

特集「美術館・博物館の展示空間における照明と色彩」
Light and Color for Exhibition Space in Museum

美術館の照明計画の実際

The Current State of Art Museum Lighting Plans

藤原 工

Takumi Fujiwara

株式会社 灯工舎

Light Meister Co.,Ltd.

キーワード：LED照明, ウォールケース展示, ウォールウォッシャ照明, 調光調色, 光の重心, 視環境のバリアフリー
Keywords：LED lighting, wall case display, wall washer lighting, dimming and toning, center of gravity of light, barrier-free visual environment

1. はじめに

美術展示の大前提は、美術品の損傷を最小限に抑えることとその条件下で正しく魅力的に鑑賞ができることにあり、その舞台となる美術館ではそれらの実現のために、建築、建築設備、展示設備、展示ケースといった展示装置を常に進歩させてきた。それは、天窓採光からスタートした美術館の光環境が、その後、白熱電球、蛍光灯、ハロゲン電球など照明技術の進歩により変化し、展示装置に少なからず影響を与えてきたことにも見ることができる。現在のLED化においても、展示照明、展示装置が従来のものから変化を始めている。本稿では従来の美術館照明を顧みつつ、LEDによる新しい流れについて報告を行う。

2. 美術館照明について

2-1. 美術館照明の前提条件

視覚による鑑賞の大前提となる光は、同時にエネルギー体でもあり美術品を損傷する能力も併せ持っている。つまり前述の美術展示の大前提は、そのまま美術館照明の大前提という事になる。まずは美術館照明としてこれらを実現するために必須となる条件を整理すると以下になる。

○ 損傷を最小限に抑えるための条件

- ・ 紫外線、赤外線といった有害光線が無いこと
- ・ 素材によって定められた制限照度以下とすること
- ・ 作品内の照度ムラを適切な状態に抑えること（平面作品ならば均斉度0.7以上）

○ 正しく魅力的に鑑賞ができるための条件

- ・ 演色性をRa95以上とすること
- ・ 適切な色温度とすること
- ・ 素材、手法による適切な陰影、煌めきをつくりだすこと
- ・ 展示に合わせた空間光を整えること

- ・ 鑑賞の邪魔となる光のノイズを無くすこと

これらは、光源、器具そのものの課題を除けば、その多くは建築、ケースなど展示手法と共に解決されるべき課題が多い。次項では、展示手法と照明について述べる。

2-2. 展示方法による分類

展示照明は設備の一つであり、建築物や展示ケースといった展示装置と共に機能する。展示方法を大きく分けると建築空間を主としたオープン展示と、展示ケースを主としたケース展示に分けられる。

○ オープン展示

- ・ オープン壁面展示
絵画など展示壁面を中心とした展示
- ・ オープン床面展示
彫刻、立体物など展示床面を中心とした展示

	ベース照明		ウォールウォッシャ照明	スポット照明
	建築化照明 (光天井)	直接照明 (ベースライト)	ラインウォッシャ	スポットライト
オープン展示				
	建築化照明 (間接照明)	直接照明 (ダウンライト)	単体ウォール ウォッシャ	ユニバーサル ダウンライト
ケース展示	ルーバー照明		ウォールウォッシャ (壁面ケース用)	光ファイバー スポット
	拡散パネル照明			ミニスポット (LED)

図1 照明手法の展示方法別分類

○ケース展示

・壁面ケース展示

建築壁に組み込まれた壁面ケースによる展示

・可動ケース展示

展示空間内に自由に設置できる可動ケースによる展示。ケースには以下の種類がある。

○立ちケース展示

○覗きケース展示

これら展示方法に合わせ、適切な展示照明を行う。

展示照明手法は、ベース照明、ウォールウォッシュ照明、ピックアップ照明の3つの手法に分類することができる。それら照明手法は、図1に示したように展示方法別に分類される。

3. 従来照明とLED照明の違いについて

前項にあげた基本的な照明手法は、美術館博物館蛍光灯、ハロゲン電球といった従来光源から大きな変更はないが、LED光源になって従来の光源ではできなかったことが可能となってきた。

3-1. 従来光源の特徴と傾向

これまで美術館で使用されてきた光源は、美術館博物館蛍光灯及びハロゲン電球が中心である。各光源とその照明効果における特徴をあげる。これら特徴には、優れた部分もあるが、その光源ゆえの限界もある。

