

◆ 第12章

LED駆動用IC「LT3477」で3W LED 5個を駆動

パワーLEDを使用した屋外灯の製作

漆谷 正義
Masayoshi Urushidani

パワーLEDと太陽電池、二次電池を利用して、ソーラ屋外灯を製作する。二次電池の電圧がLEDの順電圧に対して上下するため、昇降圧可能なLED駆動ICを利用した。
〈編集部〉

街灯や門灯などの屋外灯の大半は蛍光灯が使われています。蛍光灯は効率が高く、寿命も長いのが特徴です。これに対しLEDは点光源であり、輝度も低いので、照明用としては使いにくいように思われます。しかし、白色のパワーLEDは、白熱電球とほぼ同等の効率を持ちます。蛍光灯を超える寿命があり、発熱が少ないなど利点が多く、照明の分野で注目を集めています。

屋外灯は、昼間は太陽光を受ける環境にあり、ソーラ・パネルと組み合わせたものが公園などに設置されています。その多くは蛍光灯を使っており、パワーLEDを使ったものは見かけません。蛍光灯の駆動には高電圧(300V程度)が必要であり、直流12Vで駆動するには、高電圧を発生させるインバータ回路が必要になります。

蛍光灯と白色LEDの発光色は見た目には大差無く、蛍光灯ブラケット内部にパワーLEDを並べて発光させても、あまり不自然さは感じられません。そこで、ソーラ・パネルとパワーLEDを組み合わせた屋外灯を製作しました(写真12-1)。

このシステムは自動車のバッテリー(12V)を電源としているので、ここで製作するLED照明灯はそのまま自動車の車内灯などにも利用できます。

● 使用するパワーLEDの特徴

写真12-2は今回使用したパワーLEDです。特性を表12-1に示します。どちらも米国Philips Lumileds社の製品で、LUXEON Starと呼ばれている製品です。内層がアルミニウムのプリント基板に実装されているので、放熱設計が容易です。光軸も補正済みなため、写真12-3のようなレンズ・ホルダを簡単に取り付けられます。図12-1は出力光のスペクトル分布です。

● LEDの直列数はバッテリー電圧により制約される

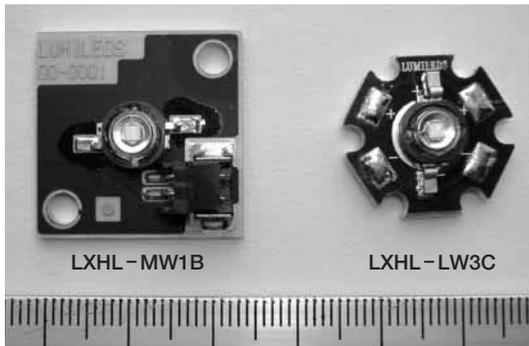
この屋外灯は、トランジスタ技術誌2006年4月号、5月号で紹介しました。今回は次の2点の改良を加えました。

- ① 蛍光灯ランプを使わず、すべてパワーLEDで構成する
- ② LEDの駆動にスイッチング・レギュレータ方式を採用し、効率を上げる

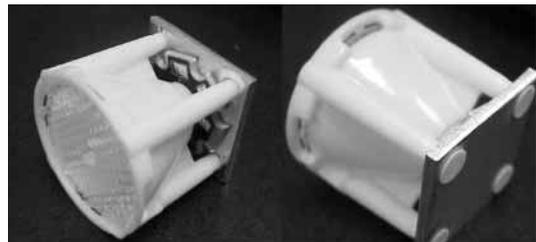
LEDを直列にしたものは、LEDストリングと呼ばれます。LEDを並列接続すると、各LEDに流れる



〈写真12-1〉パワーLEDを使用した屋外灯
パワーLEDは合計10個、投入電力は15W.



〈写真12-2〉使用したパワーLED

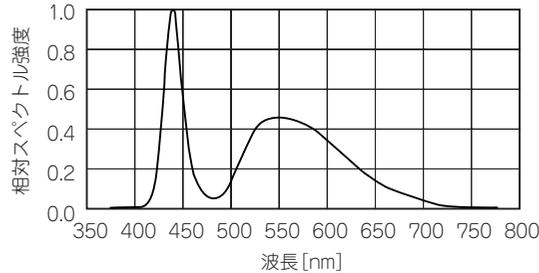


〈写真12-3〉パワーLEDランプ用レンズ・ホルダ

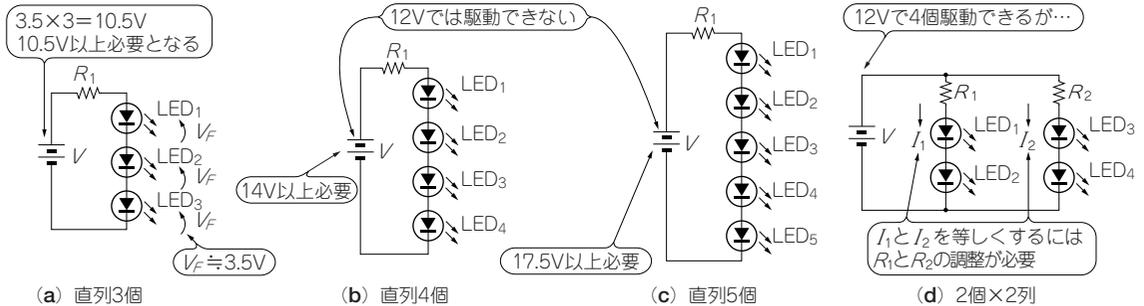
電流がばらつき、均一な輝度が得られません。そこで通常、照明用LEDは直列にして使用します。パワーLEDの順電圧は3.5V程度ですから、直列にした場合は「LEDの個数」×「順電圧」以上の電圧が必要になります。この様子を図12-2に示します。12VのバッテリーではLEDは3個までしか駆動できないことが分かります。また、(d)のように並列にすればいいように思われますが、 V_F にはばらつきがあるので、ストリングごとに電流値が変わり、輝度が均一になりません。均一にするためには、 R_1 と R_2 を1台ずつ調整する必要があります。

