

LEDを採用する一般照明の色一貫性の改善

アレキサンダー・ウィルム

パッケージLED業界において、部品のビンング方法を変更することによって固体照明(SSL: Solid State Lighting)製品の色一貫性を改善する方法について説明する。

LEDは、一般照明用の適切な光源としての地位を確実に確立している。コストは現在、任意の用途に何の問題もなく使用できるレベルにまで低下している。効率面では既に、既存のすべての光源を上回っている。しかし、LEDが生成する光の品質については、まだ改善の余地がある。改善の準備が整った項目のひとつが演色性で、何よりも重要なのが色の一貫性である。色の一貫性を改善するための手段のひとつが、CIE 2015 10°表色系を使用するようにLEDのビンング方法を変更することである。独オスラム・オプト・セミコンダクターズ社(Osram Opto Semiconductors)は、国際照明委員会(CIE: International Commission on Illumination)が策定したCIE 2015 10°表色系に基づく10°ビンングを開発した。

これまで、一般照明やその他の用途に対する標準国際表色系はCIE 1931 2°だった。その名のとおりに、CIEが1931年に策定したものである。それ以降、照明業界ではいくらかの変化があったと言えるだろう。当時は、白熱電球が唯一の電気光源で、その後ハロゲンランプ、小型蛍光灯(CFL: Compact Fluorescent Lamp)、高輝度放電(HID: High-Intensity Discharge)ランプがそれに加わった。続いてLEDとLED交換用電球が登場し、ついには白熱電球がエネルギー効率を理由に廃止され



図1 一般照明において、既存の業界慣行に従ってビンングされた白色LEDを使用すると、人間の目で認識可能な色の違いが生じる可能性がある(画像提供:オスラム社)。

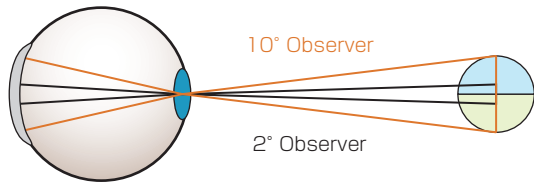
た。この85年間でこれだけの変化があったにもかかわらず、色の測定基準に何の調整も加えられなかったというのは本当だろうか。

いや実際のところ、変更が加えられたことはあった。CIEは1964年、新しい表色系10° Standard Observer(標準観測者)を定義して規格化した。今日に至るまで照明業界では使用されていない。CIEは2015年、全く新たな試みとして1964年のものに続くふたつめの10°表色系であるCIE 2015 10° u'v'を定めた。これで2000年代に新しい表色系が照明業界で採用される可能性は1000年代よりも高くなるだろうか。オスラム・オプト・セミコンダク

ターズ社はそう確信している。

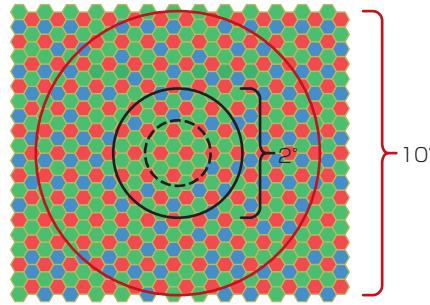
同じ色度座標で異なる色知覚

一般照明用のLEDに対して、この10°ビンングがそれほどまで興味深いのはなぜか。通常のCIE 1931 2°表色系では、全く同じ色度座標にあるふたつのLEDが、明らかに異なる白色の色調を示すことがある(図1)。壁面照明、スポットライト、ダウンライトの単一光源として用いられる白色のCOB(Chip On Board)LEDの場合は、このような色の違いが特に気になる。近年、LEDが生成する光の品質に対する要件が高まっていることから、色の一貫性に関する議論もますます白熱し



1931 2° Observer:
視野: ~ Ø 17 mm @ 0.5m

1964 10° Observer:
視野: ~ Ø 90 mm @ 0.5m



目の中の光受容体細胞(錐体細胞)

図2 LEDのビニングで現在使用されているような2°の視野では、色知覚にばらつきが生じる可能性がある。目の中心には青錐体がないためである。10°の視野の方が、一般照明の光に対する人間の知覚に格段に近い。

ている。オスラム社はこの問題に対処するために、一部のCOB LEDに対して、CIE 2015 10° u'v' 表色系に基づく白色LEDビニングを導入した。

10°表色系の最大の利点は、色知覚を正確かつより現実に近い形で表現できることである。白色LEDが色の一貫性に欠ける原因は、CIE 1931 2° 表色系における色度座標と、人間の視覚系による実際の色知覚が一致していないことにある。

CIE 1931 2°表色系では、色知覚に関与する目の青、緑、赤の錐体細胞が均等に分布していると仮定している。しかし、これは事実とは異なり、色素濃度は視野全体で大きく異なる。例えば、中心には青錐体が全く存在しない小さな領域がある。0.5mの距離から見た場合、2°表色系には直径17mmの視野しかない(図2)。ほとんどの一般照明が10°以上の視野(0.5mの距離で直径約90mm以上)で規定されている。2°と10°で錐体細胞の比率が異なるため、色知覚にゆがみが生じる。

光のスペクトル組成

しかし、なぜそのようなゆがみは白色LEDでとりわけ顕著なのか。その原因は光のスペクトル組成にある。この問題に気付いたのは、独バルテンバ

ッハ社(Bartenbach)という照明設計会社である。同社が行った研究調査により、光スペクトルの測光評価結果が実際の視覚的外観と一致しない場合があることが明らかになった。しかも、光品質が重視される一部の照明設計プロジェクトにおいて、その違いは目で認識できるレベルだった。メタメリズム(条件等色)として知られる効果により、スペクトル組成が異なっても色度座標が同じである白色光は、同一として知覚されるはずである(LEDs Magazineでは、メタメリズムを含む色知覚関連の概念を取り上げた、色彩科

