

LED照明の省エネ点灯電源と調光制御技術

LED Lighting Control Technologies for Energy Conservation

鎌田 征彦

高坂 啓太郎

片野 慈子

■ KAMATA Masahiko

■ TAKASAKA Keitaro

■ KATANANO Chikako

白色発光ダイオード (LED) の一般照明への応用が大きく期待されている。一般照明として現在使用されている蛍光灯器具からの置換えを更に推進するためには、LED素子の効率向上に加えて、LEDを点灯し調光制御する電源の省エネ、高効率化、小型化などが求められる。

東芝ライテック(株)は、このような課題に対応するため、LED照明用電源の開発を進めている。電源の高効率化のため降圧型コンバータ回路を採用し、調光制御ではその用途に応じて振幅制御とパルス幅制御を使い分けている。明るさが変化しても色温度が変わりにくいパルス幅制御では、カメラの撮像周波数より十分高い周波数で点灯し、映像にちらつきが発生することを抑制している。

Light-emitting diodes (LEDs), particularly white LEDs, are a focus of high expectations as a general lighting source. To meet the requirements for performance and functionality of LED lighting equipment, such as low power consumption, high efficiency, compactness, and so on, a buck-boost converter provides an effective power supply for controlling the current of the LEDs, and either amplitude modulation or pulse-width modulation are selected as appropriate for the dimming control.

Toshiba Lighting & Technology Corporation is also engaged in the development of LED lighting equipment utilizing natural energy sources, such as solar voltaic energy and wind power, together with batteries.

1 まえがき

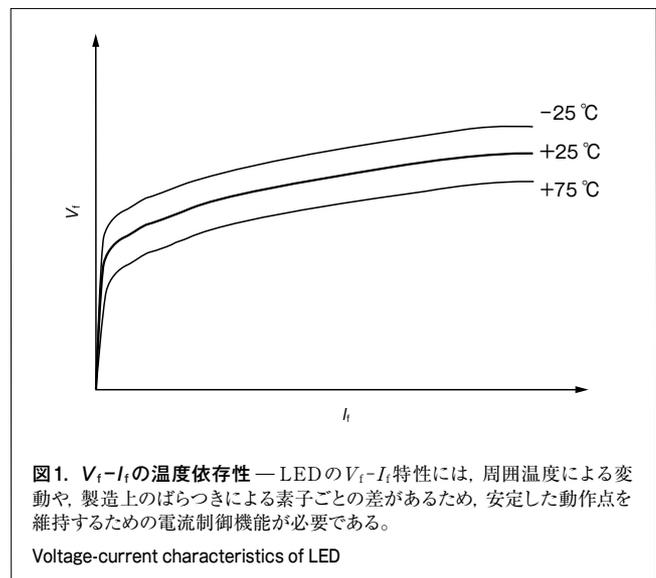
白色LEDは、21世紀の新光源として今後の展開が大きく期待されている。現在、一般照明として広く活用されている蛍光灯器具からの置換えを推進するためには、これまでの照明器具と同等以上の機能や性能が求められる。特に、省エネ化への期待は大きい。また、これまでの照明器具で必ず装備されている調光制御機能には、LED照明でもLEDの特徴を生かすための機能が当然必要になる。

東芝ライテック(株)は、このような要望に応えるため、LED照明用の電源と調光制御技術の開発を進めている。ここでは、LEDの特性に合わせた点灯電源と調光制御技術、また近年普及が進んでいる自然エネルギーを利用したLED照明の独立型電源システムについて述べる。

