センサ機能付照明器具について

Lighting Fixtures with Sensors

1971年生。1994年慶應義塾大学総合政策学部卒。現在、松下電工(株)照明分社にて照明関連業務に従事。

正会員 前田 哲 治
Tetsuharu Maeda

キーワード：自動調光システム，熱線センサ，明るさセンサ，初期照度補正，コントローラ

1. はじめに

平成6年にセンサによる本格的な自動調光システムが開発されてから約9年が経つ。その間、さまざまな機種が開発され、品揃えが充実し、各種センサ類（熱線センサ，明るさセンサ）とマイクロプロセッサなどの情報処理デバイスを応用した制御装置の改良・開発が行われ、飛躍的な進歩を遂げている。

本稿では、これらデバイス類を応用した照明の適正な制御について最近のシステムの構成、制御手法、特徴と設計・施工上の留意点などについて、自動調光システムを中心に紹介する。

2. センサ制御システムの現状

2.1 センサ制御システム普及の背景

照明の点滅制御としてセンサが使われ始めたのは数十年前からになる。当時は外灯の自動点滅から始まり、今日では廊下やトイレ、執務室までセンサによる自動制御が導入されている。特にここ数年、照明器具に組み込まれる安定器の電子化が進み、比較的安価に調光点灯が実現可能となった。

また、世界的な地球環境への関心の中で、1997年の『京都議定書』発効により日本は1990年度比－6％のCO₂排出量抑制を批准することが合意され、国による「改正省エネ法」「グリーン購入法」などの省エネ関連法案が次々と施行されたことも普及加速の一因といえる。これは図1のLCA（Life Cycle Assessment）評価の観点からみても、使用時の電力消費を抑えることが最も効果的に環

図1 ラピッド式照明器具のLCA（エネルギー消費比較）

境負荷を低減することであるといえる。

このように、固定出力タイプから調光タイプの照明器具への置き換えがわずかの増額で可能となり、そのコストパフォーマンスの高さと省エネルギーをはじめとしたシステムの有用性が認められたことが、センサを用いた自動調光システム普及の大きな要因と思われる。

2.2 センサ制御システムの意義

通常、照明器具の最適運用を目的としてセンサ制御システムが導入される。その意図するところは

- (1) エネルギーの効率的利用
 - (2) 快適性の維持・向上
 - (3) 利便性の追求
- である。

(1)の『エネルギーの効率的利用』については一般的には表1のような手法があり、これらの単独もしくは効果

表1 省エネルギー手法

省エネルギー手法	概 要	対応機器類
I. 初期照度補正	ランプ寿命末期状態である設計照度を維持しながら調光点灯する。	累積点灯時間積算タイマ，明るさセンサ など
II. 昼光利用制御	自然光を利用しながら点滅／調光する。	昼光センサ，明るさセンサ など
III. 在／不在制御	不在場所については調光または消灯する。	熱線センサ，カードリーダー など
IV. ゾーニング制御	必要な明るさに応じてゾーニング調光する。	専用コントローラ など
V. タイムスケジュール制御	不在時間帯については調光または消灯する。	タイマー など
VI. 局所制御	全般照明を抑えて点灯し、局所照明で必要照度を確保する。	スタンド照明，熱線センサ など

表2 各部位での制御例

最適使用部位	制御方式	動作
化粧室、ロッカー室など滞在時間の短い場所	熱線センサ点滅タイプ	人が居ない時：消灯 人が居る時：点灯
通路、階段室など安全面から常時一定の明るさを必要とする場所	熱線センサ段調光タイプ	人が居ない時：段調光 人が居る時：全点灯
一般的な執務室など常時滞在型の場所	明るさセンサ連続調光タイプ	入射光量が一定になるように連続調光
営業のフロアなど離席率が高い場所	明るさ＋熱線センサ連続調光タイプ	人が居ない時：段調光 人が居る時：入射光量が一定になるように連続調光

的な組み合わせによって手動では難しい最適な制御が自動で実現できる。

例えば、窓に面した執務室では「明るさセンサ」を用いることで、昼光を利用しながら初期照度補正が実現できる。また、離席率の高い執務室では「明るさセンサ」に加えて「熱線センサ」で不在調光するといった様に用途や効果によって組み合わせ制御することで、便利で確実な省エネルギーが実現できる。

(2)の『快適性の維持・向上』については、従来の省エネルギー手法ではトレードオフの関係にあった快適性を、センサと調光制御で違和感を極力なくすることが可能となった。また、従来不可能だったグレアを抑える制御が調光技術を使うことにより簡単に実現可能となった。

(3)の『利便性の追求』については、例えばトイレでは、衛生面からスイッチやボタン、蛇口へ極力触れたくないとのニーズが強い。また、給湯室や倉庫などの出入り時には荷物などで両手がふさがっているケースも見受けられる。このような場面では照明のスイッチ操作を無くすことで利便性の向上が図れる。

