

照明用光源の新時代へ

川上 一郎

100億を越えるとも言われているオスカー賞授賞式の放映権料が最大の収入源である通称“アカデミー”(AMPAS: Academy of Motion Picture Arts and Sciences)が検討を続けていたLED照明による色再現への影響についてのレポートと、この検討結果を受けて撮影現場での演色性評価が手軽に行える測定器“スペクトロマスター C-800”がセコニックから12月21日より発売が開始されたので、LED照明の実際と演色性評価指数について紹介していく。

最近の連載でも度々紹介しているが、アーク放電を光源として始まった映画上映もキセノンランプ光源が主流となり、そして映画配給用フィルム市場の急速な衰退をきっかけとして会社再生となったコダック社の保有特許で売却が報じられたのが映写機用レーザー光源の技術であった。2018年末では、新規及び更新によるデジタルシネマプロジェクタの8割がレーザー光源(RGBレーザー及びレーザー蛍光体光源含む)となっていると報じられ、一部報道では数年内にキセノン光源搭載機の販売が止まるのではとも言われている。

さて、映画撮影時の照明もアーク放電の光源からタングステン照明へと切り替わり、21世紀に入ってからはインバータ蛍光灯照明、そしてLED照明へと変遷を遂げてきている。

筆者が関わったデジタルシネマ標準化技術の研究プロジェクトで制作した色空間再

現標準動画撮影を行った2006年でも、都内の撮影スタジオでタングステンランプ照明のみで運用していたのは数カ所しか無かったことが懐かしく思い出される。

さて、1928年にアカデミーが米国撮影監督協会(ASC: American Society of Cinematographers)と映画制作者連盟(AMPP: Association of Motion Picture Producers)と連携して白熱電球による照明が映画撮影に与える影響を検証した82頁の報告書を公開している。この“Incandescent Illumination as Applied to Motion Picture Production”(https://www.oscars.org/sites/oscars/files/ssl_report.pdf)は、アークランプからタングステンランプへの切替に伴う課題について検討を行っている。なお、当時のタングステンランプを代表するブランド名が“MAZDA”(ゾロアスター教の最高神アフラ・マズダーに由来する名前)で、2010年に東芝ライテックが白熱球の生産を中止するまで、この商標名は使用されていた)であったことから、この報告書でのランプ方式比較でも“MAZDA”と“Arc”として表記されている。

技術的な課題以外でも、制作者側からの要望で従来手法との労働コスト・機材コストの比較を行っており、1928年の撮影現場労働者の日給が“MAZDA”では\$87~110で、“Arc”では\$139~211となっており、ランプ交換を含めてタングステンランプが効率的であったことがうかがえ、現場労働者のコストは1928年

4月の賃金水準からして40~50%の削減効果ができていると報告されている。また、各シーン撮影での各種機材(18インチ Sun Spots, OH Strip, Side Lamps, 1000W Single Stereo, …)経費に加えて、機材運搬の下働き労働者日当が\$7.00等と記載されており、1928年当時の映画制作現場労働環境がうかがえる内容である。

当時の主要撮影スタジオのキーマンへの、タングステンランプ切替によるコスト削減効果の質問、そして切替に伴う技術的課題などの質疑応答を集約するかたちでテスト撮影の内容と構成が決定された。リール1はテスト撮影に関わった関係者のクレジットと合わせて“Relativity of Arc and Mazda lighting from the standpoint of volume”が撮影の目的として表示され、ArcとMazdaのロングショット・ミディアムそしてクローズアップ比較がリビング内のシーンで構成されている。リール2では、Blue・Green・Redの色再現比較シーンがDupont, Eastman, Agfaのネガを用いて行われ、リール3では屋外の庭園、リール4では単品の質感再現を、リール5では総合的な質感再現シーン、リール6では、アークライトが点光源による照明であるのに対して、タングステン光源はある程度の面積を持った巻き線が発光する光源であることから、クリスタルガラスへの光の差し込み等のシーンを、そしてリール7ではカラーチャートを、リール8では既存のArcランプでは問題とならなかったがMazdaランプで発生した運用上の問題となったシーン、最後のリール9では両方の照明を混