○美術館博物館蛍光灯

美術館で使用される直管蛍光灯は、演色性の高い蛍光体ブレンド、表面には紫外線吸収膜を施した日本オリジナルの蛍光灯である。演色性は、AA (Ra90以上)とAAA (Ra95以上)があり、色温度は電球色 (3000K)、白色 (4000 (4200) K)、昼白色 (5000K) の3種がある。公立の近代美術館や現代美術館などでは白色が、日本美術中心の館では電球色が用いられることが多い。発光状態が蛍光管表面全体の拡散発光のため、光天井、間接照明、ベース照明など拡散配光の照明手法に適している。ウォールウォッシュにも使用されるが、発光面積が大きいため配光制御に限界があり、ウォールケースなど空間に制約がある場合は、光源に近い部分の照度が高くなり、視線高さ (展示中心) の照度が相対的に低く感じ、作品の見えが悪くなる傾向がある。

○ハロゲン電球

ハロゲン電球には、100V仕様と12V仕様があり、色温度は電球色 (12Vは3000K、100Vは2850K) である。分光は熱放射による発光の為、赤外線に向かって比率

が高くなる分布である。赤外線が多く含まれるだけでなく、紫外線も含まれるため、器具側に紫外線赤外線カットフィルターを使用する。光源発光部が小さいため、スポットライト、ダウンライトなど配光制御が必要な照明器具に使用される。調光は位相制御で0-100%までスムーズに行えるが、反面、電圧特性によって調光すれば色温度も低く変化するため、照度と色温度のバランス調整が難しい。また、熱量が大きいため、器具自体や発光部近くで使用できる素材、フィルター等に制限がある。

美術館博物館蛍光灯とハロゲン電球は、以上のように特徴がはっきりとしているため、使用される照明器具の種類、照明手法が使い分けられるが、実際には、蛍光灯ベース照明+ハロゲンスポットライトのように合わせて使われる。また、これら光源はメーカーによる違いがほとんど無く、これらの光源を使用すれば色再現性は担保されるという安心感もあった。

3-2. LED照明の特徴と傾向

美術館で使用する高演色の白色LEDには、青色LED励起タイプと紫色LED励起タイプがある。それぞれの分光傾向や特徴については詳述しないが、一般的には紫色LED励起タイプは演色性が高い反面、損傷対策として紫ピークのカットが必要となる。また、効率が低いため高天井空間には不向きである。青色LED励起タイプは、演色性が近年格段に進歩し、美術館光源に最適化されつつあるが、分光の特徴がメーカーにより大きく異なるため、光源の選択肢が広がったが、最適な選択は逆に難しくなっている。

LEDは小さい半導体であり、それらをどのように集積、配置するかで発光部の形状は自由になる。そのため従来、蛍光灯とハロゲンで使い分けられていた器具、照明手法は、LED光源のみで成立する。加えて、LED光源を使用した照明器具には従来の光源にはない以下の特徴を兼ね備えている。

○色温度の自由度 (調色機能)

