

# 博物館・美術館における光環境評価手法の開発と適用

登石 久美子  
(技術研究所)

## A Method for Evaluating Lighting in Museums

by Kumiko Toishi

### Abstract

Lighting in a museum is a compromise between providing a satisfying experience for the viewers and the need to protect the displayed objects from damage caused by exposure to light. The methods currently used to evaluate such lightings are flawed by the viewpoints and the investigating area. In this paper, we propose a new method for evaluating museum lighting that resolves these flaws by considering 3 points of view: viewer satisfaction; the staff's working comfort; and the need to protect exhibited objects. Applying this new method to the Edo-Tokyo Museum in Tokyo, we developed a plan to improve the lighting in the regular exhibition room.

### 概要

博物館や美術館等の展示空間における光環境評価について、従来手法の問題点を明らかにし新しい手法を提案し実際の施設において適用した。従来の評価手法は、展示物の保存と来館者の快適性という矛盾するものの妥協点として設定された数値基準を元に行われていた。本報ではこの手法の欠点である評価する視点の偏りと調査箇所を指し、また解決するために来館者、職員、展示物保存の3つの視点を取り入れ展示室全体を対象とした評価手法と手順を開発した。さらに平成12年度の東京都江戸東京博物館リニューアル構想作業の中で本手法による評価を実施し、実際の作業の各段階で適用可能であることを確認した。

### § 1. はじめに

博物館や美術館といった展示空間は、光環境設計が難しい分野の1つである。将来何世紀にも亘って保存すべき文化財が劣化しないように光量を抑制する必要がある反面、光量が少ないと人間は鑑賞することができない。さらに最近では光による心地よさの演出も要求される。「見せてつかわず式」と揶揄されるように、従来の博物館や美術館は見えればよいという展示であったのに対し、昨今特に国公立の館では独立行政法人化や行政評価の波に曝され、来館者による評価が重要視されている。

照明設計においても様々な工夫が必要になり、展示物の保存のためと言ってもただ薄暗い中で見せるという訳にはいなくなった。展示物に多くの光量を当てなくとも空間の明るさ感を高めることは可能であるため、設計手法は今後さらに種類が増えていくと考えられる。たとえば展示物を鑑賞する時に視界に入らない周囲の天井・壁・床の輝度を高めることで、鑑賞の邪魔にならずに空間全体の明るさ感を高めることは可能

である。

一方「博物館・美術館は暗くて見づらい、疲れる」という意見を聞くことが多いが、展示物を保存することに重点を置いた従来の評価手法では、展示のための推奨基準と照らし合わせるため暗ければ暗いほどよいとなり、人間の感覚に基づいた視点が欠けていた。本報では、このような博物館や美術館等の展示空間における光環境評価について従来の手法の問題点を明らかにし、それらを解決した新しい手法を提案し、さらに実際に適用した結果を報告する。

### § 2. 既往研究

#### 2. 1 光放射による展示物の損傷・劣化

周囲の全ての物理的・化学的環境の変化は展示物の劣化・損傷につながり、その過程は多様である。そのため、展示物の損傷・劣化を防ぐには、物理的・化学的変化による影響を遅らせる方法と、展示物中の有機物の自然な変化を遅らせる方法とがある<sup>1)</sup>。

周囲の物理的・化学的環境変化の1つである光放射は、光化学反応と放射熱効果を引き起こす。

光化学反応とは、光が物体に当たることで物体表面のエネルギーが活性化し、分子が化学的变化をすることである。これがきっかけとなって、有機物の化学反応は他の要因（温度・湿度・空気質）の影響も受けるようになる。反応による変化は、色調の暗化、色相の変化、黄ばみ、材料の強度損失やひずみ、繊維の損傷、表面剥離、接着剤剥離など様々である。

光化学反応の大きさを決定する要因は、積算曝露量および光に対する物体の過敏性である。

曝露量  $H$  は次式で表すことができる。

$$H = \int_{t=0}^t E_c dt \quad (\text{Wm}^{-2}\text{h})$$

$E_c$  : 放射照度 ( $\text{Wm}^{-2}$ )     $t$  : 曝露時間 (h)

一方、光子エネルギーレベルは次式で表すことができる。

$$e = hv$$

$h$  : プランク定数  $6.626 \times 10^{-34}$  (Js)  
 $v$  : 周波数 (Hz)

周波数が高いほど、すなわち波長が短いほど光子エネルギーが大きいため、特に紫外放射は光化学反応の効果が大きく、展示物の保護のためには排除すべきものである。

光に対する展示物の過敏性は、それぞれの分子が耐えられる光子エネルギー限界が異なるため様々であるが、物体の可視光に対する相対感度は、主に分光吸収率に依存する。

一方、放射熱効果とは、投射される放射束の吸収により、周囲の温度よりも物体の表面温度が高くなる現象である。投射される物体が到達する可能性のある最高温度は次式で与えられる。

$$T_{\max} = T_a + kAE/h_c \quad (^\circ\text{C})$$

$T_a$  : 周囲の温度 ( $^\circ\text{C}$ )     $k$  : 比例係数  
 $A$  : 吸収率     $h_c$  : 対流熱損失係数

温度変化により物体の大きさは変化する。相対湿度の変化も、周囲の大気との間の水分移動を引き起こし、大きさの変化を引き起こす。表面硬化や退色、ひび割れが起きるが、光化学反応の影響と識別しにくい。特に有機材料を含む吸湿性の材料や、異なる材料が層と

なっている表面（着色剤の上にワニスがかかっている、下地の上に着色剤がのっているなど）において生じやすい。

## 2. 2 展示空間における光環境の推奨基準

展示物の光に対する強さの G. Thomson の分類方法（表-1）は国際的に認められている<sup>1) 2) 3) 4)</sup>が、細かい項目（昼光の可否、照度値、積算曝露光量、紫外放射量、赤外放射量、演色性）の取り上げ方や具体的な推奨値は、この分類を基本にして、ICOM (International Council of Museums) や各研究機関、博物館・美術館が各々で定めている。

