

地方都市におけるPBL型BIMプロジェクト その3 明るさ画像とVRを用いた室内夜間の照明シミュレーション

○白井 琢麻*1 下川 雄一*2
竹内 一生*3

キーワード：BIM 光環境 照明 明るさ画像 VR

1. はじめに

照明設計の分野では、長年、照度による照明計画が行われてきた。近年では、省エネルギーの考え方が増えてきている中で、照度での照明計画ではなく、輝度や明るさ感を用いた照明計画が必要であるという考え方が重要視されつつあり、輝度設計に関する様々な研究が試みられている¹⁾。しかし、シミュレーションを行う時間や技術の不足もあり、照明計画に輝度や明るさ感を用いる手法はあまり普及していない。

一方、3次元CADやCG系のソフトウェアでも配光特性データ(iesファイル)を読み込めるものは増えており、空間内の照度や輝度を確認できるソフトも存在するが、それらは一般の建築設計者に馴染みやすい情報の形とは言えない面もある。また、現在では紙面・モニターに加えてVRなど、光環境の評価媒体も多様化しており、どのような媒体を用いて光環境を評価するのが建築設計者にとって効果的であるのか検討が必要である。

本報では、前報(その2)で紹介したプロジェクトにおいて、夜間の室内照明に関するシミュレーションを複数の評価媒体を用いて実施した概要について報告する。

2. 目的

本研究では、輝度設計のための技術として注目されている明るさ画像を用いて照明シミュレーションを実施した。また、周辺視野の明るさを気にせず明るさ感の評価できるVR手法によるシミュレーションも行った。これを通じた本研究の目的は、それらの各シミュレーション媒体を活用して具体的な照明器具の選定までを一貫して行うこと、および建築設計者にとって有効な評価媒体を探ることの2点である。

3. 研究方法

3.1 対象空間

建設予定の小規模建築物(英会話塾)の実施設計段階の中でシミュレーションを行いながら照明計画を実施した。評価空間として、授業が始まるまでの待合空間(23㎡)を対象とした(図1)。天井高が高いことから、照明器具はペンダントライトの使用が前提となった。内装は基本設計の段階でほとんど決定していたが、一部の壁仕上げについてシナ合板による仕上げか白いビニルクロス張りかの検討が実施設計の後半まで続いた。

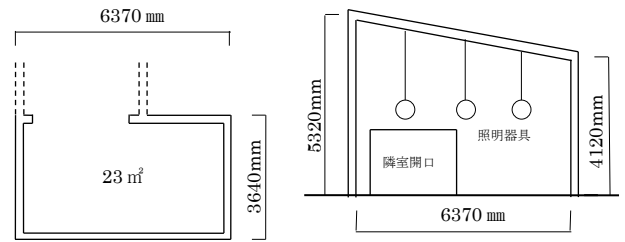


図1 対象空間の平面(左)、断面(右)

3.2 照明シミュレーション方法

今回使用した照明シミュレーション画像は、レンダリング画像、照度画像、輝度画像、明るさ感画像^{注1)}、明るさ検討画像^{注2)}、リアル・アピアランス画像^{注3)}(以下、RA画像)の6種類である。それらの表現媒体を適宜使用し、明るさや光の見え方の違いなどを評価していった。また、上記のシミュレーション画像による照明計画の時期には間に合わなかったが、追って、VRによる照明シミュレーションを実施した。

3.3 使用ソフト・機器

本研究で使用したソフト・機器の連携関係と作成した画像・モデルの関係を図2に示す。BIMソフトとしてArchiCAD18を用い、輝度や明るさ感などの定量的な画像作成には、DIALux evo5とREALAPS2.0を用いた。VRモデル作成はUnreal Engine4を用い、Oculus Rift(ヘッドマウントディスプレイ(HMD))でVRモデルによる照明シミュレーションを行った。尚、これらのソフトはすべてiesファイルをインポート可能である。iesファイルは照明器具メーカーのwebサイトで提供されているものを使用した。

