照明制御システムの技術動向

Trends in the Lighting Control System and Technology

1954年生。1979年静岡
大学大学院卒。現在、
三菱電機照明器具技
術部照明開発課課長。

正会員 伴 和 生
Kazuo Ban

キーワード：照明制御，調光，センサ，オープン化，BACnet，LON

1. はじめに

最近の照明制御システムは、省エネルギーを目的として、インバータ器具をベースとする各種センサを用いた自動調光制御が一般化してきた。

またビル管理システムの各設備システム間や機器間の接続仕様・通信仕様を標準化する動きも、仕様検討段階から実施時期に入ってきた。

本稿ではこの2つの技術の動向を主体に述べる。

2. 蛍光灯自動調光システムの実例

蛍光灯自動調光システムは、市場導入後5年余りを経て、機種拡大と改良が重ねられ、ほぼ製品形態・製品系列が整ったと言える。

2.1 構成要素と動作

自動調光システムの構成要素は、①各種センサ、②制御装置(コントローラ)、③連続調光電子安定器(インバータ)、の3つである。

各種センサが省エネルギーの機会を捉え(図1)、それに応じた調光量をコントローラが判断し、その信号を受けたインバータにより光出力が調整されて、過剰な光・不要な光を削除することで省電力を実現している。

2.2 製品形態

構成要素の組み合わせと配置によって図2に示すように、①器具一体形、②センサ内蔵コントローラ形、③個別分離形、の3形態に製品展開されている。器具一体形では、全ての構成要素が照明器具に一体化されている。センサ内蔵コントローラ形では、センサとコントローラを制御機器として一体にし、照明器具との接続は調光信号線による。また個別分離形では、全てが個別の機器とされ、センサとコントローラの相互接続には専用信号線または通信線が存在している。

製品例を図3～図5に示す。なお、器具一体形およびセンサ内蔵コントローラ形ではコントローラが天井設置

図2 制御要素の構成

図3 器具一体形 (©松下電工株)

図4 センサ内蔵コントローラ形 (©三菱電機照明株)

[機会]	[物理量]	[検出]
太陽光	光	照度センサ
ランプ初期	光	照度センサ
昼休み	時間	タイマー
不在エリア	人	人感センサ

図1 省エネ機会とその検出

図5 個別分離形 (©東芝ライテック株)

図6 不在時の制御例

となるため、操作と設定の利便性から双方向ワイヤレスリモコンが使用されている。

3. 自動調光制御の改良

製品展開が整ってきた自動調光制御も、より一層の省エネルギーや快適な環境の維持を目指して現在も改良が続けられている。以下にその一端を紹介する。

3.1 人感センサ

既に廊下やトイレなどでは多く見かけるようになった人感センサであるが、さらにオフィスの執務室での利用までを想定した新しい機能が追加されつつある。

在席検出時には素早く明るくすることで問題ないが、注意を要するのは不在を検出した場合である。人感センサの検出範囲が□5m程度であることから、執務室内での利用ではそれより近い間隔でセンサが配置される。従って1つのセンサで不在を検出した場合に、隣接エリアには在席者が居るという場合があり、在席者に不快でない減光方法が望まれる。

この具体例の一つは、不在検出後の減光および消灯への時間変化の工夫である。明るさの急変を避けることを念頭に図6に示すような時間帯を設けて、徐々に暗くするよう、制御している。

また図7に示したようにネットワークにより複数の人感センサをグループ化し、グループ内のすべての不在が検出された場合のみ消灯するようなシステム制御も行われている。

3.2 照度センサ

昼光利用および初期照度補正による省エネルギーのために用いられる照度センサは、自動調光システムでも最も早くから組み合わされたセンサである。しかしさらに適正な照度維持や建築の変化に対応するための工夫が行われている。

3.2.1 フォトダイオードの分光感度特性

光電変換素子として一般的なシリコンフォトダイオードは、素材の光物性として赤～赤外に強い感度を持つ。

図7 人感センサのグループ制御例

このため照明用に使用する場合には、人の眼の感度特性（標準比視感度曲線）に沿うよう、シリコン前面にフィルターを設けて補正している。

ところが市販されている「補正付き」フォトダイオードでは、フィルターの主な効果が赤側波長の遮断であることから、青側の成分も含めて幾分のずれが残っているのが一般的である。その例を図8に示す。

また太陽光と蛍光灯の分光分布も異なっており、これを図9に示す。太陽光の方が全波長にわたって成分を有

図8 フォトダイオード分光感度曲線と標準比視感度曲線

図9 分光分布 (太陽光と蛍光灯)

図10 照度センサのグループ化例

するため、赤と青に感度を余分に有するフォトダイオード (図8) では、同じ照度であっても太陽光の方が大きな電気出力を生じることとなる。このため太陽光が多く入射した場合に明るく感じ過ぎ、その結果照度が低く調整されてしまう。

この対策のために照度計と同等の分光透過率特性のフィルターを使用する、ソフトウェアで補正する (入射光の中で太陽光分を分離し係数をかける) などの改良が加えられている。

3.2.2 グループ制御

オフィスにおけるレイアウト変更への容易な対応は照明制御システムの必須要件と言えるが、このためには最小制御単位を小さく設備しておくことが有利である。一方センサや調光端末器の低価格化により、これを小区画ごとに配置する場合も多くなってきた。