写真1 アカデミー白熱電球レポート

在させたシーンを撮影している。

このテストフィルム上映会（1928年4月17日）での質疑応答についても報告書の23ページ以降に詳細に記述されており、興味深い内容である。写真1には、この報告書の表紙とアーク放電の電極配置とアークの形状比較、そしてテスト撮影に使用されたタングステンランプの一例を示している。

また、タングステン照明での肌色再現問題についてはメイクアップアーティストも交えて会合が行われて意見交換が行われており、22頁から39頁にわたって会合で発表されたレポートの内容と質疑応答が詳細に記述されている。

さて、今回のLEDに代表される個体照明での色再現問題について、アカデミーが提案したのは、現在の映像撮影機器の基本がタングステン照明や昼光色のスペクトル応答であることを踏まえて、多様なスペクトルを持ったLED照明の色再現性能をわかりやすく指標化することである。

図1に示しているのが、おなじみの昼光色軌跡と代表的な色温度での色弁別誤差楕円である。ISOで規定されている標準タングステンランプの色温度は Illuminant A として 2700K 付近に位置しており、標準的な昼光色色温度である 6500K の D65 が

△で表示されている。図2には ISO で規定されている D65 のスペクトル波形であり、図3に示しているタングステンランプによるスペクトル波形とは全く異なる強度分布であるが、ネガフィルムの感光乳剤や撮影カメラの周波数応答特性は、この二つの代表的なスペクトル分布で肌色再現が行えるように調整されているが、どちらも輝線スペクトルを持たない分光分布であり、LED やレーザー光源のように特定の波長に輝線スペクトルを持った光源を使用した場合には、従来の色再現演算や変換手法では予想しない色相ズレ等が発生することはよく知られている。また、映画撮影では肌色再現が最も重視されるが、従来行われていた照明光源の演色性評価指標である CRI (Color Rendering Index) では肌色を含まない 14 の中間色 CRI のカラーパッチ

TCS01 7,5 R 6/4 Light greyish red
 TCS02 5 Y 6/4 Dark greyish yellow
 TCS03 5 GY 6/8 Strong yellow green
 TCS04 2,5 G 6/6 Moderate yellowish green
 TCS05 10 BG 6/4 Light bluish green
 TCS06 5 PB 6/8 Light blue
 TCS07 2,5 P 6/8 Light violet
 TCS08 10 P 6/8 Light reddish purple
 TCS09 4,5 R 4/13 Strong red
 TCS10 5 Y 8/10 Strong yellow
 TCS11 4,5 G 5/8 Strong green
 TCS12 3 PB 3/11 Strong blue
 TCS13 5 YR 8/4 Light yellowish pink
 TCS14 5 GY 4/4 Moderate olive green (leaf)

(引用元 https://en.wikipedia.org/wiki/Color_rendering_index) を使用しており、CRI 値の高い LED 照明を使用しても肌色再現結果が良好な訳では無い。

図4に示しているのは代表的な白色LEDのスペクトル分布であるが、青～青緑色のLEDにより黄色の蛍光を発生させており、家庭用LED等の大半がこのようなスペク

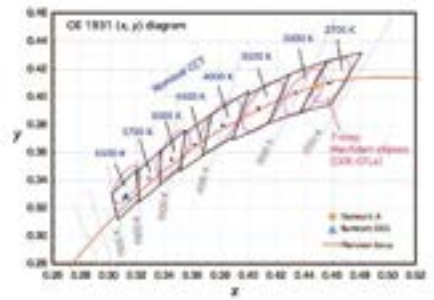


図1 昼光色軌跡と色温度

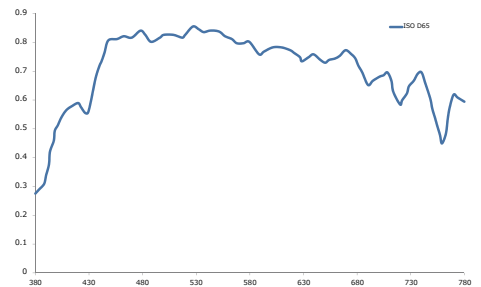


図2 昼光色 (ISO D65)