RESPONSIVITY CATEGORY	OBJECTS
Non-responsive	Metal, stone, glass, ceramics, enamel, most minerals
Moderately responsive	Oil and tempera painting, fresco, undyed leather, horn, bone, unpainted wood and lacquer, some plastics
Highly responsive	Textiles, costumes, tapestries, all work on paper or parchment, dyed leather, painted or dyed wood, most natural history exhibits including botanical specimens, fur and feathers

表-1 光化学反応度による展示物の3分類

また具体的な設計ガイドラインとしては、IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) の Committee on Museum and Art Gallery Lighting によるもの<sup>5)</sup> や CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers) によるものなどがある。

さらに現在放射による劣化防止策に関しては、CIE (Commission Internationale de L' eclairage) TC3-22 Museum lighting and protection against radiation damage においてまとめられつつある。

日本では文化庁推奨値は、油絵 300(lx)以内、日本画・水彩画 150(lx)以内、版画・染織 100(lx)以内、その他 200(lx)以内、とされている<sup>6)</sup>。また文化庁文化財保護部が監修した「文化財保護行政ハンドブック」<sup>7)</sup>では表-1のような3分類は特に示されず一般的な話として「紫外線除去を施した蛍光灯や白熱灯など紫外線を出さない光源を用い、温度上昇を避けるとともに、文化財の材質に応じて調光可能な装置を備える」「外光の入る開口部は原則として設けない」「原則として照度は 150(lx)以下に保ち、直射日光が入る場所な

ど明るすぎる場所での公開を避けること。また特に褪色や材質の劣化の危険性が高い重要文化財等については、公開期間（露光時間）を勘案して照度をさらに低く保つこと。蛍光灯を使用する場合には、紫外線の防止のため褪色防止処理を施したものを、白熱灯を使用する場合には、熱線（発熱）の影響を避けるよう配慮する必要がある。」とある。一方、JIS Z9110-1979の「美術館・博物館」の項目では、展示物を4分類し照度規準が示されているが、英国建物管理研究所やICOM、ICCROM (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property)などが採用している推奨値と比較して高い基準となっている。たとえばJISでは剥製などのための照度は150-75(lx)となっているが、ICOM等では50(lx)以下とされている。

展示物の保存について考えると光量は可能な限り少なくすべきであるが、鑑賞のためには光量が多いほど視力が上がり細部までよく見え、また光に含まれる波長が多いほど多様な色を認識できる。このため、いずれの推奨基準においても光に過敏な展示物については色を知覚できる最少の光量に制限し、丈夫な展示物にはやや多めの光量も可能とする、という妥協的な考えに基づいて推奨値が設定されている<sup>2)</sup>。

### 2. 3 複数属性を考慮した施設評価手法

博物館・美術館のような様々な人々が利用する施設では、様々な視点に立脚した評価手法を用いることが重要である。なぜなら、偏った視点による評価に基づく計画は、別の属性の人にとっては不快な空間となる恐れがあり、また視点を明確にしない評価は、無意識のうちに偏った視点による評価につながる恐れがあるからである。このような考え方に基づいて筆者らは、ミュージアム施設特有の複数属性を考慮した環境評価手法の概念を提案している<sup>8) 9)</sup>。ここで取り上げる視点としては3つ、すなわち「①来館者の快適性（鑑賞する、歩く、読む、休憩する、などの行為を行う）」、「②職員の快適性（移動する、運ぶ、修復する、調べる、清掃する、監視する、などの行為を行う）」、「③展示物の保存」とした。

## § 3. 評価手法

### 3. 1 従来の問題点

2. 2で触れたような推奨基準値によって判断する環境評価には、以下のような2つの問題点がある。

まず、推奨基準値はそれ自体が展示物の保存を重視

した妥協点でしかないが、本来は「来館者の快適性」と「展示物の保存」が共に満たされることが重要である。物理的に測定可能な数値のみによる判断には、周囲も含めた複雑な条件から判断を行う人間の視覚特性や心理に関わる「来館者の快適性」と「職員の快適性」の視点が欠落している。すなわち“視点の偏り”が生じている。

次に、推奨基準値は展示物が前提となっているため、館全体を歩いて受ける印象や、エントランスホールや通路、休憩スペース等、目の順応特性を考えると重要な場所は考慮されず、展示ケースの中のみ調査などに終わってしまう。すなわち“調査箇所の偏り”が生じている。

### 3. 2 調査項目

事前調査から空間全体の改善実施までの手順および調査項目、評価の視点を表-2に示す。

「展示物」の視点ではその保存環境として適しているか否か、「来館者」「職員」の視点では2. 3で述べたそれぞれの特徴的な行動を行う際の快適性をもとに評価する。

この手続きによって、上述の従来の評価方法における2つの問題（視点の偏り、調査箇所の偏り）を解決することが可能となる。

		評価の視点		
		展示物	来館者	職員
		◎：重点的に調査を行うもの ○：調査可能なもの		
▼事前調査	・目視による現状の把握 ・各種資料調査(表-3)	○ ◎	○ -	○ ○
▼本調査	・職員調査 ・来館者調査 ・目視調査 ・実測調査	○ - - ◎	○ ◎ ◎ ◎	◎ - ○ ○
▼分析評価・課題抽出				
▼光環境改善のための方策検討				
▼空間全体改善のための方策検討				
▼改善実施				
▼改善効果の調査・分析				

表-2 展示空間における光環境評価方法

◎：重点調査項目 ○：情報収集可能な項目

### 3. 3 事前調査

事前調査では、まず目視による現状把握を行い、問

題点や原因・対策の概略をまとめる。同時に展示施設に関する以下のような各種資料を入手する(表-3)。

設計コンセプト: 建築設計のみでなく照明設計についても設計者の意図を知ることのできる資料を、さらに館の運営方針などの書かれた資料も入手する。これらの資料から、館の運営目的に対して設計コンセプトは妥当であったかどうか、またコンセプトを忠実に表現するように設計されているのかについて確認する。