異なる色温度のLED素子を近接発光させ、それぞれを調光することで、調色が可能

○調光の自由度

電球と違い調光により色温度は変化しない。下限値においては機器により異なるので注意が必要

○コンパクト器具制作可能

ケース内や狭小空間などに設置可能なコンパクト器具が制作可能

○ライン光源のバリエーション

従来の蛍光灯では決まっていた形状（太さ、長さ）が、自由になり、建築、ケースとの収まりが改善

○ライン光源の配光制御

従来の蛍光灯では限界のあった配光制御がよくなり、ウォールウォッシャが改善

○光の熱負荷が小さい

レンズ、フィルターなど材料制約が少なくなり色々な光学部材が使用可能

○デジタル調光による個別制御

器具（光源）毎にアドレスを設定して個別に調光、調色などの制御が可能

これら特徴は、LED化により展示照明をより進化させる可能性を示しているが、計画するにあたって留意をしなければならない点がある。

3-3. LED照明の留意点

LEDは以上のように多くの優れた特徴があるが、以下の点を留意して計画する必要がある。

○LED自体がまだ開発途上である

○メーカーによる質の違いが従来光源よりも大きい

同程度の演色性、色温度でも全く違う光に見えることが多く組み合わせが難しい。

○LED素子は未だ開発途上にある

素子の廃番頻度が高く、導入数年後に追加で購入することが難しい。

○LED照明器具はランプ交換が不可能な一体型器具が主流である

例えば、今あるLED器具は5年後には廃番になっている可能性があり、たとえランプ交換できるタイプの器具でも、そのLEDランプは廃番となっている可能性が高く、素子自体も違う仕様にリニューアルされている可能性が高いのでランニング計画を綿密にする必要がある。また、LED最大の特徴である4万時間という長寿命についても、光質維持が同様にされる保証はないので、どのようにこの長寿命と付き合っていくのかという設備投資の面からも検討が必要な問題といえる。

4. LED美術館照明の実際

美術館照明のLED化は、新規施設、既存施設の両方で進められている。特に政府目標である2030年ストック照明SSL化率100%に向け、従来光源、器具の生産終了に合わせて、既存施設のLED化は急務となっている。

4-1. 既存照明のLED化について

既存照明のLED化リニューアルにおいては、①従来器具はそのまま光源を置き換える、②照明手法はそのまま器具、システムを置き換える、③全く違う展示照明にする、といった3つの方法がある。予算、工期問題で、①もしくは②を選択されることが多い。

LED化におけるポイント、注意点を手法別に見ると次のようになる。

○オープン展示用ウォールウォッシャ照明

オープン展示ウォールウォッシャでは、①の場合は美術館蛍光灯から直管LEDへの置き換え、②においては配光制御されたライン型LED照明への器具変更が主流となっている。③では、従来の蛍光灯ウォールウォッシャ自体を取りやめスポットライトウォールウォッシャへと変更する事例が見られる。それぞれのポイント、注意点については以下のとおりである。

①美術館蛍光灯から直管LEDへの置き換え

機能としては光量が美術館蛍光灯よりも多いため、明るさは増すことができる。ただし、色温度変換や光の重心調整などLED照明による機能強化の要素は無い。従来器具の部材をどこまで流用するかがポイントであるが、少なくともランプと安定器、その制御方法が変更されるため、器具だけでなく、調光盤のリニューアル、信号線の新設工事が必要となる。続いて、ランプを保持する口金だが、直管LEDには現在、蛍光灯と同じ口金のものと直管LED専用口金のものがある。専用口金が開発された経緯は、同じ口金を使用した事例で事故が発生したため、専用口金への変更が望ましい。続いて配光制御に関わる反射板については、直管LEDは蛍光灯と違い管全面ではなく2/3程度の発光ということもあり、ランプと反射板がマッチしない可能性も高い。ルーバーについては、既存照明のルーバーが壁面と平行方向か垂直方向かによるが、平行方向のルーバーは直管LEDとの相性が良くないため、垂直平行ルーバーへの変更が必要となる。以上のように、ランプの置き換えとは言え、安全性、最低限の質の担保を考えると、既存器具で使えるものは箱体程度と言える。（図2）

②配光制御されたライン型LED照明への器具変更

この方式がLEDを使用した新しいウォールウォッシャの主流である。最大の特徴はLED素子を電球色と昼白色の2種内蔵し、それらを調光混色することで色温度変換が可能となることである。また、ライン型LEDは内部に反射板もしくはレンズを内蔵し、それに