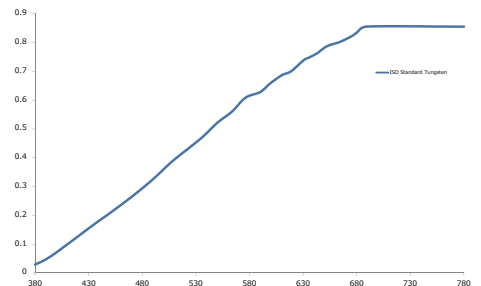


図3 タングステンランプ (ISO Standard Tungsten)

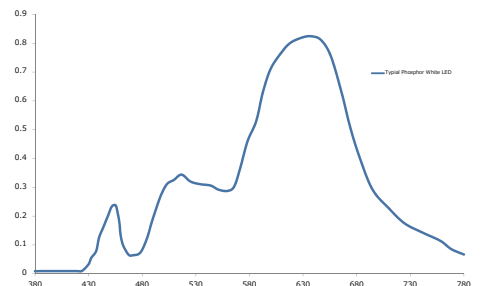


図4 蛍光体白色LED (Typical Phosphor LED)

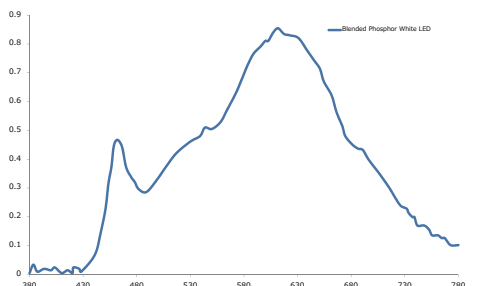


図5 ブレンド蛍光体白色LED (Blended Phosphor White LED)

トル分布である。図5は、蛍光体を混合させて黄色から赤色部分をより広範囲に発光させたLEDのスペクトル分布である。図6と図7は、一つのLEDチップ内に異なる発光波長の素子を配置した複合型LED

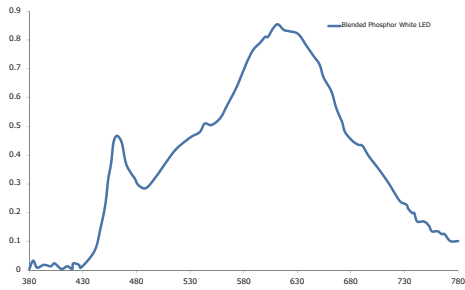


図6 複合型 LED-1 (Multi Emitter LED 1)

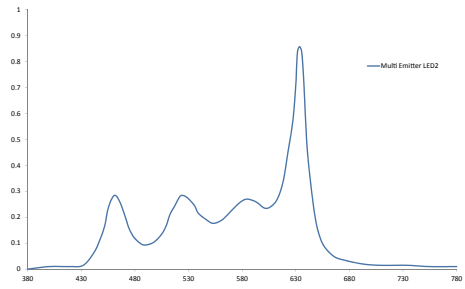


図7 複合型 LED-2 (Multi Emitter LED 2)

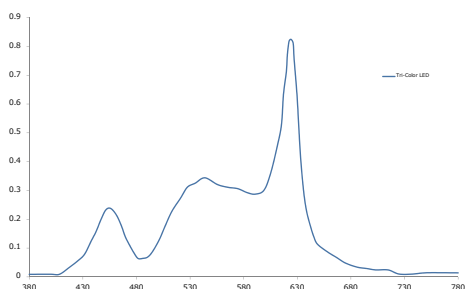


図8 三原色 LED (Tri-Color LED)