各種図面: 建築図より建築全体を把握すると同時に、窓開口の位置や形状、日除けの種類等を確認する。電気設備図や展示設計図等からは、照明器具の種類や配置、配線系統等を知る。

光源(ランプ): 現状の使用光源より、照明用途と光源の適合性を確認する。

展示条件内規: 展示種別に照度や展示期間の基準が示された、館または外部機関で作成された展示環境条件の内規。これにより各館の基本的な考え方を知る。

展示物リスト: 実際の展示リストとその展示予定(実績)期間。これに後に行う実測結果を合わせることで、展示物ごとの実際の積算曝露光量を把握する。

### 3.4 本調査

本調査では、職員調査、来館者調査、詳細目視調査、フィールド計測を行う。

職員調査: 学芸員および施設・設備管理者へ、ヒアリングやアンケートを実施する。学芸員からは、展示交換作業、照明変更の実際の手順、展示環境内規に関する意識、さらに展示資料の背景を知る立場から演出に関する将来への要望、といった情報を得る。施設・設備管理者からは、建築設計図と現状とが異なる部分とその理由、竣工後の器具の増設・使用中止とその理由、照明制御スケジュール、展示交換作業方法などの情報を得る。

来館者調査: 来館者を対象に、アンケートやヒアリング、行動観察を行う。全体を通じての漠然とした印象や、展示内容を理解する上で障害となっている要因、館内全体を歩いたり会話したり休んだりする上での要望といった情報を得る。

詳細目視調査: 展示物とその周囲の輝度対比や、視界内の色温度バランス、パネルや壁面の色彩バランス、明暗順応時間の考慮など、目で見て判断することができ、逆に全体を目視せずには判断できない問題点を把握する。表-4の項目を中心に調査を行う。

実測調査: 表-4中の照度(展示物上)、照度分布、色温度、輝度対比、照度変化について、他の調査結果より実測値の参照が必要と考えられる箇所を中心に計測を行う。他の調査で感じられた漠然とした印象を、照度[lx]、輝度[cd/m<sup>2</sup>]、色温度[K]といった数値で説

明することができ、さらに照明条件を変更した場合の比較や、異なる場所比較などを行うことが可能となる。

### 3.5 実施手順

表-2の本調査の4項目の内「実測調査」は最後に行う(館内全体を詳細に実測することは不可能なため、他の調査から実測調査の場所と測定項目を絞り込む必要がある)。

「事前調査」および「本調査」の後、「分析評価・課題抽出」を行う。この段階では、影響の重みや及ぼす範囲の大きさを考えながら課題を抽出する。

その後「光環境改善のための方策検討」として、改修工事の難易度や関係する人の多さ、つまり取り掛かるまでの調整作業の煩雑さを考慮しながら、「短期的改善策」と「長期的改善策」に分けてまとめる。

また展示空間の問題は光環境のみではないことを考えると、光環境以外の観点からの様々な評価も実施し

対象	調査内容
設計コンセプト	設計コンセプトの妥当性 コンセプトと実際の設計の相違点
各種図面	建築図、電気設備図、展示配置図等で現状確認
光源	光源種類と用途の適合性
展示条件内規	展示物と展示環境条件(照度、展示期間等)の内規
展示物リスト	展示物種類と実際の展示期間

表-3 資料調査項目(事前調査)

項目	(評価の視点)	
照度	展示物の模様等と適合した明視性 作業時の明視性 展示物の材質と保存	(来館者) (職員) (展示物)
照度分布	水平面と鉛直面の照度分布	(来館者)
演色性	Ra>85	(来館者)
色温度	2900(K)<Tc<4200(K)、全体のバランス	(来館者)
照射方向 器具台数	明視性、デザイン性等 展示替え時の扱いやすさ等	(来館者) (職員)
グレア	光源グレア、反射グレア等	(来館者)
輝度対比	誘目性、照明のきめ細かさ等	(来館者)
照度変化	明暗順応の考慮、めりはり、誘導効果	(来館者)
色彩	見易さ、快適性、演出効果等	(来館者)

表-4 評価項目と視点(本調査)

た上で「空間全体改善のための方策検討」を行い、実際の「改善実施」にあたるのが望ましい。光環境の改善は他の要素（温熱環境、見学ルートなど）に影響を与え、また逆に他の要素（展示の配置、見学ルートなど）を変えなければ光環境が改善されない場合もある。温熱・空気質等を含めた室内環境や、展示内容・手法・配置計画や全体のデザインコンセプト、最寄り交通機関から施設内の見学ルートまで含めた動線計画、レストランやミュージアムショップ等の付属サービス、さらには施設運営のミッションや活動全体の見直しなどを併せて行っていくことで、最終的には最小のコストで最良の状態へ改善していくことが理想である。

#### § 4. 適用事例－東京都江戸東京博物館

##### 4. 1 背景

東京・両国にある江戸東京博物館（図-1）は、「江戸東京の歴史と文化をふりかえるとともに貴重な文化財を後世へ伝える」という目的で平成5年3月に開館した。ここでは平成9年度より、博物館は「絶えず生々発展する」<sup>10)</sup>という考えに基づき、より魅力ある博物館を目指したリニューアル構想の構築作業が行われている。

平成9～10年度に実施された展示評価では、「照明が暗い」「暗くて目が疲れる、解説文が読みにくい」など光環境に関する改善要望が、展示手法や動線への意見と並び多く挙げられていた。

##### 4. 2 実施内容

平成12年7～10月、常設展示室（5階、6階）（図-2）を対象に、§3の手法に基づいて光環境評価調査を行った。前年度までの展示評価結果より、「暗い印象の原因を探ること」が特に求められていたため、来館者の視点に立脚した調査項目である「目視調査」と「実測調査」に重点を置き、「光環境改善のための方策検討」までを行った。なお、「来館者調査」は来館者の視点からの調査項目ではあるが、調査期間と費用の制限および計画上の原因まで明らかにすることは難しいという理由から、今回は実施しなかった。今回調査の詳細項目を表-5に示す。