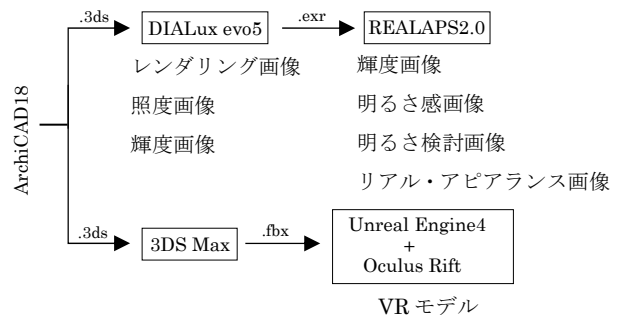


図2 使用ソフト・機器と作成した画像の概要

4. シミュレーション画像による照明計画プロセス

4.1 概要

照明器具を提案・変更した主に3つの段階でシミュレーション画像を作成し、評価を行った。各段階で使用する照明器具の種類や灯数の検討、および内壁の仕上げ2パターン（一部シナ合板仕上げ=仕上げA、全面白ビニルクロス張り=仕上げB）のシミュレーションなどを行い、明るさ感や光の見え方の検討を進めた。

4.2 第一段階の照明計画

プロジェクトの基本設計が決定しつつあり、内装の仕上げを検討する段階で最初のシミュレーションを行った。この段階で、まず照明器具の選定を行った。その際、主に照明器具のデザイン性を優先し、配光特性については検討しなかった（iesファイルの存在のみを確認した）。選定した照明器具は328lmの光束を持つ下方照射型のペンダントライトである。床面から2.2mの高さに6灯設置した（図3）。作成した画像は、レンダリング画像、照度画像、輝度画像、明るさ感画像、明るさ検討画像、RA画像である（表1）。

(1) レンダリング画像による検討

左の隣室の方が明るく、対象空間が暗く感じられた。その中でも、仕上げAよりも仕上げBの方がやや明るく感じられた。

(2) 照度・輝度画像による検討

照度画像では床面は約100lxであるのに対し、天井面は約10lxと暗かった。輝度画像では、空間全体が3~5cd/m²であった。床面にはある程度の光が当たっているが、床材の明度が低いため、全体として暗い感じの印象がある。これらの画像では、仕上げの違いによる影響を評価することはできなかった。

(3) 明るさ感・明るさ検討画像による検討

明るさ感画像では、左側の壁で仕上げの違いによる明るさ感の違いがある程度読み取ることができ、仕上げBの方がやや明るいことが確認できる。明るさ検討画像では、さらにその違いが顕著に現れているのに加え、右側の壁でも違いが読み取れる。

(4) RA画像による検討

この画像では、レンダリング画像よりも暗さがはっきりと感じられた。壁仕上げの違いによる影響以前に、まず照明器具の明るさがかなり不足していることが考えられた。

(5) 次の段階に向けて

次の計画では照明器具の種類と灯数を変更して検討することにした。また、空間全体が暗い中での比較であったため、仕上げの違いによる影響が分かりにくい。引き続き、2パターンの仕上げについて比較することにした。

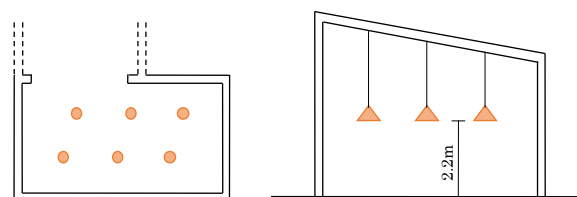


図3 第一段階の照明器具配置の平面（左）、断面（右）

表1 第一段階のシミュレーション画像

	一部木仕上げ（仕上げA）	全面白クロス張り（仕上げB）
レンダリング画像		
照度画像		
輝度画像		
明るさ感画像		
明るさ検討画像		
RA画像		

4.3 第二段階の照明計画

第一段階の照明器具の種類と灯数を変更し計画した。今回は、照明器具のデザインとともに配光特性を確認し、照らされる範囲から必要と思われる灯数を検討して計画した。選定した照明器具は、第一段階のものと同じ光束だが、やや横広がり配光を持つ器具を選定した。床面から2.2mの位置に8灯設置した（図4、表2）。

