

ノート

LED 光学特性測定システムの開発

岩永 敏秀* 山本 哲雄* 実川 徹則**

Development of a Measuring System of Luminous Quantities of LEDs

Toshihide Iwanaga*, Tetsuo Yamamoto*, Tetsunori Jitsukawa**

キーワード: 光度, 配光, 全光束, 平均化 LED 光度

Keywords: Luminous intensity, Luminous intensity distribution, Total luminous flux, Averaged LED intensity

1. はじめに

近年, LED の性能向上・低価格化などに伴い, 照明用光源としての製品化が進んでおり, 照明用光源の基本的な光学特性(光度・配光・全光束)の正確な測定がより一層望まれている。当所では, 従来型照明用光源の光学特性に関する依頼測定等に対応してきたが, 最近では LED に関する測定要望が非常に多く, 今回, 国際照明委員会の技術報告(CIE127)⁽¹⁾に準拠した実用的な LED 光学特性測定システムを開発・評価したので報告する。

2. 開発したシステムの概要

2.1 システムの構成と特長 今回開発した測定システムの構成を図1に示す。治具を交換することによって, 砲弾型 LED (φ3mm~φ10mm) 及び表面実装型 LED(1.6mm×0.8mm~6mm×6mm)について測定可能である。LED の位置・軸合わせは, XY ステージ・自動回転ステージ(2軸)と原点系・スケール・レーザー光によって正確に行うことができる。受光器ユニットは, 積分球に V(λ) 受光器とポリクロメータ式分光器を組み合わせたものとなっている。このシステムの特長として, モザイク型 V(λ)受光器を採用することで, 分光視感効率からの外れ(fs)を小さく抑え, 測光の正確さを向上させている(表1参照)。また, LED の分光分布を測定することで色補正を行い, 有色 LED の測光の正確さをさらに向上させている。積分球前面には, アパーチャー(開口面積 100mm²)を設け, 適切に距離を設定することで CIE127 の平均化 LED 光度の測定を行うことができる。また, 自動回転ステージを制御することで配光特性の

測定および球帯係数法による全光束の算出を行うことができる。

2.2 光度・配光・全光束の算出方法 光度 I(cd)は, (1)式で算出する。ここで, K は色補正係数, E は照度(lx), r は測光距離(m)である。

$$I = K \cdot E \cdot r^2 \quad (1)$$

測光距離は, 被測定 LED および受光器の基準面を原点系に正確に位置合わせすることにより決めることができる。CIE127 では, 平均化 LED 光度という概念を導入して, 受光面積を 100mm²としたとき, 測光距離 316mm (コンディション A) または 100mm (コンディション B) に設定することを推奨している。また, 照度は, 光度標準電球により受光器に照度応答度の値付けをしておくことによって求める。色補正係数は, LED の分光分布と受光器の分光応答度から算出する。分光器の校正は分布温度値の校正がされている光度標準電球を用いて行っている。

配光特性は, 2軸の自動回転ステージを制御することにより鉛直角(-160~160°), 水平角(0~180°)内で求めることができる。全光束 Φ(lm)は, 配光特性の各方向の光度値を用いて, 球帯係数法により次式で求めることができる。

$$\Phi = \sum_{\theta} Z(\theta) \cdot I(\theta) \quad (2)$$

ここで, Z(θ)は球帯係数, I(θ)は鉛直角θに LED を設定したときの平均光度(cd)である。

表1. 分光視感効率からの外れによる測光誤差の比較

	従来の受光器	今回製作の受光器
fs	6.76	1.69
白色 LED (NSPW510)	1.5%	0.2%
青色 LED (NSPB510)	7.5%	2.0%
赤色 LED (FR5364X)	3.0%	1.5%

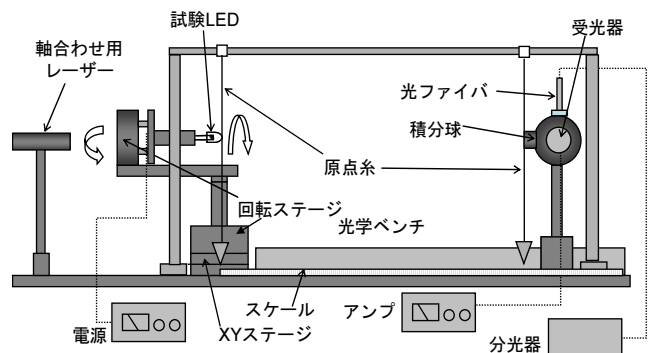


図1. 開発した測光システムの構成

* 光音グループ
** 東京都水道局 (前東京都立産業技術研究所)

3. システムの評価

3.1 評価方法 本システムの評価は、主要な不確かさを算出することで行った。また、全光束については、本システム（球帯係数法）と別途測定した球形光束計による測定値²⁾の比較を行い、値の妥当性を確認した。

評価には白色・青色・青緑色・緑色・黄色・赤色の6色の砲弾型LED（φ=5mm）を用いた。不確かさの算出には、光度の不確かさの各要因への依存度（感度係数）を知る必要があるため、実験で求めた。