これらの目的からセンサによる制御システムが導入されることが多い。

2.3 センサ制御方式

これらのニーズに応じた各部位ごとの制御例を表2に示す。場合によってはタイマーと連動し、スケジュール制御することも可能である。

3. システム概要

次に、上記制御を実現するシステムについて述べる。センサによる制御システムの機能構成要素としては、①各種センサ、②コントローラ、③安定器、の3点がある。

具体的な処理としては、各種センサで情報を捉え、CPUを内蔵したコントローラで情報を判断し、その信号を受けた安定器が制御される。それぞれについて下記に解説する。

3.1 熱線センサについて

照明制御に利用されている人体検知センサの多くは人体から放射される遠赤外線を検知する方式のセンサで、一般に熱線センサあるいは PIR (Passive Infrared) センサと呼ばれているものである。焦電体(しょうでんたい)と呼ばれる強誘電体セラミック素子を用いている。

動作原理としては、地球上のすべての物体から発せられる輻射熱を利用したもので、自然界に存在する物体には全て温度(絶対温度)があり、その温度に応じた周波数の遠赤外線を放射している。人体の体温は36℃前後で9.4μmをピークとした遠赤外線を放射している。赤外線は図2に示すように、可視光線より波長が長く、電波より長い電磁波の一種である。物体表面から放射される赤外線エネルギーは、温度(絶対温度)の4乗に比例して大きくなり、焦電体はこのエネルギー変化を電気信号に変える働きをもつ。熱線センサには赤外線変化を効率よく集光するために焦電体の前面に、ある一定の検知エリアを持ったレンズが配置される。人体が検知エリアに入ったときのセンサに入射する赤外線の量は人体表面と背景との温度差に相当した量だけ変化し、熱源である人体と床と壁などの背景との温度差(約2～3℃以上)に反応して電気信号が発生する。この電気信号が一定の値より大きい場合、人が動いていると判断して信号を出す(図3)。

このセンサの特徴としては、安価で面倒な調整作業が不要であるため、広く普及しているが、一方では静止している人体を捉えたり、ガラスなどの赤外線が透過しにくい遮蔽物を通しての検知は不可能である(図4)。また、人体以外の動物やベルトコンベアの動き、カーテンの動

図2 赤外線波長

図3 熱線センサの動作原理

図4 熱線センサで検知できない例

図5 熱線センサの種類

きなど他の熱源や動体にも反応する場合があるので、設計段階に、これらの特性を理解し使用環境を把握しながらセンサの配置を判断することが重要となる。

熱線センサの種類については、センサ素子の性能や前述のレンズ設計により、さまざまなタイプが存在している。代表的なものとして、比較的大きなエリアを検知する『一般型』と執務室などでのより小さな動きも検知できる『微動型』とがある(図5)。また、最近では図6のように非常に小さいセンサも開発され、照明器具に搭載されている。

3.2 明るさセンサ(光量センサ)について

明るさセンサには大きく2種類あり、安価なCdSセルを用いたものと精度の高いフォトダイオードなどの半導体素子を用いたものがあり、照明器具の連続調光などの制御には検知精度の高いフォトダイオードが適している。フォトダイオードは光起電力素子と呼ばれる半導体で、この光起電力素子は光が当たると、自由電子と正孔の対が発生し、電流を発生する性質がある。つまり、光をフォトダイオードに照射すると照射の強さに応じて電流が流れ、これを電圧に変換できる。商品化されている

図6 超小型熱線センサ

図7 明るさセンサの動作原理

ものは天井面に設置されるため、センサに入射する検知範囲内の床面や机上面など下面からの反射光を光量として捉えることができる(図7)。これは部屋の環境(机、什器などの配置による反射率)が一定で光源の位置が変化しない場合に、床面の照度と天井面のセンサの入射光量はほぼ比例関係にあることを利用したものである。厳密には、太陽光の影響や下面が鏡面などの場合には、比例関係が崩れるが実用上はほぼ問題が無いと思われる。

特徴としては、天井面に設置できることで設備の露出がない反面、机や床面などの下方反射率の影響を受けやすく設置場所ごとの明るさ記憶などの設定作業が必要となる。また、設計段階には一般的に下記の配慮が必要である。

- (1) センサの検知範囲は照明器具の制御エリア内とする(図8)。
- (2) 窓際に設置の際は窓からの距離を十分とる(図9)。
- (3) 背の高い什器の直上では机上面の照度を十分反映できなくなる恐れがあるので、極力避ける(図10)。
- (4) 壁面やパーティションの近傍では机上面の照度を十分反映できなくなる恐れがあるので、極力避ける(図11)。
- (5) 制御外の照明器具の影響を極力避けるように配置する(図12)。
- (6) できればモジュール単位を制御単位とし、最低でも昼光などで光環境が異なる可能性のある場所は別制御