##### 4. 3 資料調査

###### 1) 調査内容と結果

設計当初の考え方が記された「設計コンセプト」に関する資料、「展示環境条件内規」および平成12年8月の「展示期間」、竣工時に測定した「ケース内照度値」、



図-1 江戸東京博物館（外観）<sup>11)</sup>

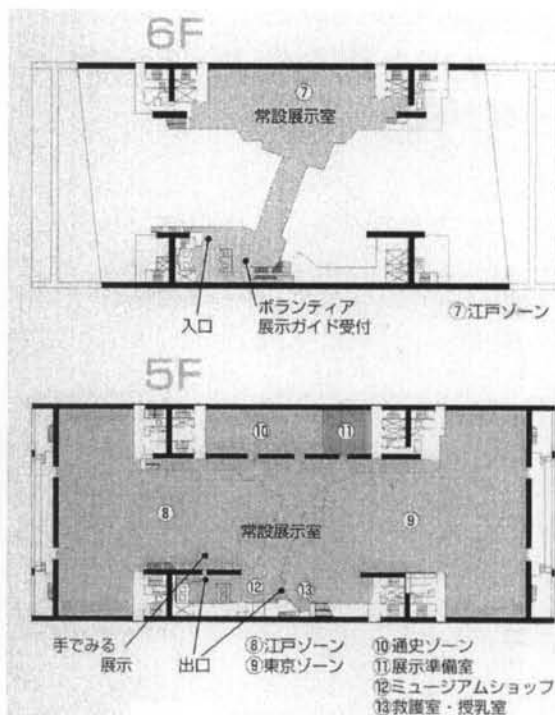


図-2 常設展示室（5階、6階）<sup>11)</sup>

▼事前調査	・目視による現状把握 ・各種資料調査	表-3の各項目 照度値（ケース内、竣工時）
▼本調査	・職員調査 ・目視調査 ・実測調査	学芸員とアリアク* 施設管理者とアリアク*  (全体)  照度分布 (水平面、鉛直面、大空間部分) 照度変化(全体) 輝度対比(目視調査部分)
▼分析評価・課題抽出	▼光環境改善のための方策検討	

表-5 江戸東京博物館における実施内容の詳細項目

建築図、電気設備図、展示配置図を入手した。「展示環境条件内規」は、積算露光量制限をもとに耐久性による分類に対応させて、照度と展示期間を定めたものである。

## 2) 分析評価・課題抽出

資料調査の結果、内規に定められている値よりもケース内照度値は高く、「展示期間」と「ケース内照度値」から実際の展示物に対する積算露光量を求めると、内規の値よりも大きい可能性があることがわかった。そのため、ケース内照度を調整する、あるいは「積算露光量(照度×展示時間)」を基準に合わせ展示期間を短く計画する必要があることがわかった。

## 4. 4 職員調査

### 1) 調査内容と結果

#### (a) 施設管理者へのヒアリング

施設管理者は建築系管理者1名、設備系管理者1名を対象に行い、照明設備の概要や運用状況、機器の配置変更履歴、メンテナンス方法、さらに日頃感じている問題点を聴取した。

照明設備の概要について、常設展示室内の照明は「建築系統(建築工事側で用意した照明、主に高天井からの全般用照明)」と「展示系統(展示工事側で用意した照明、主に展示用照明)」に配線が分かれており、図面も分けて管理していること、また発停制御は施設管理者が主に管理している「建築系統」については中央監視から行うことができ、学芸員が主に管理している「展示系統」は展示室内のスイッチで行うことがわかった。運用状況について、中央監視からの制御内容について発停は自動時間制御しており演出用の制御は行っており、水銀灯はメンテナンス用に時々点灯する程度であった。「建築系統」の照明で開館時から器具の配置変更を行った箇所は、大空間中央にある「日本橋」下の数台の増設のみであった。逆に、ルーバー付でルーバーの影が出るもの、器具が故障しているもの、その他理由不明で使用しなくなった器具があることを確認した。メンテナンスは、「建築系統」は年1回、「展示系統」は年2回光源(ランプ)交換を行っており、展示替えに伴うスポット照明器具の移動を年2回くらい行っている(他の展示用照明の移動は学芸員が行う)。また7階のキャットウォークから乗り出さなければならず、高所のメンテナンス作業はしにくいことがわかった。

設計当初には昼光を入れる計画になっていたが実際は窓を塞いでおり、これは開館前に展示物の劣化をおそれて塞ぐ決定をしたためであること、遮蔽方法としてスリット状の天窗はパネルで覆い、丸窓(側窓)はスクリーンで塞ぎさらに開館1年後ガラスにフィルムをつけてい

ることがわかった。

#### (b) 学芸員へのヒアリング

学芸員は8名を対象とし、展示替え時の不具合などの現状の問題点や将来検討したい照明演出などの意見や要望を聴取した。

現状の問題点としては、「暗い」と言われる、照明を点灯しても光量が足りない、増灯したり向きを変えたりしている、電源が足りない、ウォールケースや覗きケース内の資料を下や手前から照らす器具がない、ケース内の明るさが一様でめりはりがない、露出展示を照らす器具が少ない、スポット照明を動かすにはローリングタワー(要免許)を使わねばならず業者を呼ばなければならない、展示を替えても照明を変えないことがある、色々なランプが混ざって美しくない、内照式説明パネルはケースのガラスに反射してしまう、注目されないのに光に弱い展示物でも照度を上げてしまうことがある、という意見が出た。

また演出に関して、長屋(模型)の中を時代を再現し当時と同様に暗くしているが見にくいのでどうにかしたい、橋の模型は本当は花火を見上げているシーンであり夜の設定であるがそう見えない、既存の模型を照明を使って演出してみたい、水道の木樋は土の中から出てきたものだからそれらしく見せたい、派手に見せたいものが派手に見えない、という意見があった。

