

# 照明制御システムの動向について

(一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

## 1 はじめに

青色LEDの発明により、2014年（平成26年）ノーベル物理学賞を3人の日本人物理学者が受賞して以来、LEDに関する話題が尽きない今日である。資源エネルギー庁からも「新成長戦略（基本方針）」で、2020年までにLEDや有機ELなどの次世代照明の100%化の実現の方針が示されており、照明器具の主流が白熱電球や蛍光灯からLED照明や次世代照明へと確実に移りつつある。

固体照明（Solid State Lighting）であるLED照明の特徴の一つとして、本質的に制御が容易ということもあり、LED照明が増えるにつれ、制御機能のある照明器具もよく目にするようになってきた。それに伴い照明制御システムも非常に重要な役割を担うようになってきていることは言うまでもない。

LED照明と言えばその光源そのものが話題となることが多いが、照明制御システムについては話題となることは少ないため、今回はこの照明制御システムにスポットを当て、その動向について述べていきたい。

## 2 照明制御システムの変遷

1879年（明治12年）にエジソン（米）（写真1）が白熱電球を実用化し、日本では1890年（明治23年）に白熱舎（現、株東芝）が白熱電球（写真2）の製造を開始して以来、電気の時代が幕を開けた。

当初は電源の入り・切りを直接スイッチ操作することで事足りており、その基本的な態様は今日まで続いている。



写真1 エジソンと白熱電球



写真2 日本で最初の白熱電球

暗くなれば照明を点け、使わないときは消すという単純な操作であればこれで問題はなかった。しかしながら時代とともに照明に対する要求は増え、調光（照明の明るさを明るくしたり暗くしたりすること）を欲するようになり、更には1970年代のオイルショックを機に照明器具に省電力、高効率化等の新たな要求をするようになってきた。

このような要求に伴い照明制御も徐々に進化を遂げ、調光制御を更に発展させた適正照度制御、色温度制御、個別・グループ制御、パターン制御、スケジュール制御などができるようになってきている。

これらを操作する方法として、当初は電球ソケットと一体型の回転式スイッチ（写真3）やプ

ルスイッチ（写真4）だったものが、壁面のスイッチが露出から埋め込み、タンブラスイッチからプッシュ式、更に進んでタッチパネル方式も出てきた（写真5）。



写真3 回転式スイッチ付ソケット



写真4 プルスイッチ付ソケット



写真5 壁スイッチ類

照明器具に付属の赤外線リモコンで操作するもの（写真6）も今では珍しくない。天井に取り付けた人感センサーを用いて自動でON / OFF制御する方法や明るさセンサーを使って照度の調節もできるようになった。壁面や天井面に取

り付けたスイッチやセンサーだけではなく、PCからの操作や現在ではスマートフォンやタブレット端末に照明操作のアプリをインストールし、そこから操作できるという時代になってきた。



写真6 照明器具用赤外線リモコンスイッチ

これからその照明制御システムにはどのような規格があり、どのような仕組みで動いているのか、その概要について代表的なものを取り上げ述べていく。

### 3 主な照明制御システムの概要

#### 3-1 2線式多重伝送方式

国内メーカーが独自に開発したもので、小規模から大規模まで対応している照明制御システムである。国内で独自に発展してきた照明制御システムと言えは言い得て妙である。

一般的に主となる装置は電灯分電盤の中に取り付けられており、「伝送ユニット」と呼ばれるCPU装置が壁スイッチや天井の人感センサーなどのスイッチ類から信号を受信し、同じ盤内にある「T/U」と呼ばれる装置に制御信号を送る。「T/U」は「リモコンリレー」と呼ばれる装置のリレーを作動させ、照明回路に接続された照明の電源をON / OFFさせる。基本的な構成では「T/U」1台につき「リモコンリレー」4台の接続となっている。「T/U」と「リモコンリレー」は「リレートランス」からAC24Vに降圧された電源で作動する。

電源線とは別に壁スイッチや人感センサーが直列に接続された制御線というのがあり、この制御線が盤内の「伝送ユニット」と「T/U」に接続されている。壁スイッチや人感センサーと「T/U」にはアドレスが割り当てられており、押されたスイッチと同じアドレスの「T/U」が「リ

モコンリレー」を作動させるようになっている。

アドレスの設定は専用の設定器（図1右下参照）を使用し、赤外線又は専用ケーブルを壁スイッチや人感センサー、「T/U」に接続して設定できるようになっている。調光回路を使用したい場合、調光スイッチと調光用T/Uを同じアドレスに設定し使用する。

