

# 美術館展示室の自然光導入方法に関する研究 コンピュータによるシミュレーションからの考察

5133 佐久間高志

指導教員 助教 佐藤慎也

## 1. はじめに

美術館というものは17世紀にフランス国立美術館において成立し、ヨーロッパ中に広まっていった。その頃、まだ人工照明は普及しておらず、鑑賞のために自然光を室内に採り入れることを目的として、側窓、スカイライト、ハイサイドライトを設けて効果的に展示室内部を明るくしていた。

日本における美術品の展覧は、古くから社寺が所蔵する宝物が定期的に「開帳」される習慣があったが、その鑑賞の場は境内やお堂等で自然光があまり入らないところだった。明治時代になって日本に美術館が輸入され、日本とヨーロッパ、それぞれの作品鑑賞の場は次第に同じ環境になっていく。

しかし、その後日本では1950～60年代に、美術品の劣化を防ぐために照明制御の必要性が取りざたされ、光による損傷が美術品の劣化において非常に問題であることが指摘された結果、美術品の耐光性に基づき設定照度が決められることとなった。それ以降、自然光を排除した美術館が多く建てられることとなった。

現代の美術館では、鑑賞者の快適性と作品保全の自然なバランスが取られるようになり、かつて塞がれてしまった窓も部分的にまた開放され、自然光を室内に導いている。

その一方で、美術館展示は作品の保存も機能として考えなければならない場であることから、美術館展示室の環境に対応できる作品をそれぞれ考えた上で設置がなされている。

## 2. 研究目的

### 2-1. 研究目的

美術品、特に絵画は光に対して弱いものが多い。博物館・美術館の照度基準では、光に非常に敏感なもの(水彩画など)は150～300lx、光に比較的敏感なもの(油絵など)は300～750lxと、作品に当たる光の強さが明確に指定されている(注1)。自然光は時間や天気によってその強さが変わる不安定なものであるため、作品保全の観点からは美術館内部に取り込むことは難しいものであると言えるだろう。実際、日本にある美術館の展示空間では人工光が用いられていることがほとんどである。しかし、欧米では積極的に自然光の下で鑑賞する場が設けられており、日本でも近年そういった美術館が生み出されている。それは、作品制作と同じ環境で鑑賞するべきという考えと、美術館内部で時間の移り変わりを感じるためという理由等からである。

そこで、国内外の美術館展示室を日本の気象条件の下で比較し、日本においてはどのような自然光導入の手法が有効なのかを探ることとした。それによっ

て、有効でない美術館においては原因を見つけ、改良の方法を求める。

### 2-2. 既往研究と本研究の位置づけ

美術館における自然光導入に関する既往研究には登石久美子の「博物館・美術館の昼光照明計画」(注2)がある。その中で積極的な展示室への自然光導入が求められるようになってきた中で、そのコントロール方法の改善が行われていると述べている。一方、本研究では、今までに設計された美術館を昼光利用の立場から再検討することで、昼光コントロール方法の改善が提案でき、コンピュータ上での展示室構成の変更から、より効果的な手法が導けると考えている。

コンピュータによるシミュレーションの誤差については数多く検証されているが、本研究に関連する坂田克彦の「窓スクリーンのモデル手法の違いによる昼光シミュレーション精度の比較」(注3)では、昼光が透過する物体がガラス質のような板状のモデルである場合、高い精度で計算を行うことが出来ることが述べられている。その一方で、布製のスクリーンのような網状のモデルは誤差が生まれるとも述べている。本研究では美術館展示室のシミュレーションを行うが、そのほとんどがガラス質もしくはプラスチック質の物質透過による昼光の減衰を行っていることから、高い精度のシミュレーション結果を得ることが期待できる。

## 3. 研究(調査)方法

### 3-1. 調査対象

国内外の美術館で、自然光を採り入れた展示室を持ち、シミュレーションに必要な図面資料の手に入る美術館において、最もその趣旨を表している展示室を選定した。(表1、図1)

美術館名称	設計者	所在地	竣工年
ホンブロイヒ・ランゲン美術館	安藤忠雄	ドイツ	2004年
織田廣喜ミュージアム	安藤忠雄	日本	1998年
ブロード現代美術館	レンゾ=ピアノ	USA	2008年
金沢21世紀美術館	SANAA	日本	2004年
ブレゲンツ美術館	ピーター=ズントー	オーストリア	1997年
ラ=コルーニャの美術館	J=マヌエル=ガリエゴ	スペイン	1995年
ロサンゼルス現代美術館	磯崎新	USA	1986年
ポルト現代美術館	アルヴァロ=シザ	ポルトガル	1999年
クラーク芸術センター	安藤忠雄	USA	2008年
十和田市現代美術館	西沢立衛	日本	2008年