### 2) 分析評価・課題抽出

「建築系統」の照明は、全般照明と大型展示照明のために高所に設置されているものであり、職員にとって、器具の移動や向きの変更といった作業はあまり考慮されていない。しかし学芸員の意見より、「展示系統」の器具台数が不足しており、それを補おうとして「建築系統」の照明を移動したり向きを変えたりして利用してしまっていることが判った。しかし「建築系統」の照明は高所にあり、器具の移動や向きの変更作業がしにくいと感じていることもわかった。また「展示系統」について、特に下方や手前から丁寧に照らすための手段がないと指摘された。

以上のことから、「展示系統」の下方および手前からの照明器具や配線設備の欠落が多くの不具合の根源となっており、展示用の照明設備を充実させる必要がある。

さらに、演出に関しても学芸員は関心や意見を持っており、展示物で設定されている時間の光環境の再現や、展示物が本来もつ背景を光で表現する必要がある。

## 4. 5 目視調査

### 1) 調査内容と結果

目視調査では、改善が必要と思われる代表的な箇所を合計55ポイント抽出し、写真とメモで記録した。記

録の一部を図-3に示す。

調査の結果、暗さ・見づらさを感じる部分が非常に多かった。暗さ・見づらさを感じる場面は、空間を移動する時、同じ空間に長時間居たり周囲を見回す時、会話しようとする人の顔を見る時、展示やサインを注視する時、という4種類があることがわかった。また暗さや見づらさを感じた結果、館に対し陰鬱な印象や記憶を持つ、圧迫感や恐怖感を持つ、疲労感を持つ、重要なサインや説明が目に入らない、誘導させたい方向と別の方向へ歩いてしまう、展示物の模様などがよく見えない、展示物が魅力的に見えない、よく見えないものは鑑賞や歩行の邪魔として感じる、ということがわかった。

展示照明はハロゲン灯や美術館用蛍光灯が多く低色温度であるのに対し、一部エスカレーター手すり下や内照式サイン内の照明に高色温度の一般用蛍光灯が設置されており、雰囲気壊していた。

グレアは、高所照明の光源が目に入る、覗きケース内の照明が見えてしまう、ケースに外側の照明が映りこむ、といった箇所が生じていることがわかった。

## 2) 分析評価・課題抽出

来館者が光環境に対して不快感を持つ上記の場面について分析し、課題を抽出した。

空間を移動した時に感じる暗さ感、人間の暗順応時間よりも早く減光されていることが原因であり、距離を確保して暗順応に合わせてゆっくりと減光させる計画が必要である。同じ空間に居て感じる暗さ感、視野の大部分を低い輝度で占められているためであり、天井や壁といった部分の反射率を上げる必要がある。人の顔を見た時の暗さ感、鉛直方向の光が不足しているためであり、天井照明からの光を反射するように壁や床の反射率を上げることが必要である。展示やサインの暗さや見づらさの原因は、それ自体照明されていない場合や照明されていても明るさのムラがあったり光が対象物に正確に当たっていない場合、視野内により明るいものや反射率の高いものがある場合、何かの影になっている場合、と様々でありそれらを解決する必要がある。

色温度については、意図して演出する場合以外については、雰囲気を壊さないために展示室全体を近い色温度で統一する必要がある。

グレアについて、高所照明の向き、覗きケース内の照明が見えないようにする工夫が必要である。また映り込みの問題に関しては来館者の視点からケースに移り込んで見えないようにする必要がある。

## 4. 6 実測調査

### 1) 調査内容と結果

<p>・暗さと圧迫感を感じる。</p> <p>&lt;原因&gt;            ・エントランスで暗順応ができないことに加え、視野の大部分の輝度が低いため暗さ感を強く感じる。            ・天井・壁・床等で、反射率の低い部分の面積が広いこと天井の高さも認識できず逆に圧迫感がある。</p>	<p>・スポットライトがまぶしく出迎える。先のが見づらい。            ・サインを見落とす。</p> <p>&lt;原因&gt;            ・展示用照明が用意されていない場所を高所トラスから照らすようになっているためスポットライトの向きが見学者の方へ向いているものがある            ・見学ルートのサインに照明が当てられていない。            ・内照式サインに輝度むらがある。</p>
<p>・建物の中がのそきにくい。</p> <p>&lt;原因&gt;            ・外壁より中が暗く、外壁の明るさに目が順応しているため中が見づらい。</p>	<p>・展示ボードの文字が見づらい</p> <p>&lt;原因&gt;            ・展示ボードの反射率よりも展示壁の反射率のほうが高いため、輝度比が逆転しており、視野の中で周囲より暗いものを見て疲れ。</p>
<p>・両国橋。花火を見上げている場面であり、時刻は夜の設定だが、昼のような雰囲気に見える。</p> <p>&lt;原因&gt;            ・上からの照明のみであり、昼の太陽光があたっているように見える。</p>	<p>・東京ゾーンへ足が向かない。</p> <p>&lt;原因&gt;            朝野新聞社の建物内照明が全て消えており、「閉館」の印象を与えている。</p>

図-3 目視調査および輝度計測（一部）

(a) 照度分布計測

常設展示室の中でも来館者の第一印象に影響し見学中に何度も通る中心的な空間である、2階層吹抜けの大空間部分について照度分布を測定した。

計測位置は、床の明るさを知るために水平面照度は床上 0mm で上向き、顔の明るさを知るために鉛直面照度は床上 1500mm で 4 方向について、それぞれ 3600mm 間隔とした。照明条件は、通常の展示時間と同じ場合（通常条件）に加え、メンテナンス用照明を展示に利用する可能性を検証するためにメンテナンス用照明を含めた全器具を点灯した場合（全点灯条件）についても測定した。測定は、測定者 3 名で MINOLTA 製照度計 T-1 を 2 台使用し、昼光が入らず時間による照度変化がないため、測定点を順番に回った。各条件の測定時の見え方を図-4 に、測定結果を図-5 に示す。

通常条件（図-5(ア)(ウ)）では、床上の水平面照度は概ね 30~100(lx)であったが、「日本橋」下部分は照度が低く 0~10(lx)であった。鉛直面照度は、全て高い天井からの投光照明であるために概ね 10~30(lx)と低く、見学者の顔が暗く見える原因となっている。6階入口付近は、入室した時の暗順応時間を考慮して水平面照度が高く設定されているが、鉛直面照度はこの部分でも低く、暗さ感の原因の1つとなっている。