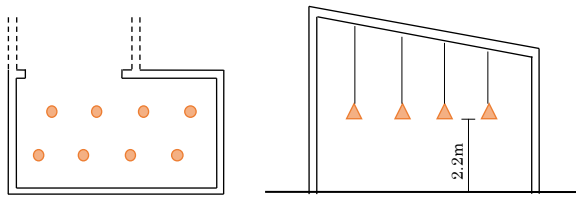


図4 第二段階の照明配置の平面（左）、断面（右）

表2 第二段階のシミュレーション画像

	一部木仕上げ（仕上げA）	全面白クロス張り（仕上げB）
レンダリング画像		
照度画像		
輝度画像		
明るさ感画像		
明るさ感検討画像		
RA画像		

(1) レンダリング画像による検討

前回のシミュレーションよりも若干明るく感じられたものの、まだ暗い印象があった。また、仕上げBの方がやや明るく感じられた。

(2) 照度・輝度画像による検討

照度画像では床面で約150lxの部分が増え明るくなっているのに対し、天井は前回同様に約10lxと暗い。輝度画像は、あまり変化が見られず空間全体で3~5cd/m²となっている。今回の照度・輝度画像では、仕上げの違いによる

影響があまり見られなかった。

(3) 明るさ感・明るさ検討画像による検討

明るさ感画像から仕上げの違いによる明るさ感の違いが見て取れ、明るさ感を示す指標であるNB値は仕上げBの方が2~3程度高かった。また、明るさ検討画像でもその違いが見て取れたが、光の不足感を示す数値はほとんど変わらなかった。天井や床の一部で明るさの足りない部分（青いエリア）が多く、その影響で光の不足感があまり変わらなかったと考えられる。

(4) RA画像による検討

この画像では仕上げの違いによる明るさの違いははっきりとは確認できなかった。床面には前回よりも多めの光が照射されているが、空間全体としては暗く感じられた。

(5) 次の段階に向けて

照明器具の種類や灯数を変更したにもかかわらず、空間がまだ暗い印象がある。壁や天井方向への配光が更に強い照明器具に変更する方が空間全体を明るくできると考えられる。また、第一、第二段階で全面白クロス張りの方が、明るさ感が高かった。そのため、第三段階の計画は全面白クロス張りに絞りシミュレーションを行った。

4.4 第三段階の照明計画

第一、第二段階の結果を踏まえて、壁や天井を明るくするために水平方向や上方への配光割合が比較的高い照明器具に変更した。今回は、729lmと1442lmの全方位照射型のペンダントライトを各3灯ずつ（計6灯）設置した。高さは前回同様である（図5、表3）。

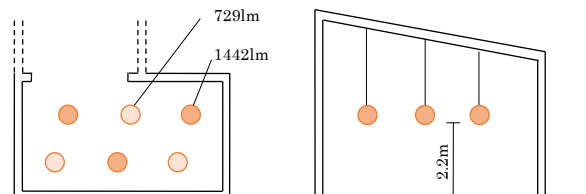


図5 第三段階の照明配置の平面（左）、断面（右）

(1) レンダリング画像による検討

全方位に照射する照明器具であるため、前回と比べて壁や天井がかなり明るくなっており、空間全体が明るく感じられる。

(2) 照度・輝度画像による検討

照度画像では、床面や壁面は約100lx、天井面は約75lxとなっていた。輝度画像では、床面は約3cd/m²と前回より暗いが壁面は約30cd/m²あった。床面は前回よりも照度・輝度ともに暗い部分はあるが空間全体として明るさが大幅に改善された。