ところが照度センサが近接すると、互いの検出範囲や照明光がオーバーラップするため、例えば隣接する調光制御グループの光出力が高い場合に自グループが絞った状態でバランスするようなことが起こる。この状態では、一定の照度は得られていても、ランプ輝度がバラバラになり、景観上乱雑な環境となってしまう。

この課題を解決する方法として、小エリアを受け持つ照度センサをネットワークによってグループ化 (図10) し、

① グループ内でのセンサ検出値の平均化

② グループ内器具への同一光出力 (輝度) 制御
 ことが行われている。こうすることで制御単位を小さくしてレイアウト変更への柔軟性を確保しつつ、ランプ輝度に違和感の少ない点灯状態を作ることができる。

3.2.3 床面外からの光の影響

照度センサは天井に設置され、被照面である机上面または床面からの反射光を検出している。当然被照面以外からの光の入射があった場合には、明るい誤判断し、暗い方向へ制御してしまう。

ところが最近の建築では、カーテンウォールによる広

図11 システム階層図 (©東芝ライテック㈱)

い窓面、さらに積極的に天井方向へ昼光を導入する庇 (ライトシェルフ) やブラインドを設けたものなどが出現している。こうした建築では先に述べた被照面以外からセンサへの直射光が増大するため、適切な照度が得られない事態が起こっている。

こうした積極的昼光導入建築における照度検出のために、従来からあるセンサ内面の黒色塗装や遮光シール、遮光フードなどの対策に加えて、センサ構造や位置、方向の再検討なども必要となっている。

4. 制御の標準化とオープン化の動向

ビル管理システムにおいて検討が進んでいた標準化は、実施例を散見できる段階に入っており、その動向と実際の製品事例を以下に紹介する。

4.1 制御の階層と接続信号

ビル管理システムは階層化されており、主要な相互接続点として以下の3つがある (図11)。

- ① ビル管理システム情報バス
- ② 照明制御システム内情報バス
- ③ 調光制御機器と連続調光照明器具 (調光信号)

これらの接続点が標準化とオープン化の対象となって

図12 LON 対応リモコンリレー端末器 (©松下電工株)

図13 LON 対応センサ内蔵調光コントローラ (©三菱電機照明株)

いる。

4.2 設備システム間のオープン化・標準化：BACnet

オープン化の流れの中で代表的な統一規格である BACnet と LON は、その仕様や提供されるアプリケーションの違いなどから、おのずと棲み分けが見られてきており、

- ・ BACnet はビル管におけるサブシステム間接続へ
 - ・ LON はサブシステムレベルでの機器間接続へ
- との傾向が明らかになってきている。

特に BACnet は首都圏で多数進行中の大規模プロジェクトにおいても当然のように仕様として記述されるようになり、着実に実用化への道を進みつつある。また日本における BACnet では、IEEE の BACnet を拡張した電気設備学会 IIEIEj/p 仕様であることが併記される場合も多い。

しかしながら汎用的な物理量の扱いを定めている BACnet のオブジェクトやサービスを、実際の照明の動作と対応付けて具体的にどう使用するのかなど、現在進捗しつつあるプロジェクトの中で細部を定めつつある段階とも言えよう。

4.3 設備機器間のオープン化・標準化：LON

LON については、海外ではデファクトスタンダードと呼ばれているものの、国内では漸く製品化が進み、基本的な照明制御機器である壁スイッチやリレー端末器はもちろんのこと、センサを用いた調光端末器も実用され始めた(図12, 図13)。またこれを用いた施設例もいくつか生まれている。

しかし実際に、「最適な選択」をするには対応製品数が少なく、個々の機器のコスト高の問題からも、先進的 SI (システムインテグレイター) による試行段階と言えよう。

また相互接続性についてもスイッチ操作と調光動作の

対応などの課題が残されている。

一方、(社)日本照明器具工業会では、照明制御システム標準化分科会が設けられ、標準化案の検討が始まっているが、LON の取り扱いもその課題のひとつとなっている。

4.4 調光信号標準化の動き

現在の蛍光灯器具の調光は、インバータを用いた電子安定器へのパルス幅変調 (PWM) 調光信号によるのが一般的になっている。この信号仕様は、交流電源用蛍光灯電子安定器—第 2 部：性能要求事項 (JIS C 8120-2: 1999) 附属書 E (規定) 調光形安定器の制御インタフェースとして規格化された。

ところがこの規格は現在既に市場にある製品の仕様を網羅したため、例えば同じ信号であっても様々な光出力を許容しているなどの問題を含んでいる。そこで (社)日本電球工業会蛍光灯電子安定器技術分科会において、異なるメーカー間での相互接続を実用的に可能とすべく、規格案作成の動きが始まっている。

5. おわりに

一般的になった蛍光灯自動調光システムは、センサ周辺での技術革新を主として、また標準化の動きはビル管理システム側から、それぞれ本格的に実用され始めている。

新しい建築様式との係わりや相互接続のメリットが生かせるような他設備との連動も視野において、さらなる省エネルギーとより良い視環境を作り出す照明制御システムの開発が期待される。

参考文献

- (1) 伴 和生：照明制御における規格統一の動向，照学誌，83-9，pp. 712-715 (1999)。