



照明用カラーLED について

目次

1. 概要	2
2. 照明用 LED のカラーラインナップ	2
3. LED の色再現性	3
4. 混色について	4
5. カラーLED による調色設計	5
6. LED 使用上の注意点	6
7. まとめ	6

本書内に記載する型番 NCSRE17A、NCSGE17A、および NCSCE17A は弊社製品の型番であり、商標権を有する可能性のある他社製品といかなる関連性・類似性を有するものではありません。

1. 概要

近年照明分野において様々な場面でカラーLED¹が使用されるようになってきました。その用途は、スマートフォンで手軽に制御できるインテリア照明からビルや景観を演出する大出力投光器まで多岐にわたります。

従来の投光器や舞台照明では比較的大型のハロゲン電球（白色光）が使用されており、それぞれ照明器具と赤、緑、青などのカラーフィルターを組み合わせることでカラー調色を行っていましたが（図 1 参照）。これに対し 1 個の大きさが数 mm と非常に小さな LED では、1 台の照明器具に様々な発光色の LED を搭載することができるため、カラーフィルターを使わず照明器具 1 台でフルカラー調色²が可能となります。照明器具の LED 化は照明器具の小型化や設置数削減のほか、省エネや色再現性の向上など様々なメリットをもたらします。弊社ではお客様の様々なご要望に応えるべくカラーLED を多数ラインナップしています。

本書ではカラー調色の考え方やカラーLED の使い方をご紹介します。

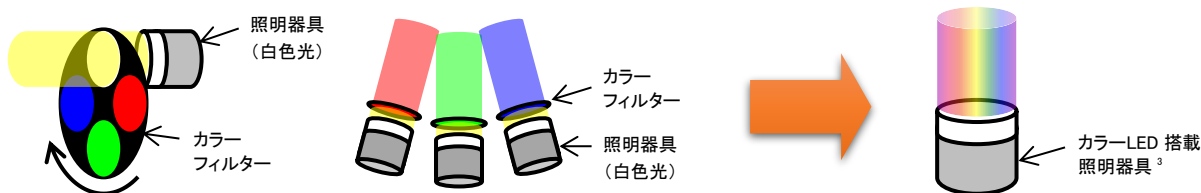


図 1. 照明器具のカラー調色のイメージ

2. 照明用 LED のカラーラインナップ

弊社照明用単色カラーLED の代表的な製品を表 1 および図 2 に示します。

表 1. 照明用単色カラーLED の特徴

タイプ名	特徴、主な用途
Nichia 757G/757H Series	低輝度(低グレア)なので屋内照明や間接照明などで使用されます。
Nichia E11A-V1/E17A-V1 Series	パッケージサイズが小さいので器具の小型化に向いています。
Nichia x19B-V1/219GL-L1 Series	高出力、高信頼性なので屋外投光器などで使用されます。

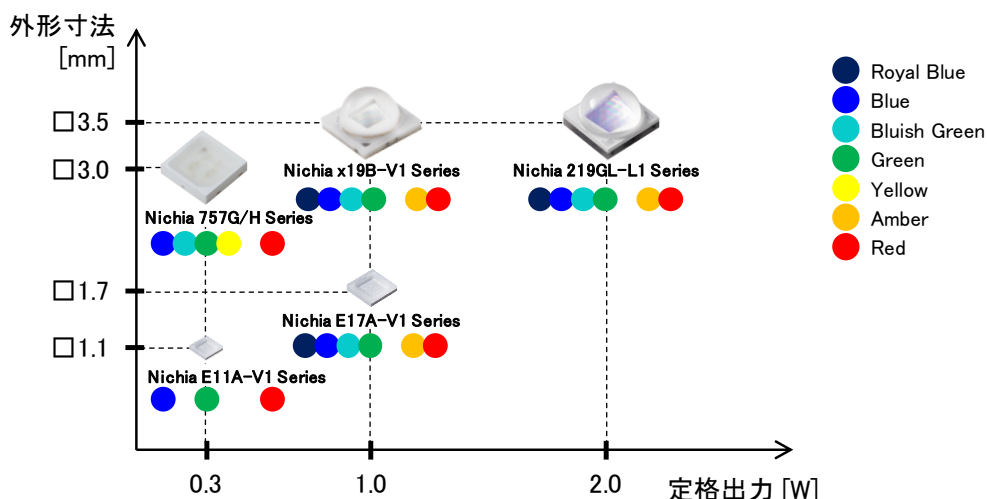


図 2. 照明用単色カラーLED のラインナップ⁴

¹ 赤、緑、青など色純度の高い発光色を有する LED です。

² 例として、RGB(赤、緑、青)の三光源を使用して一色あたり 256 段階の調光を行う場合、表現色は $256 \times 256 \times 256 = 1677$ 万色になります。

