

歴史都市の安全面・景観面の維持プロジェクト

代表：理工学部・教授 本間 陸朗

研究メンバー：Gledis Gjata、福本 真史、稲川 陽菜、刑部 もあな、吉田 有佑、
GUO Jianghao、TIAN Jinrui、伊藤 由偉、下村 朋世、松井 舜

本研究は、京都市の光環境デザインの特徴を明確化し、これの維持に努めることを目的とするものである。今年度は、この大局的な目的に向かう前提で、そもそもの光環境デザインの様式的な特徴を示すものの具体化を探った。すなわち、維持するためには維持されるべきものを明確化する必要があるとの考えに基づく。

建築においては、その様式の変遷について多くの学術的な研究成果が報告されており、例えば、広島大学の杉本名誉教授は、建築様式は装飾重視と機能重視の思想が120年周期で変遷してきたと説いている¹⁾。しかしこれは、単に隆盛と衰退が繰り返されたという意味ではなく、世相を反映しつつも、相互理解のもとに積重ねられたスパイラルのようなものと考えられる。なぜならば、良好な発展を遂げてきたと考えられる建築は、古くからの建築歴史家による調査報告の結果が明確であったがゆえに、実際に設計にあたる建築家が設計行為にあたって参考にできたと思わせるためである。また、藤森はその著書において、鉄とガラスとコンクリートという汎用性の高い材料が出現した以降は、世界中の建築意匠が平準化してきた傾向にあると述べている²⁾が、そのような状況下においても、例えば京都市の鴨川沿いに計画されたリッツカールトンホテルなどは、まるで数百年間そこに存在し続けているかのように周辺景観に馴染み、京都の歴史文化に溶け込んだかのような姿をしている。これはまさに、歴史文化を正しく理解した善良な設計者による景観の維持とも見なせると考えるのであるが、このような善良な設計行為を推し進めるためには維持を設計者のスキルに頼るだけではなく、明確に調査報告を行い維持すべき対象物を明確にすることが大切となるであろう。

一方で、昼光や人工照明による建築における光の扱い方の変遷は、明確な調査報告がなされていない。さらに電気をエネルギー源とした人工照明（以降、電気照明）は汎用性が高く、手軽に明るくすることが可能であり、ゆえに伝統的な光環境が損なわれたのは谷崎潤一郎による陰影礼賛³⁾で述べられている通りである。このように、電気照明の登場により、光環境計画の様式が大きく変化したことが予測できる。さらに、近年の主力光源であるLEDは調光・調色制御も容易で、簡単に明るくすることができるだけでなく、視覚や景観に関するあらゆる積み上げられてきた概念を根底から覆すことも可能である。とはいえ、ここまで述べてきた光環境の様式や概念とは具体的に何を指すのであろうか。この問いの明確化が本研究の当面の目的である。

この問いを明確化することが、善良な設計思想での光環境計画の一助になるはずである。以降、問いの明確化のために行った、過去の建築空間における光環境計画の様式の変遷とそれを象徴化するものの探求の過程を記す。

1. モダニズム様式の時代におけるカトリック教会のあるべき姿と設計者の志向

前述した、杉本名誉教授が説く、建築様式の興隆の変遷が120年周期で繰替えされている様

子に、光環境における大きな出来事を重ね合わせた年表を図1に示す。図1には、エジソンによる白熱電球の発明がロマン主義様式の盛隆期である1878年と示されているが、実際に電気による人工照明が世に出現し、以降の普及につながるのはウィリアム・クーリッジがタングステンフィラメントに用いた改良を行った1909年、すなわちロマン主義の終焉期である。つまり、人工照明はモダニズム期に飛躍的に発展したことになる。

ここで、このモダニズム期の日本を代表する教会建築として村野藤吾の世界平和記念聖堂と丹下健三の東京カテドラルに着目する。着目の理由は、まず、教会建築そのものが中世からの伝統様式を重んじて現代まで発展してきているものであるため、中世の建設された教会建築が当時の姿を残しつつ現代に至っている、乃至は、改修された場合の記録が明確になっているものが多いためである。そして、それらの教会建築のなかであって、世界平和記念聖堂と東京カテドラルは、その設計思想が根本的に異なると思われるためでもある。

世界平和記念聖堂は1948年に設計競技が行われ、村野藤吾はその設計競技における審査員であったが、応募作の中で丹下健三の案が最も評価が高かったにも関わらず、発注者によるカトリック教会の精神に合致しないとの評価もあって、当選案には選択せず、最終的に村野自らが設計者となって村野の思想とカトリック教会の精神を融合させて計画した建物である⁴⁾。さらに、丹下健三は村野らに当選案として評価されなかった世界平和記念聖堂におけるシェル構造によるコンペ案⁵⁾と同様の設計思想で世界平和記念聖堂を設計している。また、丹下は建築雑誌第63集（当時の表記では「輯」）第743号において「現代の技術の可能性とその進路に教会建築を生み出してゆかねばならない」とし、「鉄とコンクリートとガラスの建築をもって現代の建築はつくられるであろう」と説いている⁵⁾。以上により、世界平和記念聖堂と東京カテドラルは根本的に設計思想が大きく異なるものと考えられることができる。

双方の内観を図2に示す。今後、SD法やリカード尺度法などで印象評価を行う予定であ

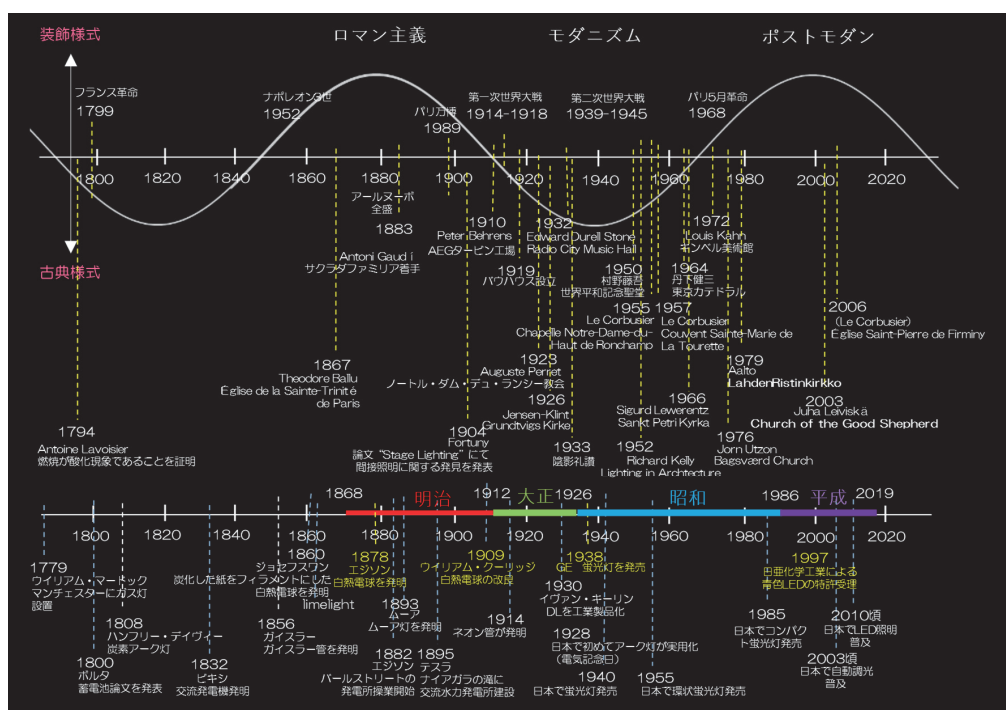


図1 建築様式の変遷と光環境における大きな出来事を示す年表

るが、ロマンチックで優しさを感じさせるとの評価結果が多いことが予想される世界平和記念聖堂に対し、東京カテドラルは荘厳でクールな印象となることが予想され、両者の印象が大きく異なることが確認できる。しかし、当該の比較のだけでは、光環境における明確な相違は感じられるものの、相違を示す特徴の具体的な抽出までには至っていない。様式が異なる建築における光環境の相違点を見出してこそ、歴史文化の維持すべきものや排除すべきものが明確化できるとの目的を達成するため、さらに視点を広げる必要があると考え、調査対象をロマネスク様式の時代まで遡り、現存する礼拝堂や教会建築の調査に出かけた。



世界平和記念聖堂

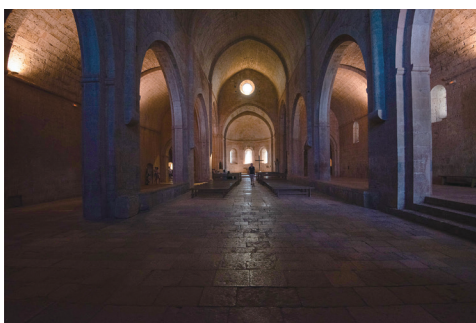


東京カテドラル

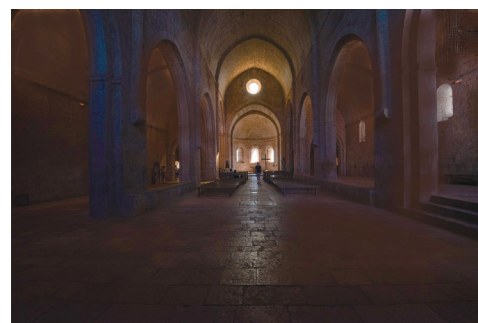
図2 内観写真の比較（著者撮影）

2. ロマネスク様式の礼拝堂における光の象徴性

ロマネスク様式の建築は石積みゆえに、構造的に大きな窓開口が取りにくいとされており、ル・トロネ修道院においても、薄暗い室内に小さな窓開口から入射する日光が印象的である。しかし、ル・トロネ修道院には人工照明が据え付けられており、かつてとは異なった姿をしている。そこで図3に示すように、画像編集ソフトである photoshop にて人工照明の無い状態の再現を試みたが、予想通り、現状の姿よりも人工照明の無い状態のほうが窓からの採光に伴う印象度が高い様子が確認できる。



人工照明あり（現状）



人工照明無し（想定）

図3 ル・トロネ修道院の内観写真（著者撮影）

また、ロマネスク様式の建築の特徴として、窓が図4に示すように木管楽器や金管楽器のように先が開いた形状をしている。これはアーチ窓と呼ばれるが、小さな窓開口しか作ることができないなかで、少しでも採光量を増すための工夫であるとされている⁶⁾。これらの窓形状が

