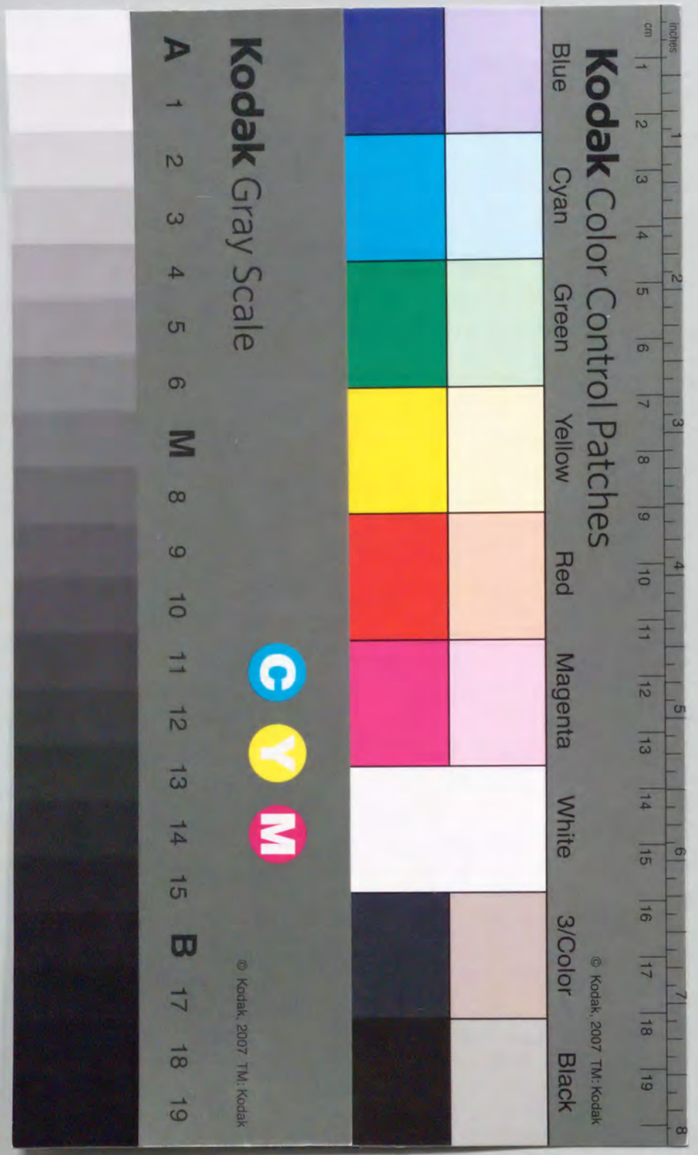


光の空間的配分の把握に関する研究

光の空間的配分の把握に関する研究

―キュービックモデルの提案―

1998年1月

千葉大学 大学院 自然科学研究科
環境科学専攻 居住空間学

三 木 保 弘

(1)

(千葉大学学位申請論文)

光の空間的配分の把握に関する研究
—キュービックモデルの提案—

1998年1月

千葉大学大学院自然科学研究科
環境科学専攻居住空間学
三木 保弘

光の空間的配分の把握に関する研究
—キュービックモデルの提案—

目次

第 1 章 序論 1
1.1 研究の背景 3
1.2 研究の目的 6
1.3 研究の構成 7

第 2 章 方法論—光の空間的配分に関して— 9
2.1 はじめに 11
2.2 既往研究 12
2.2.1 定量的視点の研究 12
2.2.2 定性的視点の研究 18
2.2.3 認知的視点の研究 21
2.2.4 論点・課題の総合と示唆 22
2.3 光の空間的配分の定義と仮説 24
2.3.1 光の空間的配分の定義 24
2.3.2 光の空間的配分を構成する要因の仮説 27
2.4 まとめ 28

第 3 章 光源の配置と室内表面の構成が雰囲気に及ぼす影響 33
3.1 はじめに 35
3.2 本章の方法 36
3.3 室内表面の反射率構成の違いに関する実験(実験 1) 37
3.3.1 実験の目的 37
3.3.2 実験方法 37
3.3.3 結果と考察 39
3.4 照明器具の配置に関する実験(実験 2) 44
3.4.1 実験の目的 44
3.4.2 実験方法 44
3.4.3 結果と考察 47
3.5 まとめ 52

第 4 章 光環境のキュービックモデルの提案 55
4.1 はじめに 57
4.2 基本的考え方 58
4.2.1 光配分に関する考察 58
4.2.2 モデルの基本概念 59
4.3 キュービックモデルの提案 60
4.3.1 キュービックモデルの概要 60
4.3.2 対象空間のモデル化 60
4.3.3 計算プログラムの作成と計算過程 63
4.3.4 視覚的表現 68
4.4 試行と考察 69
4.4.1 対象空間の設定 69
4.4.2 試行結果と考察 69
4.5 まとめ 74

第 5 章 光環境のキュービックモデルの実在空間への適用 77
5.1 はじめに 79
5.2 測定方法 80
5.3 モデルの適用事例と考察 82
5.3.1 対象空間の選定 82
5.3.2 モデルの適用事例 82
5.3.3 モデルの有効性および限界 100
5.4 光環境の表現に関する考察 101
5.5 まとめ 104

第 6 章 結論 107
6.1 研究の成果 109
6.2 展望と課題—照明環境の評価から設計へ— 113

発表論文 116
謝辞 117

資料編 119
1. 実験提示パターン 121
2. キュービックモデルプログラム概要 125
3. 仮想値によるシミュレーション結果 145
4. 実測値によるモデル適用結果および照度測定値 147

第 1 章

序 論

1.1　研究の背景

「我々は、空間内部に漂う光をどのように把握しているのだろうか」

この問いは二通りの意味をなす。一つは、物理的観点での把握、そしてもう一つは、心理的観点での把握である。

エネルギーとして把握する物理的観点を除けば、我々は、空間内部に漂う光そのものをみることはできない。空間内部の煙などの粒子に反射しない限り、光自体の存在をみることはできないのである。

だが、我々は、確かに空間内に満ちる光を、光の存在を、感じとることができる。そのような例を挙げてみよう。

たとえば、廊下など、天井光源と側面に窓を持つ細長い空間があるとする。ここで、夜間にところどころ点灯している中に立ち、動線方向に眺めている場合を考えてみる。すると、空間の中空部分で明るい部分と暗い部分を前後に重ねて感じとることができる。次に、同じ場所に昼間に立って眺めると、今度は人工照明ではなく、側窓からの採光により全く印象が違った空間となる。

もう一つ例を挙げてみよう。たとえば、建築デザイナーが、パースを描く場合や、照明デザイナーが、照明イメージをスケッチする場合である。これらのパースやスケッチでは、ほとんどの場合、光自体が「見える」ように白や黄といった色で描かれている。たとえ、空気が全く透明な空間の場合でもそのような表現がなされる。

以上の例からわかることは、我々は、空間の中空に、煙など光を反射する粒子がなくとも、実態としての光を、そこに感じとっているということである。そして、同じ空間であっても、光の存在の仕方が違えば、全く印象が異なるということである。

この、空間内部における、光の存在の仕方(分布の仕方)のことを、本研究では、「光の空間的配分」と呼ぶことにする。

では、このような光の空間的な配分は、照明計画や設計が行われてきた歴史の上で観た場合に、どのように位置づけられるのだろうか。

従来、照明環境の計画や設計は、作業面に置かれた視作業（ものを見る行動）を対象にして行われてきた。そして、そのための量的指標として、照度が古くから用いられており、それに基づく技術が開発されてきた。照度は、測定が容易な測光量で扱いやすく、明視性に関する評価の目安としても、専ら照度基準が用いられてきた。しかし、照度は作業面に入射する光の測定値であり、人間の目が感じる明るさに直接対応する量ではない。実際に人間の目に入ってくるのは作業面からの反射による光であり、視感量としての輝度・光束発散度などがそれに相当する。近年、そのような人間の目でとらえた指標で設計するべきであるとの主張もなされた。

オイルショック以前の時代には、生産性の向上を目指して、ひたすら室内を明るく均一に照らすといった努力がなされてきた。そして、近年では、安全性、環境性、快適性、演出性など明視以外の照明の質を重視する研究動向の中で、質的指標としての輝度とその分布、また、順応を考慮した人間が感じる明るさ（アパレント・ブライトネス）等による設計が必要であると言われ始めたが、輝度に基づく設計は技術的に困難な部分が多いため、結局、設計において使われる照明基準は照度基準であり、輝度やグレア等の質的項目については設計後のチェックに委ねられている。

このような作業面を中心に考えた照明の研究が停滞する一方、人や物などの立体物における視作業、すなわちモデリングに関する研究が始まった。これは、立体物の陰影という質を重視した研究であり、データの蓄積は多いが、普遍的な法則は未だ示されていない。

モデリングは立体物を外側から見た場合であるのに対し、建築の空間設計は、立体物を内側から観察する建築照明の領域作業である、ということができる。このように考えてくると、建築の空間内部の照明とは、空間内部の陰影を考えることであり、これは人間の目から見て適切な明るさを空間の適切な個所に設定する（適光適所）という、従来から云われ続けてきた建築照明の基本的考え方を敷延したものといえる。

このような我々の目で捉えられる光の満ち方、すなわち空間的配分を考えた照明手法は、断片的に研究されているにすぎず、明確な理論付けは未だなされていない。その背景には一体どのような問題が在るのだろうか。

この問いに対しては、光の空間配分に関する研究がどのような視点で行われてきたのか観ることが有効であろう。詳しくは2章で述べることになるが、光の空間的配分を把握しようとすることは、要約すれば、光が「どこに」「どれくらい」「どのように」存在しているのか、という観点で物理的・心理的な側面から捉えようとすることであり、それを更に抽象化した「密度」「まとまり」「方向性」等の概念によって主な検討がなされてきた。しかし、これらに基づく研究の成果は、精緻な測定、計算結果の追求、あるいは、観察による定性的な意味付けに留まり、結局、空間として捉えようとする建築的観点とエネルギーとして捉えようとする光学的観点の両面における研究的意義を満たすまでに至っていない。

従って、従来の観点に、何らかの新たな視点を加えた上で、研究を行うことが必要と考える。そして、それは冒頭の問いに示したように、光環境を我々が把握していること、その本質に根差した視点でなければならない。そこで、新たに以下のような考えを持つことで、光の空間的配分の意味をより明確に出来ないだろうか。

一つは、空間内部に満ちている光を、空間内部に「明るさ」と「暗さ」を配分するという視点で捉えることである。つまり、とにかく環境を万遍なく明るくしていけばよい、という、量を満たす「足し算」的な考え方の転回である。空間に満ちている光というとき、とかく「満たす」という一方通行の考え方になってしまいがちである。したがって、光の配分性状を質的に把握しようとするとき、「明るさ」だけでなく、「暗さ」も同時に考えるという「引き算」的な考え方を加えることで、より質的な光の「密度」や「方向性」といった性状把握と、その印象に及ぼす影響を明らかにすることが可能となると考える。

そしてもう一つは、もし、前記の視点によって、空間に漂う光の性状である光配分が明暗として把握され、印象に大きく影響するとするならば、それ（光の空間的配分）は、そのまま感覚的な3次元的表現として示しうるのではないか、という視点である。従来の研究における3次元的な光配分の視覚的表現は、空間照度のように、測定の結果を量的、足し算的な指標として表現（スカラー照度は球の大きさ、ベクトル照度は矢印の方向、長さによる）され、明暗として把握する我々の感覚とは異なる。一方、輝度分布は、我々の感覚には近いが、その表現は2次元的である。従って、3次元的な明暗を感覚的なものとして表示するには、これらの長所・短所を包括した、全く新しい視点が必要となる。

快適な視環境とは、明るさの均質性や安定性に拘らず、不均質性や不安定さを好ましい変化として積極的に利用することで成立する。従って、上記のような視点をもとに、光の配分性状について明らかにし、何らかの形で明快にあらわす可能性の追求は、快適な視環境を目指すうえで、必要な試みなのである。