学に関する4部構成の記事を掲載したことがある。<http://bit.ly/MqbtWY>)

この問題を正しく理解するには、まず一歩下がって基本に立ち返り、白色LEDからの光が青色チップを変換することによって生成されていることを思い出す必要がある。この青色チップの波長にはばらつきがあるかもしれないが、蛍光体またはコンバータの構成を調整することによって、異なるLEDで全く同じ色度座標になるようにそれが補正される。しかしそれでも、青色範囲のスペクトル組成はLEDによって異なり、それがまさに、2°の視野と

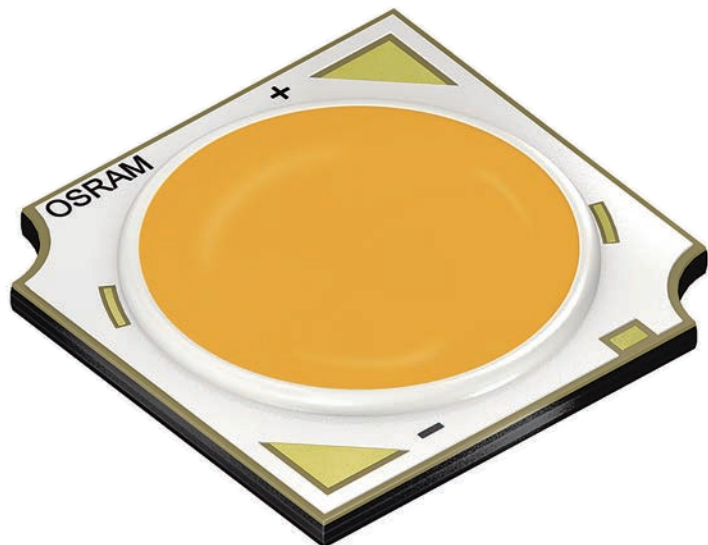


図3 オスラム・オプト・セミコンダクターズ社の「Soleriq S 13」は、CIE 2015 10° u'v' 表色系に基づくビニングを採用した初のLEDである。



図4 ホスピタリティ分野のプロジェクトは、統一された白色に知覚されることが照明設計の重要な要素とみなされる複数の種類のプロジェクトのひとつである。

10°の視野において色知覚の違いが特に顕著となる原因である。2°の観測者に対して1-SDCM (standard deviation of color matching: 等色標準偏差、マクアダム楕円として一般的に知られる) という非常に狭範囲のビンングを適用し、全く同じ色度座標になるようにLEDが最適化されており、測定によっても違いが検出されない場合は、このスペクトルの違いが、10°の観測視野の方により近い標準的な一般照明における知覚可能な色差につながる可能性がある。

人間の知覚との一致

オスラム社は、10°の視野角による白色ビンングの方が、一般照明における人間の色知覚にはるかに近いと確信している。10°ビンングでは、多様なスペクトル形状によって主な色差を回避することができる。同社は、錯体細

胞に関する最新の科学研究結果を、物理学的に重要な軸を持つ色度図に関する基本知識に組み合わせて、その結果を一般照明用の一部のLEDに適用している。

オスラム社が「TEN°」と呼ぶ技術はまず、一連のCOB製品に採用されている。具体的には、2016年3月にリリースされた第3世代の「Soleriq S 13」である(図3)。新しいビンング方法の採用により、これらのLEDではこれまでにない色一貫性が保証される。それと同時に、新しいSoleriq LEDは今後も、最新業界規格に準拠しつつ、既存の白色ビンング(分類)との互換性も維持する。10°ビンングは、既存規格に置き換わるものではなく、現

時点ではそれに追加されるだけのものである。これによって顧客はこれまでどおり、特定の製品やアプリケーションを何の問題もなく実装することができる。

ビンングの将来

Soleriq S 13が、10°表色系にビンングされた唯一のLED製品になるかどうかは、国際照明業界がこれを受け入れるかどうかによる。オスラム社はこの技術が、高い品質要件とコスト圧力の間で板挟みになっているLED一般照明の問題を解決するための信頼性と費用対効果に優れたインテリジェントな方法だと考えている。このビンング方法によって照明デザイナーや仕様定義者は、住居用照明や、光品質が重要となるホスピタリティなどの商業用照明のプロジェクトにおいて、統一された白色を実現できるようになる(図4)。

照明実装に従事する一部の著名な企業からは既に、オスラム社の見解に同意する声が寄せられている。バルテンバッハ社は、「オスラム社の新しい白色ビンングは、LEDを採用する照明システムの品質を向上させるための正しい方法だ」とコメントした。また、独NELネオテクニク・エレクトロアンラーゲン・ライプツィヒ社(NEL Neontechnik Elektroanlagen Leipzig GmbH)のある担当者は、「バルテンバッハ社とまったく同意見だ。正しい方向への正しい一歩だと思う。科学者として、長らく待たれてきた必要な動きだと言いついてよいと思う。市場がこれを正しく評価することを願うばかりだ」と述べている。

著者紹介

アレキサンダー・ウィルム(ALEXANDER WILM)は、独オスラム・オプト・セミコンダクターズ社(Osram Opto Semiconductors)のアプリケーションエンジニア兼SSLソリューションの主要エキスパートとしてレーゲンスブルクに勤務。URL:osram-os.com