³ フルカラー調色の点灯イメージです。

⁴ 図に示したものはラインナップの一部です。詳しくは営業担当までお問合せ下さい。

3. LED の色再現性

図 3 にカラーテレビや PC 関連の色域規格を示します。

- ① NTSC (National Television System Committee)
アナログテレビ放送のコンポジット映像信号および放送方式の仕様を策定した規格です。規格における色域範囲は広いですが、当時の一般的なアナログテレビではその色域を 100%再現することは難しく「NTSC 比 xx%」などの表現方法で色域性能をアピールしていました。
- ② sRGB
IEC が定めた国際規格です。モニターやプリンタ、デジタルカメラなど多くのデジタル機器で対応しており対応機器同士を接続すれば機器間の色の差を小さく出来ます。表示可能な色の範囲は狭く「NTSC 比 72%」となりますが、現在広く普及している HDTV (ハイビジョンテレビ) や BD (ブルーレイディスク) の規格 BT.709 もほぼ同じ色域範囲となっています。
- ③ Adobe RGB
sRGB よりも色域は広くなり NTSC に近づきますが、僅かに異なります。国際規格ではないものの出版や印刷業界のデファクトスタンダードとなっており、モニターやデジタルカメラなどのデジタル機器でも多くの対応機器が見られます。
- ④ BT.2020
次世代の 4K/8K 放送や UHD BD (ウルトラ HD ブルーレイディスク) のための HDR (ハイダイナミックレンジ) 規格で色域はかなり広くなります。従来の HDTV 規格 BT.709 では自然界に存在する物体の色の 74.4%しか再現できませんが、BT.2020 は規格上 99.9%の色再現が可能となります。

上記の色域範囲に LED (RGB の 3 色) で表現可能な色域範囲を重ね合わせると、NTSC や Adobe RGB 以上の広さであることがわかります。このことから LED の色表現の幅はカラーテレビや PC 関連の身近なフルカラー表示機器と比較しても遜色ないことがわかります。

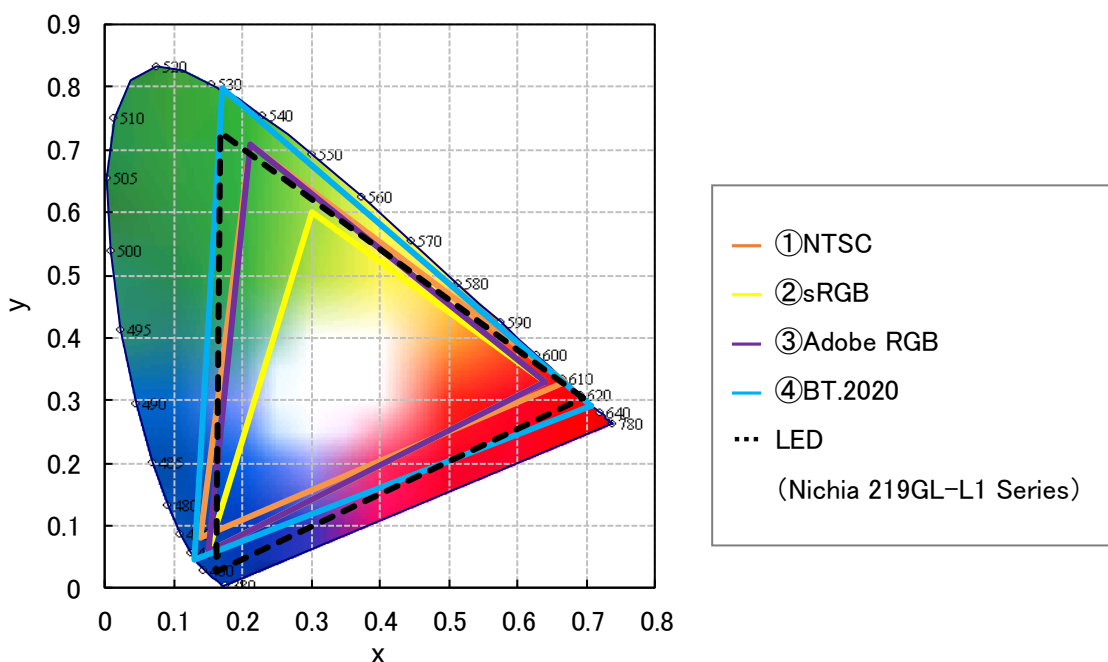


図 3. 色域規格

4. 混色について

2種類以上の色(原色)を混ぜ合わせることを混色と言います。組み合わせる色や割合によって任意の色を作り出すことができます。混色の考え方は大きく分けて次の2つに分類されます。

