

有色標準 LED を用いた輝度計の色度校正に関する検討

後藤 竜也 (日本電気計器検定所 標準部)

1. はじめに

色度とは、色の特性を数値的に表現する指標として、主に色相と彩度を表し、明度を除いた光の色の性質を示すものである。これは、CIE (国際照明委員会) 表色系に基づいて定義され、色の三刺激値 (X, Y, Z) から座標 (x, y) として計算される。

色度が測定可能な計測器 (レンズ式の輝度計など) の校正は、相対分光分布が既知の標準光源と波長依存性のない白色拡散反射板とを使用した方法で行うことが多い。当所においては、相対分光分布が既知の標準電球は、分光放射照度標準電球であり、この場合、トレーサビリティが明確となる色度座標の測定点は 1 点のみとなることから、計測器管理の信頼性向上のためには、測定点を増やすことが望ましいと考えていた。

一方、当所では、標準 LED (赤、緑、青、白 以下、それぞれ R,G,B,W で記す) に対する相対分光分布の測定が可能であるため、この標準 LED を標準光源として用いることで測定点を増やすことができると考え、検討を行った。本稿では、標準 LED を用いた色度校正についての概要を報告する。

2. CIE1931 (標準) 表色系

CIE1931 (標準) 表色系は、混色量 X, Y, Z の混色比 x, y, z で表されるが、一般に、求める色度座標は、横軸に x 座標、縦軸に y 座標をとった図で示される。色のイメージを重ねた色度図を図 1 に示す。図中の丸印は、今回使用する標準 LED の色度座標のおおよその位置を示している。4 色の標準 LED を使用することで、測定点の範囲を広げられる。

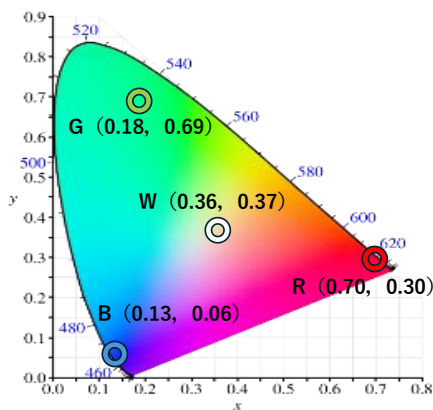


図 1 色度図

3. 色度座標の求め方

白色拡散反射板上の色度 (色度座標) は、JIS Z 8722 : 2009⁽¹⁾で示される以下の式により求められる。

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$X = K \cdot \int_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$Y = K \cdot \int_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$Z = K \cdot \int_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

ここで、

$S(\lambda)$: 測色用イルミナントの分光分布の波長 λ における値
 $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: XYZ 表色系における等色関数の値

$\Delta\lambda$: 三刺激値計算のための波長間隔

$R(\lambda)$: 白色拡散反射板の分光反射率係数

K : 基準化係数

$$K = \frac{100}{\sum_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \Delta\lambda}$$

4. 装置

4.1 標準 LED

光源は、温度調節機能付き標準 LED (R,G,B,W) である。標準 LED の色度座標は、立体角を 0.01 sr としたときの相対分光分布から求められている。

4.2 白色拡散反射板

白色拡散反射板は、パウダー状のテフロンを均一な力で押し固めベーキングして仕上げられた樹脂製のものであり、可視域を含む広範囲な波長で均一な反射特性を持つ。

5. 色度のトレーサビリティ体系

図 2 に、色度のトレーサビリティ体系を示す。標準 LED は、当所の分光放射照度標準電球を通じて、また、白色拡散反射板は直接、国立研究開発法人産業技術総合研究所 (以下、産総研という) にトレースされる。

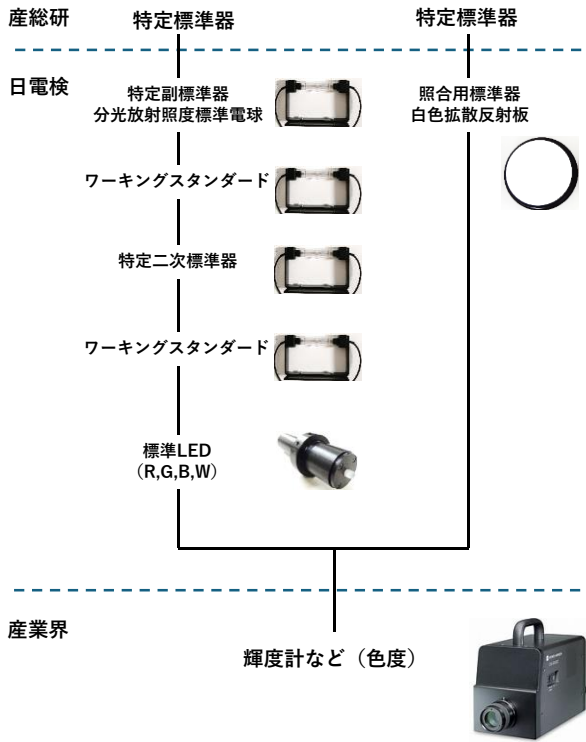


図2 色度のトレーサビリティ体系

6. 校正方法

校正は、標準 LED の光を、標準 LED に正対させた白色拡散反射板に照射した状態で、板面内の立体角 0.01 sr に相当する面積部分を、その 45° 方向に置いた輝度計で測定し、その測定値と標準値を比較するものである。

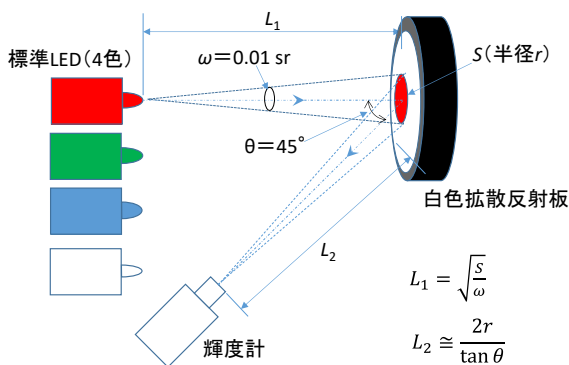


図3 測定系の模式図

7. 校正の不確かさ

検討した不確かさ要因の中で、合成標準不確かさに寄与する割合が比較的高かったものは、次のものであった。

- ① 上位標準（標準 LED）の校正値の不確かさ
- ② 標準 LED の経時変化の不確かさ
- ③ 標準 LED の周囲温度の不確かさ
- ④ 輝度計の設置の不確かさ
- ⑤ 白色拡散反射板の波長依存性と経年変化の不確かさ

8. 校正測定能力

校正測定能力を表 1 に示す。なお、参照機関とした産総研での校正結果と当所における校正結果とを比較して求めた En 数は、全ての色において 1 以下であった。

表 1 校正測定能力

種類	色	拡張不確かさ (信頼の水準約 95%)
レンズ式 色彩輝度計など	R	$x=0.005$ $y=0.006$
	G	
	B	
	W	

9. おわりに

従来の標準電球を用いた場合、輝度計の色度校正点は 1 点であったが、今回、4 色の標準 LED 光源を用いることで、校正範囲を拡張することができた。この結果は、今後の計測器管理の信頼性向上に寄与すると考える。

参考文献

- (1) JIS Z 8722 : 2009 “色の測定方法-反射及び透過物体色”

(2024 年 12 月 13 日受付)