実際に採光量を増やすことが可能なのかを、昼光シミュレーションソフトである DIALux evo にて検証を行った。

シミュレーションは図5に示すような現地での実測結果をもとにした3Dモデルを作成し、この形状の窓と内側に開いていない窓の採光量を比較する方法とした。窓の方位は多くのロマネスク様式の修道院の内陣が東側を正面に据えていることから東面とし、夏至、中間期、冬至の3季の早朝6:00～太陽からの直射日光が窓に照射しなくなると思われる11:00までの窓からの入射状況を調査した。

図6は、左側に3Dシミュレーション画像、右側に水平面照度分布図を示しているが、左側のアーチ窓のほうが、確かに採光量が増していること、そして、直射日光が直接、室内に入射する確率も高まることも確認できた。



図4 ロマネスク様式のアーチ窓（著者撮影）



図5 実測した窓と3Dで再現した窓

キリスト教の神学では、光は重要な意味をもち、神の存在を知ることによって輝きを放つ人間精神の象徴とされたとも説かれている⁶⁾ことから、キリスト教建築における窓や窓から入射する光の重要性を窺い知ることが可能である。そして、図7に示すように、直接光が暗い室内に入射することをもって、更なる光の象徴性が大切にされてきたのではないかとの予測を、ロマネスク建築の調査を経て立てるに至った。

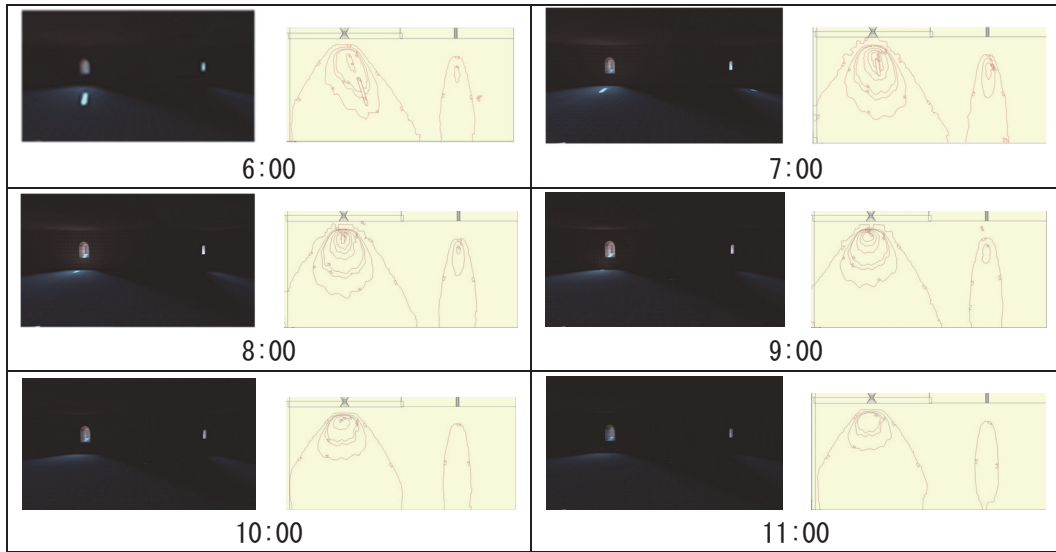
3. ゴシック様式への変遷と光の象徴の継続

9世紀末に建設されたヴェズレーのラ・マドレーヌ教会は、ロマネスク様式により建設されたとのことであるが、1120年の火災により内陣が焼失したため、12世紀末にゴシック様式で再建され、その後、宗教改革やフランス革命による衰退を経て、19世紀末にヴィオレ・ル・デュクによりロマネスク様式より修復されたが、内陣だけは12世紀末の状態が尊重されゴシック様式が再現されている⁷⁾。従って、ラ・マドレーヌ教会は図8に示すように、ロマネスク様式の身廊とゴシック様式の内陣という二つの様式が混在している。

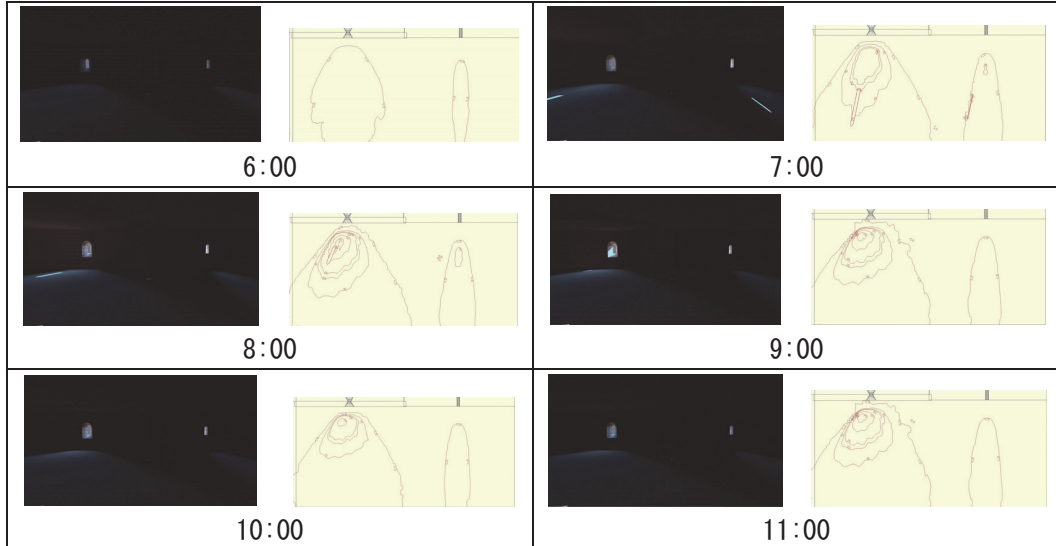


図7 直接光による光の象徴化（著者撮影）

東向き窓、夏至



東向き 春秋分



東向き 冬至

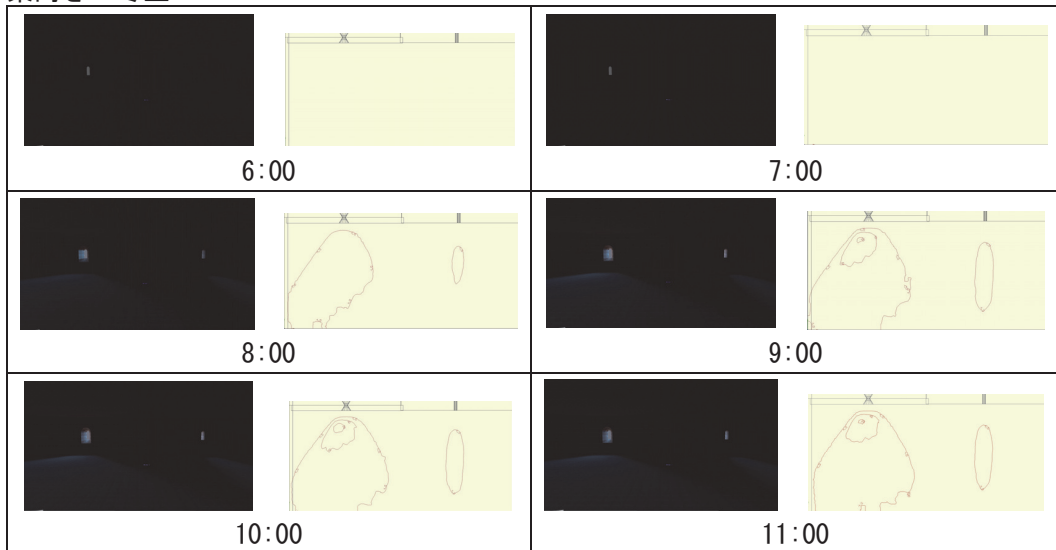


図6 ル・トロネ（北緯：34.7°）採光シミュレーション結果

ゴシック様式は古代文化の流れを汲む円柱やアーチをモチーフとして、工学の発達によって可能となったキリスト教神秘主義的上昇感を組み合わせたある種の恍惚的古典主義との記述もある⁶⁾が、この工学的発達、すなわち建築の構造面での発達により窓面積に対する制約が緩んだ結果、室内への採光が増し明るくなったことであろうことは容易に想像がつく。また、ゴシック様式では天井高の違いを利用して連続的に設けられている採光用の高窓であるクリアストーリーも拡大したようで、この面でも室内への採光が有利となったようである。

図8からもラ・マドレーヌ教会において、ゴシック様式による内陣がロマネスク様式の身廊よりも明るいことが確認できるが、ゴシック様式に移り、室内への採光量が増したことを実証するためにロマネスク様式とゴシック様式の室内の平均輝度の比較を行った。比較は前述のラ・マドレーヌ教会の身廊と内陣だけではなく、ロマネスク様式としてル・トロネ修道院、シルバカヌ修道院、セナンク修道院、ゴシック様式として図9に示す1535年完成のサンテティエンヌ・デュ・モン教会、図10に示す1925年完成のグルントヴィークス教会を対象として、360度画像を元にしたピクセル平均輝度と輝度の四分位範囲を算出しを行った。なお、グルントヴィークス教会が完成した1925年はモダニズム様式の隆盛期であったが、設計にあたったイェンセン・クリントはゴシック建築の古典派垂直材に煉瓦表現主義の現代幾何学様式を組み合わせ計画したとされている⁸⁾ので、ゴシック様式で設計された教会と見なすことが可能と判断した。



図8 ヴェズレーのラ・マドレーヌ教会内観（著者撮影）

図11にロマネスク様式とゴシック様式の建物の、ピクセル平均輝度と四分位範囲の比較を示す。ここにゴシック様式の建築がロマネスク様式よりも採光量が多いことに伴ってピクセル平均輝度が高い、すなわち内部空間が明るいことが示される。また、ピクセル輝度の四分位範囲もロマネスク様式よりも高いことから、室内輝度のメリハリが比較的に激しくなっている様子も伺える。

ここで、前項にて推定したようなロマネスク様式の光の象徴性が暗い室内に入射する日光によって容易に表現できていた一方で、室内が明るくなったゴシック様式においてはいかなる手段で継承されていったのか、の疑問が生じる。

この疑問の答えをステンドグラスの使用に見出した。すなわち、1144年に完成したスジェー



内陣前



身廊中央

図9 サンティエンヌ・デュ・モン教会 内観 (著者撮影)



正面から内陣を望む



正面から内陣を望む

図10 グルトヴィークス教会内観 (著者撮影)