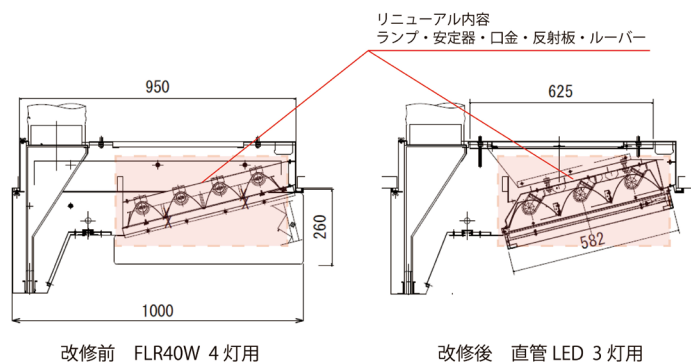


図2 既存器具利用したLED化リニューアル例

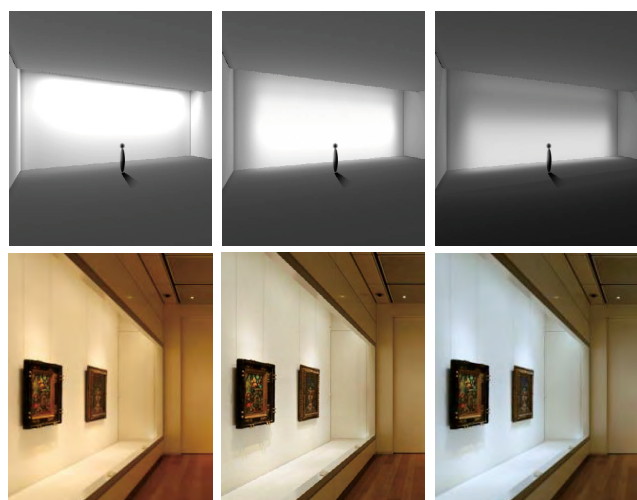


図3 壁面の光バランス・色温度の変化

よって配光制御をする仕組みとなっている。その配光制御精度を利用し、ラインを複数使用することで単純に壁全体を均一に照らすだけでなく、壁面の光のバランスを変えることが可能となる。これら色温度変換、光のバランス制御を展覧会の世界観に合わせて変化させることができる(図3)。

○光天井及び間接照明

いわゆる建築化照明と言われるベース照明である。光源は美術館蛍光灯のトラフ型器具を使用しているので、器具をそのまま直管LED等のラインLED照明器具に置き換えることになる。調色対応器具を使用するなどの機能強化が見込まれる。注意点として、見た目は似ていても配光が異なるため、特に光天井ではランブイメージが強く出てしまう。その場合、器具台数を増やしてランプピッチを狭めるなどの対応が必要となる。

○ダウンライト

ダウンライトは①もしくは②を選択することが多い。どちらも調光盤とのマッチング確認、調光方式が異なる場合は信号線の新設が必要となる。注意点とし

て、①の場合はLED電球への交換となるが、反射板とのマッチング、器具の断熱性とのマッチングにより、ランプの短寿命問題が発生することが挙げられる。

○ウォールケース照明

オープン展示ウォールウォッシャと同様であるが、②の配光制御されたライン型LED照明への器具変更により、掛軸、屏風、卷子など展示物によって光を調整できるように機能強化することが望ましい。

以上のようにLEDリニューアルは、機能強化を図ることができる反面、単純なLED化によって改悪となっている事例が見られるので注意が必要である。

4-2. LEDによる新しい展示照明について

LED美術館照明は、当初は既存照明の置き換え、機能強化が主流であったが、徐々にLED照明だからこそ可能な展示手法が現れだしている。以下にそれらを紹介する。

4-2-1. SOMPO美術館「ひまわり」ケースの照明

ゴッホ「ひまわり」はSOMPO美術館の顔と言える作品であり、2020年7月に移転新築した際には、専用の展示ケースを製作した。

○作品条件

「ひまわり」は油彩画であるが、海外の報告書にも見られるように、一般の油彩画よりも光に対しての脆弱性があるため、照度70lx以下での展示が義務づけられた。また、「ひまわり」の色使いや筆致の魅力を鑑賞者に余すことなく伝えることが求められた。

○展示条件

専用展示ケースでの展示となるが、全ての鑑賞者が見やすいように、展示高さはやや低めで、且つ可能な限り画面を近づいて鑑賞ができることが求められた。「ひまわり」は作品保護の為、密封した額に入れられており展示ケースのガラスを含めて二重ガラスとなること、またその額が厚く勾配が強い立体的なものであり、光源の映り込み、額の影など鑑賞上のノイズが懸念された。