によるスペクトル分布であり、図6では460nm・530nm・600nm・630nmの4箇所に発光ピークがあるが、図7では470nm・525nm・595nm・645nmのピークであり、かつそれぞれのピーク強度が全く異なっている。図8は三原色LEDであり、RGBそれぞれのLEDチップを組み合わせた構成である。

このように、LED照明では使用する機材によってスペクトル分布が全く異なるために、光源の公称色温度5500Kで輝度バランスを取ったとしても、使用するカメラ側のRGB応答関数との整合性がとれていないと色再現特性は全く異なってしまうことになる。

このカメラ側での色応答特性については、テレビ撮影での照明条件の問題も踏まえて欧州放送連合 (EBU) が積極的に活動を行ってきており、2012年に“Television Lighting Consistency Index 2012”と題した高効率LED照明を使用した場合の色

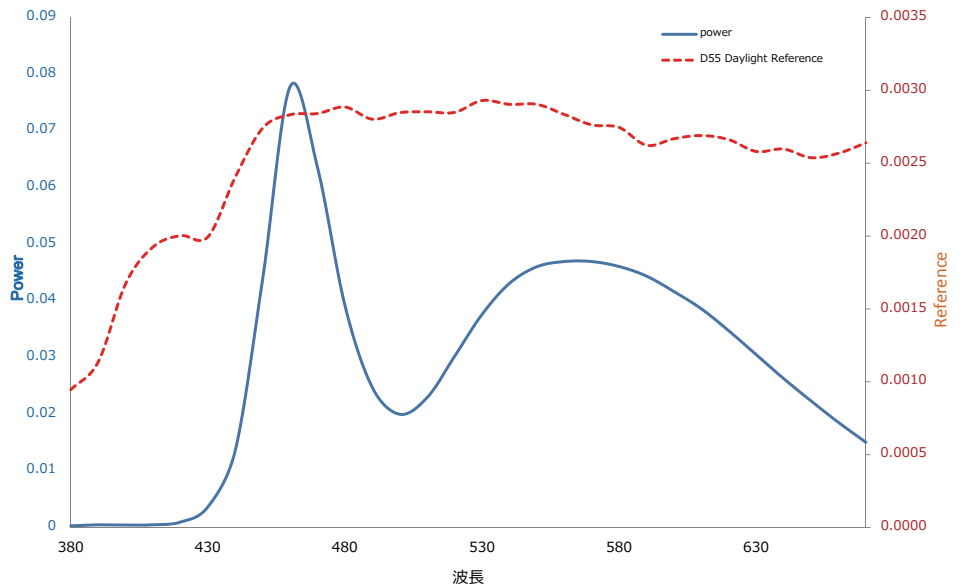


図9 EBU 標準カメラ応答関数 EBU-Tech3355

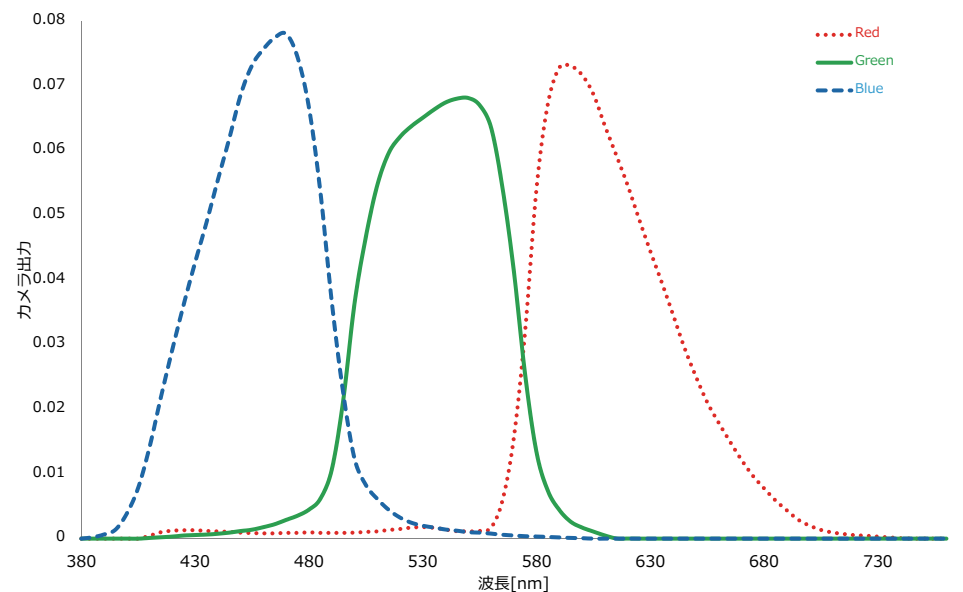


図10 D55 昼光色スペクトル強度と演色性指数リファレンス

再現問題に関する運用ガイドラインを發表し、このガイドラインの基本となるテレビカメラ側の色応答特性 (EBU Tech 3353-A Standard (TLC-2012) TV Camera Model), CIE 色座標系との比較 (EBU Tech3354-Comparison of CIE Colour Metrics-TLCI-2012)、異なる照度での運用指標 (EBU Tech3355-Method for the Assessment of the colorimetric properties of Luminaires) も合わせて公開しており、TLCI-2012のソフトウェアも公開されている。

図9がEBUにより提案された色再現を

目的としたTVカメラの標準色応答関数である。なお、この色応答関数をもったカメラが存在しているわけではない。