1.2　研究の目的

本研究は、前節で述べたように、照度という 2 次元平面で把握する測光量で構成される従来の照明環境の設計・評価を脱するために、3 次元空間的な光量の把握方法を提案し、あらたな照明環境の設計方法や評価方法を開発する基礎として位置づけるものである。そのために、室空間に配分された光の性状を、我々がどのように把握しているのか、という問題意識に対し、「明るさ」と「暗さ」を空間的に配分するという観点から、光の「密度」「方向性」といった特性を軸として、様々な形態、照明状況の空間評価を簡易に行うモデルを提案する。

具体的な研究課題として、以下の 4 点を設定する。

1. 我々が室空間の光をどう捉えているのかという問題に対して、「明るさ」と「暗さ」の空間的な配分を行うという観点から考察し、光配分がどのように形成されるか、仮説を立案する。
2. 立案した仮説について精神物理学的な実験を行い、心理的側面への影響として考察することで、光の空間的配分性状を把握する手法の前提を導く。
3. 様々な空間の感覚的な光の配分性状を視覚的に表現し、異なる空間を相互に比較しうる簡易なモデルを提案する。
4. モデルを実在の空間に適用して、モデルの有効性および限界を確認し、さらに照明環境の評価と設計に寄与する上での提言を行う。

以上のような課題について明らかにすることで、本研究は下記のような研究の意義を持つことになる。

・量重視の照明設計手法を改善し、空間としてとらえた質重視の照明設計手法を開発する基礎となる。

・複雑な要因で形成される照明環境を明快に表現し、異なる形態の空間における光の性状を相互に比較することを可能にする。

・多くの研究に見られる詳細な光環境の測定・計算（シミュレーション）の実施が照明計画・設計に最適なものとして寄与するとは限らない。逆に、本研究で提案するような、簡易で、なおかつ有用な（空間相互で比較可能な）モデルを創ることは、専門技術者やデザイナーの経験に依りがちな照明環境評価・設計における現状を一歩脱却するものとして位置づけられる。

1.3　研究の構成

本研究は、6 章より構成されている。

第 1 章では、本研究の背景、目的、構成を示し、第 2 章では既往研究の整理を踏まえて「光の空間的配分」の定義および仮説の立案を行う。第 3 章では仮説に立脚した二つの実験により、光配分と空間の印象との関連、光配分を構成する主要因について明らかにする。さらに第 4 章では、そのような要因を踏まえた光の分布性状を記述するモデルを提案し、第 5 章では実際の空間にモデルを適用する。そして最後に第 6 章で総括する。

以下に、各章の概要を述べる。

第 1 章「序論」では、まず研究の背景として、空間に漂う光を把握することについて、問題意識として挙げ、空間印象との関わりの上でも、また従前の照明環境研究の歴史の上でも重要な意味を持ちつつあることを示す。そして未だ断片的な研究しかない現状を脱するために、新たな 3 次元的な光の性状に関する視点が必要であることを示す。さらに、本研究の目的は、「明るさ」と「暗さ」を配分するという視点から、光の空間的な配分が空間印象にどのように影響するか示すこと、そのような配分性状を明快に表現するモデルを提案することであることを示し、続いて本研究の構成を記す。

第 2 章「方法論－光の空間的配分に関して－」では、まず、光の 3 次元的な分布性状に関連する既往の文献を整理し、その問題点を整理する。さらに、現状において有効と思われる考え方をいくつかの観点から整理する。そのような考察を行った上で、本研究の視点としての「光の空間的配分」の概念を定義し、このような光配分がどのような要素で構成されるか仮説を立てる。

第 3 章「光源の配置と室内表面の構成が雰囲気に及ぼす影響」では、2 章において設定した仮説をもとに、光源の配置、室内表面の反射率構成にそれぞれ着目した評価実験を行う。まず、室内表面の反射率を明暗に二分した抽象的な模型による評価実験（ME 法による）を行い、次いで、光源の配置について、配光、数を主変数とした評価実験（SD 法による）を行い、その物理的特性と心理的効果の相互関係を考察する。考察にあたっては、特に光の密度と方向性という観点で両実験の結果を一つにまとめ、最終的に、光の配分と印象の関わりの度合い、更に、光の配分を構成する物的要因について明らかにする。ここで明らかにすることは、2 章で立案した仮説の実験的検討として位置づけられ、4 章の論拠となる。

第 4 章「光環境のキュービックモデルの提案」では、まず 3 章の最終的な結論を、光の空間的配分は、光源の配光と室内表面との相互関係により導かれるとする考え方として整理し、これに基づく感覚的な光の空間的な配分性状を簡易に示すモデルの提案を行う。ここで提案するモデルは、どのような空間でも同一の形状に標準化するものであり、モデル化の過程（必要データ、計算過程）と、最終的な表現方法（光の「密度」「方向性」として視覚的に表す）が提示される。次いで、提案したモデルに対し、空間容積、光源配置、輝度・光度などを仮想の値としたプログラムの試行を行い、どのような空間がおよそどのように結果表示されるのかについて考察する。

第 5 章「光環境のキュービックモデルの実在空間への適用」では、4 章で提案した「キュービックモデル」を実在の建築空間に適用する。まず、実在空間へ適用する際の測定方法概要について示す。次に、幾つかの実在空間（人工照明・自然採光、和・洋、新・旧を問わない一般的な居室）において実際にデータを測定し、得たデータをプログラムに入力し、モデルの結果として考察する。ここでは、実際の空間における様々な視環境要因・その他の要因のうち、本モデルを適用する際に不具合を生じさせるものを明らかにし、また、いくつかの空間で空間照度を測定した結果と照らしあわせることで、モデルの有効性と限界を示す。最後に、4 章、5 章における結果を総括し、光環境の表現方法に関する考察を行う。

第 6 章「結論」では、第 1 章から第 5 章までを総括し、光配分と空間印象の関わり、また、光配分を明快に把握するための手段として本研究で提案したモデルの役割を、照明環境評価・設計に対する提言を含め、考察する。

第 2 章

方法論

—光の空間的配分に関して—

2.1　はじめに

従来の照明環境の評価・設計においては、第 1 章で既に述べたように、作業面上の平均平面照度が重視されていたが、最近では視野内の輝度分布も問題にされるようになり、照明環境の質的側面の把握技術は徐々に向上しつつある。

しかし、いずれの場合でも対象となる面上に到達する、或いは発散する光量のみを考えており、空間全体として捉えた光の量や光が面に到達する過程、すなわち中空部分の性質についてはあまり考慮されていない場合が多かったといえる。このように、面上における光の把握に加えて、空間全体における光の密度や方向性を 3 次元的に把握する技術の必要性が高まっている。

2 次元的（平面的）な照明状況の把握から脱却することを目指し、これまで様々な研究が行われてきたが、特に空間に配分された光の性状を把握しようとするものに関しては、

① 詳細な光の配分の性状を精緻な方法で定量的観点から算出・評価しようとする研究（計算・測定・解析・シミュレーション）、

② 実際の空間を光配分状況に着目して定性的観点から記述・分類・評価しようとする研究（照明空間の観察・分類・記述）

に大きく分けることができる。

さらに最近散見されるようになったものとして、

③ 物理的側面に基づきつつも心理的側面に至る過程を考慮する認知的観点による研究（高次の知覚情報処理等）

をあげることができる。

本章では、空間印象との関わりを念頭に置きつつ、まず、従来の研究の大きな枠組みとしての、先の 2 つの視点による研究について、3 次元的な光の性状把握に関する基本的なものとして概観し、それぞれの論点と課題について考える。次に、現在、萌芽的に行われている 3 点目の視点の研究について、本研究の方法論の大きな拠り所として位置づけ、その論点を整理する（2.2 節）

更に、2.2 節での基礎的考察を基に、本研究で用いる「光の空間的配分」の定義を行い、定義した「光の空間的配分」が、どのような要因で構成されるかについて仮説を立案する（2.3 節）。

2.2 既往研究

本節では、3次元的な光の分布性状の把握と記述を試みた既往研究を概観する。なお、ここで対象とする研究は、行為や行動を考慮するものではなく、注視点を固定（固定視野）、または、視点は動かすとしても身体は静止（身体位置固定）、とした立場による研究とする。

2.2.1 定量的視点の研究

（1）概説

光環境の定量的側面の把握、すなわち、測定、解析、演算を主眼とした光環境把握に関する研究を概観する。とくに、環境工学的観点からみた場合、この定量的な研究が最も古くから現在までなされ、進展は著しい。その成果は新たな測光量として順次提示されてきた。そして、その度々で問題となったのは、光は心理物理量であるとの定義から、何をもって精度とするのか、また、心理的側面との対応はどうかという点であった。これらの前提となる問題点を念頭に置きつつ、測光量を中心として3次元的な光環境研究の位置づけを眺めることにする。

（2）測定と定量的解析

＜照度分布－光の密度と方向性の測定と表現－＞

従来の光の空間分布に関する測定は、主として、照度分布・輝度分布を二次元的に測定したものを、三次元的な「光の場」における測定としていく流れとしてみなすことができる。光の場とは、数十年前から提唱されている空間的な光環境の概念である[1]。建築全体における「場」という概念については、建築設計者である原らが、建築空間の把握に関する論述[2]の中で、『空間が場として抽象化されるとき、記述において位置関係が保存されるという最大の利点がある。室内環境の現象、例えば明るさ、騒音、温度、空気の流れ等が、それぞれ固有の場のもとにとらえられることは周知の通りである。』と述べている。光環境に限らず、環境工学全体を通じて、量的特性の分布は、空間のどこに、どのような状態でどれぐらい対象とする物理量が存在しているかが数値を基本としてあらわされる。特に光環境のそれは、まず、照度に関する二次元から三次元への流れとして、光の密度、光の方向性、という観点での測定および解析（表現）方法に集約されてきた。

例えば、J.A.Lynes ら[3]は、空間の光の総量を評価するために、あらゆる向きの面に対する照度の平均であるスカラー照度 Es を考えた。すなわち、スカラー照度とは、空間の一点、例えば、光の質を評価する点に微少体を仮定し、この球面上に入射するすべての方向からの光による球面上の平均の照度をいう（図2.1）。照明研究上で、光の「密度」という場合、普通このスカラー照度（平均球面照度ともいう）を指す。

スカラー照度は空間の光の総量を知るときには有効であるが、スカラー照度の値をみるだけでは光の「方向性」についての情報が得られない。一般に、形状や構成に対する観察者の適切な評価は、「方向性」をもった光の状態によってつくりだされていると考えられる。

ベクトル照度 E_V とは、空間の一点 P を含む任意の面を考え、その面の表と裏の両面を受照面としたときの、それぞれの照度 E_1、E_2 との差が最大となるときの照度の差を求め、それが生ずるときの受照面の法線方向と、照度の差が正となる向き、そのときの照度差の絶対値で定義される（図2.2）。この測定によって、室内におけるの光の流れの様相や照明のバランスがわかることになる。

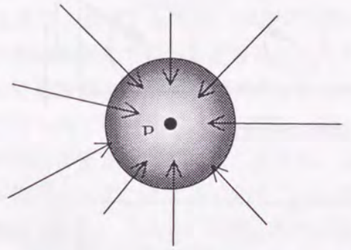


図2.1 スカラー照度（平均球面照度）

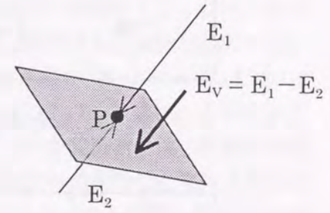


図2.2 ベクトル照度

以上のような照度の 3 次元分布は、一般的には、空間照度計を用いて得ることができる。これは上述のスカラー照度と照度ベクトルの方向および大きさを測定する計器である。空間照度計により得たデータを基にした、光の密度、方向性（流れ）に関する図式的表現は、円の大きさ、および、円の上に矢印でベクトルの方向をプロットすることにより、空間の適当な断面上に作成し得る。（図2.3）また、この矢印の正接を用いて、ベクトル流れ曲線を描くことができる。（図2.4）そのようなベクトル流れ曲線は、実際の測定に基づくが、各光源の既知のベクトル特性から作成することもできる。例えば、二つ以上の光源による光は、静力学（構造力学）の力の和と同じベクトル加法によって、加えることができる。また、光の方向性を表す指標として、ベクトル／スカラー比があり、これは空間の任意の点に対して計算できる。この値は 0 と 4 の間で変化する。ベクトル／スカラー比に関するほとんどの作業は研究や実験に限られており、少数の進んだ照明デザイナーを除いては、実際に使うまでには至らない。空間の全体的な「方向性」は、体験に基づいた感じや推測によって、定性的な言葉で扱われることが多い。しかし、実際的な手段として用いられるには有効な情報とも考えられる。つまり、前述の、物や人を認識させる方向性をミクロな方向性とすれば、ここでの空間全体的な方向性は、マクロな方向性といえる。以上より、光の「方向性」は、物理的