全点灯条件（図-5(イ)(エ)）では、水平面照度は 100~300(lx)と高照度になり床面が全体的に明るくなるが、全て高天井からの照明であるため水平面照度に対する鉛直面照度の割合は特に増えない。

(b) 照度変化計測

館運営者が想定している見学ルートに従って、照度変化を測定した。測定は、見学ルートを6階入口から5階出口へ歩き、床上 1500mm の高さで一般的な見学者が自然に目を向けると思われる方向（歩行方向または

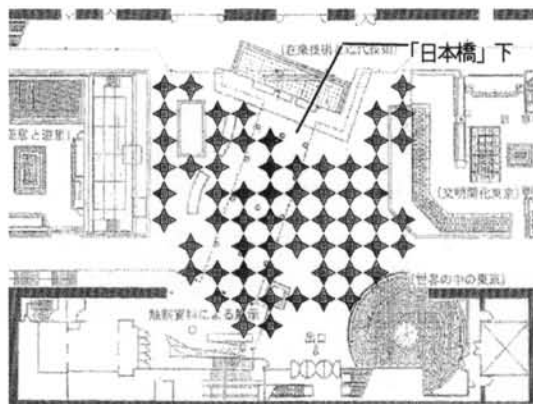


(ア) 通常条件

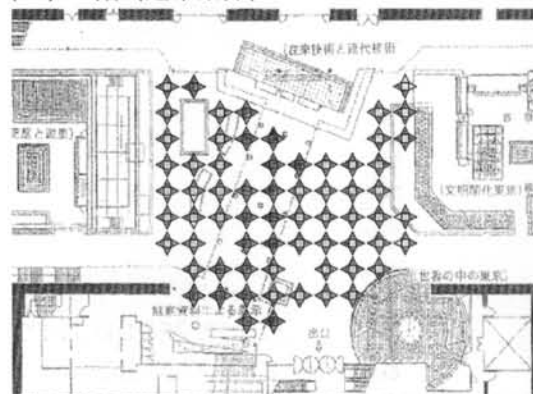


(イ) 全点灯条件

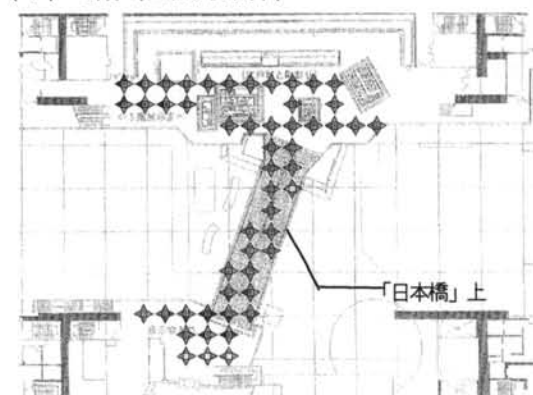
図-4 通常条件および全点灯条件の大空間（5階）



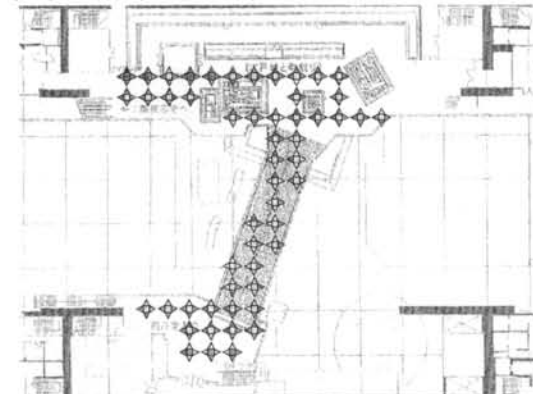
(ア) 5階（通常条件）



(イ) 5階（全点灯条件）



(ウ) 6階（通常条件）



(エ) 6階（全点灯条件）

表示方法		照度	色
◆	床上1500mm高 鉛直面4方向照度	0 ≤ E < 3	●
	床上0mm高 水平面上向き照度	3 ≤ E < 10	●
◇	床上1500mm高 鉛直面4方向照度	10 ≤ E < 30	●
		30 ≤ E < 100	●
○	床上0mm高 水平面上向き照度	100 ≤ E < 300	●
		300 ≤ E < 1000	●

図-5 照度分布



直近の展示物がある方向)へ照度計を向けて、鉛直面照度を測った。使用機器は、横河 M&C 製の色彩照度計 520-06 である。見学ルートおよび測定箇所・測定方向・測定結果を図-6 に示す。

また図-7 は、入り口からの見学ルート上の距離と測定結果を示したグラフである。全ルートを通して、概ね 10~100(lx)に収まっていることがわかる。

(c) 輝度計測

輝度の計測は、目視調査と同時にを行い、測定結果の一部を図-3 に示す。目視調査で暗さ感があった部分のうち、移動に関係しない部分については、注視する部分の輝度よりもその周辺の輝度が高くなっていることが原因となっていることが確認できた。また光源グレアを感じる部分の輝度は極端に高くなっていることを確認した。

2) 分析評価・課題抽出

メンテナンス用照明を明るさの補完として使えないかという案があったが、全点灯しても高い天井からの投光照明という形は変わらないため、床面全体の照度が均一に高くなるが演出性が加わらず、明るい体育館のような雰囲気になってしまうことがわかった。なお、メンテナンス用照明の光源は、マルチハロゲン灯で若干の紫外線を含むため、そのままでは展示用照明として使用できない。紫外線カットフィルターをつける、耐光性の強い資料のみを展示する等の工夫が必要である。