2 LED照明用電源⁽¹⁾

LEDの調光制御を考えるうえで、LEDの特徴を十分把握することが重要である。主な特徴は、次のとおりである。

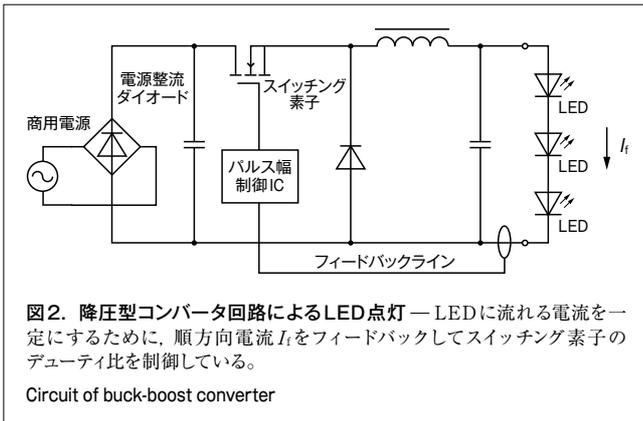
- (1) 素子単体は低電圧の直流で動作する。
- (2) 複数素子をモジュール化した場合、電圧と電流に自由度が生じる。
- (3) 電圧-電流特性は指数関数的であり、温度特性を持つ。



- (4) 素子の動作電圧にばらつきがある。

LEDの順方向電圧 (V_f) - 順方向電流 (I_f) 特性は、温度に依存して指数関数的に変化し (図1)、製造上のばらつきによる素子ごとの差もあるので、電源回路には、安定な動作点を維持するための電流制御機能が必要である。

電流制御機能と、回路効率を高くするために有効な降圧型コンバータを組み合わせた回路構成を図2に示す。LEDに流

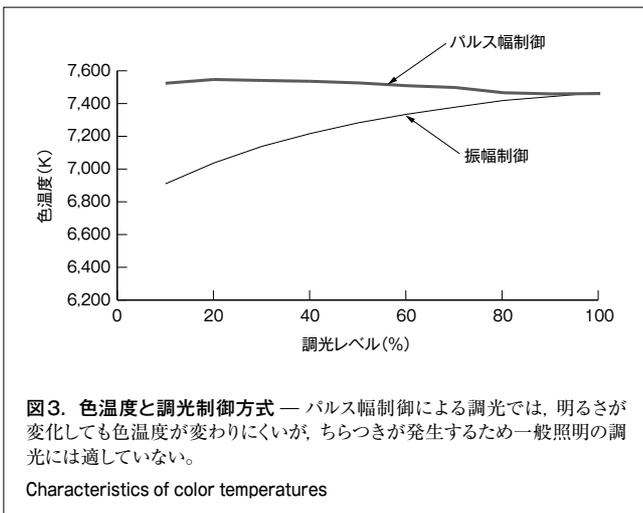


れる電流を一定にするため、 I_f をパルス幅制御ICを介してフィードバックし、スイッチング素子のデューティ比^(注1)を制御している。

JIS(日本工業規格) C 61000-3-2で規定されている入力電流の高調波抑制対応として、放電ランプの場合と同様に、定電流回路の前段に昇圧チョップ回路を挿入している。

3 調光制御

LEDの調光方式には振幅制御とパルス幅制御がある。振幅制御では、LEDの直流電流の値を制御することで明るさを調節する。パルス幅制御では、一定の周波数でLEDの電流をオン/オフし、そのオン時間の比率を制御して明るさを調節する。それぞれに特徴があり、パルス幅制御では、明るさが変化しても色温度が変わりにくいというメリットがある一方、ちらつきが生じるので一般照明の調光には適さないといったデメリットもある(図3)。以下に、それぞれの制御方法について述べる。