側面だけで定義しうる概念ではない、と位置づけることができる。

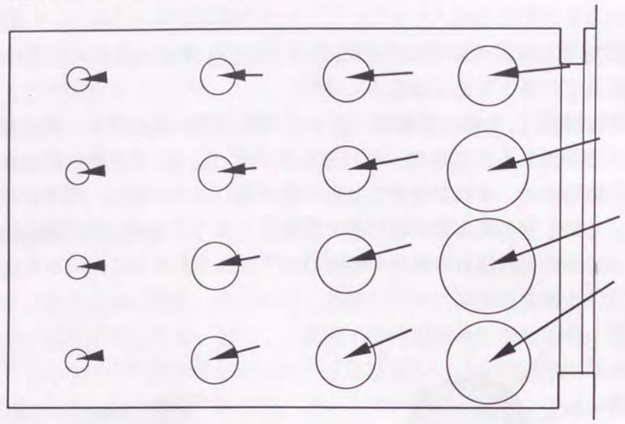


図2.3 光の密度・方向性の図式的表現

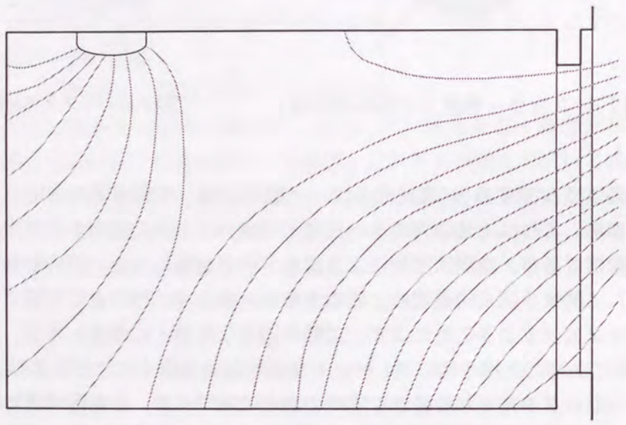


図2.4 ベクトル流れ曲線図

空間照度の測定では、個々の空間照度を瞬時に測定するためには各々の形状の受光部を有する測定器具が必要であるが、市販されているものが少なく、国内では上述の測光量（スカラー照度、ベクトル照度）を近似的に簡便に測定するために中村らが試作した六面照度計の提案[4]や、小林らの計測器の提案[5]が見られる程度である。

上記の考察を総合すると、実際の照度の測定を詳細にしていったとしても、実際に我々が感覚として捉えている光環境とは結びつきにくいことが最も大きな

問題点である。既に述べたように、実際の照明設計に際しては、例えば方向性を表すとされるベクトル／スカラー比にしても実際の照明設計にはあまり用いられない。そもそも、ベクトル照度自体が、合成された一つのベクトルであるのだから、詳細な測定を行っても、精度を下げることになるのである。それは、平均値を用いるスカラー照度についても同様である。従って、建築設計者が拠り所とするのは、結局、規格や基準となるが、照度に関する定量的基準は、日本工業規格の照度基準（JIS Z9110-1979）や（社）照明学会のオフィス照明基準（JIEC-001）などで、これらに記述されている照度の分布については、照度のむらを示す「均斉度」が存在する程度である（均斉度とは、最小照度／平均照度のことであり、0.6 以上が望ましいとされている）[6]。

以上より、現状としては、照度の空間分布の把握法を検討することは、測定機器の発達が遅れていることもあいまって、詳細に測定することを目指しても、とくに心理評価との関わりが求められる状況では、意義が薄いといえる。しかし、ここで示した光の「密度」「方向性」という測光量に基づく概念は、上記のような問題点もあるが、どこにどうあるか、といった光の空間分布性状の特質を明快に表す概念といえ、例えば方向性については、量的にも感覚的にも理解されることを踏まえると、これら「密度」「方向性」等の概念を、より広義に考える(心理的側面との対応で考える)ことで有効な概念になりうると考えられる。

＜輝度分布－人間の感覚に近い光環境分布の測定－＞

次に、光の分布性状の測定対象として挙げられるのは輝度分布である。輝度分布は、人間の目に直接入射してくる光の測光量であり、特に光環境の心理評価を考える上で、非常に大きな位置を占める。反面、難しい幾つかの問題点を有する。具体的には、以下の事項である。

・輝度分布は、目に見えるという意味での測光量であるが、面上の把握として為されることが多いこと。すなわち、中空部分の性質を物語らない。

・輝度の測定は、輝度計を用いることが多いが、たとえば視野角が 0.5～2 度といった小面積の範囲の輝度を精度よく図ることはできるが、室内全体の輝度を測定することは非常に困難である。これは、測定方向を少し違えるだけで異なった測定値となることでもあり、測定結果は断片的にならざるを得ない。

輝度に関する規格、基準として、現在、輝度の平均レベルに関したものはなく、室内の各面の輝度比に関する基準[7]がある（表 2.1）。また、これらに関連して室内の各面の反射率[8]が推奨されている（表 2.2）。これらの輝度の大まかな分布と印象の関連についても、近年多く検討されるようになってきている。

このような輝度分布の問題点を照明環境の質的側面として把握しようとした研究は、Hewitt らのアパレント・ブライトネスに関する研究[9]を嚆矢とし、いくつかある。しかし、結局は照度と同じく、測定を詳細にしても、視点・視野という上記の問題は拭えず、空間全体の光の性状把握としては、断片的になってしま

うのである。これらの問題点解決の一つとして、中村らにより、2 次元的な把握であるが、写真測光法に基づく画像処理技術を用い、様々な輝度分布の特性を記述する手法が提案された[10]。この方法は、輝度計を用いた測定方法に比較して精度は劣るが、室内全体の輝度を数秒で計ることができる。また、2 次元画像上の輝度の様々な特性を数学的に記述可能な点が大きな特徴である。そして、2 次元から発展させ、3 次元として輝度分布を捉えようとする動向が生じたのはごく最近であり、CCD カメラの発達、ポリゴン等の 3 次元画像技術の発達、画像の合成技術の発達などにより、著しい進展を見せている[11]。例えば、全方位輝度分布というものが提案された[12]。他に、上方視野・下方視野として、空間全体の輝度を考えようとしたものなどが提案されている[13]。

しかし、これら画像による輝度分布解析の研究でもっとも問題となるのは、まず、実際の輝度測定値とは異なること、また、二次元画像による輝度分布の解析は、あくまでテレビ画面のような一つのスクリーン上に映し出された輝度の解析であったし、これを 3 次元化したとしても、例えばプラネタリウムのような球上の 3 次元的スクリーンに、「輝度を写し取った」ものの解析である（図 2.5）。

したがって、本来の意味での空間的な特性、すなわち視点から見て手前が明るい、奥が暗い、といった中空部分の情報については、輝度分布画像と空間の一対一対応による参照でしか、把握することはできないのである。

表 2.1 室内の推奨輝度比（文献 7 より作表）

部　　位	輝 度 比
机上の書類：机上面	1：0.3～0.5
机上面：そのすぐ周囲の領域	1：1/3
机上面：その周囲の内壁面（天井：壁，床）	1：1/10

表 2.2 内装材推奨反射率（文献 8 より作表）

部　位	反　射　率	
	一般の室	VDT 作業室
天　井	0.6 以上	0.7 以上
壁	0.3～0.7	0.5～0.7
床	0.1～0.3	0.3
什　器	0.25～0.5	0.2～0.5
ブラインド・カーテン	－	0.5～0.7

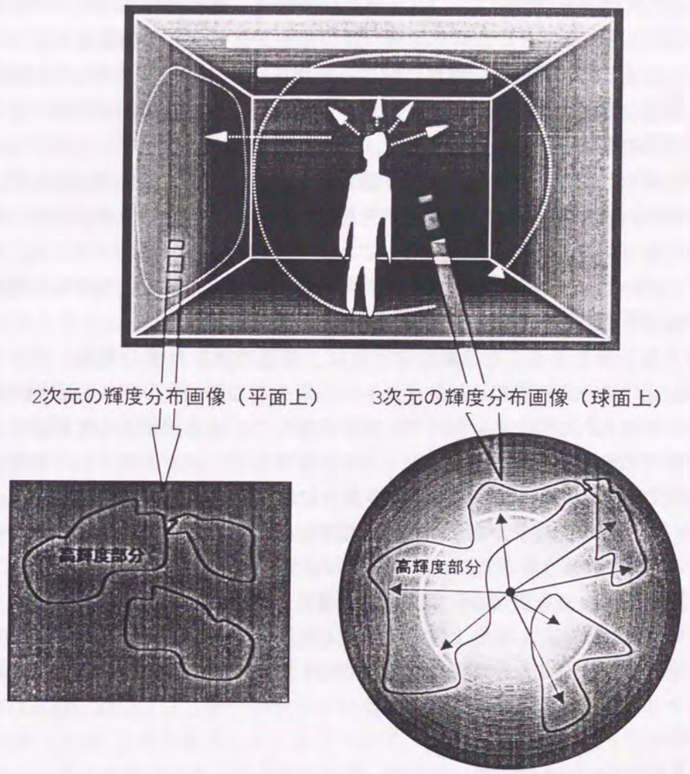


図 2.5　2 次元・3 次元の輝度分布画像

（3）数値演算（シミュレーション）

ここまで述べてきた（2）の内容は、測定と解析による定量的な研究であり、これらは、何らかの評価のための基準として示されるものであった。しかし、その他の目的で為される定量的な研究も存在する。それがこれから述べる数値演算（シミュレーション）に関する研究である。

数値演算の目的は、具体的には二つある。一つは、1）室内の光の状態を平均的に簡易に予測する、であり、もう一つは、2）実測値との一致を目指し、精度を高めると共に、コンピュータグラフィックスの基礎としてリアルな表現を追求する、である。1）は、例えば室内の平均照度や平均輝度などを数表やパソコンなどで求める CIE 法[14]など簡易な手法があり、2）については、代表的な計算

方法として光束伝達法（レイトレーシング法）[15]、光線追跡法（ラジオシティー法）などがある[16]。２）に関して幾つかの方法があるが、数値によるシミュレーションによって、光環境の性状に関する表現を行うことでは共通している。しかし、詳細な計算を実施することが、即リアルな、我々が見ている状態に近い視環境の表現の基礎となるわけではなく、また、はじめからグラフィックスとしてリアルに示すために、何らかの修正が為される場合がある。その理由として、前者はそれぞれの方法に表現の得意、不得意があるということ、後者は少ない時間で作成可能であることがあげられる。これは最終的な目標（照明計算にあくまでも基く、或いはリアルであれば方法は問わない）が違うわけで、なかなか難しい問題でもある。

多大な計算をすることを厭わなければ、最近では計算機の発達、アルゴリズムの発達により、実測に近いシミュレーションをしつつ、リアルな表現を実現するものも見られつつある。例えば、近年発達しつつある技術として紹介すると、先ず医学の分野で発達したボリュームレンダリング、ボクセルという概念を用いた技術である[17]。例えば、空間の中空部分における光の状態は普通見ることができないが、煙等の粒子があった場合、粒子に反射することで、そこに光の存在が示される。このような表現は、ボリュームレンダリングを行うことで可能になる。そして、このような表現が、実測に近い値を求めつつ、それを安易な修正ではなく、リアルに可視化しようとするものといえる。ボクセルの概念は、2 次元から 3 次元へと 3 次元的な空間における計算として、有効な概念であり、例えば、モンテカルロシミュレーションによる研究も、その一端として位置づけられる[18]。

2.2.2　定性的視点の研究

（１）概説

光環境の定性的側面、すなわち、我々が見たままに感じている光環境の状態を現象的描写や、評価実験等により分類することを旨とした研究について概観する。我々が見たまま、ということは、無意識に、かつ自然のうちに 3 次元的な把握は行っているが、それを客観的に描写するのが難しいということである。従って、主観的な記述、描写となるが、それを善しとする立場をとっていると言える。