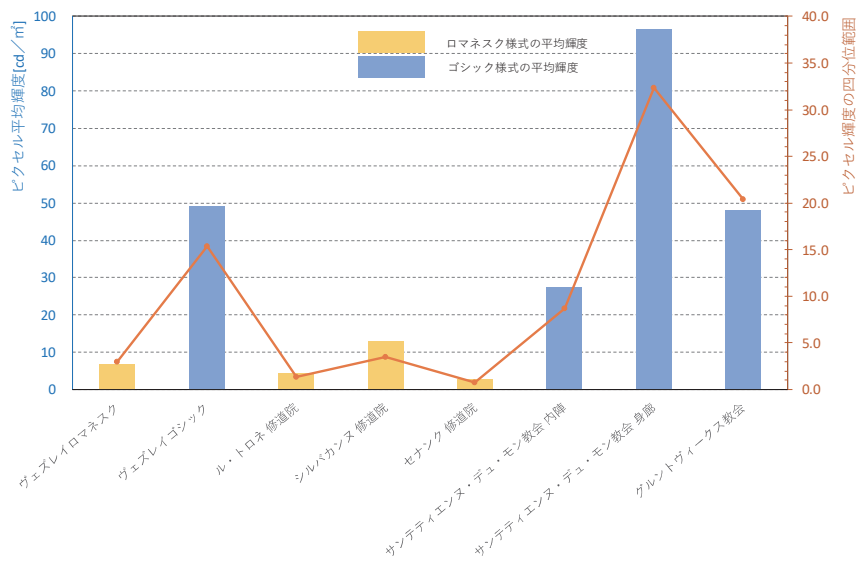


図11 ロマネスク様式とゴシック様式のピクセル平均輝度と四分位範囲の比較



内観 祭壇を正面から望む



有彩色光が室内に入射している様子

図12 ル・ランシー・ノートルダム教会の内観（著者撮影）

ルによるサン・ドニ礼拝堂⁹⁾のように、窓開口にステンドグラスを多用し、結果的に、ある程度の採光量の抑制による室内の陰影保持と、室内への有彩色による直接光での光の象徴化が具現化されていたのではないかと推定する。

そして、1923年のオーギュスト・ペレによる人類初の鉄筋コンクリート造による教会であるル・ランシー・ノートルダム教会においても有彩色光による光の象徴化が継承されてきたのではないかと考えた。ル・ランシー・ノートルダム教会は図12に内観を示すが、鉄筋コンクリートゆえに可能となった4面すべてが窓開口であるなか、ステンドグラスを用いること

で室内採光量の抑制と有彩色光の採光を行っている。

なお、直接光に対する有彩色化にて神秘的な印象が増すのかについては、被検者実験にて確認することを次年度の課題と位置付けたい。

4. モダニズム期における神学的な光の象徴表現

特に教会建築において、室内への入射光は神学的な人間精神の象徴であることは前述のとおりである。しかし、前述のようにモダニズム期に電気照明が出現・拡大したことから、もしかしたらモダニズム期には室内に入射する昼光に対する考え方に対しての大変革が生じていたのではないかと、との問いが浮かぶ。

また、モダニズム期を代表する建築家であるル・コルビュジェによるロンシャンの礼拝堂は、前衛的であり、ゆえに伝統に馴染んだ信徒にとっては受け入れがたいものであったとの記録がある¹⁰⁾。そして、そのカトリック教会の建築様式に対して前衛的と評されるもののなかに光環境計画に関するものもあるのではないかとこの予測を抱き、ロンシャンの礼拝堂の調査に臨んだ。

調査の結果、ロンシャンの礼拝堂では、図13に示すように、内部空間がほぼ拡散光のみで計画されている様子にロマネスク様式にて見出した直接光による象徴性の表現との相違を見出した。

そもそも人類にとっての永遠に尽きることのない無量光であった太陽は、地球上のあらゆる



図13 ロンシャンの礼拝堂の内観（著者撮影）



図14 アラ・フランジェリコの受胎告知
(イロハニアート¹²⁾より)



図15 カラバッジョの聖マタイの殉教
(壺齋散人の美術批評¹³⁾より)

ものに恩恵を与える神の象徴であったとのことで、これを象徴物として表現したのが光背であり仏像やキリスト像の頭の背後の光を表す放射状のデザインのことを指す¹¹⁾とことが説かれている。図14に示す、マドリードのプラド美術館に所蔵されているアラ・フランジェリコの受胎告知は当該の光背が描かれているだけではなく、神からのお告げの表現のような、太陽から伸びる直射日光も描かれている¹²⁾。また、カラバッチョが聖年である1600年に向けてローマのサン・ルイーゼ・デイ・フランチェージ教会のために描いた「聖マタイの召命」や図15に示す「静マタイの殉教」のコントラストが強い絵画も光の存在を強調している¹³⁾ことから推定すると、特にカトリック教会において建築空間の内部に直射日光や有彩色光などで光が入射している様子を示すのは、教会建築を創る目的と合致していると見なせるはずである。それをあえて拡散光だけで光の象徴性を表現したとするのであれば、それは前衛的な試みであったと見なせるのではないだろうか。

筆者が調査に出かけた8月は太陽高度も高く南面の窓から直射日光は室内に至っていなかったが、太陽高度が低くなる12月の冬至の時期にも室内への直射日光の入射が無いのかの計算を試みた。建物が存在している場所の緯度と日時、窓の方位角などを元に下記の式で太陽高度や方位角が計算できるので¹⁴⁾、これをexcelで表現した図にロンシャンの礼拝堂の平面図を貼り付けて検証を行った。なお、計算においては、ロンシャンの礼拝堂の経度を日本の標準時を示す明石の経度と同じ135°としている。経度は、計算時刻における太陽高度や方位角が標準時刻を示す拠点とのズレを明確にするために大切であるが、今回の計算においては緯度さえ正しく計算すれば太陽軌跡が変わることはないので、標準時とのズレは正確ではなくても問題ないと判断し、日本の標準時を示す明石の経度で計算した。すなわち、ロンシャンの礼拝堂が日本の明石と同じ経線上に位置した北緯47.7degに存在していると仮定した計算である。

年間通し日 (= U) において、

- ・ U < 80 のとき、 黄経 $\lambda = 1.01(100+U)+180$
- ・ $80 \leq U < 266$ のとき、 黄経 $\lambda = 0.96(U-80)$
- ・ $266 \leq U$ のとき、 黄経 $\lambda = 1.01(U-266)+180$

赤緯 $\sigma = 23.44 \sin \lambda$

均時差 $Et = 9.9 \sin 2\lambda - 7.7 \sin(\lambda - \phi_0)$

ϕ_0 : 近日点での太陽の黄経

時角 $t = 15(T - 12) + (\text{計算地点の経度} - 135\text{deg}) + Et/60$

太陽高度

$$h = \sin^{-1}\{\sin(47.7\text{deg}) \sin \sigma + \cos(47.7\text{deg})\} \cos \sigma \cos t \quad (1)$$

太陽方位角

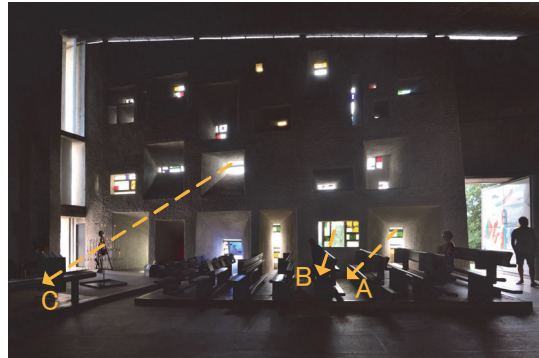
$$A = \sin^{-1}(\cos \sigma \sin t / \cos h) \quad (2)$$

図16に示すように、直射日光の室内への入射が考えられるケースとしてA、B、Cの3つが想定される。

計算結果を図17に示すが、このうちAは、冬至の入射角度が最も浅い昼光であり、3つのケースの中では最も太陽高度が低いため室内への直射日光も伸びる可能性があった。しかし窓の最



平面図



内観

図16 礼拝堂内への直射日光の推定入射角度

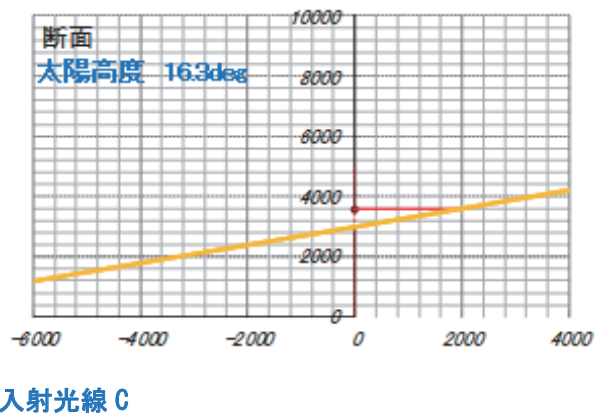
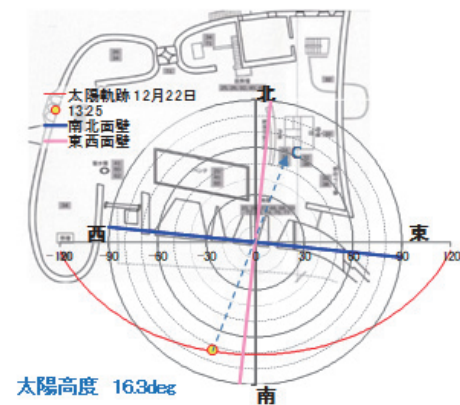
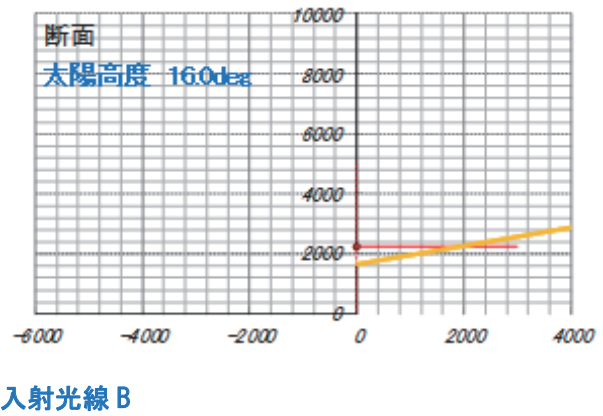
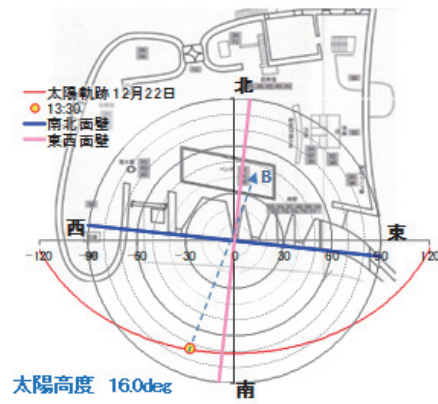
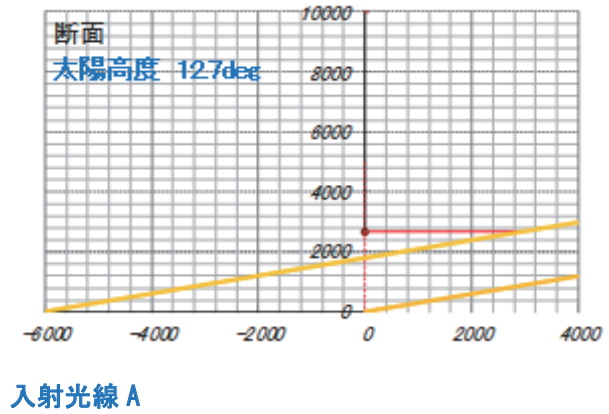
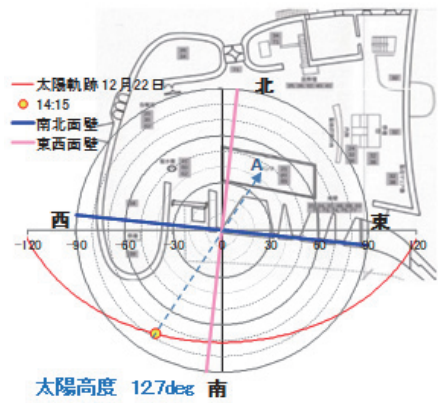