グループ・パターン制御やスケジュール制御も可能で、タッチパネル式液晶画面から操作可能なものもある。

配線工事の際、照明の電源線とスイッチの制御線の2系統を配線しなければならないが、直接制御方式の場合回路が増えると、電源線がスイッチに集中し電線管などが太いものが必要になる反面、2線式多重伝送方式だとどれだけ回路が増えようが、制御線に一番太いケーブルを選択してもCPEV1.2-1P（外径約9.2mm）の往復2本で済み、スイッチ周りがすっきりとする（図1参照）。

メーカー独自のシステムではあるが、インターフェースユニットを追加することによりオープンシステムに接続できるようになり、LONWORKSやBACnetを介して中央監視システムとの連動や、WEB画面上で遠隔からのON/OFF制御、監視ができるシステムとなっている。

なお、オープンシステムに関しては、当機関誌

『建築コスト研究』（76号／2012.1）の「新技術調査レポート」に詳しく掲載しているので参照されたい。

### 3-2 DMX512A

DMX512Aは、主に演出照明、舞台照明のための照明制御システムである。

舞台照明と言えば、光を点滅、明暗、色彩、照らす場所等を自在に操作できることが前提となるため、舞台照明に関する調光技術もその要求に応えるため急速に発展してきた。

調光についてその変遷を大まかに追っていくと、まず可変抵抗器を用いて調光を行うようになったが、熱として電力が消費され無駄が多いという問題があった。次に考え出されたのはオートトランス（単巻トランス）で、電圧を変化させて調光を行う方式により熱として消費される電力損失の問題はある程度解決された。次に半導体素子の普及と同時にサイリスタが調光に利用されるようになった。サイリスタの出現により装置が小型化し、舞台照明は大きく発展した（写真7参照）。

サイリスタの動作原理は、位相角を制御し調光する（図2参照）。

1970年後半になるとマイコンが普及し始め、ソフトウェアを使いシーケンスを記憶させるルーチンワーク的なことやパターン動作を連続して行わせることができるようになった。この頃から照明器具の数だけケーブルが増えてしまうという問題に対処するため、同期信号を送るアナログ時分割タイプのプロトコル（通信する際の取り決め）が開発され始めた。

米国で開発されたのがAMX192で、英国で開発されたのがD54である。これらは今でも現地では使われているようである。

照明器具の軽量化やより複雑な照明演出が進むにつれ制御チャンネル数も膨大となり、システムをよりシンプルにまとめるという目的でこのDMX512が開発された。1986年にUSITT（United States Institute for Theatre Technology, Inc./米国劇場技術協会）が発表した後、1990年に一部改