（２）光環境の実験的分類

光環境を定性的に分類する方法のなかで、よく用いられるのは KJ 法と SD 法を組み合わせた手法である。例えば木津らは、光を対象とした写真をカラー写真の形で収集し、KJ 法的グルーピングによって評価項目を抽出し、これを用いた SD 法による印象評価実験を経て、最終的に、「『光』ある空間」の分類を行っている[19]。また、石野らは、電灯照明発達以前の室内画の心理評価から、その中に描かれている光の心理的効果を調べ、光の物理的要素と雰囲気性との関係を知ることを目的とした被験者実験を行っている[20]。これらの研究は、我々が認識して

いる光環境に着目し、実験的に分類しようとすることに意義が存在するが、物的特性の根拠が前節 2.2.1 の定量的側面に比べ、明らかに少ないことは、問題点として無視出来ない。

（３）光環境の観察による分類

定性的視点の研究のうち、最もその本旨に近いといえるのが、この光環境を観察により分類した研究である。主に、建築歴史、意匠の研究者によってなされ、分析的ではないが、主観的に現象を記述するという点で我々が感じる環境の把握に近くなる。

建築学会の論文に絞ってみれば、鈴木らの一連の研究がある[21] [22]。彼らの根底にある考え方である「光がみえるための要件」について、その論旨の要点がまとめられているので、それを紹介する[23]。

『光を唯一知覚する視覚がその光を刺激としてはたらくものである以上、視知覚の場には必ず光が存在している。また、視覚のシステムから考えて、我々が何かを視対象として知覚するとき、それは光源として光を発している物質あるいはその光とかかわる物質、すなわち光源からの光を透過または反射している物質のどちらかであると言える。そして通常その視対象は「物」として明確に知覚されるため、光はそれを照らし出す明るさとして認知される。しかし、我々が何かを視知覚していながらそれを「物」として明確に認知できていないとき、たとえば夜空に輝く満天の星々、雲一つない青空、木々から差し込む木漏れ日を知覚するとき、我々はそれを「光」自体として知覚し、「光が見える」と認識するものと考えられる。』

この考え方は、「光が見える」ことについて、光自体と「物」を一つの軸上で捉えようとするものである。考え方自体は、感覚的に説得力を持っていると思われるが、実際に光環境の分類として示された場合はどうであろうか。以下の例で上記の考え方に基づく研究を観ることにする。

＜観察による記述＞

観察による研究の例として、様々な著名建築を定性的に分類したもの[24]を挙げる。分類の結果は、例えば表 2.3 のように整理される。上記の観点に基づいているが、示される光の形態の分類の仕方に関しては、分類の根拠が少ないといえる。

＜光環境の言語的記述＞

また、その他、F.L.ライトやル．コルビュジュなど著名建築家の作品に関する記述等、記された言語の内容を定性的に分析することによって、光環境の様相の分類を行おうとするもの[25] [26]や、インタビュー等の口述を分析した研究[27]も見られる。

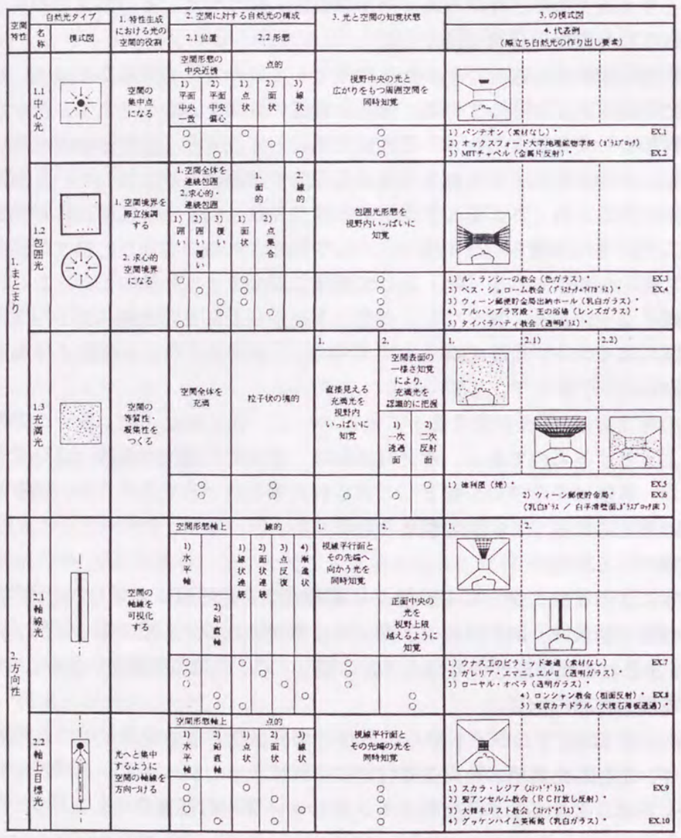
＜定性的な記述的研究の問題点＞

こうした定性的な記述的研究の最も大きな問題点は、エネルギーとして量的に把握される光についての物理的根拠を殆ど持たず、加えてその定性的分類の方

法についても何ら実証的根拠を持つわけではないことが挙げられる。しかし、恣意的な分類、現象的記述であっても、仮にそれが優れた観点、優れた（正確な）描写であるならば、有効な知見が得られる。従って、現時点としては、物理的観点（定量的観点）と現象の描写（定性的観点）の両面は、相補的なものとして位置づけられるだろう。

表 2.3 定性的分類の例（文献 24 より転載）

表1　まとまりと方向性を与える自然光タイプとその代表例：
空間に対する自然光の構成と光と空間の知覚状態及び特性生成における光の空間的役割



2.2.3　認知的視点の研究

（1）概説

快適性という、近年求められている心理的側面との関わりによって、光環境の質的側面の重要性が増している。このように快適性を考慮した場合、定性的視点の研究との違いは、あくまで物理的条件のもとで不具合をなくしつつ、心理的効果との関わりを明らかにしようとすることである。これは、詳細な測定、数値演算、解析の結果と直結するものではなく、我々が当たり前に感じている（と思っている）「明るさ」などの特性が一体何か、といった光環境の本質的概念を考慮しなければ、非常に難しいといえる。例えば、2 次元的測光量などと心理的側面の関わりを考察するのみでは、2 次元的測光量に基く以上、結果は当然、妥当性の低いものになるし、かといって、2.2.1、2.2.2 で既に述べてきたように、3 次元的な特性に基づく確立された方法があるわけではない。そういった意味で注目されるのは、高次の情報処理過程を仮説として考えた照明認識という視点に基づく研究、光の「むら」や不均一性を 3 次元的な光の物理的特性として認知的に捉え、心理評価との関わりを明らかにしようとする研究である。以下、やや散見気味となるが、これらの考え方を整理し、本研究の視点の大きな基礎付けとして考える。

（2）光環境の 3 次元的性状（不均一）の感覚的把握に関する研究

今岡ら[28]は、空間が照明によって分割しうるか、という視点で研究を行った。例えば、ダイニングとリビングという連続した空間を照明によって分割しうるか、という例について、模型実験により検討を行っている。

今岡、吉沢ら[29]は、「光認識の体系化」として、我々が認識している光を、室内から屋外、その他環境に存在する光をすべて対象として分類しようとした。また、これを実験により再現する試みを行っており、これにより定量的な視点も備え、工学的立場を示している。

木村、石野ら[30] [31]は、3 次元における光そのものの感じ方（ここでいう認知的観点）を人工照明以前に描かれた絵画に求めた。絵画と対応する模型により、光の配分状況の再現を試み、これから物理的特性についての説明を行うとともに、輝度分布による説明も加えている。

また、照明認識視空間という概念がごく最近、実証的に検討されているので、以下の引用[32]で示す。

『人がある部屋に入ると、その部屋に置かれているいろいろの物体や壁、床など、さらにはその部屋を照明している光源を見て、それらの見えからその空間の照明状況をほとんど一瞬のうちに理解、認識すると考えられる。この照明に関わって認識された空間を照明認識視空間と呼び、人が最初に見たいろいろの物体の見えや光源などを初期視覚情報と呼んだ。』

この文中で、最初の一文に述べられている「空間の照明状況」とは、すなわち本研究で対象とする光の空間配分のことと同義であると考えられる。このように

して置き換えると、光の空間配分は、光源や室内表面といった「見え」から一瞬のうちに認識したもの、ということになる。

（3）明るさ感に関する研究

上記の照明認識視空間の研究も、視点を変えれば、明るさ感の定量化を最終的に目指したものといえるだろう[33]。

そのような観点を念頭に置いた上で空間全体の明るさ感を輝度分布から定量的に考えようとしたものに、小林らの研究[34]がある。小林らの論点をまとめると、空間の明るさ感は 3 次元的に捉えられるとするべきであり、例えば、『輝度の高い部分から明るさのまとまりを連想し、輝度の低い部分から暗さのまとまりを連想する。』と述べている。これは、照明認識視空間と同様に認知的処理過程を仮定していると考えられる。

（4）本研究に参考となる論点の整理および課題

本節で眺めた研究は、いわば、定量的視点と定性的視点を統合した高次元の観点で考えようとするものであり、本研究が目すところの光の感覚的な存在感の定量化とでもいうべきものである。問題点としては、脳内の処理過程が果たしてどのように検証しうるのか、ということであり、今後も違った処理過程の仮説が現れると予想される。だが、指しあたって建築的観点、環境工学的観点に立つ限り、物的要素から光の空間配分を読み取っている（認識している）という視点は、有効といえよう。

2.2.4 論点・課題の総合と示唆

（1）論点・課題のまとめ

特に、心理的側面に留意しながら、本章で概観した研究を総合して眺めると、次のような点が論点・課題として整理される。

＜定量的視点に関して＞

(a) 実際の照度の測定を詳細にしていったとしても、実際に我々が感覚として捉えている光環境とは結びつきにくい点が多い。

(b) 実際の照明設計に用いられる基準に記してある照度の分布については、照度のむらを示す「均斉度」が存在する程度である

(c) 現状として、照度の空間分布の把握に関しては、測定機器の発達が遅れていることも鑑みれば、心理評価との関わりが求められる状況では把握手法を追求する意義が薄い。しかし、光の「密度」「方向性」という照度に関する測光量に基づく概念は、どこにどうあるか、といった光の空間分布性状の特質を明快に表す概念といえ、これらの概念の定義をより広義に考える(心理的側面との対応で)ことが有効と考えられる。

(d) 輝度分布を３次元化したとしても、球上の 3 次元的スクリーンに、「輝度を写し取った」ようなものの解析であって、本来の意味での空間的な特性（中空部

分を含む）を把握することはできない。

(e) 計算機の発達、アルゴリズムの発達により、実測に近いシミュレーションをしつつも、リアルな CG 表現を求める数値計算手法が見られつつある。

＜定性的視点に関して＞

(f) 定性的な研究の問題点は、エネルギーとして量的に把握される光について物理的根拠をもつわけではないことが挙げられる。しかし、心理的側面が求められる昨今、物理的観点と現象的描写の両方は、現時点では、両方意味あることとして位置づけられる。

＜認知的視点に関して＞

(g) 空間の明るさ感は 3 次元的に捉えられるとするべきであり、例えば、「輝度の高い部分から明るさのまとまりを連想し、輝度の低い部分から暗さのまとまりを連想する。」といった考え方は、脳内の処理過程を仮定する基礎として位置づけられる。

(h) 認知的な研究において脳内の処理過程が果たしてどのように検証しうるのか、ということは明らかにすべきことであり、今後も違った処理過程の仮説が現れると予想される。

（2）本研究の定義への示唆

本研究の定義への示唆として明確になった事を以下に述べる。

本研究で考えようとする、感覚的な光の空間的配分とは、「目に見える」物的な特性から読み取っているものである、と考える。この物的特性については、照明認識視空間の研究が実証的に明らかにしてくれると思われる。だが、未だその結論が明確にされていない現状では、光を放射・反射する物的特性としての「光源」と「室内表面」との相互関係から読み取っている、との考え方を本研究では前提とする。同時に、物的特性から読み取っている、ということは、従来から定量的視点で様々に考察されてきた３次元的な測光量に関する様々な知見は有効に活用すべきといえるだろう。それらを否定するのではなく、それらに基づいて新しい認知的視点へとつなげるべきである。例えば、「密度」「方向性」という概念は光が「どこにどうあるか」を適切に示すもので、光環境を感覚的にもよく示す可能性を有するが、現時点での意味付けは照度のみに留まっている。この概念をを広義に捉えることからはじめて、光配分を明快に把握するための切り口ともできよう。

