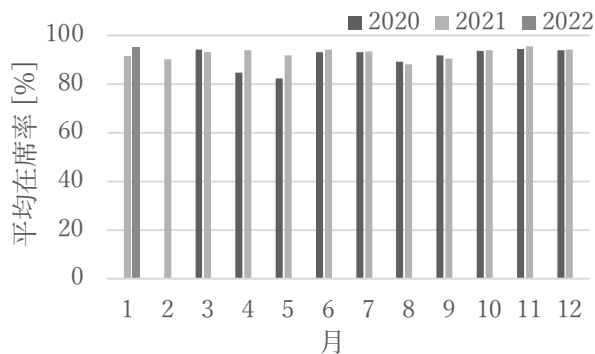


図 7 月ごとの平均在席率

おおむね 90%前後で推移していることがわかる。よって、微動検知人感センサ導入時に狙った省エネ効果が長期にわたって安定的に得られていることが推測される。

6. おわりに

本論文では、微動検知人感センサの導入により、省エネ効果が得られることが確認できた。また、微動検知人感センサの最大のメリットは、執務環境の快適性の維持と省エネ効果が両立できるという点を再確認した。一方、微動検知人感センサにはメーカー共通の規格等がなく、メーカーごとに構成機器も異なるため官庁施設の営繕工事では導入しづらいという欠点もある。今後建築物の ZEB 化を目指すにあたって、微動検知人感センサの導入可能な建築物では積極的に採用できるよう、微動検知人感センサの規格の共通化の検討も視野にいれ、業務を進めてまいりたい。

謝辞：本論文の執筆にあたり、ご協力いただいた関係企業の皆様に心から御礼申し上げます。

参考文献

- 1)環境省：ZEB PORTAL
<https://www.env.go.jp/earth/zeb/index.html>
- 2)経済産業省自然エネルギー庁：省エネポータルサイト
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new_saving/index.html
- 3)東光高岳技報 Vol.1 No.1 pp.18 (2014)