表1 調査対象美術館一覧

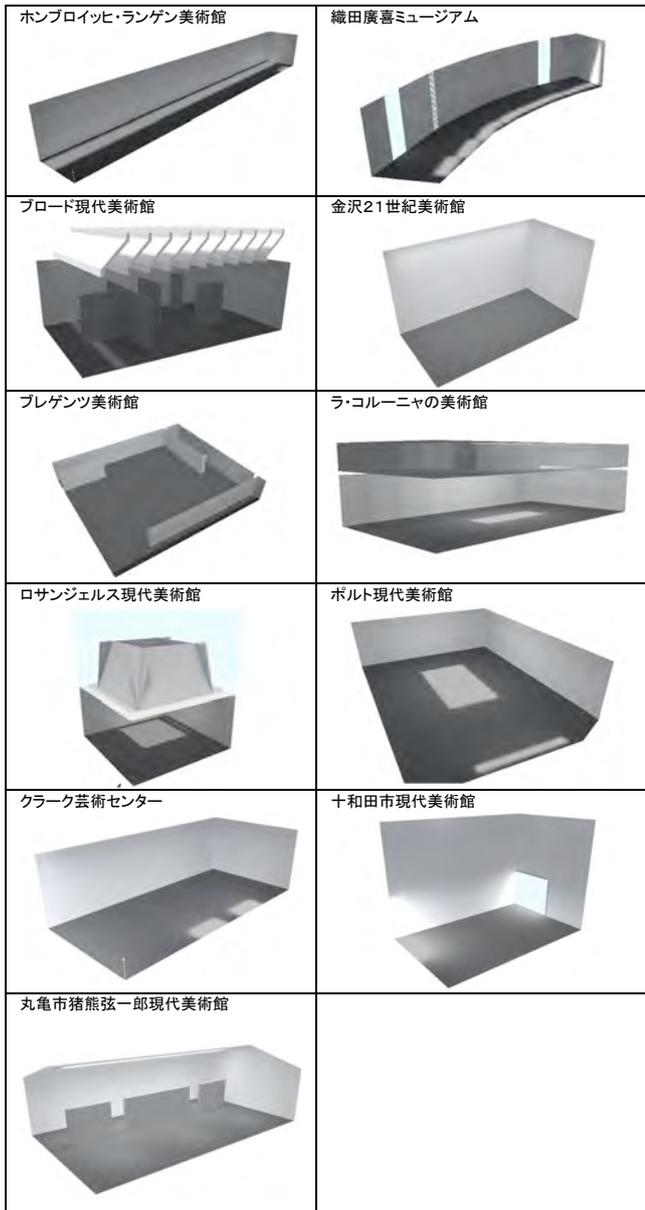


図1 調査対象展示室シミュレートモデル図

### 3-2. 調査方法

コンピュータによるシミュレートを行い、展示室内の平均照度を求め比較する。国外の美術館については、日本の気象データを当てはめてシミュレートすることで、国内の美術館との比較、国内に導入する場合の検討を行う。

今回のシミュレートには「Daylighting」(注4)というコンピュータソフトを用いる。このソフトによって日本の気象データを用いた床面における照度計算が行える。シミュレートにあたって、展示室の形状によっては簡略化、モデル化を行う。求める照度は一ヶ月の平均照度で、南中高度が最も高い夏至を含む6月、南中高度の最も低い冬至を含む12月、その中間期である3月、9月分をグラフ化した。

## 4. 調査結果

ここでは、いくつかの代表的な展示室について調査結果を述べる。

### 4-1. 織田廣喜ミュージアム

細長い空間にスカイライトを設置したタイプの展示室を持った美術館である。



図2 展示室 (注5)

図3 スカイライト (注5)

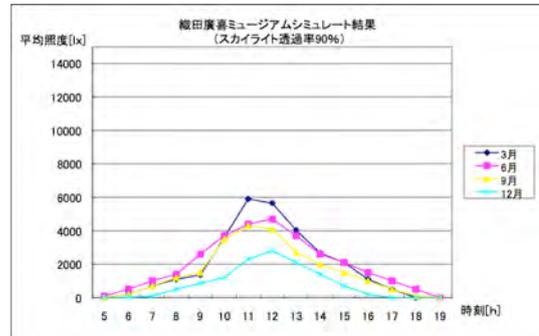


図4 織田廣喜ミュージアムシミュレート結果

シミュレートの結果、正午ごろの時間になるとかなりの採光が得られると分かった。

また、この展示室は扇形に湾曲している。この形状がどういった効果を生み出しているか調べるため、ほぼ同じ長さで同じ部分を開口部とした真っ直ぐの展示室を仮定しシミュレートを行った。