〈表12-1〉今回使用するパワーLEDの特性

型番	色	色温度	光束	順電流(最大)	順電圧
LXHL-MW1B	白	5500 K	25 ルーメン	350 mA	3.42 V
LXHL-LW3C	白	5500 K	65 ルーメン	1000 mA	3.70 V



〈図12-1〉LUXEON Star(白色 5500 K)の波長分布



〈図12-2〉LEDの個数と電源電圧の関係

12 VのバッテリーではLEDは3個までしか駆動できないことが分かる。(d)は V_F にばらつきがあるため、ストリングごとに電流値が変わり、輝度が均一にならない。

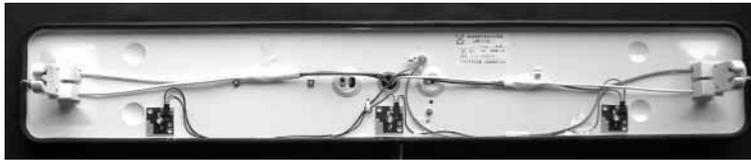
● バラスト抵抗方式は電源電圧によりLEDの輝度に変化する

ソーラ・パネルに接続するバッテリーの電圧は約13.5 Vです。LEDの個数としては、 $13.5 \div 3.5 = 3$ 個(端数切り捨て)が限界です。バッテリーの電圧は時間とともに、14 V → 13 V → 12 Vと変化するので、14 Vのときに350 mAとした場合、直列抵抗は、 $R = (14 - 3 \times 3.5) / 0.35 = 10 \Omega$ となります。

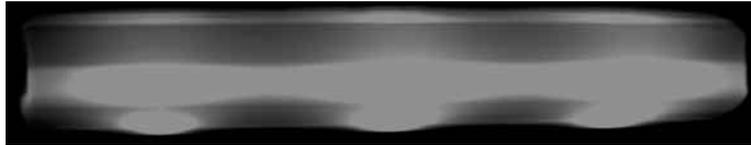
このように直列に抵抗を入れて電流を一定にする方式をバラスト抵抗方式といいます。バラスト抵抗方式では、バッテリー電圧が低下して12 Vになったとき、LEDに流れる電流 I は、 $I = (12 - 3 \times 3.5) / 10 = 150 \text{ mA}$ となり、かなり暗くなります。

写真12-4(a)は、1 WのLEDランプを3個取り付け付けたブラケット部分です。(b)は輝度分布で、電流低下のため暗くなっています。LEDの数も、3個では輝度むらが目立ちます。(c)は、LEDを5個として、スイッチング・レギュレータ方式に変更した場合の配置、(d)は輝度分布です。LED電流を増やすことで明るくなり、LED個数を増やすことで輝度むらも低減しています。

このようにバラスト抵抗方式は、抵抗値が小さい場合、電源電圧の変動によりLED電流、つまりLEDの輝度に変化することが欠点です。また、LEDストリングの個数も電源電圧の制約を受けて一定数以上増やすことは困難です。



(a) 1W LEDを3個使用(抵抗バラスト方式)



(b) 1W LED 3個使用時の輝度分布

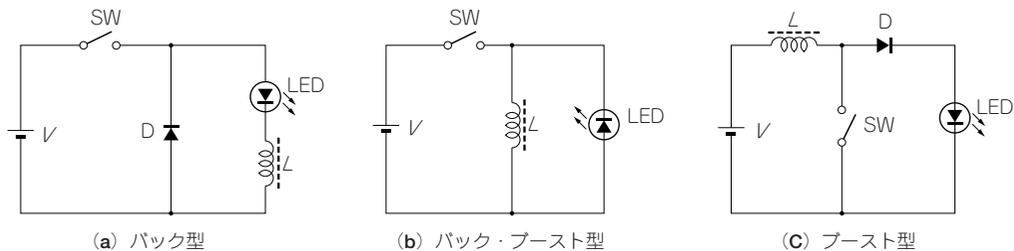


(c) 1W LEDを5個使用(インバータ方式)



(d) 1W LED 5個使用時の輝度分布

〈写真12-4〉 LEDの個数と輝度分布



〈図12-3〉 スイッチング・レギュレータの3方式

(a)はステップ・ダウン(降圧)型ともいい、名前の通り入力電圧に比べて出力電圧が低くなる。(b)はバック・ブースト型あるいはフライバック型、昇降圧型ともいい、入力電圧以上、または入力電圧以下の電圧を発生する。(c)はブースト型あるいはステップ・アップ(昇圧)型といい、入力電圧よりも高い出力電圧を得られる。

● スイッチング・レギュレータには三つの方式がある

以上の考察から、バラスト方式をやめて、定電流型スイッチング・レギュレータを使うことにします。スイッチング・レギュレータの回路要素は、スイッチング・トランジスタ、ダイオード、インダクタ、コンデンサの四つです。どのように組み合わせるかにより、大別して次の3方式(トポロジーと呼ぶ)が