図17 礼拝堂内への直射日光入射のシミュレーション結果

上部が1,800mm程度であることもあり、直射日光の入射があっても計算の結果からは壁面から6,000mmのベンチ端までの直射日光の入射に留まりそうである。

また、Bのケースでは、窓の高さを600mm程度と見なすと、窓が設置されている壁厚が3,000mmでは直射日光は窓厚にけられて入射することはない計算結果となる。

さらに、Cのケースでは、比較的小さな光ではあるが祭壇付近まで入射する可能性がある。とはいえ、Cのケースでは壁厚2,000mmによるシミュレーション結果であり、もし、壁厚が2,300mmであった場合には、室内に入射する光線の角度を示す太陽高度であれば、壁厚が長すぎて室内への直射日光の入射は無くなる。

このように、室内の中央部に直射日光に伴う直接光の入射は無いように綿密に計画されたのではないかと推定をしたくなる。また、いずれの窓もフロストガラスや有彩色ガラスなどの透明率の低いガラスを用いているため、もし、直射日光の入射がありそうな太陽光線の角度ではあっても、実際にはガラス面で拡散し直接光の光線は見えないのではないかと推察する。

また、ロンシャンの礼拝堂の壁面仕上げは光を受けて反射光の拡散が期待できる白のスタッコ仕上げであるが、これも拡散光のみの空間を狙ったものなのではないかと考える理由として位置付けられはしないだろうか。つまり、この内装は窓から入射した拡散光により建築の形状を明確に視認しやすくなることに役立ち、コルビュジェはそれを狙ったのではないだろうか、という考えである。さらに、ロンシャンの礼拝堂では窓の形状はロマネスク様式のように室内側に広がってはいるが、この窓の広がりを示す側面部分もスタッコ仕上げのため、窓からの入射日光を受けて明るい面を形成し、大きな拡散性の光を放つ光源のように窓は見える。そのうえ、低い位置に設置された、下端が床面から連続している窓には、図18に示すように、下部に人工照明が埋め込まれていて、この人工照明からフロストガラスを介して放射される拡散光も窓の広がりを示す側面部分を柔らかく照らしている。モダニズム期から人工照明が使われ出したことは前述したが、人工照明を駆使して日光に頼らない大胆な光の演出が可能になったが故に、彫の堀の深い窓により直射日光の入射を抑えて、あえて室内を暗く計画し、光の象徴化を拡散光のみで表現することを狙ったのではないだろうか。そして、拡散光源とも見なすこともできるこの窓を、ランダムに見えるようナリズムカルな配置とし、ラテン語以外の聖書の出版を認めないがゆえにプロテスタントの教会と比較してビジュアル化していった伝統を有するというカトリック教会¹¹⁾の新機軸を打出そうとしたのではないだろうか。これも、無神論者だと伝えられている¹⁰⁾コルビュジェだからこそ可能となったのかもしれない。また、利便性の高い人工照明が普及してきたことも、新たな光環境を創出した大きな理由であろう。人工照明があれば、ドラマチックなデザインを行えば、いつでも同じドラマチックなシーンを見せることが可能である。直射日光に頼らずにドラマチックに神の存在を示すことができるコル



図18 窓の側面を照らす人工照明（著者撮影）

ビュジェの設計力ゆえの技とも思えるが、これも前述の「現代の技術の可能性とその進路に教会建築を生み出してゆかねばならない」と主張した丹下健三の思想にも通じるものがありそうである。つまり、どちらもモダニズム期の人工照明が普及した時代に、非カトリック教徒により大胆な拡散光を中心とした新しい教会建築を世に出したとののではないか、という解釈となる。

なお、図19に示すように、分光分布計測の結果、図18に示す人工照明の光源はLEDであることが確認できた。近年、改修されたためのLED光源の使用であろう。竣工当初にどのような光源を用いて運用されていたのかは、残念ながら現時点では把握できていない。

使用光源が確定できれば、シミュレーションにより当初はどのような表情であったのかの推定も可能となるであろうが、スタッコ仕上げの壁は光を表情豊かに受けるには最適なテクスチャーとも思えるので、かつての姿も、現状と大きく変わらない可能性は高い。しかし、もし白熱灯を用いていたとしたら、低色温度ゆえに、さらに柔らかい雰囲気であったであろう。日中は、色温度の高い昼光や窓に使用されている有彩色ガラスからの光との対比で、どのように見えていたのか、興味は尽きない。

そして、果たして本当にロンシャンの礼拝堂が入射する直射日光の直接光で彩られていることはなかったのかについては、実際に冬至の季節に改めて訪れて観察する必要があるであろう。

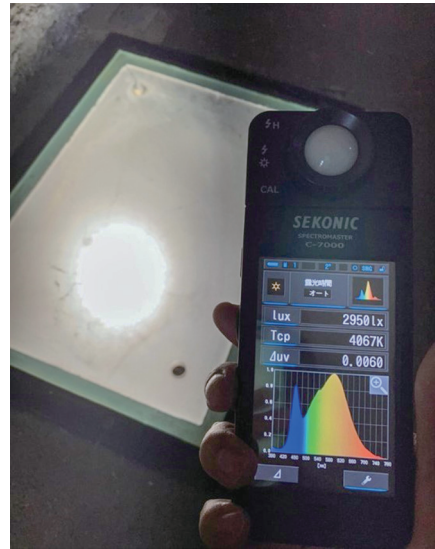


図19 人工照明の分光分布

5. 新たな直接光による表現

モダニズム期に拡散光による計画は、世界経済の拡大発展を背景としてオフィス建築が中心となって発展していったと考えられる。特にミース・ファン・デル・ローエによるシーグラムビルは執務室の照明が光天井で計画されており、拡散光の極みと言えるであろう。さらに、空調設備の発達により居住空間の快適性が重要視されてきたのもモダニズム期であり、快適性の追求により、グレアの源となりがちな直接光は使用が控えられるようになった。環境工学のセオリーである北面採光の考え方が広まったのも、一連の傾向の帰着点と見なせるのではないだろうか。

しかし、長いカトリック教会における直接光による伝統を前衛が打破したように、拡散光による快適性の追求も終焉を迎えるかの如く、新たな前衛が出現したように見受けられる。

例えば、コルビュジェの没後41年経った2006年11月に、コルビュジェの所員であったジョゼ・ウブリリがコルビュジェの残した図面をもとに完成させたという¹⁵⁾ フェルミニのサン・ピエール寺院である。この建物は実際には教会ではなく地域振興的な文化施設として建設されたとのことであるが、内観の光環境は斬新である。図20に示すが、祭壇後方に設けられた小穴状の採光部から入射する昼光が曇天時においても十分に輝いて見えた。この採光面における輝度が目立つのも、内部の床面照度が持参した照度計では計測不能なほどの1[lx]未満の低照度な環境においてこそこのものと考えられるので、この高い演出技術もさることながら、昼光