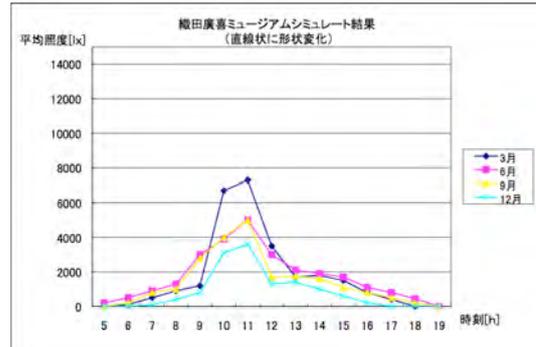


図5 変更後織田廣喜ミュージアムシミュレート結果

形状を操作したシミュレートの結果から、湾曲した形状は時刻による照度の差をなだらかにしている効果があることがわかった。

### 4-2. ブロード現代美術館

天井が一面スカイライトとなっていて、物体の反射によって光を減衰させている展示室を持った美術館である。



図6 展示室 (注6)

図7 屋根 (注7)

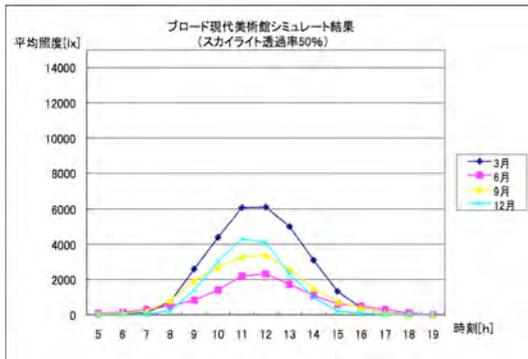


図8 ブロード現代美術館シミュレート結果

今回のシミュレート結果から、のこぎり状のスカイライトの形状は普通の形状に比べると自然光を取り入れることの出来る時間が短いことがわかった。

#### 4-3. MOCA (ロサンゼルス現代美術館)

ピラミッド型のスカイライトを有した展示室を持った美術館である。



図9 建物外観 (注8)

図10 展示室 (注9)

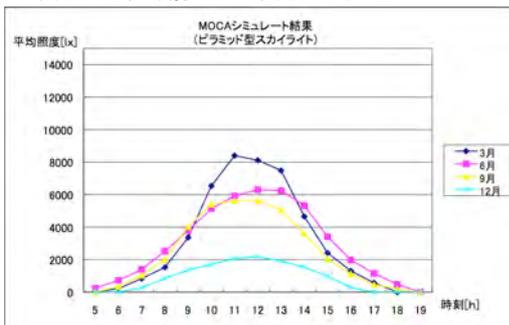


図11 MOCA (ロサンゼルス現代美術館) シミュレート結果

シミュレートの結果から、南中高度の違いによってかなりの照度の差が生まれていることがわかる。これはピラミッド型スカイライトによって生み出されている効果と考えていいだろう。

そこでスカイライトを採光部から垂直に降りてくる筒状に形状を変化させシミュレートを行った。

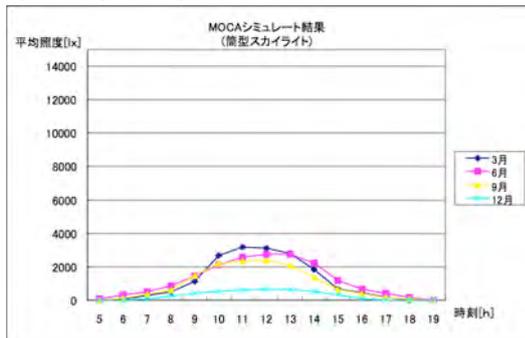


図12 変更後MOCAシミュレート結果

シミュレート結果より、スカイライトをピラミッド型にすることでより多くの光を取り入れることがわかった。このことから壁面に光が反射した時、ある程度の方向性を持って反射することが考察できる。