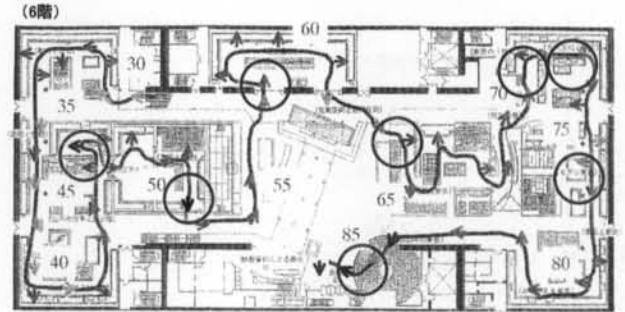
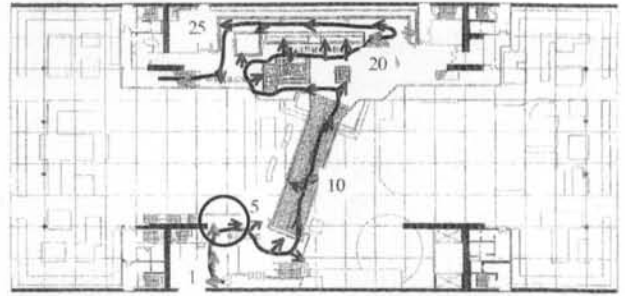
照度変化の計測により、展示エリアによって明るさを変えリズムをつける演出がなされていないことがわかった。つまり前の空間に比べ「明るい空間に入った」という感覚を持つ場所がほとんどなく、「全体的に」暗い印象を与える一因となっている。全体的に照度が低くても、明暗のリズムをつけることで部分的にリフレッシュさせるような明るさ感のある空間を作ることが可能である。

一方、人の暗順応時間は明順応時間と比べ長いので、図-6 の丸印および図-7 の矢印の箇所は照度が急激に落ちるところであり特に暗さ感を感じる。

4. 7 光環境改善のための方策検討

抽出された課題について、常設展示室の光環境に関する改善方策を、学芸員(展示係)が対応可能な短期的改善と、展示係以外の組織との調整や改修(展示・内装・設備等)を伴う長期的改善に分けて検討した。

光環境に関しては、安易に展示資料を明るく照らすための照明器具を増灯するだけといったその場のみの視野の狭い改善を行うと、全体の印象が逆に余計に崩れてしまう場合もあり真の改善にならない。全体のバランスと様々な視点(来館者、職員、展示物保存)か



(5階) (床1500mm高で測定) 図中の番号: 測定位置番号 ○印: 照度低下が急な箇所

照度 [lx]	$0 \leq E < 3$	$3 \leq E < 10$	$10 \leq E < 30$	$30 \leq E < 100$	$100 \leq E < 300$	$300 \leq E < 1000$
色	●	●	●	●	●	●

図-6 ルート上照度変化測定および結果

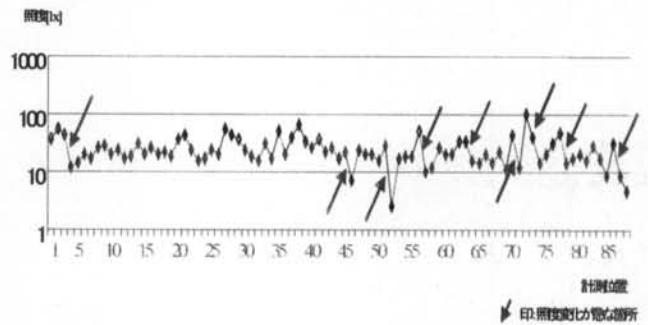


図-7 ルート上照度変化グラフ

項目	調査内容
グレア	光源がまぶしくないか パネルやケースで反射してまぶしくないか
均斉度	光源が展示物全体を照らしているか 余計な場所まで照らしていないか 影が出ていないか
展示エリア内のバランス	周囲に見えている他の展示物より極端に明るくないか 光源の色味が他と比べて極端に違わないか
明視性	重要なサインや展示物で特に見せたい部分が、他の部分よりも明るくなっているか
展示物保存環境	内規の積算光量(照度×展示期間)を守っているか

表-6 学芸員による簡易チェック項目

ら、展示計画、内装計画、照明計画、さらに展示作業計画を検討する必要があると考えた。

#### 4. 7. 1 短期的改善

以下に主な短期的改善の内容を列挙する。

##### 1) 学芸員による簡易チェックの実施

展示替えの際の簡易チェック項目表(表-6)を作成した。

##### 2) 各種サインの照明

照明器具が、サインの前方斜め上など都合のよい場所にある場合は照明する。

##### 3) 光源(ランプ)交換

色温度の統一されていない光源は、同タイプで低色温度のものに交換する。

##### 3) ケース位置の変更

ケースの奥の光源が見えグレアとなっていた壇上の覗きケースは、壇から下ろす。

#### 4. 7. 2 長期的改善

長期的改善は、下記のように照明計画のほか、色彩・材質計画、展示計画におよぶ。

##### 1) 照明計画

###### (a) 展示・サイン用小型照明設備の充実

現在の照明を活かすことを前提とすれば、不足している細かい照明設備を充実させ、学芸員が自分で位置・向き・台数・光量を調整できるように改修する。

展示用照明設備を充実させることで、全体照度バランスの崩れや光源グレアも避けられ、また全般用・大型用の高所器具を展示替え時に調整する必要がなくなり学芸員のみで対応できるようになる(高所器具の調整は高所作業用機械が必要)。

自立サインは自由に移動できるようにサイン自体に小型照明を設置する。

###### (b) 大項目サイン

輝度むらのないパネルに交換するか、他のサインと同様に外から照明するタイプに変更する。

###### (c) 装飾的な照明の改善

展示内容と関係のない装飾的な照明は、展示物の輝度より高くないように制限する。

###### (d) エリア内のデザイン性

エリアを超えて投光することは無いようにするとともに、各エリアを照明デザインで区分する。

###### (e) ルート上の明暗リズム

急激に暗い空間に入る部分は、暗くなるまでの距離を延長することで人間の目の暗順応時間に合わせる。また見学ルート上にエリア毎の展示内容も考慮した明暗のリズムをつけ、めりはりをつける。来館者が見学ルートを進むように、行先を周囲よりも明るくして誘導効果を持たせる。