図8 明るさセンサの注意点(1)

図9 明るさセンサの注意点(2)

図10 明るさセンサの注意点(3)

単位とする。

具体的な数値などは各メーカーからの発行されている設計参考資料を参考にされたい。

図11 明るさセンサの注意点(4)

図12 明るさセンサの注意点(5)

3.3 コントローラ

上記各センサからの検知情報を基に演算し最適制御を実現するものとして、CPUを内蔵した制御コントローラが必要となる。また通常、コスト、施工面からこれらコントローラはセンサまたは照明器具などと一体化され製品化されている。一般的には、熱線センサの保持時間の設定や、明るさセンサの明るさ記憶などの設定情報は不揮発性メモリに書き込まれるので、停電時にも保持される。

3.4 安定器

上記の各種コントローラと組み合わせる調光安定器はインバータ式となり、各社から品揃えされている。但し、各社間の信号の互換性はなく各社専用のコントローラと組み合わせる必要がある。電源は極力コントローラと同系統とし、コントローラからの調光信号線は一般的にはCPEV線が指定されている。

調光範囲は光源によりラインナップが異なり、昼光を有効に利用するためには調光下限が25%前後の器具を使うことが望ましいとされている。調光下限が5%の器具も市販されているが、イニシャルコストの増加に見合う省エネルギー効果がそれほど期待できないことや、シルエット効果で良好な視環境を確保しにくいこと(図13)、窓からの光だけでは手暗がりになりやすいことから、あまり適切ではないとされている。

(a) 人工照明 (1000 lx) を加えた場合

(b) 昼光のみの場合。人物や仕物がシルエットになり不快です。

図13 シルエット効果

昼光利用しない場合は初期照度補正である70~100%までの範囲を使うので、調光下限が50%前後の調光器具が使われることもある。

点滅制御については、固定出力タイプの安定器が良いが、頻繁な点滅を考慮し、比較的点滅に強いインバータ式または電子スタート式を使うことが望ましいといえる。

最近ではセンサを使用することなく照明器具のインバータバラスト内の積算タイマー(センサ機能を果たす)とコントローラ部で自動初期照度補正を行う器具も商品化され、面倒な設定作業が不要な商品もラインナップされている(図14)。

4. 商品形態とその紹介

市場に出回っている商品形態としてはその構成から大きく3つに大別できる。

- (1) 器具一体型のもの(図15)
- (2) センサ付コントローラ別置型のもの(図16)
- (3) 機能別端末型のもの(図17)

機能ブロックとしてはそれぞれの図のようになる。

これらの選択は設置規模や同時制御エリア、施工性などに応じて選択されている。次に具体的な商品を例にそれぞれの制御仕様、推奨される部位、特徴などを述べる。

4.1 熱線センサ点滅タイプ(図18)

推奨される部位としては、化粧室、ロッカーなどの人が一時的に滞在する部位。

- (1) 省エネ率: 60% (ラピッド式常時点灯比較)
- (2) 人を検知して点灯
- (3) 消し忘れを防止し、確実に省エネ実現

4.1.1 器具一体タイプ(図19)

タイマーと安定器を一体化した「タイマー内蔵インバータ」搭載

照明器具

図14 累積点灯時間積算タイマー内蔵器具

照明器具一体型

図15 照明器具一体型の例

図16 センサ付コントローラ別置型の例

器具一体で1台完結型なので、リニューアルや小規模な空間に適する。

4.1.2 センサ付コントローラ別置タイプ (図20)

一台のセンサ付コントローラで複数台の照明器具を一括点滅制御可能。センサ子器の追加で検知エリアを広げることが可能。

4.2 熱線センサ段調光タイプ (図21)

推奨される部位は、通路や階段などの人が一時的に滞在かつ常時明かりが必要な部位。

- (1) 省エネ率：57% (ラピッド式常時点灯比較)
- (2) 人を検知して100%点灯
- (3) 人がいない時は調光し、安全性を確保しながら省エネを実現

図17 機能別端末型 機能ブロック図

図18 熱線センサ点滅タイプの動作

図19 熱線センサ点滅器具一体タイプの例

図20 センサ付コントローラ別置タイプ使用例

人通りの少ない廊下など

人の動きを検知して
100%点灯

人がいない時は調光点灯

図21 熱線センサ段調光タイプの動作

図22 熱線センサ段調光器具一体タイプの例

図23 センサ付コントローラ別置タイプ使用例

4.2.1 器具一体タイプ (図22)