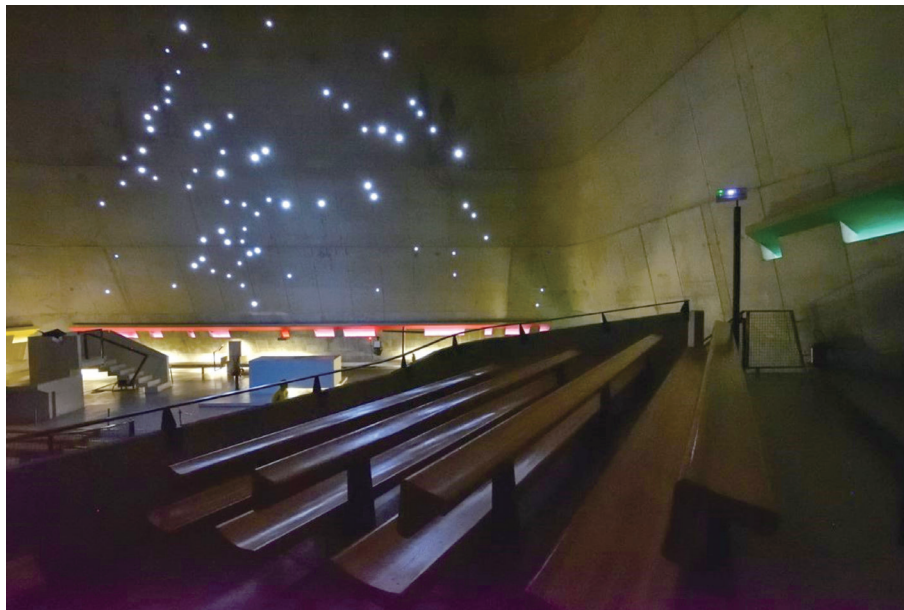


図20 フェルミニのサン・ピエール教会の輝く小窓（著者撮影）

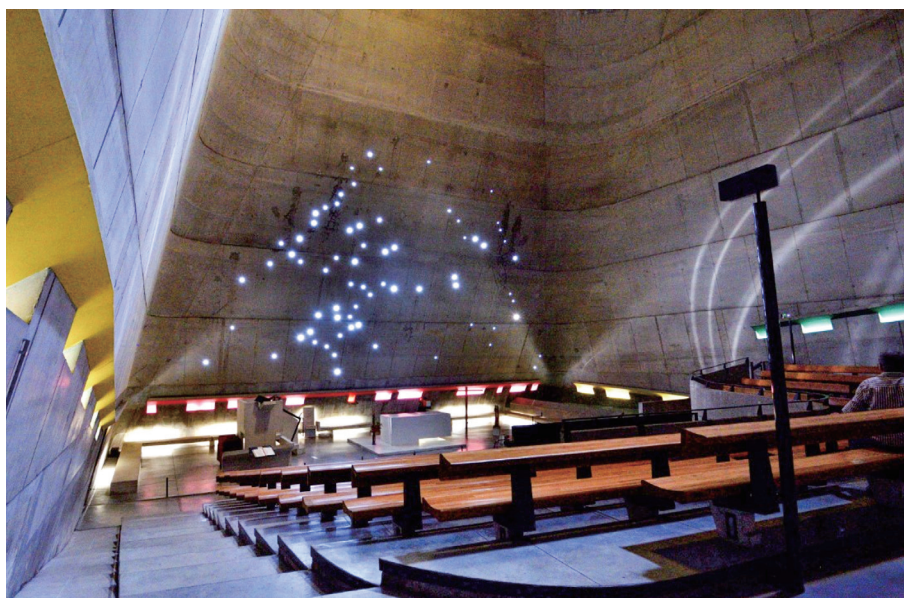


図21 フェルミニのサン・ピエール教会の直接光による造形（著者撮影）

の北面採光にもつながる安定した拡散光での空間照射の思想とは異なっている。

また、サン・ピエール寺院の調査をしていた2023年8月14日の午前中は曇天だったのであるが、正午に近づくにつれて天候が回復し、有名な直射日光に伴う直接光が描く造形も観察することができた。図21に直接光による造形が出現している状況を示すが、写真の右側が直接光による造形である。晴天となり室内へ入射する昼光の量も増したことから、曇天時には計測不能であった照度も34.7[lx]となった。しかし、昼光は図22に示すようにトップライトから入射し床面照度を得るに至っても、肝心の直接光による造形や小穴からの輝度が薄れることのないように、それらの面には拡散光が照射されないように計画するデザインテクニックは見事である。いずれにしても、この直接光による造形を建築空間内に示す手法は、かつてのカトリック教会における窓からの直射日光を象徴的なものとして扱っていた時代の思想と、相通じるものがあるように考える。モダニズムの時代の拡散光による計画が時間変化や場所による室内輝

度が少なく平準化を狙った技法と見なせることに対して、直接光による造形や象徴化による計画は室内輝度対比を明確化して、さらに時間変化も意識してデザインする技報であり、これらは光環境計画における大きく異なる様式と言えるのではないだろうか。

なお、近年の直接光による造形を見せる計画として図23のソウト・デ・モウラ設計のポーラレゴ美術館、図24のジャン・ヌーベル設計のアラブ研究所、図25の日建設計によるAQUAWINGSも挙げる。

ポーラレゴ美術館は訪れた際に、幸運にもちょうど図23の造形を見ることができたが、後日、3DシミュレーションソフトであるDIALuxにより再現を試みて理解できたのであるが、図23に示すようなシーンは太陽高度の高い時間にのみ出現する希少なものであ

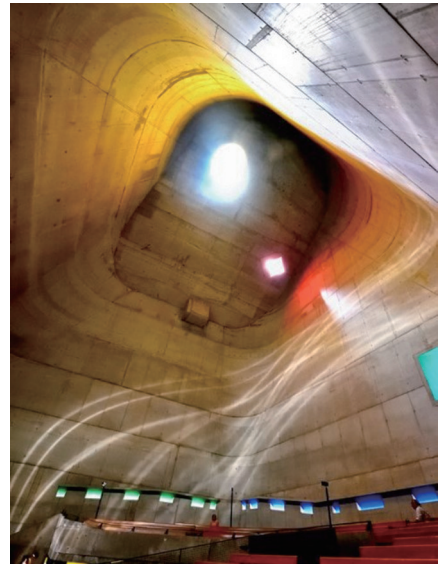


図22 トップライトからの採光 (著者撮影)



図23 ポーラレゴ美術館 (著者撮影)

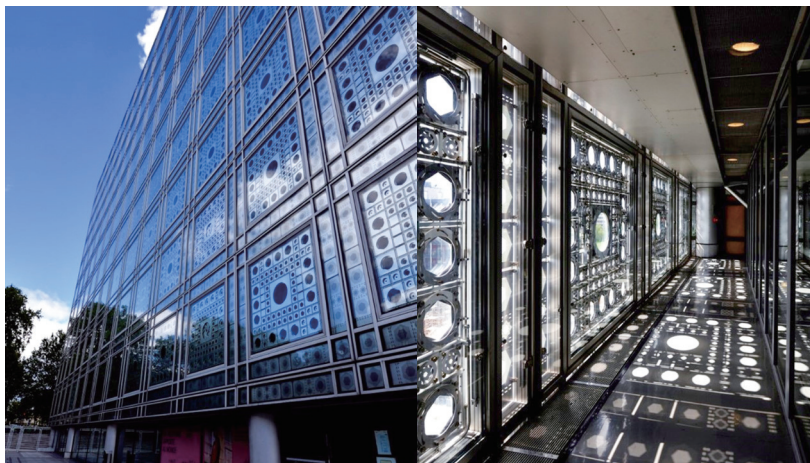


図24 アラブ研究所 (著者撮影)

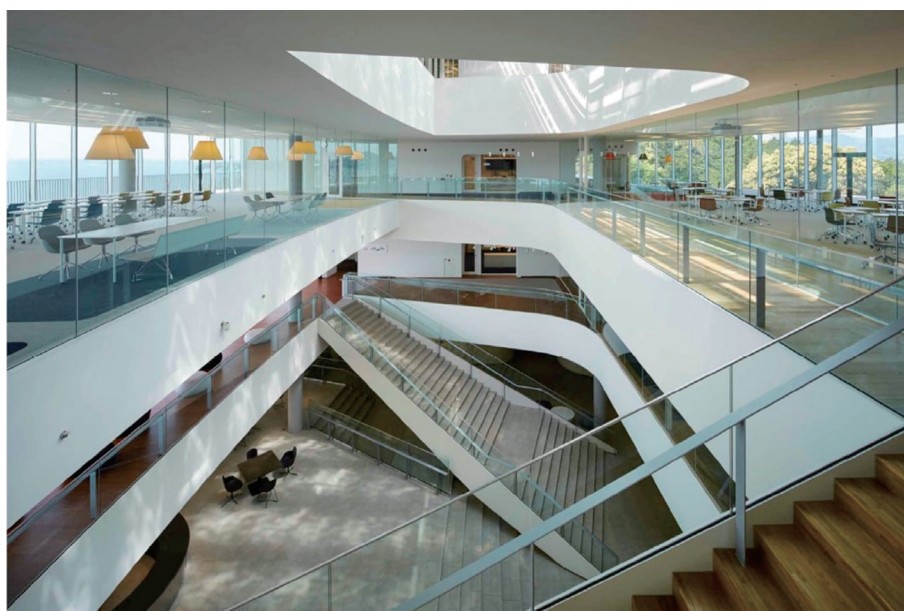


図 25 AQUAWINGS（著者撮影）

る。モダニズム期以降に常に平均点以上が求められてきたような屋内空間において、稀でありながらも極めて高評価となるシーンが出現するような時間軸を意識した思想も、新たな前衛といえるのであろうか。

アラブ研究所は、窓に採光制御用のシャッターを複雑に設置したものであり、デザインの目的はあくまでも窓やファサードの美観にあったと想定される。しかし、美しい造形の窓からは、入射する直射日光もまた美しい直接光として室内に至っている。これは、ラテン語によるため解読が難解であった聖書の内容をインパクト高く信者に伝えることが本来の目的であったステンドグラスが、そこを透過して入射する有彩色の直接光が象徴化に役立ったことと同等の、いわば副次的な魅力が受け継がれているように見させる例として挙げた。また、図 25 に示す AQUAWINGS は屋内空間に木漏れ日を再現しようとしたものであるが、アラブ研究所を前例としてインスパイアされたものとしても捉えることができるであろう。なお、AQUAWINGS は筆者も設計担当として計画に参画している。

5. 日本の伝統的建築における光環境計画

これまで、モダニズム期において直射日光による直接光を扱う建築が減り、代わって拡散光による空間が多数出現してきたものの、近年になって再び、直接光を積極的に見せる計画が増えてきているとの考えと、その理由を述べてきた。これは、ヨーロッパの文化はロマネスク様式の時代から始まった¹⁶⁾と説かれていること、ならびに教会建築は当初の姿が維持されている傾向が高いため、ロマネスク様式から始まるカトリック教会を中心に屋内環境を調査して気付いた光環境の変遷の捉え方である。

しかし、ヨーロッパとは別の文化を有する日本においては、同様の変遷が当てはまらないのではないかと考えている。

なぜならばカトリックもプロテスタントも、唯一絶対の神を信じる宗教を信じるものであるが、日本の思想は神は四方八方に存在していると捉えるものである。すなわち、キリスト教の教会建築では、遠い存在である唯一絶対的な神の表現として長い内陣を設ける縦長の建築形態



図26 西本願寺御影堂の内観（著者撮影）

をしている一方で、日本の宗教建築は、至る所にでも設定しうる神の神聖な場を、結界を設けるなどの境界によって区別するといった、ある意味、物理的な距離を要しない思想で建築を計画してきたがゆえの横長の形態が多く見られるとのことである¹¹⁾。

図26に西本願寺の御影堂の内観を示すが、確かに横長の畳敷きの参拝スペースに親鸞聖人が祭られている祭壇との境界が存在していることが確認でき、これは多くの寺社仏閣が西本願寺と同様である。