次節では、以上の既往研究の概観による考察をもとに、物的特性に基づいて我々が心理的に把握している「光の空間的配分」の定義を明示し、そして、物的特性に基づく、という条件から遡って、逆にその物的特性は何であるのかを考察する。

2.3　光の空間的配分の定義と仮説

ここでは、前節 2.2 の考察を基に、本研究における「光の空間的配分」に関する定義をまず行い、続いて「光の空間的配分」がどのような要因から構成されるかについて仮説を立てる。

2.3.1　光の空間的配分の定義

室空間において、人間は、既に述べたように、明るい部分と暗い部分がどこにどのようにあるのか感じとることができる、と考えられる。これは、言い換えれば、感じ取った（読み取った）空間的な光の様相である。このような光の３次元的な分布の性状は、ただ明るい部分の空間的な配置を考える、とするだけでは適切でない。明るい部分の空間的な位置は、暗い部分の位置と相対的に決定するからである（つまり、空間的な「関係」が重要である)。これら、空間的な光の様相としての「明るさ」と「暗さ」を定義することができれば、前節で課題として示した光の「密度」「方向性」の定義を、本研究の視点に基づくものとして新たに定義することもできるし、更に、その表現の可能性も生じよう。本節では、上記の考え方を包含する概念として、図 2.6 に示すような「光の空間的配分」を定義する。まず、以下の説明は、最初に定義を示し、以下、それを具体的に示す、という順序で行う。

（１）「光の空間的配分」

光の空間的配分の包括的概念は、以下とする。

『人間の目で見て適切な「明るさ」と「暗さ」を空間的に配分[注1]すること』

（２）「明るさ」と「暗さ」

「光の空間的配分」概念における「明るさ」と「暗さ」は、具体的には以下のように考えられる。

「明るさ」: 空間のある位置における光が濃いこと。とすれば、明るさをつくる要件として、以下の点が考えられる。第一に、光を発する光源が存在すること。光源の数は多いこと、光源が放射する光が制御されないこと（配光の制御が小さい)。次に、光源が放射する光を、面がよく反射すること。また、光源に対して面がよく正対すること。面が光源を囲み、面どうしで相互に反射すること。

「暗さ」: 空間のある位置における光が薄いこと。とすれば、暗さをつくる要件として、以下の点が考えられる。第一に、光を発する光源が存在しないこと。

もし光源が存在する場合には、数が少ないこと、更に、放射する光をできるだけ制御すること(配光の制御が大きい)。また、光源が放射する光反射する面ができるだけ存在しないこと。そして、面が存在する場合には、光を滅すること（反射率が低い)、光源に対して面が傾いていること、面どうしが、それぞれ相対せず、相互に反射しないこと。

（３）光の「密度」と「方向性」

上記の「明るさ」と「暗さ」は、光の空間的様相を、物理的特性から感覚的に読み取れるものとして定義した。これらを踏まえ、光の「密度」「方向性」は、以下のように考える。

「密度」: 上述の「明るさ」を『光の「密度」が高いこと』、そして「暗さ」を『光の「密度」が低いこと』とする。また、従来の物理的な意味に、「読み取った光の濃さ」すなわち感覚的な光の「密度」という意味を加えることとする。

「方向性」: 光源の配光制御の度合いは、「部分的な方向性」（ミクロな方向性）と考えられる。これは、物理的、感覚的、両側面を含む。さらに、「空間全体的な方向性」（マクロな方向性）は、「明るさ」（密度高い）から、「暗さ」（密度低い）へと光が流れていく、として大まかには捉え、総合的には、部分的な方向性（ミクロな方向性）を含めたものとして考える。

（４）「明るさ」と「暗さ」の空間的配列

以上のように考えてくると、前節 2.2 で触れた「光の場」という抽象的観点から、光の空間的配分を抽象的に形態として表現することも次に示すように可能と考えられる。つまり、「明るさ」という空間的存在と、「暗さ」という空間的存在の配列を作成することとして考えうる。このように考えてくると、ある照明空間という場は、直行系のグリッドに基づく「明るさ」という分割グリッドと、「暗さ」という分割グリッドで構成することができそうである（具体的には 4 章で述べる)。

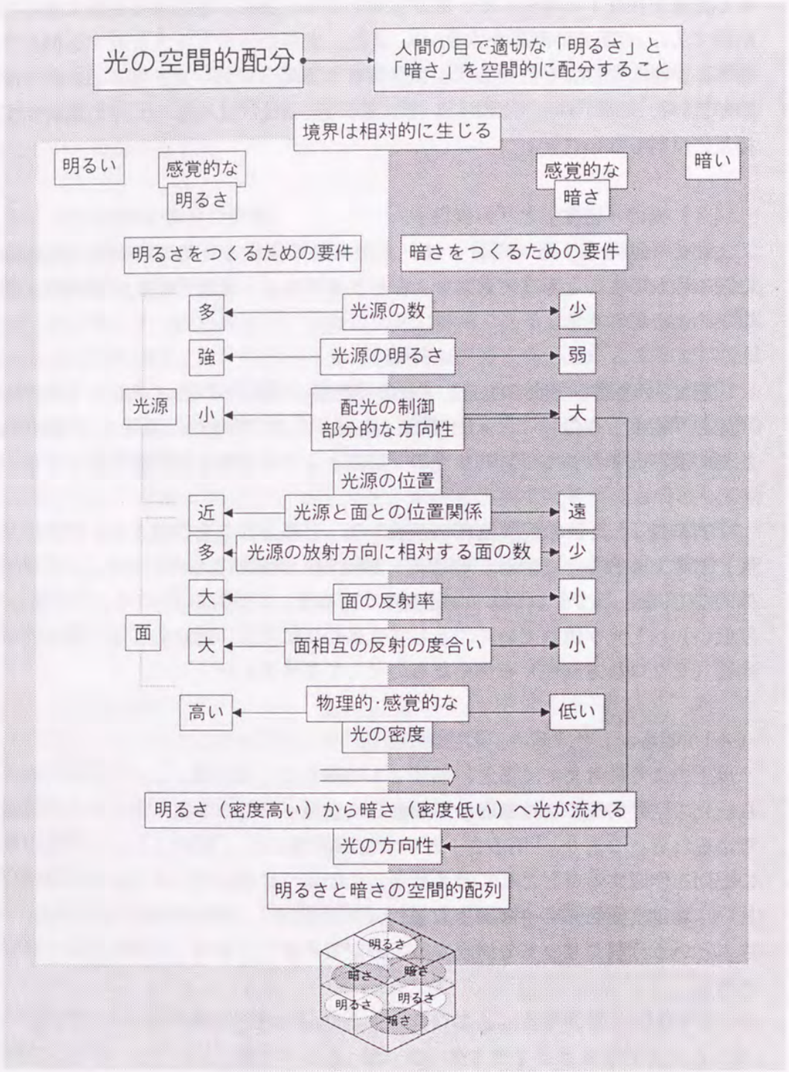


図 2.6 「光の空間的配分」概念図

2.3.2　光の空間的配分を構成する要因の仮説

2.3.1 節で考察した光配分の概念は、抽象的なものである。ここでは、具体的な照明設計の際に考えうる要因を概略的に示し、光の空間的配分の位置づけを行い、次に、光の空間的配分を構成する要因を仮説立てする。

（1）光の空間的配分の位置づけ

光を配分するという観点で、仮に照明設計を行う場合に考えうる観点をより総合的な観点から整理すると、以下の図 2.7 のようになる。ここでは、光の空間的配分の位置づけのために、2.1 節で触れていない観点も含めている。図中で楕円に網掛けをしている部分が、2.3.1 節で定義した概念に関連する部分である。

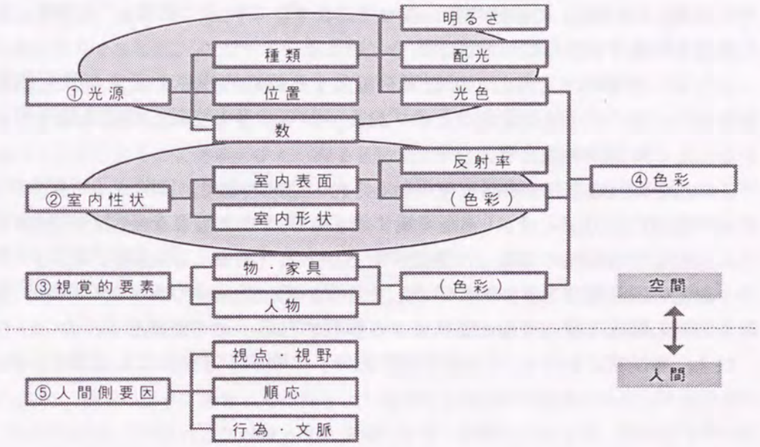


図 2.7 光の空間的配分の要素的位置づけ

（2）光の空間的配分を構成する要因（仮説の立案）

上述（1）のように位置づけてみると、光の空間的配分は、光源の配置に関する特性（位置、配光、数）と、室内表面の反射特性(反射率)の構成が重要であろう。これを仮説として整理すると、以下のようになる。

『「明るさ」と「暗さ」の配分は、光源の性状（特に配光）と、室内表面性状との相互関係により導かれる』

これを先の照明設計要素より考えると、大きくは、自ら発光する照明器具の配置（数、配光）と、室内表面の反射率構成によるものの 2 通りによって配分が構成される、と考えられる[注2]。

2.4 まとめ

本章では、まず、①定量的視点、②定性的視点、③認知的視点の3つの観点から、3次元的な光の性状把握に関する研究を概観し、それぞれの論点と課題の整理を行った。

その結果として、明らかになったことは、以下である。

従来の定量的な側面に関しては、我々の感覚とは結びつきにくい面が大きいが、とくに光の「密度」と「方向性」という概念については、発展の可能性を有する。つまり、光の存在を定性的に記述する場合においても、その記述は光が「どこに」「どのように」「どうあるか」という概念でなされるのであり、これは上記の「密度」「方向性」に帰結する。従って、まず、これら「密度」「方向性」という概念を再考することに可能性があるといえる。

さらに、定量的、定性的、両側面を包含する認知的視点の研究が最近散見されており、とくに、光源や面などの「見え」から、光の空間的性状を読み取っている、との知見が有効と考えられた。

これらの知見を基に、本研究で用いる「光の空間的配分」に関する考察を行い、「光の空間的配分」とは、「建築環境に適切な明るさと暗さを空間的に配分すること」として包括的に定義し、更に「明るさ」と「暗さ」、前述の「密度」「方向性」などの関連概念を具体的に定義した。次いで、このような「光の空間的配分は、光源の配光と室内表面の性状により構成される」との仮説を立てた。

以上、本研究における、「光の空間的配分」に関する方法論として提示した。

＜注釈＞

注1 ここで何故、「配分」という言葉を用いたのかその理由を示しておく必要があるだろう。翻って、光の空間的な分布性状とは、すなわち、空間のどこにどのように光が存在しているのか、ということに帰結する。一般的に、そのような状態を表現する場合、「分布」という言葉が用いられる。照度分布、輝度分布などが良い例である。そのほか、布置、という言葉もある。これらを含め、辞書ではどのように記されているのだろうか。まず、分布は「：①地域のあちこちにわかれて広がること。②何かが同一の空間において、一定の条件のもとに現れるかどうかの状態。」とされている。次に、布置は「：物をそれぞれの位置におくこと。配置。」となっている。ここで出てきた配置は、「：①人を、組織のある地位・役につけること。②ものなどが十分に機能を果たすように工夫して並べたり置いたりすること。」となっている。そして、配分は、「：割り当てて配ること。」と記されている。このようにして観ると、上記のように「明るさ」と「暗さ」という二つの視点を同時に考えようとする場合、割り当てる、という意味を持たせる「配分」が最も適当と考えられるのである。また、配るというように、何か主体があって、光を「配分」するのであり、照明環境の印象という快適性に関する視座も含めた本研究では、そこに積極的な意味合いを含めようとする意味で妥当すると考えられる。これが第一の理由で、もう一つの理由は、後述するように、照明空間等、さまざまな空間の把握においては、空間の構成要素の関係を意味する「配列」という概念が存在していることが多い。この「配列」という概念を考えた場合からいっても、「配分」という語が最も適切であろうと考えられる。