アカデミーが提案するスペクトル類似性指標 (SSI : Spectral Similarity Index) は、なだらかなスペクトル強度分布を持っている昼光色やタングステンランプなどの従来技術による光源と異なる図3～図8に示しているようなLEDに代表される光源を使用して映画撮影を行う場合に、使用するカメラでの色再現に与える影響を指数として表現することを提案している。図10はD55昼光色のスペクトル分布とSSI計算用強度

指数のグラフで、点線はスペクトル分布を示しており、460nm 付近の鋭いピークと 570nm 付近の緩やかなピークで構成されているのが SSI 計算用の強度分布である。発光色温度を D55 に設定した LED 光源のスペクトル分布を測定し、各波長帯毎の強度分布をこのリファレンス強度分布と比較し、誤差を二乗して累積した結果を 100 から除算することにより、昼光色スペクトルの色再現に必要な強度分布からのズレを 0 ~ 100 の指数として表現できることを提案している。

具体的なイメージは、図 11 に示しているセコニック C-800 の SSI 画面を見ていただくと、最下部の色分けされたヒストグラムが SSI 計測結果であり、各ゾーン毎のリファレンス強度との誤差が一目瞭然であり、上部の CCT 色温度表示の下に SSI 計測結果が表示されている。また、色再現指標 CRI もレーダーチャートで表示されており、希望小売価格 18 万円での多彩な機能は、さすが照度計のトップメーカーであるセコニックの面目躍如と言ったところである。

照度と色温度の管理から、一歩前進して TLCl (Television Lighting Consistency Index : TLCl-2012) と TLMF (Television Luminaire Matching Factor : TLMF-2013)、そして SSI、TM-30-15 (参考文献 https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/12/f27/tm-30_fact-sheet.pdf) と冒頭でも紹介している CRI 等の複雑な輝線スペクトルによる色再現の問題に対応できる機能を使いこなして、デジタル時代ならではの豊かな映像表現を実現していただきたい。