4.1. 加法混色

照明やモニターなど、光の足し合わせによる色の表現方法でありRGB(赤、緑、青)の光の三原色を使用します。光を重ねていくほど明るくなり、すべての色の光を足し合わせると白色光になります。(図4参照)

例:

赤と青の光を重ねると混色光は赤と青の両方の発光スペクトルを持った赤紫色(マゼンタ色)の光となります。(図5参照)

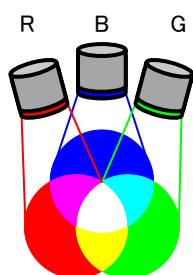


図4. 加法混色のイメージ

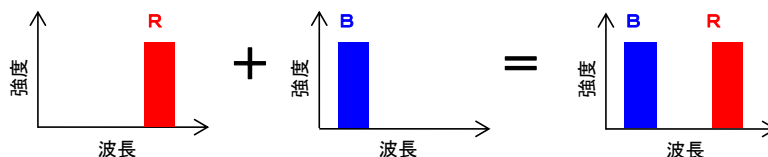


図5. 加法混色の例

4.2. 減法混色

印刷インクやカラーフィルターなど光を吸収する物質の重ね合わせによる色の表現方法であり、CMY(シアン、マゼンタ、イエロー)の色三原色を使用します。加法混色とは逆の考え方で、光の吸収特性の重ね合わせなので色を重ねるほど暗くなり、全ての色を重ねると黒(全ての光を吸収)になります。(図6参照)

例:

赤色光を吸収するシアンのフィルターと、青色光を吸収するイエローのフィルターを重ねると赤と青の両方を吸収し、緑色光のみを透過するフィルターとなります。(図7参照)

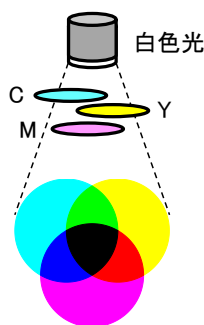


図6. 減法混色のイメージ

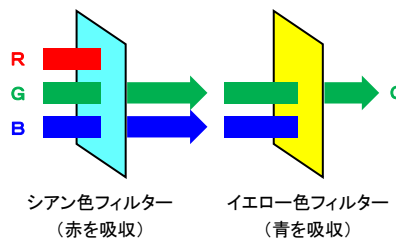


図7. 減法混色の例

5. カラーLEDによる調色設計

5.1. 加法混色による計算方法

カラーLEDの混色によりカラー調色する場合は光の混色、すなわち加法混色として考えることができます。XYZ表色系^{※5}における三刺激値(X, Y, Z)で加法混色を考えた場合、混色光は原色光の成分の和で表現できます。LED1の三刺激値を(X₁, Y₁, Z₁)、LED2の三刺激値を(X₂, Y₂, Z₂)、LED3の三刺激値を(X₃, Y₃, Z₃)、… LEDnの三刺激値を(X_n, Y_n, Z_n)とした場合、混色後の三刺激値(X, Y, Z)は以下の式1で表すことができます。

$$\begin{cases} X = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \\ Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n \\ Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n \end{cases} \quad \dots(\text{式 1})$$

また、三刺激値(X, Y, Z)とxy色度座標における色度(x,y)および明るさYの間には式2の変換式が成り立ちます。

$$\begin{cases} X = \frac{Y}{y} x \\ Y = Y \quad \text{※明るさ(光束または輝度)} \\ Z = \frac{Y}{y} (1 - x - y) \end{cases} \quad \dots(\text{式 2})$$

このことから、原色光の色度(x,y)と明るさYがわかれば混色後の色度と明るさを計算で求めることができます。またこの逆も可能で、混色で得たい色度と明るさが決まればLEDの明るさを各々いくらにすればよいのか計算で求めることができます。

5.2. 加法混色の計算例

弊社のE17Aタイプを例に、混色で狙いの色度と明るさを得るための計算方法をご紹介します。試算条件として、NCSRE17A(Red) 1個、NCSGE17A(Green) 1個、NCSCE17A(Blue) 1個の3色のLEDを使用し、混色後の狙い色度は(x,y)=(0.345, 0.355)、光束は100lmとします。(図8参照)