注2 ここで、前述のように設定した仮説をより包括的な観点から位置づけておく必要がある。というのは、「漂う光」を対象とする場合、近年、建築のみならず、様々な分野で取沙汰されている生態学者 J.J.Gibson の理論である「包囲光配列」が引き合いに出されるからである（古崎敬他訳：生態学的視覚論、サイエンス社、1985)。本研究の対象は、建築の躯体の間に満ちている光の性状である。そして、定義した光の空間的配分を構成する要因の考察において示したように、空間内部に満ちる光は、光源の配置と光を反射する面の構成によって生じたものである、と筆者は考えている。これは、一見、環境の諸相を分析して導いた結果である J.J.Gibson の「包囲光配列」を拠り所にしているかのように誤解されるかもしれない。しかし、本研究の前提は、建築という空間が先にあって、その中に満ちている光を考えようとする、つまり、物理的環境が存在しているとした立場から考察を試みるものであり、人間を中心に沿え、周囲の環境を観察する、詳細に見ていこうとする生態学的観点とは似て非なるものである。ギブソンの理論は、マクロな見方をすれば、デカルト以来の近代科学、哲学の背景に常に存在していた根本的問い、すなわち「主観」と「客観」の一致は成立するか、を乗り越えようとする現象学的観点と相通ずるといえる。ここでこのようなことに触れたのは、ギブソンの理論を引用しながら、結局はユークリッド幾何学的な 3 次元空間的における物理的特性により空間を記

述し、「主観」－「客観」の二元論を前提としている研究が、多々見られるからである。そもそも「包囲光配列」そのものが、空間という概念に立脚せず、生態学的視点で設定されたものであるから、両者を混用することはできない。研究の背景で、空間に満ちている光が我々の印象に影響を及ぼす、と述べたように、本研究は、この「主観－客観」図式から抜け出たものではない。このことは、研究方法の位置づけとして予め断っておきたい。

＜参考文献＞

[1] 佐々木、金子ほか：照明空間における照明ベクトルと光束密度、照明学会誌、63、7（昭和 54）379

[2] 原広司ほか：新建築学体系 23、pp.273-356、彰国社

[3] J.A.Lynes & W.Burt, et al. : The Flow of Light into Buildings, Trans. Illum. Engng Soc. (London), 31, 3 (1966)

[4] 中村洋、沖允人、小川増美、山村康郎：新しく試作した 6 面照度計と測定例、日本建築学会大会学術講演梗概集（D)、pp.481～482、1987

[5] 村上泰浩、小林朝人、矢野隆：窓際への入射光分布の実測調査と窓に平行に見るモデリング評価実験 窓際での人の顔のモデリングに関する研究 その 1、日本建築学会計画系論文集、第 460 号、pp.11-19、1994.6

[6] 照明学会：ライティングハンドブック、10 章、1987、オーム社

[7] Commission Internationale del'Eclairage: Guide on interior lighting second edition, CIE Publication, No.29, 2, 1986

[8] 前掲書：Guide on interior lighting second edition, No.29, 2, 1986

[9] Hewitt.et al : Lighting and Environment-Some Studies in Apprisal and Design, Trans. Illum. Engng. Soc. (London) 30 (1965) 103-116

[10] 例えば、中村芳樹、乾正雄：視環境の輝度分布特性に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集、第 438 号、pp.1-8、1992.8

[11] 例えば、野口太郎：ビデオ測光による教室の輝度分布の測定例、日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道)、pp.385-386、1995.8

[12] 中村芳樹、中村一樹、乾正雄：全方位輝度分布に基づいた視環境評価、日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道)、pp.379-381、1995.8

[13] 近藤崇之、岩田利枝、木村健一：オフィス空間における上方視野・下方視野の輝度分布に関する統計的検討、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東)、pp.317-318、1997.9

[14] CIE Pub.: Caluclation for Interior Lighting, Basic Method No.40 (1978) ; Applied Method No.52 (1982)

[15] 真鍋正規、山崎均：レイ・トレーシングにおける相互反射を考慮した表現について、日本建築学会計画系論文集、No.489、pp.27-36、1996.11

[16] 千葉則茂他：3 次元 CG の基礎と応用、サイエンス社、1997.

[17] 前掲書：3 次元 CG の基礎と応用、1997.

[18] 永田忠彦、田辺智彦：モンテカルロ法応用の室内照度の計算、日本建築学会計画系論文集、No.487、pp.43-50、1996.9

[19] 木津潤平、平手小太郎、安岡正人：精神的存在としての「光」に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海)、pp.1967-1968

[20] 石野幹生、室田祐美子、岩田利江、木村健一：絵画にみる室内光環境と雰囲気性に関する被験者実験、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海)、pp.1035-1037、1994.9

[21] 鈴木信宏ほか：徳利屋いろりの間の空間構造と光：日本建築学会計画系論文報告集、第 421 号、pp.51-59、1991.3

[22] 明田川洋、鈴木信宏：ウィーン郵便貯金局出納ホールの空間構造と光（光の見える建築空間の構造 その 2)、日本建築学会論文報告集、第 444 号、pp.67-75、1993.2

[23] 鈴木信宏、明田川洋：光の在り方による建築空間の構造、日本建築学会大会学術講演梗概（北陸)、昭和 58 年 9 月

[24] 小泉隆、桶師徳行、鈴木信宏：自然光の構成とその知覚状態からみた建築空間におけるまとまりと方向性を与える自然光タイプ、日本建築学会計画系論文集、No.482、pp.95-104、1996.4

[25] 古藤武彦、前田慶太郎、小泉隆、鈴木信宏：ライトとコルビュジェの著書を中心とした魅力的な光記述研究 その 1：光イメージの分類、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.917-918、1995.8

[26] 前田慶太郎、小泉隆、鈴木信宏：ライトとコルビュジェの著書を中心とした魅力的な光記述研究 その 2：光イメージ作り出し構造の分類、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、pp.919-920、1995.8

[27] 細矢仁、小泉隆、桶師徳行、鈴木信宏：光空間分類インタビューによる光の空間への在り方タイプ、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東)、pp.1121-1122、1993.9

[28] 今岡敦典、平手小太郎、安岡正人：照明による空間分割の可能性に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海)、pp.1965-1966、1994.9

[29] 今岡敦典、吉沢望：光認識の体系化に関する研究その 1、その 2、日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道)、pp.485－488、1995.8

[30] 石野幹雄、岩田利江、木村健一：絵画に表現される空間に基づく室内光環境の雰囲気性に関する被験者実験 その 1 予備実験と作製模型の検証、日本建築学会学術講演梗概集（北海道)、pp.465-467、1995.8

[31] 石野幹雄、岩田利江、木村健一：絵画に表現される空間に基づく室内光環境の雰囲気性に関する被験者実験 その 2 光が醸し出す雰囲気と光の物理的特性、日本建築学会学術講演梗概集（北海道)、pp.467-469、1995.8

[32] 池田光男、金子文香：照明認識視空間への初期視覚情報の影響―明度と彩度の場合―、

照明学会誌、Vol.80、pp.319-324

[33] 荻内泰男、石田泰一郎：照明空間の明るさ感効果の評価手法、建築学会大会学術講演梗概集（関東）、1997.9、pp.357-358

[34] 小林茂雄、中村芳樹、木津努、乾正雄：空間の輝度分布が室内の明るさ感に与える影響、日本建築学会計画系論文集、第 487 号、33-41、1996.9

第３章

光源の配置と室内表面の構成が雰囲気に及ぼす影響

3.1　はじめに

前章（2.2 節）で概観したように、空間を内部から照射する照明状況の把握においては、人間の目に感じられる 3 次元的な光の満ち方（密度）、流れ方（方向性）といった特性についても検討する必要がある。

3 次元的な光の満ち方や流れ方などの特性の把握は、「人間の目で見て適切な明るさと暗さを空間的に配分すること」に根幹を成すとすれば（2.3.1 節参照）、明るさと暗さの配分は、大きくは、自ら発光する「照明器具の配置」と、「室内表面の反射率構成の違い」によるものの 2 通りが考えられる（2.3.2 節参照）。

そこで本章では、まず室内表面の反射率構成の違いに着目した評価実験、次いで照明器具の配置に着目した評価実験を行い、その物理的特性と心理的効果の相互関係、すなわち光の空間的配分が雰囲気に及ぼす影響について考察する。考察の結果は、前述の光の密度、方向性といった観点で総括し、前章で設定した仮説の検証として位置づける。

以上のプロセスによって、光の空間的配分の本質に関する、より明確な知見を得ることが本章の目的である。

3.2　本章の方法

本章では、内容の異なる 2 つの系統的実験を行った（表 3.1）。

まず、室内表面の反射率構成の違い(明暗パターン)について、抽象化した 1/10 縮尺模型を用いた Magnitude　Estimation Method（以下 ME 法とする)による実験 1 を行い、光の空間的な配分特性を仮定・抽出した（3.3 節）。

次に、照明器具の配置（配光、位置、数）について、実在空間（居間）のスライド化写真を用いた Semantic Differential Method（以下 SD 法とする）による実験 2 を行い、雰囲気に及ぼす影響に関して、実験 1 の評価尺度・結果を踏まえ考察した（3.4 節）。

最後に、実験 1、2 に共通する結果を光の空間的配分特性としてまとめ、居間の雰囲気に関する知見も加えて本章の結論とした（3.5 節）。

表 3.1　実験概要

	室内表面の反射率構成の違いに関する実験（実験1）	照明器具の配置に関する実験（実験2）
実験方法	ME法	SD法
提示空間	光源と室内表面で構成された1/10縮尺模型	住宅の居間のスライド化写真
主な物理的変数	室内表面の反射率構成の違い（明暗パターン）	照明器具の配置（配光，位置，数）
空間タイプ	天井高·光源位置が異なる5つの空間タイプ	リビングルーム・和室

3.3　室内表面の反射率構成の違いに関する実験(実験 1)

3.3.1　実験の目的

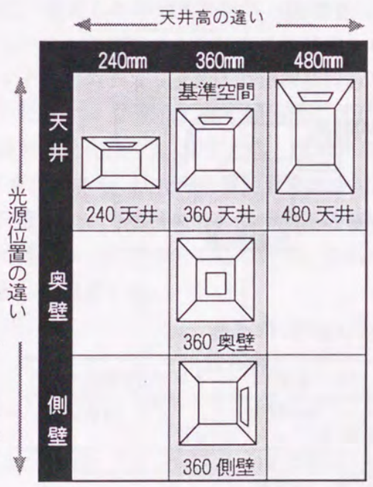
本実験では、室内表面の反射率の違いを明暗に二分し、さまざまな面の組合せを系統的に設定した場において、光の密度、方向性がどう把握されるか検討する。具体的には、光の場だけを抽象的に実現する縮尺模型を用いて、室内表面の明暗パターンを、室内の形状（天井高）・光源位置との関係を考慮しつつ系統的に変化させ、ME 法による評定実験を行う。得られた結果の心理量と、設定・抽出した物理的特性（立体角投射率・重心方向など）との相互関係を考察し、評価の定式化を試みる。

3.3.2　実験方法

（1）提示空間

光源と室内表面のみで構成された 1/10 縮尺模型[注1]を提示空間として設定した。表 3.2 に示すように、内法 360×360×360mm の空間を基準として天井高と光源位置の異なる 5 通りの空間（それぞれ「360 天井」「360 奥壁」「360 側壁」「240 天井」「480 天井」と呼ぶ）を考え、それぞれの室内表面をマンセル表色系の N9 と N1 の組み合わせで彩色した。これら反射率が大きく異なる 2 種類の面の組み合わせによって、全面白から全面黒へと室内表面の明暗パターンがさまざまに変化する[注2]ことになる（図 3.1)。光源は、白色の拡散性面光源（床面積の 1/4 大）とし、提示空間の総数は、5 つの空間タイプを合わせ、全 128 通りとなった。