これら条件を解決するために以下の検討をした。

①光源の選択 高い演色性、最適な色温度

②存在が自然に感じる光と影のバランス

③ケース形状の検討 ノイズを出さない器具の選択、設置位置

結果、ベース光源として演色性が非常に高い紫色LED励起タイプを選択し、且つ色温度可変タイプとした。特に



写真1 SOMPO美術館「ひまわり」

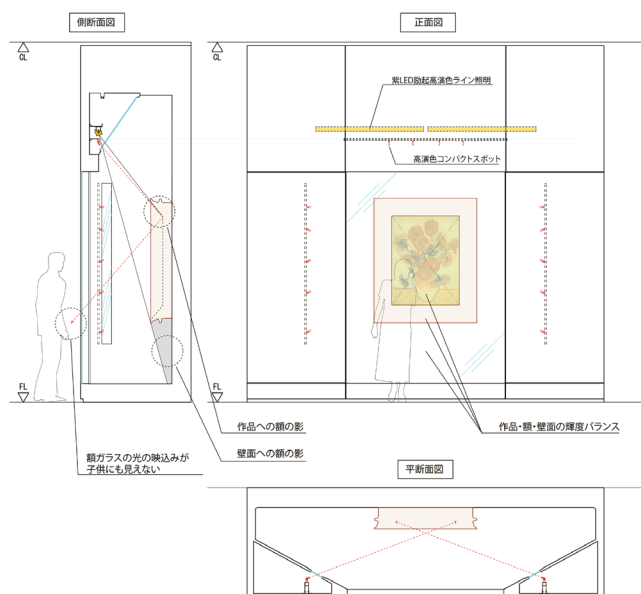


図4 SOMPO美術館「ひまわり」ケース

色温度は作品の重要な色である黄色、黄緑の見えを重視し、スポットライトにはダイクロイックフィルターを複数準備し、最適な色温度の設定をおこなった。

ライティングにおいては、作品とその周囲の輝度バランスを最適にするだけでなく、額から作品に落ちる影、額から展示ケース壁面に落ちる影、額自体の装飾の影などの存在感が、作品の鑑賞を阻害しないように手法検討をおこない、結果、上部ベース照明に加え、上部+サイドからスポットライトを行う照明手法を採用した(写真1)。それらを実現するため、ケースにおいては、光源の存在感(グレア)、光源の映り込み、作品への額の影、周囲壁面への作品の影などの鑑賞上のノイズが発生しないよう、形状、ディテールを設計した。照明器具は、上部にライン型のベース照明を1ライン設置し、上部と左右サイド部の3方にコンパクトスポットライトを14台設置した(図4)。コンパクトスポットライトを14台としたのは、発光部の大きさ、

額の影と画面均斉度を最適化する配光条件、入射角による画面の見えなどを検討した結果である。また、より精緻な光の状態にするために、器具を仕込んでいる部位のガラスにマスキングを施した。これらはコンパクトな発光部であり、且つそれによる配光制御がやり易く、また赤外線がほぼ含まれない熱負荷の少ないLEDだからこそ実現した、ライティング、ケースデザインとなった。

4-2-2. 足立美術館 魯山人館の照明

足立美術館は島根県安来市にある珠玉の近現代日本美術を所蔵する美術館である。名園も有名で、日本庭園と日本画の調和を基本方針としている。2020年4月に北大路魯山人の書や篆刻、陶芸、漆芸、絵画などを展示する新館「魯山人館」がオープンした。展示空間では、魯山人の色々な分野における偉才や、食の空間を芸術の領域にまで高めた、独自の美的世界を鑑賞者が味わえることが求められた。計画においては、その世界観の構築のため、展示ケースのガラスを感じさせない視覚のバリアフリー化、影を感じさせない作品と空間のシームレス化の実現がポイントとなった。

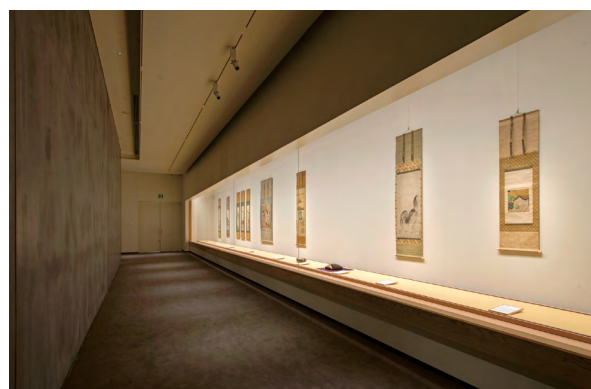


写真2 MOA美術館 ウォールケース

ケース展示における鑑賞のバリアフリー化には、ガラスの存在感をどれだけ消すことができるかが重要である。先例としては、MOA美術館(写真2)に見られるように、展示ケース内の輝度を室内側輝度よりも高くすることで、ケースの内側と外側の輝度差をつくりだす手法などが見られるが、それでは、作品空間が展示ケース内に限定され、もう一つのポイントである作品と空間のシームレス化は実現できない。そのため、本件では空間全体を光で包みこむことにより輝度差を極力無くすることでバリアフリー、シームレスを実現するという、これまでにない展示照明手法を採用した。これは、陶芸を愛でるのは薄曇天の下が良いという先人の言葉を