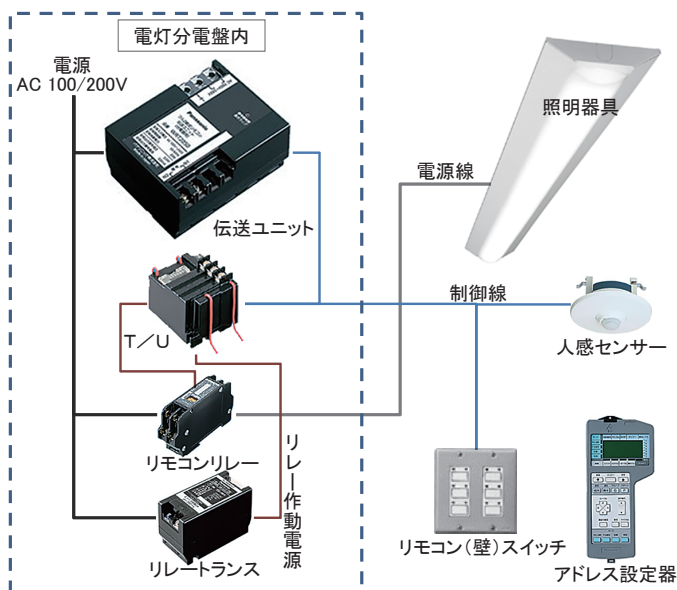
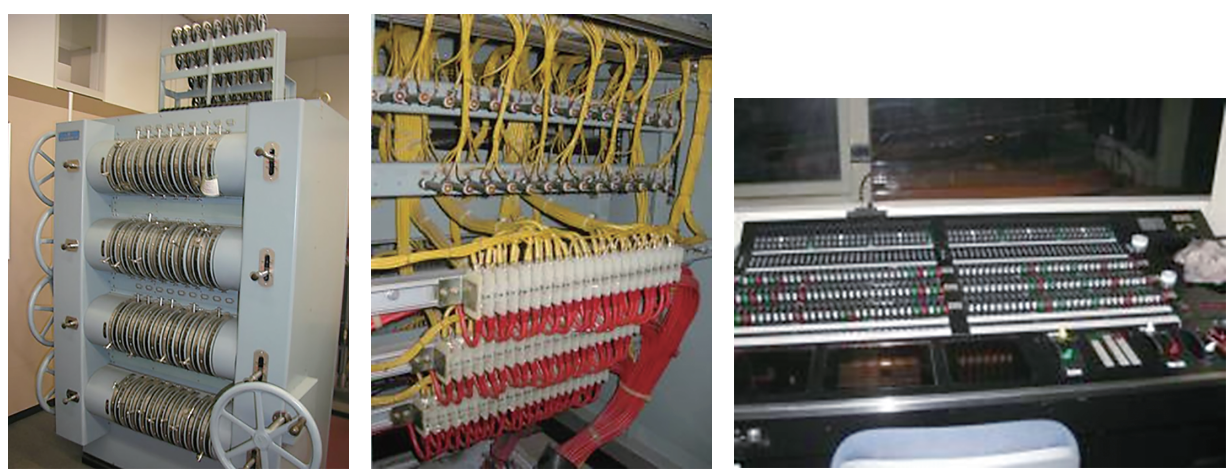


図1 2線式多重伝送方式接続図





オートトランスによる調光盤      サイリスタ調光盤内部      サイリスタ調光卓

写真7 オートトランス調光盤及びサイリスタ調光機器類

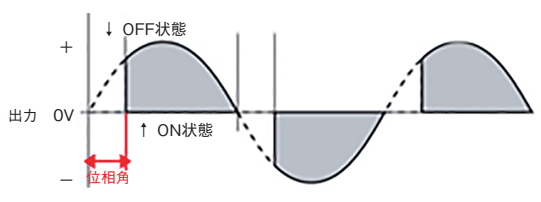


図2 サイリスタによる位相角制御

定された。これにより現在のDMX512 / 1990規格となり広く普及することとなった。2004年にANSI E1.11として認定され2008年に再改定を受けて現在「DMX512A」となっている。

DMXプロトコルの基本的な部分はパソコンなどでよく知られ普及しているRS232Cシリアルポートインターフェース規格の上位規格であるRS485が使われている。DMXケーブルはデジチェーン（数珠つなぎ）方式でコントローラーと照明器具とを接続させ、最後に接続された機器には終端抵抗（ターミネータ）を接続し信号の反射を押さえ誤作動を防止する。

以下にDMX照明の接続例（図3）、DMXコネクタ（3ピン）の例（写真8）、DMX機器側端子の例（写真9）を示す。

DMX512Aの信号は、コントローラーから一方的に信号が送られ、送った信号が機器に問題なく受信されたかどうかは確認できないため、人命に影響を及ぼす火災等を扱う機器には使用しないようにしなければならない。