表 3.2　設定した空間タイプ



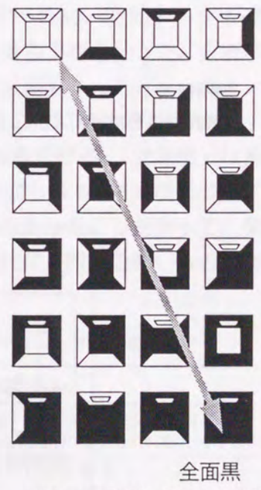


図 3.1　明暗パターン例
「360 天井」の場合

（2）評価尺度

照明環境評価によく用いられ、かつ本実験の抽象的空間を評価しやすいと考えられる尺度を選定した。既往研究[1][2]において、照明環境の代表的な評価尺度として「明るさ」「広さ」「落ち着き」「変化」などが示されている。これらを含む約 30 尺度を用い、あらかじめ数人の被験者に、評価のしやすさに関する聞き取り実験を行った。その結果、「明るさ感」「広さ感」「安定感」「変化のある」の 4 つの片側尺度を選定することにした。

（3）実験方法

実験は、図 3.2 に示すような装置を用いて行った。

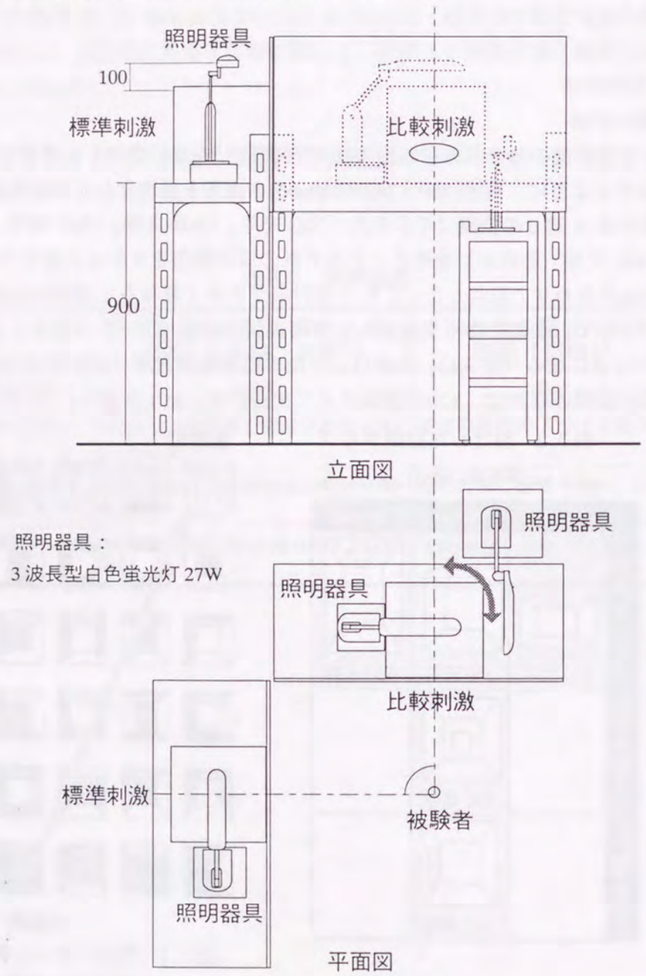


図 3.2　実験装置

被験者の左側に標準刺激（「360 天井」、全面白、床面平均照度 500lx）を配し、右側に残りの 127 通りの比較刺激をランダムな順序で提示した[注3]。被験者は、1/10 縮尺模型の一側面に設けられた楕円形の開口部から標準刺激と比較刺激の空間内部を交互に観察する。被験者の視点は、現実の空間では床面から 150cm の高さに相当する。これを「明るさ感」「広さ感」「安定感」「変化のある」の 4 つの評価尺度について、標準刺激を 100 点とした ME 法により評価させた。被験者には建築系の学生 20 名（男 12 名、女 8 名）を採用した。一回の実験に要した時間は、休憩を含め、一人あたり平均で 2 時間程度であった。

3.3.3　結果と考察

実験の結果は、被験者の個人差による特異性や系統的な偏りが存在しないことを確認し、評価尺度別に提示空間ごとの評定平均値（以後 ME 値とする）を算出し、分析を行った。

（1）室内表面の明暗に関する物理的特性の設定

室内表面の反射率構成の違いにより生ずる明暗の状況把握をするために、表 3.3 に示すように、①空間内部の明暗の度合いを総量的に表すと考えられる立体角投射率、②空間内部の明暗の偏りの方向を表すと考えられる重心方向、集中度、を物理的特性として設定した。また、これらとは別に、明暗の散らばりの度合いを表す物理的特性が考えられるが、本実験のように室内表面のみを対象とした場合、面の明暗のクラスター数が少なく適切な物理的特性にならないと思われるので、ここでは扱わない。

（2）室内表面の明暗に関する物理的特性の選定

次に、設定した物理的特性を尺度ごとに選定するため、空間タイプの違いも考慮し、全 128 空間の ME 値を外的基準とした数量化 I 類を行った。分析に用いたアイテム・カテゴリーおよび重相関係数・偏相関係数・カテゴリースコアを尺度ごとに表 3.4 に示す。偏相関係数の値が高い場合としては、「明るさ感」は立体角投射率と光源位置、「広さ感」は天井高と立体角投射率、「安定感」は重心方向、「変化のある」は光源位置と立体角投射率があげられる。集中度については、どの尺度についても特に高い偏相関係数値は示さなかった。したがって、集中度を除く他の 4 つのアイテムについて、それぞれの尺度と関連の深いものを物理的特性として選定した。

表 3.3　設定した物理的特性

立体角投射率 注4	Σ(明るい面の立体角投射率)
重心方向 注5	空間内部パース上で,暗い面が持つ重心の方向 (中心,下,上,右,左,右下,右上,左下,左上の9方向)
集中度 注6	視野の中心に光が集中している度合 (値が大きい程，集中していることを示す)

表3.4　数量化Ⅰ類結果

アイテム	カテゴリー	明るさ感		広さ感		安定感		変化のある	
		偏相関	スコア	偏相関	スコア	偏相関	スコア	偏相関	スコア
天井高	240mm	0.62	7.81	0.90	-13.01	0.53	4.19	0.12	1.24
	360mm		-0.54		1.40		0.42		-0.12
	480mm		-6.01		8.33		-5.58		-0.84
光源位置	天井	0.75	5.55	0.40	1.25	0.28	1.25	0.73	-4.82
	奥壁		-7.66		-0.96		-2.12		8.01
	側壁		-6.74		-2.08		-1.21		4.83
立体角投射率	0～10%	0.78	-18.85	0.89	-9.45	0.53	-6.71	0.69	-22.36
	10～20%		-18.54		-6.59		-3.68		-14.20
	20～30%		-6.32		-5.58		-1.33		-6.63
	30～40%		-6.54		-5.94		-2.24		1.81
	40～50%		-2.10		-3.29		-0.15		2.40
	50～60%		2.34		-1.89		0.02		3.14
	60～70%		1.25		1.80		0.02		6.27
	70～80%		7.73		7.47		7.49		5.16
	80～90%		8.51		6.98		1.42		4.94
	90～100%		18.46		19.37		-5.00		-22.77
重心方向	中心	0.43	-1.76	0.33	-0.20	0.80	5.21	0.42	2.03
	下		0.12		-0.21		7.52		-2.97
	上		5.13		1.67		-0.14		-3.64
	右		2.90		0.77		-9.58		-3.65
	左		1.36		-0.70		0.50		-2.55
	右下		-7.30		-2.50		-6.30		7.14
	右上		-1.09		-1.37		-10.80		4.73
	左下		-0.20		2.92		4.02		2.86
	左上		-6.73		-0.33		-1.83		4.85
集中度	-4	0.39	4.80	0.35	-0.76	0.51	-11.22	0.47	-8.13
	-3		-1.40		-0.42		-2.70		0.97
	-2		1.79		1.47		-0.88		-4.31
	-1		-5.87		-2.28		5.08		8.48
	0		5.63		-0.76		2.70		9.21
	1		0.71		0.90		2.07		-0.68
	2		1.83		0.12		-0.38		-6.64
	3		-3.79		0.73		-0.43		3.72
	4		0.26		-3.12		-3.63		1.28
重相関係数		0.92		0.95		0.85		0.84	

（3）心理量と物理的特性の関係

4つの尺度ごとに、散布図を描いて心理量（ME 値）と物理的特性の関係を分析した。いくつかの散布図については、近似式と決定係数を求め図中に表示する。

＜「明るさ感」について＞（図 3.3）

立体角投射率アイテムのカテゴリーとスコアの間に直線的な相関があることが、表 3.4 より推察された。したがって、立体角投射率の変化を横軸、ME 値を縦軸に取り、光源位置の違いごとに直線回帰を行った。ME 値はほぼ直線上に並び、立体角投射率の増加につれて ME 値も増加している。また、空間タイプ別には天井光源（「360 天井」）の場合が最も相関が高く、奥壁光源（「360 奥壁」）、側壁光源（「360 側壁」）は値の散らばりが大きい。これより、光源が直接見える度合いが大きい場合に「明るさ感」の評定値は散らばるといえる。

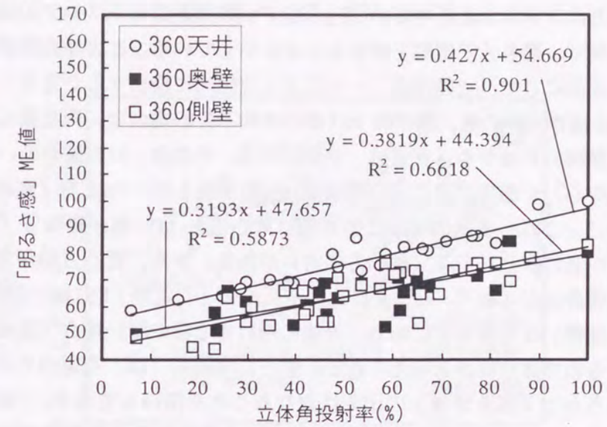


図3.3 「明るさ感」散布図

＜「広さ感」について＞（図 3.4）

「明るさ感」と同様の傾向が表 3.4 でみられたため、立体角投射率の変化と ME 値を軸に取り、天井高の違いごとに直線回帰を行った。ME 値はほぼ直線上に並び、立体角投射率の増加につれて ME 値も増加する。つまり、視野内の光の量が増すと同じ容積の空間においても「広さ感」が増す。また、天井が高い（「480 天井」）場合、「広さ感」ME 値が全体的に高くなることに加え、直線の傾きも大きくなる。本実験の天井高の違いは壁面積の違いでもあることから、天井が高い場合には、視野の中心に位置する壁面の立体角投射率が増え、「広さ感」が強調されると考えられる。

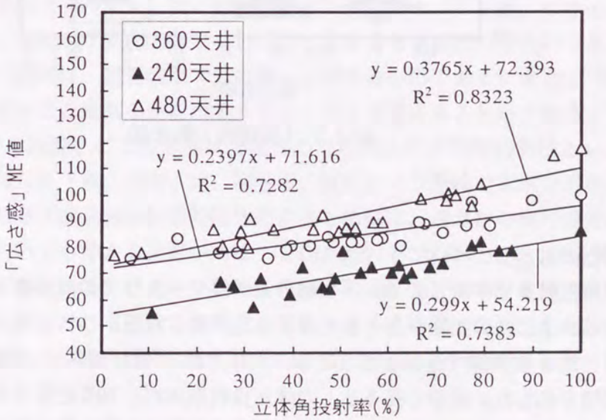


図3.4 「広さ感」散布図

<「安定感」について>（図 3.5）

重心方向アイテムの「中心」「下」「左下」のカテゴリースコアの値が表 3.4 において高く、最も「安定感」があることを示している。この傾向の詳細を、「360 側壁」を例にして、空間内部パースにより定性的に検討する。まず、最も「安定感」ME 値が高いのは、図中の A（重心方向下）の場合で、同じ重心方向でも B（奥壁が暗い）はやや「安定感」が失われる。その他、ME 値が高い例に C（重心方向中心）がある。逆に「安定感」ME 値が最も低いのは D（重心方向右上）の場合で、これも奥壁の明暗により同じ重心でも ME 値が異なる（E）。その他 ME 値が低い例として F（重心方向右）がある。また、重心方向が左（左下・左上）の場合は右（右下・右上）に比べ全体的に「安定感」ME 値の値が高かった。「360 側壁」は光源が右にあり、光源に相対する面が暗い場合（重心方向左）に安定するのではないかと考えられる。また、中村ら [3] は、空間内のどこに暗い部分があるかで「落ち着き」の印象は異なることを指摘しており、「落ち着き」を「安定感」と置き換えてみれば[注 7]、ここでの結果はその検討に相当すると思われる。