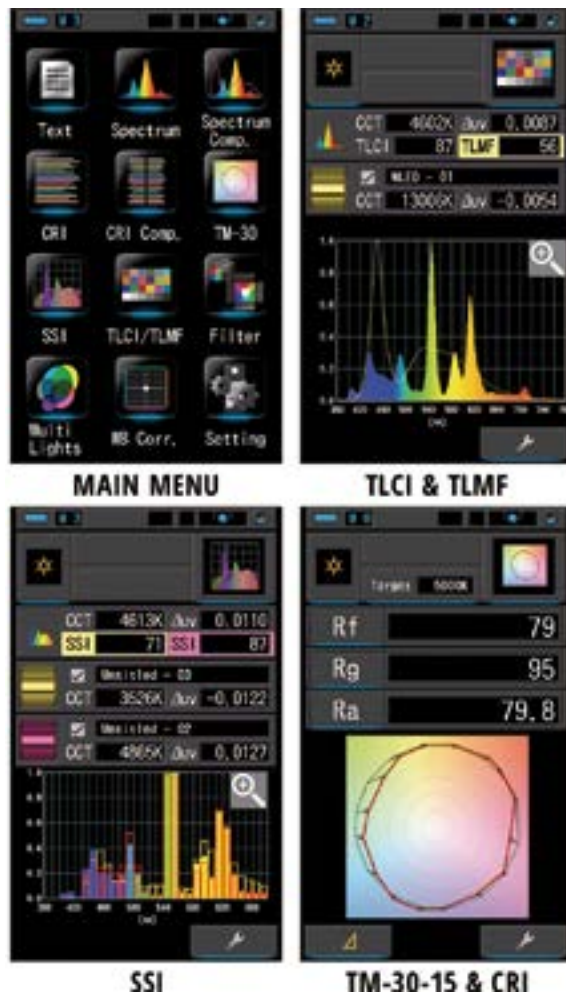




図 11 セコニック C-800

Ichiro Kawakami
デジタル・ルック・ラボ



ファイルベース自動QCシステム

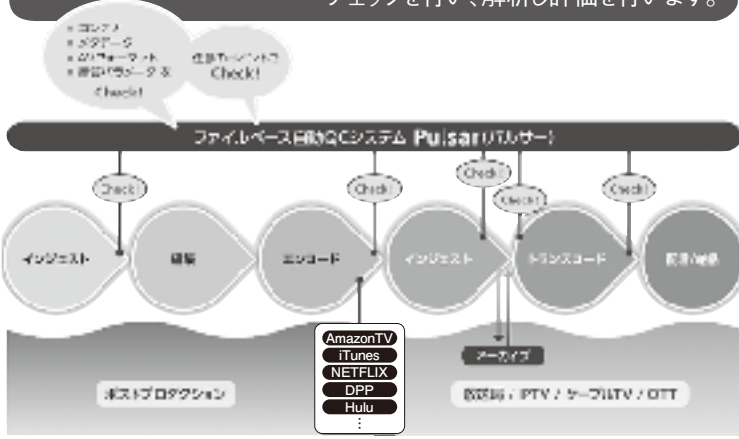
file-based Automated QC system



さらに拡大するファイルベース制作ワークフローにおいて、大量のファイル取り込みから配信/納品までの各ポイントにおける品質管理は益々重要になってきています。

2003年創業以来、すでに世界で150以上のユーザーの獲得実績を誇る、Venera Technologies社のファイルベースQCシステム「Pulsar (パルサー)」は、豊富な対応フォーマット、独自に柔軟な設定が可能な解析テンプレート機能、オペレータの省力化をサポートする各種自動化機能などを備えた、費用対効果の高い自動QCツールです。

用途ごとにチェックが必要とされる各項目を高速に、確実な一貫したチェックを行い、解析し評価を行います。



●多くの現場オペレータの声を反映させた、直感的なユーザーインターフェイスとレポート機能を搭載したQCシステムです。

●コンテンツファイルのコンテナ、メタデータ、AVフォーマット、その他品質パラメータを解析テンプレートに従って高速に自動品質評価します。

●特定の検証プロセスに適用できるルール/プロファイル/テンプレートを独自に定義できます。

●HLSやSmooth StreamingフォーマットなどのAdaptive Bitrateコンテンツの解析に対応しています。

●ハードウェアPSE解析エンジンをオプション追加可能です。

伊藤忠ケーブルシステム株式会社
クロスメディアソリューション本部 TEL.03(6277)1851
〒141-0022 東京都品川区東五反田 3-20-14 高輪パークタワー