DMXは送りのみの信号であるが、同じDMXのケーブルに信号を乗せ、DMX512Aの欠点を

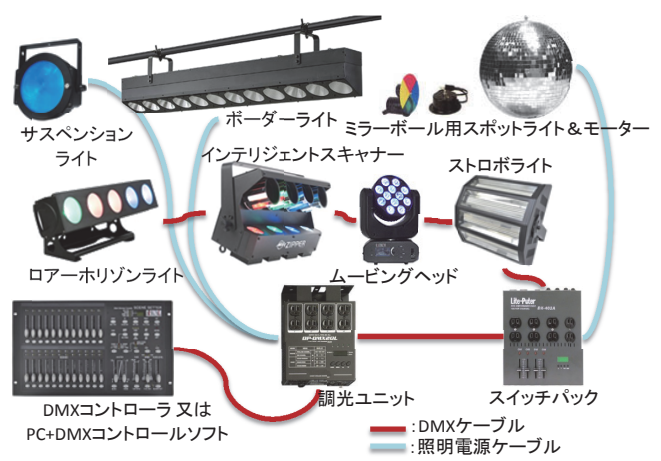


図3 DMX照明の接続例



写真8 DMXコネクタ（3ピン）の例

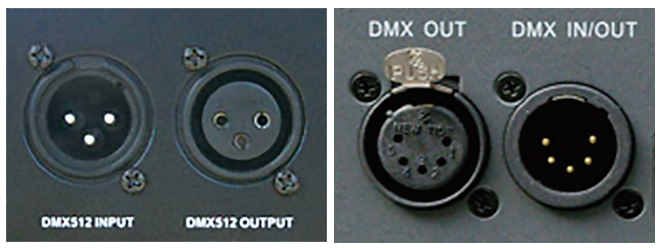


写真9 DMX機器側端子（3ピン）及び（5ピン）の例

補う形で双方向通信ができるようにしたRDM (Remote Device Management) 方式の protocols も最近徐々に普及してきている。



舞台照明の光源として当初白熱電球が多く使われてきたが、その後白熱電球の一種であるハロゲンランプが普及した。ハロゲンランプは明るさが白熱電球より約3割多く、寿命も約3倍あり、演色性も良いため広く使われるようになった。現在でもハロゲンランプは使われているが、青色LEDの開発によって高輝度のLEDが市場に出回り始めると、舞台照明にもLED器具がものすごい勢いで普及してきている。

調光方式としてはサイリスタ方式が広く使われているが、PWM (Pulse Width Modulation) 方式も普及している。PWMは蛍光灯の調光にもよく使われている (図4参照)。

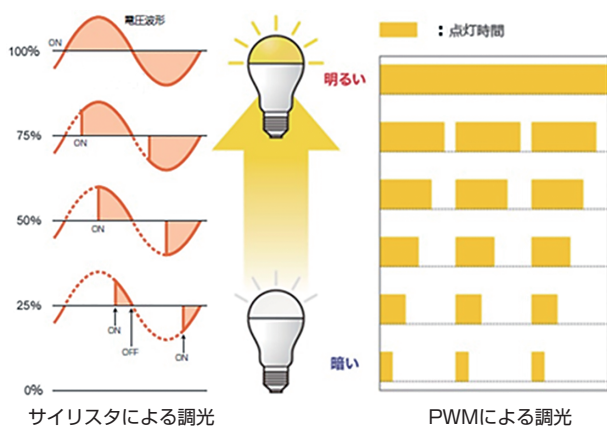


図4 サイリスタによる調光とPWMによる調光

### 3-3 DALI2

舞台照明ではなく、一般照明制御で国際的な規格とは何かと言えば、このDALI (Digital Addressable Lighting Interface) 規格である。

DALI規格はヨーロッパで開発された規格で、DSI (Digital Serial Interface) と呼ばれる信号を送るだけの通信方式を発展させ、双方向通信方式ができるようにしたものである。2000年 (平成12年) に I E C 62386として制定され、2014年 (平成26年) にはDALI2として改定されて現在に至っている。ヨーロッパを中心に普及してきており、徐々に米州やアジア圏にも広がってきている。

日本ではまだあまり馴染みはないが、DALI規格の照明器具を製造しているメーカーも国内に数

社存在し、これから増える見込みである。JISやPSE等への対応がまだ整備されていないため多少時間が掛かるだろうが、オープンシステムとの融和性、細やかな制御性を考慮するとこれからの普及が期待される。

通信速度は、1,200bpsである。1,200bpsというと現代のブロードバンドの通信速度と比較すると一見遅いように思えるが、実際にスイッチ操作と照明器具点灯のタイムラグを見ても違和感のない動作速度となっている。マスターコントローラ1台に最大64台の照明器具が接続できるが、64台同時に点灯させても瞬時に点灯するよう設計されている。

また通信速度が低速なことからノイズに強く、電源線と並行して配線ができるため、電源線と制御線を1本にした4芯ケーブルにコネクタを取り付け、配線を省力化するシステムも開発されている。

調光にも特徴があり、1~100%の調光ができることを謳っている。PWM方式の調光だと暗くした場合PWMの特性上ちらつきが目立ち、20%以下の調光をせずOFFさせてしまう制御方式と比べ、DALI規格のLED照明器具だと1~20%の範囲の調光も可能というものである。技術的に述べると1~100%の範囲で254段階の調光レベルの調整が可能ということである。それに加え16個の調光シーンの保存や切り替えができるシステムとなっている。