そして、日本の伝統的な木造建築は構造的に、少なくともロマネスク様式ほど、窓開口に対しての制約が少ない。すなわち、古くから窓からの採光に不自由はなかったと考えられる。一方で、日本の夏は暑いため、兼好法師が徒然草で「夏をもって旨とすべし」と説いたように、窓採光を熱負荷とのトレードオフ関係で解かなければいけない制約もあったと思われる。よって、この制約によって、深い軒により直射日光を遮蔽し広縁と障子を介して室内に拡散光を取得する形状が発展してきたのであろう。窓面積が広いがゆえに積極的に直射日光を取得しなくても拡散光で十分に室内の明るさが確保できていたとも言える。電気照明の登場に至るまで直射日光に勝る直接光は無かったと想定できるので、直射日光を遮蔽し広縁から障子を介して採光していたことが、日本の伝統的な建築の光環境が拡散光で発達してきたことを示すと解釈することが可能なのではないかと考える。

オフィス建築を中心とした白色蛍光灯による光環境計画に比較的日本人は違和感を覚えなかったという定説が的を得たものであるのだとすると、その原因は古くから日本人が障子を介した色温度の高い拡散光の採光を旨として建築を創ってきたためではないだろうか。

6. 調査を行った建築物における計測データ

これまで今年度に行ってきた調査で得た情報や問いを述べてきた。

なお、確定した情報や問いにまでには至ることができてはいないが、現地で計測した360°画像を元にした画像を構成するピクセル毎の輝度やRGBデータを用いた色分析も解析している。これらを以下に提示する。

輝度分析、色分析は下記の方法で行っている。

多面的である色の定量的表現手段として、1931年に国際照明委員会（CIE）で標準表色系として承認された三刺激値 X、Y、Z をもとにした様々な表色系が存在するが、なかでも図 27 に示す CIE L*a*b* 表色系は、すべての色を図 26 の球体の内部のどこかで示すことが可能である。球に示す縦軸が無彩色であり、この縦軸の上端が白、下端が黒を示す。すなわち、この縦軸は明度を最小値 - 50 ~ 最大値 50 までのグレースケールを示す。また、縦軸の 0 点で水平面に輪切りした円上に色相がほぼ均等に角度配置されており¹⁷⁾、この円上において中心がグレースケールの 0 を示す灰色で、± 60 の範囲内で構成される赤緑軸と青黄軸で示す座標上の端部に進むほど彩度が高い。

そこで、360°カメラでの撮影画像をもとに光環境解析ソフトである REALAPS を用いて各画素における三刺激値 X、Y、Z の CSV データを作成し、これをもとに下記の式で a*、b* を計算^{17) 18)} し、グレースケール上の点を示す Y とともに、各画素の計算結果を CIE L*a*b* 表色系にマッピングすることで解析対象としている空間の、色相や彩度の分布傾向を探った。

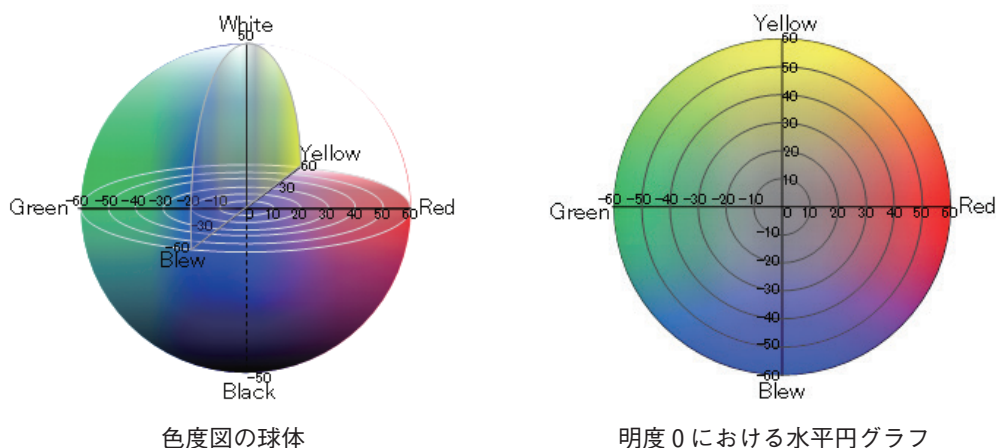


図 27 CIE L*a*b* 表色系

なお、画像上の画素の三刺激値の一つである Y を CIE L*a*b* 表色系のルミナンスファクタ¹⁷⁾ として見なせるように、X、Y、Z を画像上の最大輝度である Y_{max} に対する百分率とする補正を行った。すなわち (3)、(4) 式における $100/Y_{max}$ が当該の補正係数を示す。これにより、画素分析で得られる各点は CIE L*a*b* 表色系で規定されている数値の最大値である $a^* = 60$ 、 $b^* = 60$ を超えることは、理論上は無くなるため、マッピンググラフ上での比較が容易となる。

$$t > (6/29)^3 \text{ のとき } f(t) = (t)^{\frac{1}{3}}$$

$$t \leq (6/29)^3 \text{ のとき } f(t) = (1/3) \cdot (29/6)^2 t + 4/29$$

において

$$a^* = 500 \left\{ f \left(\frac{100 \cdot X}{X_n \cdot Y_{max}} \right) - f \left(\frac{100 \cdot Y}{Y_n \cdot Y_{max}} \right) \right\} \tag{3}$$

$$b^* = 200 \left\{ f \left(\frac{100 \cdot Y}{Y_n \cdot Y_{max}} \right) - f \left(\frac{100 \cdot Z}{Z_n \cdot Y_{max}} \right) \right\} \tag{4}$$

ただし、 $X_n = 95.039$ $Y_n = 100$ $Z_n = 108.88$

結果を表1～5に示す。輝度画像、輝度のピクセル個数を示すグラフにて空間の輝度分布、特に、明るい空間か否かが確認できる。特に輝度のピクセル個数を示すグラフではゴシック様式において輝度が10cd/m²を越えた部分にピクセル個数のピークがあり、他の様式の空間とは異なる特徴を有していることが確認できる。

ピクセルデータのCIE L*a*b*表色系へのマッピング結果は、明度±0の平面円上への投影マッピングと、「赤-緑 断面」への投影マッピング、「青-黄 断面」への投影マッピングで示した。ここで、例えば、フェルミのサン・ピエール寺院における「赤-緑 断面」「青-黄 断面」では、直射日光の入射なし（つまり曇天時の床面照度が0[lx]の場合）のほうが、明度が高いピクセルがたくさんあるように見える結果となっている。これは、(1)、(2)式の成立の項でも示したように、 $a^* = 60$ 、 $b^* = 60$ を超えることがないようにYをX、Y、Zを画像上の最大輝度である Y_{max} に対する百分率とする補正を行った結果であろう。すなわ、各空間におけるピクセルデータ散らばりが空間毎の相対値になっているため、最大最小の輝度を基準にCIE L*a*b*表色系に特定の空間のデータを分布させたということになる。

よって、輝度分布や色分布の傾向は把握できても、どちらの空間が鮮やかなピクセルや明るいピクセルが多いかの絶対評価的な検証は困難である。以上により、最終的には(3)、(4)式の、空間のYmaxで百分率補正をかけるのではなく、上限輝度を定数化して絶対評価的な比較を可能とすることが挙げられる。加藤らによると、屋内ダウンライトの発光部の輝度は100,000cd/m²を超えるものがあると報告されている¹⁹⁾一方で、輝度のピクセル個数のグラフからも明らかのように今回の計測における空間輝度は50,000cd/m²程度が上限であり、これを超える輝度は光源などであり、このような極めて高輝度な発光部を視界に入れることを前提として光環境を計画することは滅多に無いと考えられるので、50,000cd/m²を上限輝度としての百分率補正を行えば比較可能となると考えた。

なお、今後、今回設定した50,000cd/m²が、今後、多くの建物の調査分析を行うにあたって、どの空間にも適用できる数値なのかの見極めも必要である。

6. まとめ

モダニズム期においては、ドミノ・システムによる横連窓による採光面積の拡大により、室内空間は容易に明るくすることが可能となり、不快グレアにつながる直射日光に伴う直接光の入射に頼る必要は無くなった。また、拡散光の採光は、室内空間の熱負荷の低減にもつながり、快適性維持のセオリーにもつながったと想定できる。さらに人工照明の出現は、これにより光の量の不足分を容易に補うことが可能となっただけではなく光の象徴化さえも演出可能となり、拡散光による均一で明るい空間の設計を後押しするかのよう機能したと考えられる。それがロンシャンの礼拝堂や東京カテドラルにおける前衛的な光環境計画につながり、さらに、近年の直接光による造形への変遷も前衛がきっかけになっていたのではないかとこのことをこれまで述べてきた。

すなわち、建築様式の変遷が装飾というキーワードをもとに示すことができるのと同様に、光環境様式の変遷が直接光と拡散光の使い分けという具体的な特徴で示すことができるのではないかとというのが、本報告における結論である。