さらに、ピラミッド型のスカイライトの場合の方が高い照度率を得る時間が長くなるのでより長い時間自然光を取り入れることが出来る。

## 5. 調査結果の比較

### 5-1. 類似した形状の展示室の比較

設計者が同じということもあってか、形状の似ている安藤忠雄の設計したホンプロイッヒ・ランゲン美術館と織田廣喜ミュージアムを比較する。

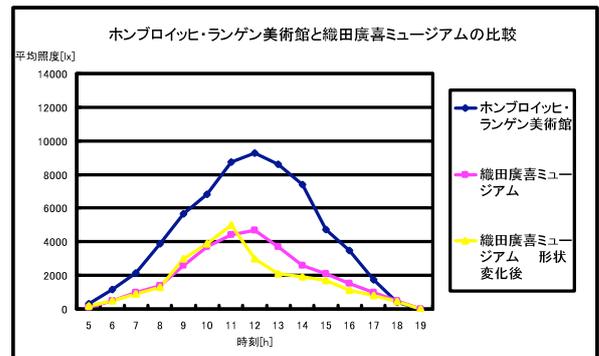


図13 ホンプロイッヒ・ランゲン美術館と織田廣喜ミュージアムの比較

その結果、曲がった形状と真っ直ぐな形状とであまりグラフの形に変化が無いことがわかる。それに対し織田廣喜ミュージアムを直線状に変形した場合、最高照度を得る時間が早くなっている。今回二つの展示室はほぼ同じ方位で、直方体が南西方向へ伸びていた。つまり、スカイライトがどちらかに寄っていると時間による平均照度の差が生まれてしまうことがわかる。

### 5-2. スリガラスによる内天井を持つ展示室の比較

スリガラスによる内天井を設けているブロード現代美術館と金沢21世紀美術館を比較してみる。

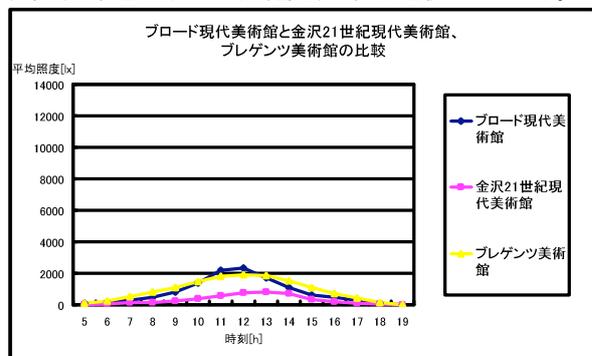


図14 ブロード現代美術館と金沢21世紀美術館、プレゲッツ美術館の比較

両者ともスリガラスによる内天井を設けているが、ブロード現代美術館の方が高い照度率を得ている。これは採光部分から内天井までの距離の影響だと考えられる。金沢21世紀美術館の方がその距離が長いいため、より減光しているのであろう。よって、美術

館の作品保存のためには、ある程度距離を離すべきだと言える。内天井の有無で考えるとブレゲンツ美術館も設置されているが、こちらでは採光部が側面に配置されているので時刻による平均照度率の差が少なくなっている。

### 5-3. 上に向かって絞られたスカイライトを持つ展示室の比較

上に向かって絞られたスカイライトを有している、ラ・コルーニャの美術館と MOCA を比較する。

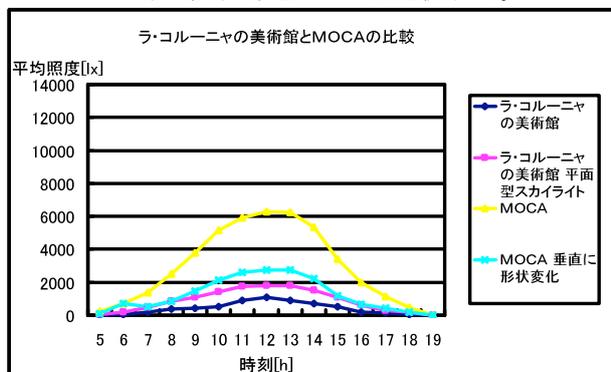


図 15 ラ・コルーニャの美術館と MOCA の比較

この場合スカイライトがある方が照度率は低くなるが、直方体形にするよりも下に向かって広がっているほうがより採光には有利であると言える。また直方体の二面が傾斜しているよりも、四面が傾斜している方が有利であるだろう。