器具一体で1台完結型なので、リニューアルや小規模な空間に適する。

4.2.2 センサ付コントローラ別置タイプ (図23)

一台のセンサ付コントローラで複数台の照明器具を一括調光制御可能。センサ子器の追加で検知エリアを広げることが可能。

4.3 明るさセンサ調光タイプ (図24)

推奨される部位は、一般的な執務室や学校教室、店舗など。

- (1) 省エネ率：47% (ラピッド式常時点灯比較)
- (2) ランプ交換時の照度アップを自動的に制御、ルーバなどのオプション取付時も自動的に出力アップ、外光

の明るさにあわせて、適性照度を保って調光

- (3) ゆるやかな明るさ変化で在室者に気づかれずに快適性を確保

4.3.1 センサ付コントローラ別置タイプ (図25)

一台のコントローラで多数の照明器具を一括調光制御可能。広くて均一な明るさの空間に適する。

面倒な設定は液晶リモコンで簡単設定。

調光シーンが設定でき、リモコンや外部接点で再現が可能。

4.4 明るさ+熱線センサ調光タイプ (図26)

推奨される部位は、営業フロアなどの在席率の低い執務室など。

- ・省エネ率：55% (ラピッド式常時点灯比較)

外が明るい時は
抑えて点灯

外が暗くなると
明るく点灯

図24 明るさセンサ調光タイプの動作

- ・ランプ交換時の照度アップを自動的に制御，ルーバなどのオプション取付時も自動的に出力アップ，外光の明るさにあわせて，適性照度を保って調光
- ・不在時は積極的に調光し，さらに省エネ
- ・ゆるやかな明るさ変化で在室者に気づかれずに快適性を確保

4.4.1 センサ付コントローラ別置タイプ (図27)

一台のセンサ付コントローラで複数台の照明器具を一括制御可能。

面倒な設定は液晶リモコンで簡単設定。

調光シーンが設定でき，リモコンや外部接点で再現が可能。

4.4.2 器具一体タイプ (図28)

調光に加えて最終消灯までできるスイッチレス照明器具。ネットワーク接続タイプで，ワイヤレスコントロー

図25 センサ付コントローラ別置タイプ使用例

外が明るい時は
抑えて点灯

外が暗くなると
明るく点灯

人がいない時は調光待機
(器具一体タイプはその後消灯)

図26 明るさ+熱線センサ調光タイプの動作

図27 センサ付コントローラ別置タイプ使用例

図28 明るさ+熱線センサ調光器具一体タイプの例

ラにより自由に制御ゾーンが設定できる。各ゾーンの制御モードは会議室、共用スペース、執務室などの用途に合わせて自由に選択が可能。面倒な設定作業もネット

ワークを通じて一括で行うことができる。レイアウト変更の多い事務所に適する。

5. おわりに

最近のセンサによる照明制御について述べてきたが、手軽に人に優しい省エネルギーを行うセンサ制御商品はその有用性から2002年からグリーン購入法に基づく特定調達物品に指定され、今後政府機関の率先調達を通じてますます需要が伸長するものと思われる。また今後も、このようなセンサ応用商品のバリエーションが増え、多様化していくと思われる。これを機会に、センサ自体の動作原理を理解し、今後の機種選定・施工の一助となり普及につながることを期待したい。

研究報告書頒布のお知らせ

報告書名：オフィス照明の質的評価研究調査委員会 JIER-067

第1部 オフィス照明の質の考え方

1. はじめに
2. デザインとオフィス照明の質
3. 研究とオフィス照明の質
4. 統合とオフィス照明
5. まとめ

3.3 順位付けによるオフィス照明構成項目に対する重要度評価

3.4 オフィス照明の質の評価式

4. まとめ
- おわりに

第2部 オフィス照明の質に関する調査

1. はじめに
2. オフィス照明の認識に関する面接調査
 - 2.1 調査の背景と目的
 - 2.2 面接調査の概要
 - 2.3 オフィス照明の位置づけ
 - 2.4 被験者間差異と属性間差異
 - 2.5 ネットワーク図の作成
 - 2.6 カテゴリーに見る属性間差異
 - 2.7 まとめ
 - 2.8 資料
3. オフィス照明の質的評価のためのアンケート調査
 - 3.1 はじめに
 - 3.2 コンジョイント分析による調査

編集：平成12年9月

印刷：平成12年9月

発行：平成12年9月

A4判 83ページ（2色刷）

頒布価格：会員価格：2000円（税別）

非会員価格：2500円（税別）

送料 170円

申込方法：必要事項（書籍名、部数、住所、氏名、電話番号、FAX番号）をご記入の上、事務局へお申し込み下さい。

社団法人 照明学会 事務局

〒101-0048 東京都千代田区神田司町2-8-4

電話 03-5294-0101 FAX 03-5294-0102