今後、さらにここで立てた問いを明確なものとしていきたいと考える。また、京都に代表さ

表1 分析を行った建物の輝度画像とピクセル輝度、並びに色分析結果（1）

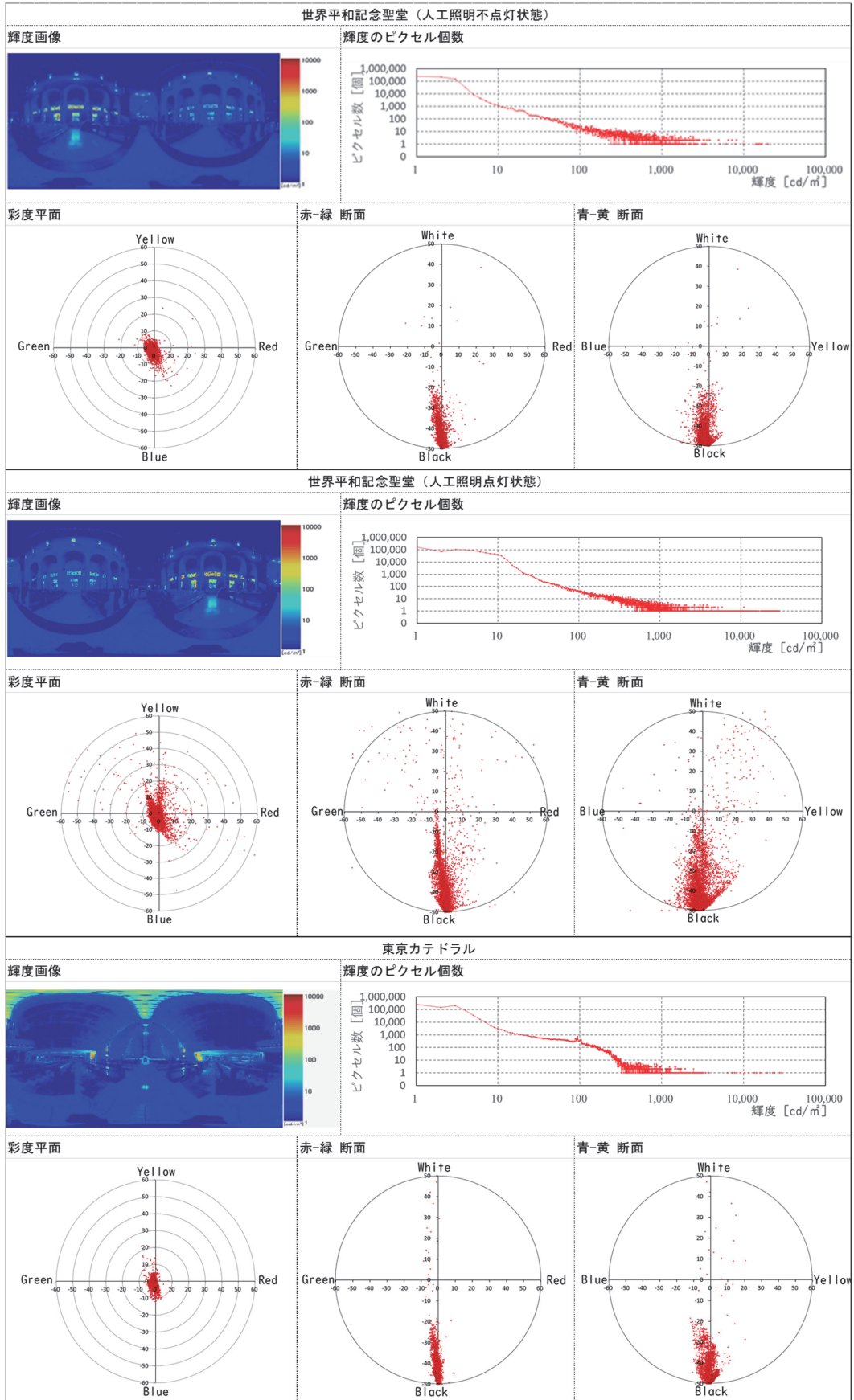


表2 分析を行った建物の輝度画像とピクセル輝度、並びに色分析結果 (2)

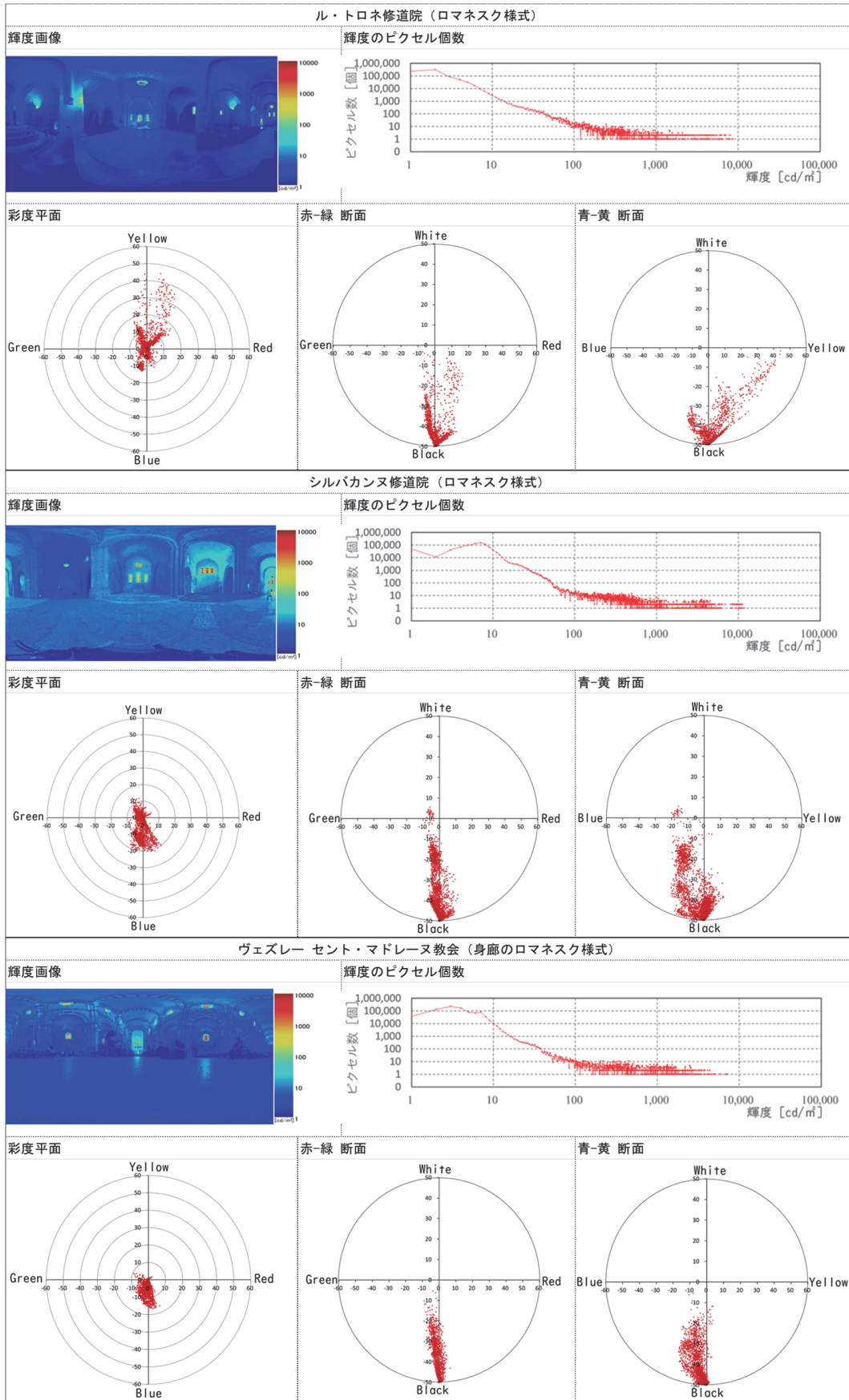


表3 分析を行った建物の輝度画像とピクセル輝度、並びに色分析結果（3）

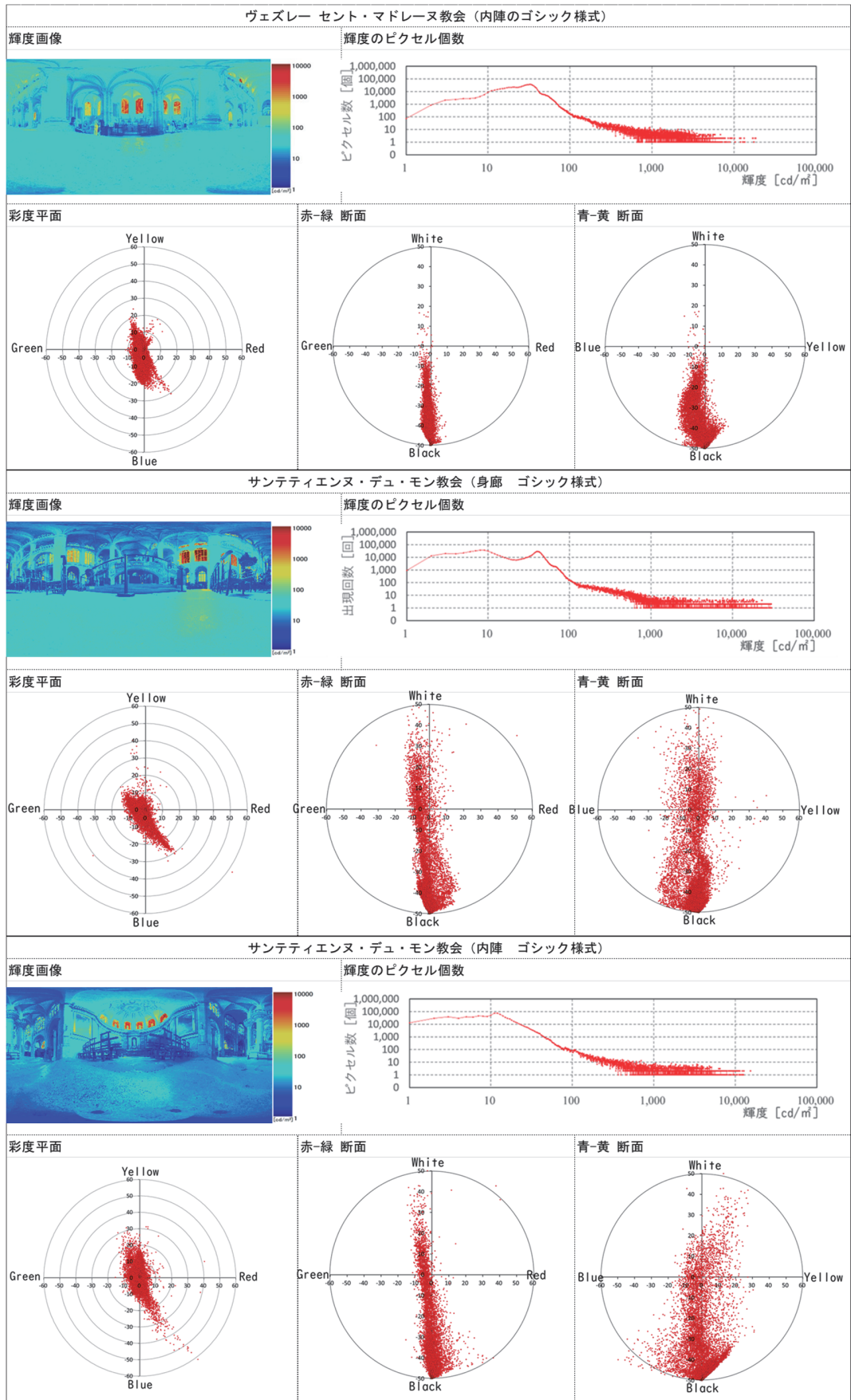


表4 分析を行った建物の輝度画像とピクセル輝度、並びに色分析結果(4)