### 5-4. 開口部の方向の異なる展示室の比較

開口部の方向について、ポルト現代美術館とクラーク芸術センターを比較して考える。

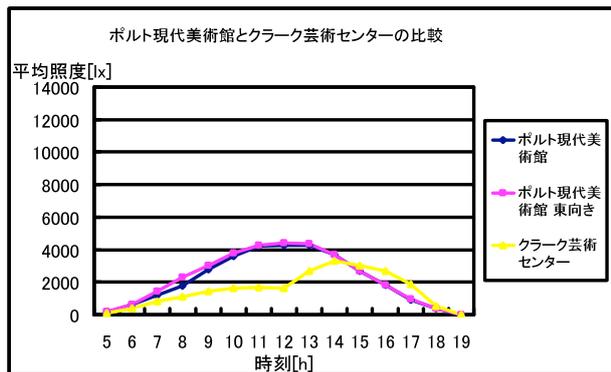


図 16 ポルト現代美術館とクラーク芸術センターの比較

ポルト現代美術館では北側に開口部とスカイライトを併用しているが、比較するとスカイライトを設ける場合の方が照度率が高くなるのがわかる。つまり側面に開口部を設けるよりも、スカイライトを設けた方が採光には有利と言える。

## 6. まとめ

自然光を展示室に導入するためには、その自然光を弱める必要があるが、そのための手法として、素材でコントロールする方法と形状でコントロールする方法があることがわかった。

素材で解決する手法は、ガラスの透過率や素材の

反射率を操作して光を弱めることができるが、単純に光の強さを下げることはできても、時間や季節による光の強さの差を埋めることは難しい。

その一方で形状により解決する手法は、時間や季節に応じて光の強さを操作できるが、全体的な光の強さを操作する事が素材による解決よりも行い難い。

今回のシミュレート結果から以下のことがわかった。

- ①複雑な形状の採光部は十分な自然光を得られる時間が限られてしまう。
- ②直線状よりも湾曲した展示室のほうが安定した照度を得られた。
- ③北側採光でも十分な採光ができ、時間による照度の差が少ない。
- ④スリガラスによる内天井を設けることで、照度を抑えることができる。その際、内天井と採光部の距離によって照度の操作ができる。
- ⑤スカイライトを設ける場合壁面の反射率によって内部の床面照度が操作できる。
- ⑥どの方向に開口部を設置するかで室内が明るくなる時間を操作できるが、その場合壁面内の位置よりも向きに影響を受ける。
- ⑦北側に開口部を向けても、ある程度の照度を得られる。

これを美術館において考えると、以下のことが考えられる。

- ①一般的な美術館の開館時間を考えると西側に開口部を集中させるべきである。
- ②作品保存を考えた場合、形状のみではなく素材を使った減光を組み込まなければならない。
- ③スカイライトを設ける場合、多くの光が導入されてしまうので考慮が必要である。

### 【注釈】

- (注 1) 博物館・美術館の照度基準 JIS Z 9110-1979 より。
- (注 2) 参考文献 4)
- (注 3) 参考文献 5)
- (注 4) 独立法人建築研究所及び財団法人建築環境・省エネルギー機構 自立循環型住宅開発委員会 開発の昼光照度シミュレートプログラム。
- (注 5) 「建築+街並探訪 Visit Architecture and Street」  
([http://www46.tok2.com/home/arc/shiga/shiga\\_05.htm](http://www46.tok2.com/home/arc/shiga/shiga_05.htm))
- (注 6) 「All About」(<http://allabout.co.jp/gs/packtourkansai/closeup/CU20080430B/index3.htm>)
- (注 7) 「arcspace.com」(<http://www.arcspace.com/architects/piano/bcam/bcam.html>)
- (注 8) 「ロサンゼルス最強ガイド」([http://www.elephanttour.com/1a/attraction\\_detail.php?skip=8](http://www.elephanttour.com/1a/attraction_detail.php?skip=8))
- (注 9) 参考文献 3)

### 【参考文献】

- 1) 日本建築学会：昼光照明デザインガイド、技報堂出版、2007. 8
- 2) 二川幸夫：G A Document 50～105、ADA EDITA Tokyo、1997. 4～2008. 11
- 3) 建築文化、彰国社、1987年3月号、1987. 3
- 4) 登石久美子：博物館・美術館の昼光照明計画、照明学会誌、83巻12号、1991. 12
- 5) 坂田克彦、内山卓郎、吉澤望、近藤純一、武田仁、稻沼寛：窓スクリーンのモデル手法の違いによる昼光シミュレーション精度の比較 室内光環境のシミュレーション手法に関する研究 その1、日本建築学会学術講演梗概集（環境系）、2007. 8