###### (f) 自然光の利用

自然光を採り入れることも考えられる。自然光は季節・時間・天候により様々な光量・光向・光色に変化し、来館者に明るさ感・開放感・リフレッシュ感をもたらす。自然光を入れた展示施設は来館者が増えるとも言われている。採光に際しては、展示物の劣化に影響を与える短波長成分および空調負荷に影響を与える長波長成分の制御、また耐光性に基づく展示物の配置変更や休憩コーナーにする等の用途変更を行う必要がある。

###### (g) 明るさ感・開放感の確保

展示物に当たる光量を増やさずに来館者の明るさ感を増すためには、「見た目の明るさ」を確保する方法がある。たとえば来館者から遠くの壁面の反射率を上げウォールウォッシャー照明を設置し明るく見せることで空間の広がりを感じさせたり、天井や壁に反射率の高い幕を吊るしそれを投光照明で照らしたり裏から透過させたりすることで、柔らかい明るさ感を演出する。

極端に暗い部分があると全体的に暗さを感じることから、「日本橋」の下の数lxしかない部分を照明する。

###### (h) 時代・時間・雰囲気演出

照明は、来館者が鑑賞するために単に明るく見やすく快適にするだけでなく、展示物の時代や時間を再現した雰囲気を高める演出をすることができる。

長屋の模型は、時間設定を中がよく見える時間つまり夜とすれば、外壁への光量を減らし、室内に行灯など当時使われていた器具を再現して設置することができ、中が見やすくなると同時に覗き込みたくなる雰囲気演出も可能となる。

また同様に窓の中に照明がなく暗いため閉館している雰囲気をかもし出し、中へ入ることを無意識に妨げている「朝野新聞社」の再現建物は、窓の中に照明を設置する。

「両国橋」の模型は、上からの光量を抑え、ファイバー照明などで模型の下部より照らすことで夜の雰囲気を出す。あるいは一日の時間演出を行うことも考えられる。さらに、この模型が花火を見上げているシーンであることから照明で花火を作る。

##### 2) 色彩・材質計画

暗い感じがする原因には、窓開口がないことと照明の問題以外に、建築内装・展示壁・解説パネル・キャプションパネル等の色彩・材質の影響も大きい。

###### (a) 建築内装

天井または壁の全体または一部について、他の部分の計画とのバランスに注意しながら、明度を大幅に上げて明るさ感を上げる。また床の明度も上げる。全体的に色相を暖色系に(彩度は低め)する。暖色系にするのは、この展示室は照度を抑え短波長を抑えた光源を用いているため寒色系の色はくすんで沈んで見える

からである。彩度が高いと展示物が見えにくくなるためアクセント以外は低く抑える。

#### (b) 展示壁

照明器具が十分増設され建築壁や床の明度が高めに変更されて空間の明るさ感が確保された場合には、展示物は茶系で明度・彩度低めのものが多いため露出展示の後にある展示壁は明度を落とす。

#### (c) 解説パネル

展示照明は短波長を抑えたものを使用するため、解説パネルは中間～暖色系とし、さらに展示壁よりも明度が高いものを使用する。

#### (d) キャプションパネル

キャプションパネルは光沢度の低いものに変更する。

### 3) 展示計画

展示物の置かれる可能性のある箇所全ての面あるいは代表面の照度分布を測定し、照度マップを作成する。照度マップと展示条件内規の積算光量規定を照合して展示期間を決定する。

## § 5. まとめ

本報では博物館・美術館などの展示空間における光環境評価について、

- 1) 従来の評価手法では展示物の保存に重点が置かれており“視点の偏り”と“調査箇所の偏り”という問題点を有することを指摘した。
- 2) 人間の感覚に基づく視点を含めた新しい評価手法と手順を開発した。
- 3) 実施設のリニューアル構想作業の中で、開発した評価手法と手順が、調査、分析評価・課題抽出、光環境改善のための方策検討の各段階において実際に適用可能であることを確認した。

なお、江戸東京博物館ではその後、提案した改善策の中から簡単に実施可能な部分について、改善作業に着手している。

今後は、予測が困難な自然光の影響について、年間積算光量の予測手法およびそれに基づく展示計画手法を開発する予定である。さらに機会があれば、今回提案した評価手法について調査事例を増やし、様々な目的や展示手法をもつ博物館・美術館に対しても対応可能であることを確認していきたい。

## 謝辞

本研究開発は東京都江戸東京博物館が(有)プランニング・ラボに委託して行った常設展示評価調査の一環として行ったものであり、発表に際し、関係者各位に対する感謝の意をここに表します。

## <参考文献>

- 1) C. Cuttle: "Damage to museum objects due to light exposure", Lighting Research and Technology, Vol28(1), pp.1-9, 1996
- 2) T. Garry: "The museum environment" 2<sup>nd</sup> edition, Butterworth, 1986
- 3) "Museum and Galleries", CIBSE Lighting Guide LG08, Chartered Institution of Building Services Engineers, 1994
- 4) "Lighting Handbook" 8<sup>th</sup> edition, Illuminating Engineering Society of North America, 1993
- 5) "Museum and Art Gallery Lighting: A Recommended Practice", Illuminating Engineering Society of North America, 1996
- 6) 半澤重信: "博物館建築 博物館・美術館・資料館の空間計画", 鹿島出版会, 1997
- 7) 文化庁文化財保護部美術工芸課: "文化財保護行政ハンドブック", ぎょうせい, 1998
- 8) 橋本, 登石, 養原: "複数属性を考慮した施設評価手法に関する研究 その1 ミュージアム施設の環境評価への適用の考え方", 日本建築学会学術講演梗概集, pp.733-734, 2000
- 9) 登石, 橋本, 養原: "複数属性を考慮した施設評価手法に関する研究 その2 ミュージアム施設における環境評価手法の提案", 日本建築学会学術講演梗概集, pp.735-736, 2000
- 10) "東京都江戸東京博物館建設委員会報告書", 1986
- 11) "江戸東京博物館要覧 2000", 財団法人東京歴史文化財団, 2000