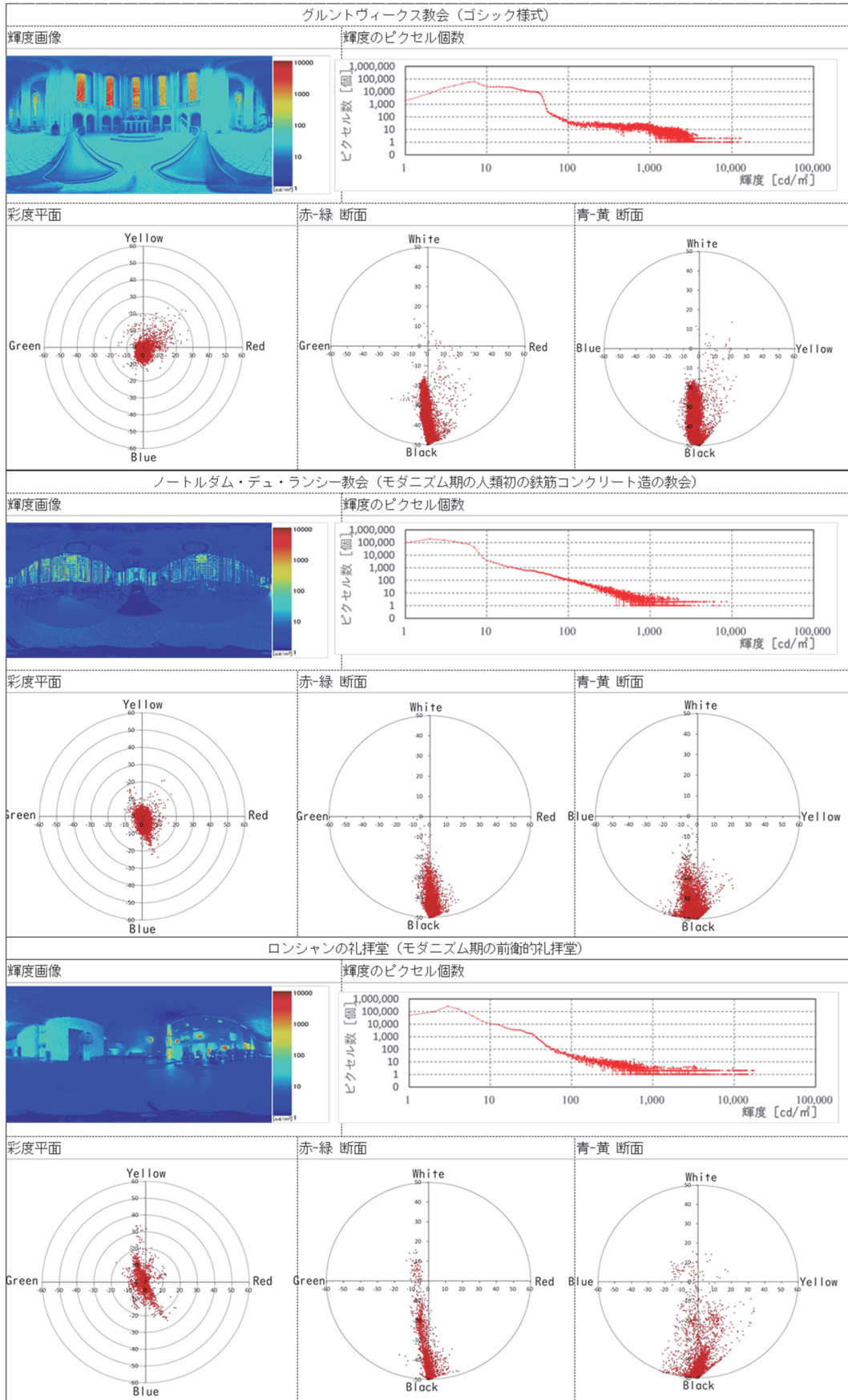
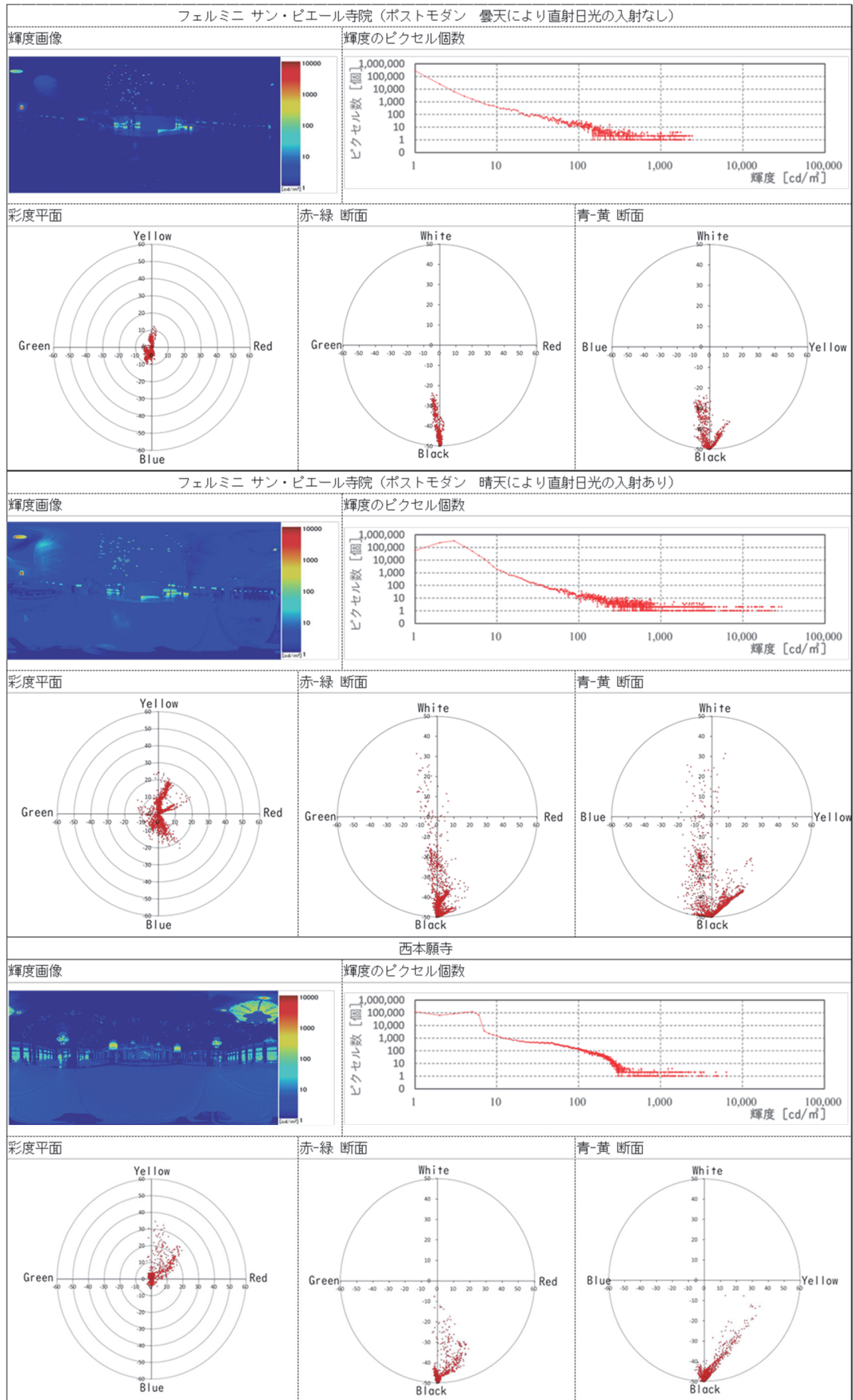


表5 分析を行った建物の輝度画像とピクセル輝度、並びに色分析結果（5）



れる日本の伝統的な光環境の文化が拡散光を中心として構成されてきたのではないかということも述べたが、これの信ぴょう性を明らかにすることを前提として、京都の光環境として維持すべきものが見えてきたようにも思える。

参考文献

- 1) 杉本俊多：二十世紀の建築思想 キューブからカオスへ，鹿島出版会，1998
- 2) 藤森照信：画文でわかる モダニズム建築とは何か，彰国社，2022
- 3) 谷崎潤一郎：陰影礼賛，創元社，1939
- 4) 石丸紀興：世界平和記念聖堂 広島にみる村野藤吾の建築，相模書房，1988
- 5) 石丸紀興：広島戦後直後に実施された建築設計コンペティションにおける設計案に関連しての原型・類似型に関する研究：その3.世界平和記念聖堂コンペティション丹下健三案とオスカー・ニーマイヤー作品，日本建築学会中国支部研究報告書 第32巻，2009
- 6) Denis R McNamara：How to Read Charch，ガイアブックス，2012年
- 7) 羽生修二：ヴィオレ・ル・デュクー歴史再生のラショナルリスト（SD選書），鹿島出版会，1992年
- 8) The History of Grundtvigs Church - Short Introduction. PDF. Copenhagen: Grundtvigs Kirke.
- 9) Richard Cusimano：Selected Works of Abbot Suger of Saint-Denis., Catholic Univ of Amer Pr, 2017
- 10) Nicolas Fan：丘の上の修道院 ル・コルビュジェ 最後の風景、六耀社、2013年
- 11) 松田行正：宗教とデザイン、株式会社左右社、2023年
- 12) <https://irohani.art/study/7108/>：イロハニアート（絵画のみ参照 2024-01-01）
- 13) <https://art.hix05.com/Caravaggio/cara15.junkyo.html>：壺齋散人の美術批評（絵画のみ参照 2024-01-01）
- 14) 日本建築学会：昼光照明デザインガイド，技報堂，2007
- 15) 例えば <https://mizumakjt.fc2.net/blog-entry-190.html>、ル・コルビュジェ巡礼の旅40/ フィルミニ／サン・ピエール教会（参照 2024-01-01）
- 16) 池上俊一：ロマネスク世界論、名古屋大学出版会、1991
- 17) 篠田博之：色彩工学入門、森北出版株式会社、pp.122、2007.
- 18) 中村芳樹：視環境設計入門－見え方から設計する光と色、数理工学社、2020.
- 19) 加藤未佳、沼尻恵、山口秀樹、岩井彌、坂田克彦、鈴木直行、原直也、吉澤望：空間の明るさ指標としての画像測光による平均輝度の適用性の検討、日本建築学会環境系論文集 第84巻 第766号、p.1059-1066、2019

【謝辞】

本研究はJSPS 科研費 JP22K12690 ならびに神田通信機株式会社からの奨学寄附金の助成を受けている。助成に対し、ここに感謝を申し上げる。