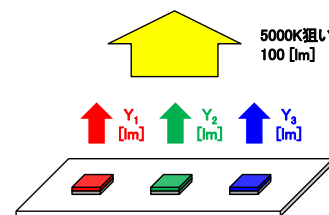


図 8. 試算条件

E17Aタイプの各色の代表色度x,yを表2に示します。また各色の明るさは変数Y₁~Y₃としておきます。

表 2. E17Aタイプ代表特性

	色度		明るさ Y
	x	y	
NCSRE17A(Red)	0.683	0.313	Y ₁
NCSGE17A(Green)	0.252	0.651	Y ₂
NCSCE17A(Blue)	0.157	0.021	Y ₃
混色後(5000K狙い)	0.345	0.355	100 lm

※5. 詳しくはCIE(国際照明委員会)の規格「CIE 1931」におけるXYZ表色系を参照ください。

これらの値から式 2 の変換式を使用して各色の三刺激値(X, Y, Z)を求めます。

表 3. 三刺激値への変換

	三刺激値		
	X	Y	Z
NCSRE17A (Red)	$2.182Y_1$	Y_1	$0.013Y_1$
NCSGE17A (Green)	$0.387Y_2$	Y_2	$0.149Y_2$
NCSCE17A (Blue)	$7.476Y_3$	Y_3	$39.143Y_3$
(5000K 狙い)	97.183	100	84.507

得られた三刺激値(表 3)を式 1 に当てはめると以下の連立方程式が成り立ちます。

$$\begin{cases} 97.183 = 2.182Y_1 + 0.387Y_2 + 7.476Y_3 \\ 100 = Y_1 + Y_2 + Y_3 \\ 84.507 = 0.013Y_1 + 0.149Y_2 + 39.143Y_3 \end{cases} \quad \dots(\text{式 3})$$

この連立方程式を解くことで、各 LED の明るさ Y_1 、 Y_2 、 Y_3 を求めることができます。今回の例では、 Y_1 (赤): 25.2 lm、 Y_2 (緑): 72.9 lm、 Y_3 (青): 1.9 lm となります。

今回は RGB の 3 色で試算しましたが、白色光の色温度制御のように高色温度の白色と低色温度の白色の 2 色による調色も同様の手順で計算することができます。ただし 4 色以上で調色する場合、解が複数存在するためいずれか 1 色以上の明るさを事前に決めておき変数(求めたい明るさ)を 3 つ以下にしておく必要があります。

6. LED 使用上の注意点

以下に LED 使用上の注意点を示します。

- ・ いかなる駆動条件においても、すべての LED で絶対最大定格順電流を超えないことを確認してください。
- ・ いかなる駆動条件においても、すべての LED で絶対最大定格ジャンクション温度を超えないことを確認してください。
- ・ 電流特性や温度特性などにより光束および色度の実測値が設計値からずれる可能性があります。
- ・ 製品タイプによっては色毎に順電圧が大きく異なります。電源回路および LED 回路設計時にご注意ください。
- ・ 使用条件によっては照射面で色ムラが発生する場合があります。実機にて問題ないことを確認してください。
- ・ 実装時の注意点については各製品タイプに対応する実装技術資料を参照してください。

7. まとめ

今回ご紹介した内容は調色設計の一例であり LED の調色性能を保証するものではありません。必ずお客様ご自身で設計・検証を行い、実機にて問題のないことを確認してください。

<免責事項>

本書は、弊社が管理し提供している参考技術文書です。
本書を利用される場合は、以下の注意点をお読みいただき、ご了承いただいたうえでご利用ください。

- ・ 本書は弊社が参考のために作成したものであり、弊社は、本書により何らの保証をも提供するものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報は、製品の代表的動作および応用例を示したものであり、その使用に関して、弊社および第三者の知的財産権その他の権利の保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・ 本書に記載されている情報については正確を期すべく注意を払っておりますが、弊社は当該情報の完全性、正確性および有用性を一切保証するものではありません。また、当該情報を利用、使用、ダウンロードする等の行為に関連して生じたいかなる損害についても、弊社は一切の責任を負いません。
- ・ 弊社は、本書の内容を事前あるいは事後の通知なく変更する場合がありますのでご了承ください。
- ・ 本書に記載されている情報等に関する著作権およびその他の権利は、弊社または弊社に利用を許諾した権利者に帰属します。弊社から事前の書面による承諾を得ることなく、本書の一部または全部をそのままあるいは改変して転載、複製等することはできません。

日亜化学工業株式会社

<http://www.nichia.co.jp>

774-8601 徳島県阿南市上中町岡491番地

Phone: 0884-22-2311 Fax: 0884-21-0148