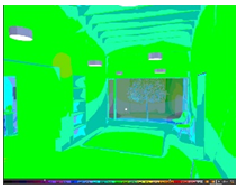
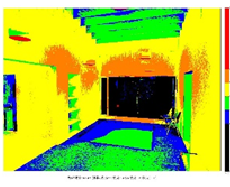


(3) 明るさ感・明るさ検討画像による検討

明るさ感画像では、空間全体が明るくなっていることが確認できる。また、明るさ検討画像では壁面全体が良好な

明るさであることが確認でき、光の不足感値も低くなっていた。空間全体では、壁面の明るさ感の向上によって、床面の暗さはあまり気にならない可能性が高いと判断した。

常に良いという意見が多かった。

表 3 第三段階のシミュレーション画像

レンダリング画像		明るさ感画像	
照度画像		明るさ感検討画像	
輝度画像		RA 画像	

4.5 考察

第一段階から第三段階まで各画像を作成しメンバー8名による評価を実施したが、各画像を参照する頻度が異なっていた。最も参照していた画像はレンダリング画像であった。配光特性のデータを用いたこともあり、具体的な光の見え方を理解し易かった。その次が明るさ感画像や明るさ感検討画像で、空間全体の明るさ感や光の不足感を直感的に確認できた。これら3種の画像は人の日常的な感じ方を可視化したものであり、評価がしやすく、複数回にわたって参照された。それに対し、照度画像や輝度画像は画像そのものよりも数値を取り出して参照する形となっていた。尺度から雰囲気や明るさをイメージする必要があるため、参照頻度は低かった。





5. VR によるシミュレーション

同じ空間を VR モデルとして作成し、HMD を用いて評価した (図 6、表 4)。待合の一部の壁については画像シミュレーションと同様に2パターンの仕上げを用意し切り替えられるようにした。照明器具の配光特性データもすべて同じものを使用し、3段階の画像シミュレーションと同様の状況をそれぞれ用意し、切り替えられるようにした。このような VR モデルで各メンバーが評価を行った。明るさについては、同じ配光データを用いても VR での評価の方が相対的に明るく感じられた。関連して、HMD は周囲の光環境の影響を受けないため、明るさ感の評価には適しているのではという意見や、全周を任意に確認できるのが非



図 6 VR モデルの体験風景

表 4 VR モデル検討比較

	一部木仕上げ (仕上げ A)	全面白クロス張り (仕上げ B)
照明計画第一段階		
照明計画第三段階		

6. おわりに

今回、実際の照明計画において、明るさ画像等を用いてシミュレーションし、具体的な器具や灯数の検討に有効活用することができた。また、各画像の有効性や参照のされ方も確認することができた。一方、VR による同一空間のシミュレーションも行い、画像による評価時とは全く異なる利用者の反応を確認することができた。今後は、各画像と VR モデルの明るさの違いの原因を追究するとともに、更なる実践的な応用を試みていく。加えて、クライアントに向けたプレゼンテーションなどにも利用し、より正確に設計案の理解や空間の把握に活かしていく。その他に、実空間と VR 空間の違いはどのような点にあるのか検討することで、より現実に近い VR モデル作成を目指していく。

【参考文献】

- 1) 中村芳樹:リアル・アピアランス画像を用いた視環境設計法, 日本建築学会環境系論文集, No. 677, pp. 551-558, 2012. 07

【注】

- 注 1) 従来の照度や輝度といった尺度ではなく、人間の目に入る光の量や光の対比によって決まる明るさを定量的に変換した画像。
- 注 2) 明るさ感画像を用い、人間が感じる光の不足感を推定した画像。
- 注 3) 明るさ感画像や輝度画像などを用い、ディスプレイや画像を見る周辺輝度を加味し、目の順応の効果を考慮して実際に感じる光の見え方を表現した画像。

- *1 金沢工業大学大学院 博士前期課程
- *2 金沢工業大学建築デザイン学科准教授・博士 (工学)
- *3 金沢工業大学 環境・建築学部 建築デザイン学科