DALI規格で製作された照明器具や周辺機器であれば基本的に異なるメーカーのものであっても直接接続することができる。DALI2の制定によってその信頼性 (照明機器同士の相性) は向上している。

マスターコントローラ1台に64台の照明器具が接続できると先ほど述べたが、マスターコントローラを増やせば増やすだけ大規模なシステムも構築可能となり、マスターコントローラ同士とPCを接続するとPCのソフトウェア等で一括管理が可能なシステムとなる。

先述の2方式にはないDALI規格の特徴として

双方向通信がある。照明器具1台1台が通信機能を備えているためその器具が現在どのような状態にあるのかの把握ができ、オープンシステムと接続し、BEMSや省エネを目的としたエネルギー管理システムに照明器具の状態データを提供することにより、より細やかな照明制御、エネルギー管理が可能となる。表1に各方式の比較を示す。

表1 照明制御システム比較

	2線式多重伝送	DMX512A	DALI2
1. 規格等	国内独自	ANSI E1.11	IEC62386
2. 通信速度	9600bps	250Kbps	1200bps
3. 通信送受	送りのみ	送りのみ	双方向
4. 接続台数	256回路	1ライン32台 512ch	1マスター64台
5. 接続機器	同一メーカーのみ	オープン対応	オープン対応
6. 制御線最大長	500m	400m	300m
7. PCによる操作	オプション	対応	対応
8. オープンシステム	オプション	対応	対応
9. 主な使用ケーブル	CPEV-2P	DA202~206	CPEV-2P
10. その他特徴	国内で普及	主に演出・舞台用	ノイズに強い

配線工事に関しては、2線式多重伝送方式とさほど変わらず、電源線と制御線の2系統を照明器具に接続する。2線式多重伝送方式との相違点は、電源線には常時電源電圧が掛かっており、電源線に電源をON / OFFさせるスイッチが基本的に必要なく、照明器具のON / OFFは制御線の信号により行うという点である。従って、模様替え、配置換え、テナント入退によるグループ変更、パターン変更もマスターコントローラの設定変更のみで済み、配線替えのための工事が不必要となり省力化できるという特徴がある。

#### 4 おわりに

以上、代表的な三つの照明制御システムについて述べてきたが、照明器具メーカーを含め多くのメーカーで照明制御システムを含めた総合エネルギーマネジメントシステムの開発が行われており、ここでは紹介し切れていないものも多数ある。

ここで紹介していないシステムの中には国内メーカーにおいても双方向通信機能を持ったシステムと照明器具が開発されている。

現在では誰もが携帯しているスマートフォンやタブレット端末を利用し、WiFiやBluetoothでの無線による操作や、ZigBeeを使った無線による

操作も決して珍しいものではなくなってきた。これらの無線制御方式は統一的に規格化されたものではなく、それぞれの独自の方法で照明器具を操作しているため、今後どう規格化されるのか、或いはされないのかは見守っていく必要がある。

タブレット端末などのタッチパネルによるインターフェースもより使いやすく分かりやすいものが開発されるであろうし、人工知能 (AI) を駆使した制御プログラムも、より良いものが開発されるであろう。

自然光を利用した時間帯別の照度と色温度を制御するシステムも開発されている。中央監視システムのオープンシステムと接続することにより、空調システムとの連動、カーテン・ロールスクリーン・ブラインドとの連動、監視カメラ、セキュリティシステムとの連動、災害発生時におけるこれらシステムの総合的な制御等、建築工事においてはこのようなシステムの構築、利用を前提とした設計が求められる時代となってきている。

新築のインテリジェントビルでは、このような様々な試みが報告されているが、「環境に優しく」、且つビルを利用する「人間に快適」といった双方のバランスが取れているかという観点からするとまだ発展途上であると考えられる。

この分野では各メーカーがしのぎを削って開発競争を進めているため、これから発表されるシステムがどのように進展していくか興味深く観察し、今後の竣工事例に注目していきたい。

今回のこのレポートが照明制御システムに対する理解と、より良いシステム普及の一助となれば幸いである。

(参考文献)

- 1) 『電設技術』No.744, (一社) 日本電設工業協会, 2014.11
- 2) 『電気設備学会誌』Vol.33 (2013)No.1, (一社) 電気設備学会, 2013.1
- 3) パナソニック (株) ホームページ
- 4) 東芝ライテック (株) ホームページ
- 5) (株) サウンドハウス ホームページ
- 6) ワゴジャパン (株) ホームページ