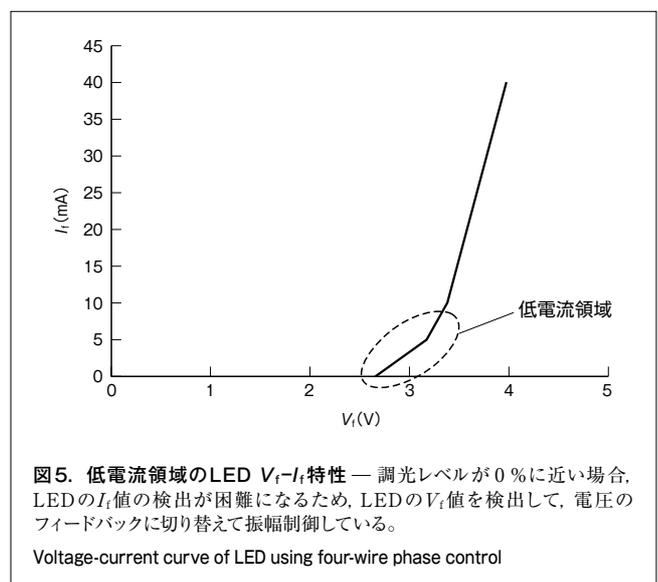
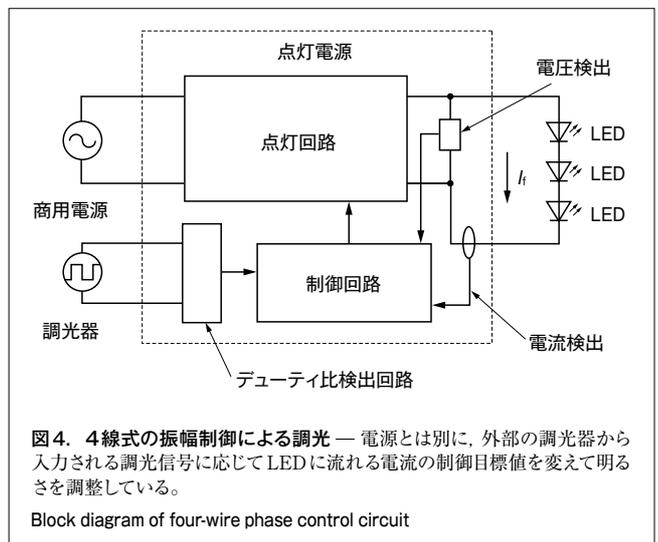
(注1) 一周期でのオンとオフの割合。

3.1 振幅制御

一般照明向けのLED調光制御には、振幅制御を使っている。パルス幅制御は、明るさ一定制御用の照度センサとの組合せに適さない場合があるためである。調光の制御手段は大別して、電源とは別に外部調光信号を入力するタイプ(4線式)と、位相制御された電源波形を入力するタイプ(2線式)がある。それぞれ独自の回路技術が必要である。

3.1.1 4線式

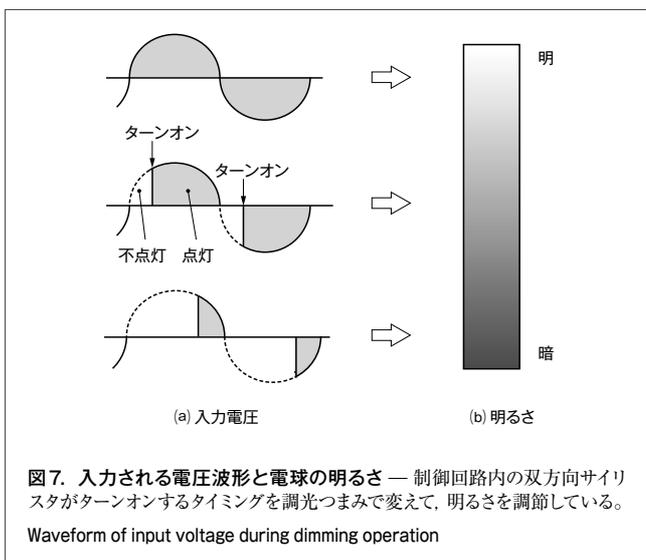
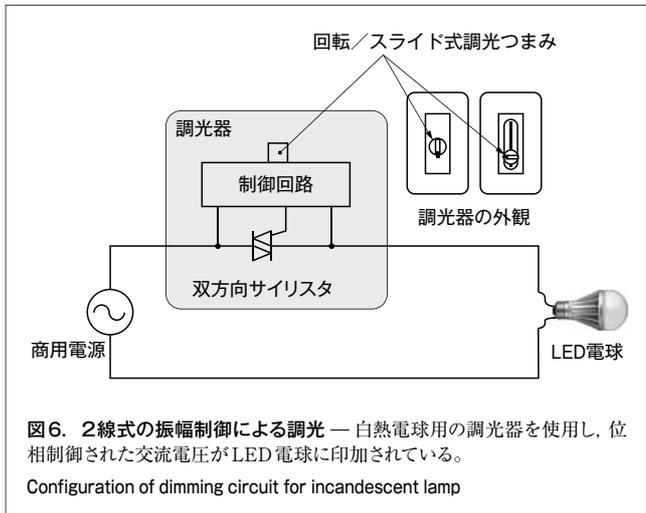
一般照明として広く普及している蛍光灯器具用の調光器を使用するタイプで、LEDダウンライトやLEDベースライトの制御で使っている方式である。回路構成を図4に示す。調光器からの調光信号に応じてLED電流の制御目標値を変えることで、明るさを調節している。更に、調光下限値が0%に近い深い調光を行う場合には、電流値の検出が困難になるという問題がある。そこで、図5に示すLEDの V_f - I_f 特性の破線で示す低電流領域では、電流のフィード