3.2 評価結果と考察

不確かさの評価結果を表2に示す。その結果、受光器校正（標準不確かさ $u=0.67\%$ ）、測光距離（ $u=0.14\sim0.46\%$ ）、LEDの設置角度（LEDを設置する際の測光軸からのずれ）（ $u=0.12\sim2.67\%$ ）、周囲温度変動（ $u=0.07\sim0.73\%$ ）、分光応答度の校正（ $u=0.04\sim0.31\%$ ）などが比較的大きな不確かさ要因であることが判明した。表2から分かるようにLEDの種類、測光距離によって不確かさの大きさは異なる。これは、各不確かさ要因の感度係数がLEDの色、配光特性、測光距離によって異なることに起因する（表3、図2参照）。設置角度依存性については、指向性の強いLEDを測光距離316mmで測定した場合、その感度係数が大きくなっている。また、周囲温度依存性については、今回評価したLEDでは0.0~1.5%/°Cの感度係数のばらつきが見られた。

合成標準不確かさ(u_c)算出結果から、測光距離100mmで $u_c=0.98\sim1.78\%$ 、測光距離316mmで $u_c=1.36\sim2.86\%$ が得ら

表2. 測定の不確かさ（主要項目のみ）（%, $k=1$ ）

要因	評価LED	NSPW 510白	NSPB 510青	NSPE5 10青緑	NSPG 510緑	HLMP- EL31黄	FR53 64X赤
受光器校正		0.67					
測光距離	100mm	0.46	0.42	0.42	0.42	0.46	0.46
	316mm	0.15	0.16	0.16	0.16	0.14	0.16
LEDの 設置角度	100mm	0.12	1.18	1.18	0.90	1.28	0.66
	316mm	1.04	2.67	2.67	1.66	1.21	1.59
周囲温度		0.14	0.00	0.07	0.10	0.73	0.18
分光応答度		0.04	0.31	0.26	0.15	0.18	0.29
合成標準 不確かさ	100mm	0.98	1.61	1.55	1.32	1.78	1.29
	316mm	1.36	2.86	2.82	1.88	1.67	1.89

不確かさの大きかった要因だけを抜粋したが、合成標準不確かさは、他の要因も考慮した値となっている。

表3. 光度の設置角度依存性

	指向角 $2\theta_{1/2}$	1°あたりの光度変化(%/°)	
		測光距離100mm	測光距離316mm
NSPW510	50°	0.4	3.0
NSPB510	30°	3.4	7.7
NSPE510	30°	3.4	7.7
NSPG510	30°	2.6	4.8
HLMP-EL31	30°	3.7	3.5
FR5364X	35°	1.9	4.6

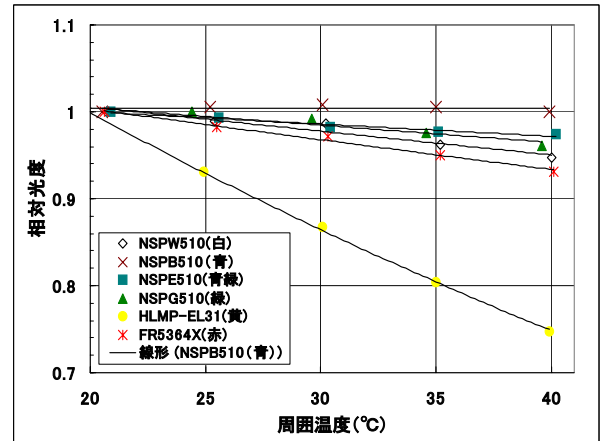


図2. 光度の周囲温度依存性

れた。指向性の強いLEDを測光距離316mmで測定する際、測光距離100mmに比べ、やや不確かさが大きくなっているが、実用上、十分な値に抑えられている。

全光束について、本システム（球帯係数法）と球形光束計による測定結果の比較を図3に示す。評価した全てのLEDについて不確かさの範囲内で両者は一致した。

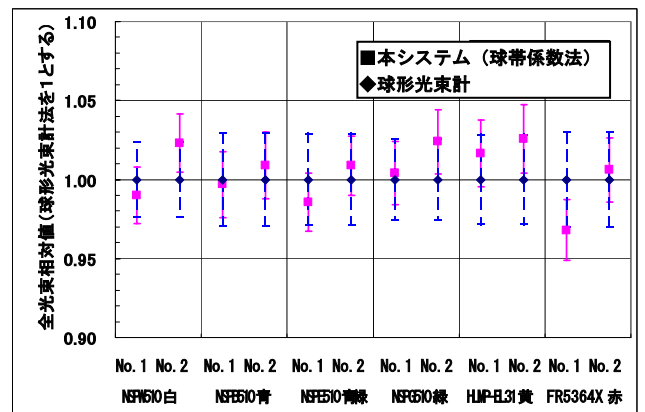


図3. 本システム(球帯係数法)と球形光束計による全光束値の比較
誤差バーは、各測定値の拡張不確かさ(k=2)を示す。

4. まとめ

LEDの特性を考慮し、測光の正確さを向上させたLED（単体）用の光度・配光・全光束測定システムの構築を行った。不確かさ評価および全光束の比較測定の結果、実用上十分なレベルの測定信頼性が確保できた。

今後は、値の大きかった不確かさ要因の低減についての検討とそれに基づくシステムの改善を行い、依頼試験等に対応していく。

(平成18年10月23日受付, 平成18年12月1日再受付)

文献

- (1) CIE127 “Measurement of LEDs“(1997)
- (2) 岩永ほか : 照明学会全国大会, p.262 (2005)