写真3 足立美術館 魯山人館

展示空間で実現する試みでもあった(写真3)。

手法としては、11m × 14mの部屋を囲むウォールケースの上部にLEDライン照明を設置し、天井全体を照らし上げ、そのバウンド光によって展示物を照明するという手法を採用した。(図5) 光天井ではなく間接照明を採用したのは、光天井では光が室内中央部に偏重するため、部屋中央部以外では、作品鉛直面の照度差が方向により大きく異なるためであり、今回の計画においては、ほぼ展示室全体で、作品の水平面照度:鉛



写真4 影の影響のない展示

直面照度が2:1とすることができた(図6)。結果、展示物の影が全くなく、また鑑賞者が近寄っても人の影など全く影響がないこれまでにない展示環境が実現した(写真4)。この展示照明手法は、コンパクトでありながらハイパワーであり、配光制御が緻密なLEDをもって初めて実現したといえる。

5. おわりに

展示照明のLED化がスタートして10年程度が経っている。その間の成功、失敗事例を検証し、改めてLED展示照明を見直す良い時期かと思われる。また、LEDによる展示照明には、従来の展示照明の機能強化だけでなく、全く新しい展示をつくり出す可能性も見えてきている。展示照明だけでなく、美術館建築、展示ケースなど展示装置も合わせて、より良い展示環境を実現するために進化することが求められる。

間接照明による空間配光イメージ

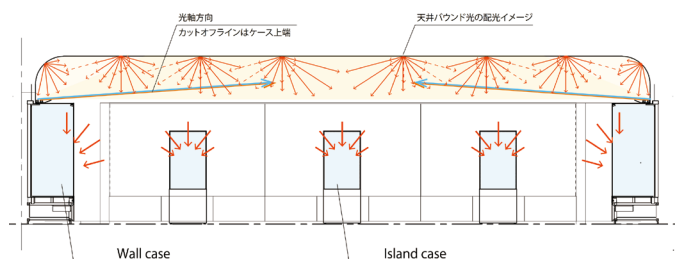
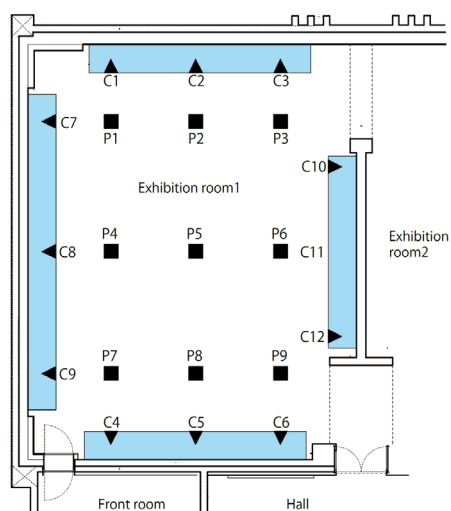


図5 魯山人館 照明手法イメージ

Illuminance measurement point



照度測定値(最大を100とした数値)

P 測定ポイント(高さ900)



	水平面	鉛直面a	鉛直面b	鉛直面c	鉛直面d
P1	99	42	44	44	44
P2	88	45	47	41	47
P3	100	46	47	45	51
P4	94	45	43	49	48
P5	85	48	49	50	49
P6	97	46	47	49	51
P7	99	44	43	43	41
P8	90	45	48	46	40
P9	100	43	43	43	46

C 測定ポイント(高さ900)



	水平面	鉛直面
C1	91	52
C2	86	49
C3	92	52
C4	90	53
C5	86	50
C6	93	55
C7	90	53
C8	90	52
C9	85	53
C10	90	53
C11	90	52
C12	93	56

図6 展示室 実測照度