バックではなく、LED電圧をフィードバックして明るさを制御している。この電流と電圧のフィードバックがスムーズに切り替わるようにすることで、振幅制御による深い調光が可能になる。

3.1.2 2線式 白熱電球用の調光器が使用できるタイプで、LED電球の制御で使っている方式である。白熱電球用調光器の代表的な回路構成を図6に、白熱電球用の調光器から入力される電圧波形を図7に示す。商用電源とランプの間にスイッチ素子の双方向サイリスタが挿入されており、調光つまみで制御回路内のタイマの値を設定することで、双方向サイリスタがターンオンするタイミングを変えている。図7に示す電源波形に応じて、ICを使用してLEDの電流値を制御している。電源電圧が小さくなるとICの電源供給が困難になるので、電源電圧の平均値が小さいほどLEDの電流が小さくなるように制御して、電源電圧が完全にゼロになる前に消灯するようにしている。

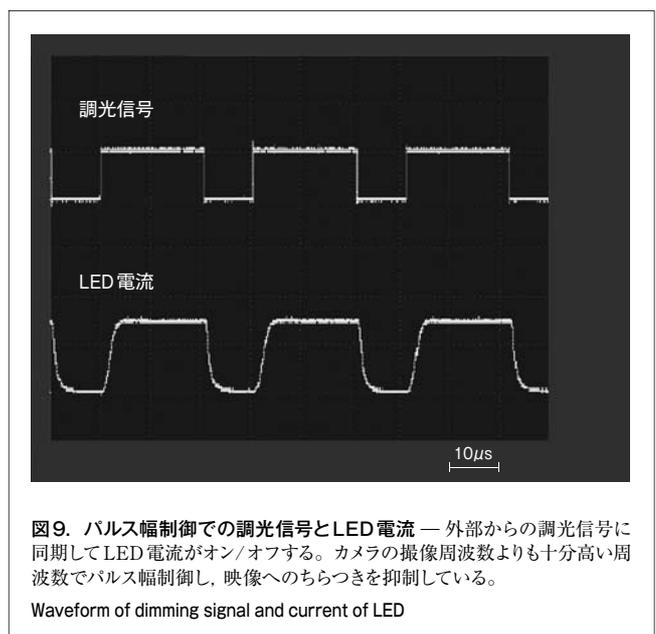
白熱電球用調光器と組み合わせるためには、電流制御以外



の工夫もしている。電子回路で構成されるLED電球(図8)は白熱電球よりも入力電流が少ないだけでなく、入力電流が流れない期間があるので、調光器の制御回路の動作が白熱電球の場合と大きく異なる。LED電球の入力電流が流れない期間にも微小ではあるが電流を流すために、LED点灯回路内の入力端子間にダミー抵抗を設けた。入力電流が流れる期間にはこのダミー抵抗は不要であるため、抵抗の接続の有無をICにより制御してその電力損失を低減している。

3.2 パルス幅制御

パルス幅制御の波形例を図9に示す。外部からの調光信号に同期してLEDの電流がオン/オフしている。パルス幅制御は、明るさが変化しても色温度が変わりにくいというメリットがあるが、点灯周波数が低いとちらつきが発生するというデメリットもある。また、カメラで撮影すると映像にちらつきが発生することもある。このちらつきを抑制するために、カメラの撮像周波数と点灯周波数の同期を取る方法も考えられるが、

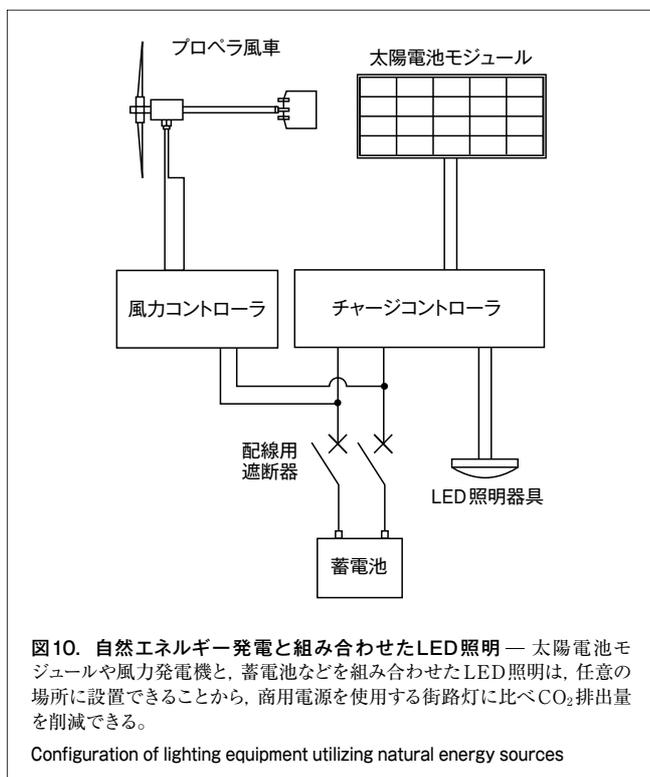


テレビスタジオのようにカメラや照明器具が複数ある場所で使われる場合、これらの同期を取ることは困難である。そこで、撮像周波数よりも十分に高い周波数でパルス幅制御する方法を検討し、テレビスタジオのカメラで撮影した映像のちらつき抑制に対して効果があることを確認した。

4 自然エネルギー照明器具

太陽電池モジュールや風力発電機を組み合わせた自然エネルギーを利用するLED照明器具は、図10に示すように、蓄電池、蓄電池の充放電を制御するチャージコントローラ、プロペラ風車とその回転を制御する風力コントローラ、及びLED照明器具で構成される。発電容量と蓄電容量の組合せにより、曇りや雨で太陽光が得られない日が5日間あった場合でも夜間に7～14時間の点灯ができる。独立型電源システムであるため、商用電源を使用する街路灯に比べて二酸化炭素(CO₂)排出量を削減できるほか、任意の場所に設置できるなどのメリットがある。

太陽電池モジュールと蓄電池を組み合わせたシステムでは、一般的に鉛蓄電池を使用する。しかし、LED照明器具を長時間使用できるが、鉛蓄電池のメンテナンス期間が短いというデメリットがある。そこで、リチウムイオン電池の普及による低価格化を考慮し、蓄電池の変更も検討している。また、より高効率なLED照明器具を開発し、蓄電池容量を抑えることによる性能向上についても検討している。



5 あとがき

従来の光源からLED照明への置換えを推進していくためには、コストを抑えると同時にシステム効率を高めることが不可欠である。LEDの効率向上とともに、電源回路の効率を最適化することも重要になる。

今後は、単体の照明器具だけでなく、照明システムとしていっそうの省エネ実現に取り組んでいく。

文献

- (1) 清水恵一. LED照明用電源について. 信学技報, 106, 233, EE2006-22, 2006, p.1-4.



鎌田 征彦 KAMATA Masahiko

東芝ライテック(株) 技術本部 エレクトロニクス技術部グループ長。LED電源の開発に従事。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



高坂 啓太郎 TAKASAKA Keitaro

東芝ライテック(株) 技術本部 エレクトロニクス技術部。LED電源の開発に従事。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



片野 慈子 KATANO Chikako

東芝ライテック(株) 技術本部 エレクトロニクス技術部。LED電源の開発に従事。
Toshiba Lighting & Technology Corp.