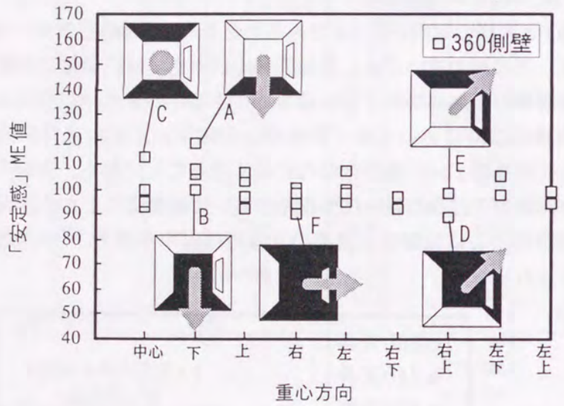


図 3.5 「安定感」散布図

<「変化のある」について>（図 3.6）

立体角投射率アイテムの 60%～70%のカテゴリースコアの値が表 3.4 において特に高く、上に凸の曲線がよくあてはまると推察された。これより、光源位置の違いごとに 2 次曲線で近似したところ、天井光源（「360 天井」）の場合に比較的よい相関を示した。細かく見ると、立体角投射率 40%、70%近辺で ME 値は最大となっている。したがって、このような明暗の度合いの時に最も変化に富むとい

える。他の光源位置については、奥壁光源（「360 奥壁」）において特に高い ME 値を示す例があった（図中空間内部パース）。これは、最も明暗のコントラストのある場合と考えられる。

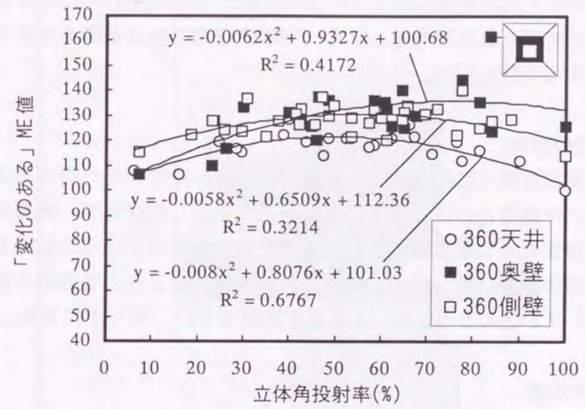


図 3.6 「変化のある」散布図

（4）実験 1 のまとめ

室内表面の反射率構成の違いに関する本実験の結果より、光の空間的配分に関する考察を行う。

「明るさ感」や「広さ感」は、量的指標として明暗の度合いにより直線的に捉えられる。光源が直接目に入る度合いが大きい場合に「明るさ感」の評価は散らばり、同じ空間であっても、特に壁面の明暗の度合いで「広さ感」の感じ方が異なる。さらに、最も「変化のある」と感じられる場合を明暗の度合いで推測できる。これらの結果は、視覚的な「光の量」に関するものである。また、「安定感」は、暗い部分がどこにあるかを示す「重心方向」で捉えることができる。重心方向は、「光の方向性」による照明状況把握の可能性を示す物理的特性といえる。本実験で設定した「重心方向」は、初段階の検討という意味で 2 次元的なものであった。これを 3 次元的な物理的特性とするためには、視点から奥行き方向の明暗の偏りについても考える必要がある。ここで、分析には用いなかった「集中度」の定義（注 6 参照）は、視点から奥行き方向の面（奥壁）の明暗を示す意味合いもある。したがって、本実験での「重心方向」と「集中度」の概念をあわせた適切な物理的特性の定義を行えば、3 次元的な明暗の偏りを把握する有効な指標となり得ると考えられる。

3.4　照明器具の配置に関する実験(実験 2)

前節では、室内表面の反射率構成の違いに関して抽象化した縮尺模型を対象とし、いくつかの物理的特性による光の空間的配分特性把握の可能性を示した。ここでは、前節で得られた知見をふまえ、実際の空間である居間を対象とする光源の配置に関する実験を行う。

3.4.1　実験の目的

空間内に光源を様々に配置することは、同時に、空間内を光源が占めることであり、家具、什器等との位置関係が常に存在する。したがって、光源の配置は実際の空間を想定しつつ考えることが肝要である。そこで、住宅の居間を対象として、照明器具の位置、数、配光の組み合わせを変数にとり、雰囲気の変化にどんな要素が効いているのか SD 法による評定実験を行い、明らかにする。

3.4.2　実験方法

（1）提示空間

プレファブ会社のモデルハウスの居間（リビングルーム、和室）を使用して提示空間の設定を行った。照明器具は、原則として 100W の白熱灯とし、雰囲気に影響を与えないプリミティブな形状（球状あるいは半球状）のものを、天井、壁、床付近に配置した（図 3.7）。照明器具の組み合わせは、図 3.8 に示すように天井中央から吊るすペンダントの配光の違い（直接照明型、全般拡散照明型、照明無し）・位置（吊り高）の違いを主体とし、壁付近に高さのあるフロアスタンド[注8]、床付近に低いフロアスタンドを配し、和室についてのみは床の間照明をさらに加え、点灯・消灯の組み合わせによって 2〜5 灯になるように設定した。照明器具組み合わせマトリクスの例を表 3.5 に示す。このような組み合わせに従って、それぞれの提示空間の設定を行った後、部屋全体の雰囲気を最も把握しやすいと思われる位置からリビングルーム、和室それぞれ写真撮影を行った[注9]。カメラのレンズ位置は床面から 150cm で、レンズの絞り値 5.6、シャッター秒時 125 に固定した。

（2）評価尺度

既往研究[5]を考慮し、居間の雰囲気評価に用いられる尺度を検討した結果、25 個の形容詞対が得られた。なお、これらのうち、「明るい－暗い」に「明るさ感」、「広い－狭い」に「広さ感」、「落ち着きのある－落ち着きのない」に「安定感」[注7]、「単調な－変化のある」に「変化のある」など、実験 1 の尺度を対応させた。

（3）実験方法

実在の空間の光源配置の変化を 1 回の実験で多数提示するため、スライドによる実験方法を採用した。まず、撮影した写真の中から暗くて写りの悪いものを

除き、被験者の飽きを防ぐためにモデルハウス付属の照明器具を用いた 12 通りの空間をダミーとして含め、総数 100 通り（リビングルーム 66 通り、和室 34 通り）を選定し、スライド化した。

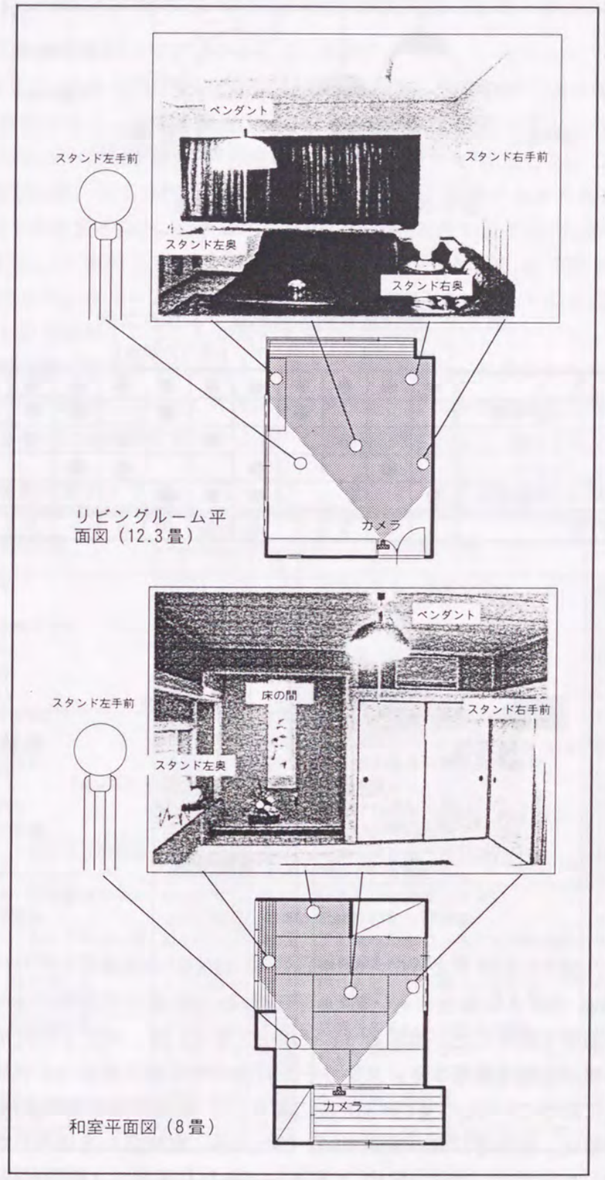


図 3.7　照明器具配置

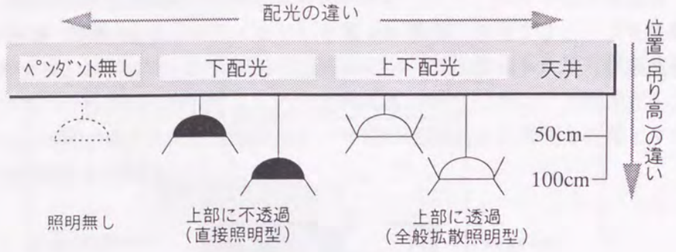


図3.8　ペンダントの配光･位置

表3.5　照明器具組み合わせマトリクス例
（リビングルーム・ペンダント有りの場合）

ペンダント	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
スタンド左手前				●			●		●	●		●
スタンド左奥			●			●		●		●	●	●
スタンド右奥		●			●			●	●		●	●
スタンド右手前	●				●	●	●				●	●
点灯数	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5

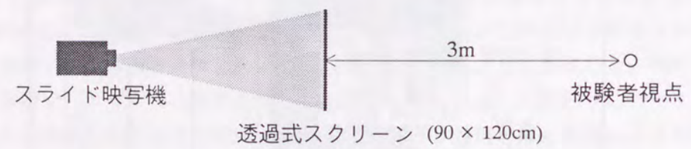


図3.9　スライド実験装置

次に、図 3.9 に示すように、縦 90cm、横 120cm の透過式スクリーンを床面から 100cm の高さにセッティングし、作成した 100 通りの空間のスライドをランダムな順序で提示した。被験者（1 グループ数人）は、スクリーンから約 3m の距離で提示空間を観察する。スクリーン背後の映写機は被験者の視界には入らないようになっている。これを SD 法により、25 項目の形容詞対を用いて 7 段階評価させた。被験者には、学生 20 名（男 11 名、女 9 名）を採用した。一回の実験に要した時間は、休憩を含め、1 グループあたり平均で 2 時間半程度であった。

3.4.3　結果と考察

100 通りの提示空間からダミーとして含めた 12 通りの空間を除き、残りの 88 通りの空間（リビングルーム 56 通り、和室 32 通り）について分析を行った。

（1）因子分析

a)　因子の抽出と解釈（リビングルーム・和室）

被験者 20 人の 25 項目の尺度について結果を集計し、因子分析（因子の打ち切り条件は固有値 1 以上、主因子解法、バリマックス回転）を行ったところ、共通性と負荷量の値が小さな 1 項目（「男性的な－女性的な」）が存在した。これを省いた 24 項目で再度、因子分析を行い、リビングルーム、和室それぞれ表 3.6、表 3.7 に示す因子負荷量を得た。これより、リビングルームの 3 因子は「活動性」「評価性」「力量性」、和室の 2 因子は「活動性」「評価性」と解釈した（表 3.8）。また、表 3.6 のリビングルームで「力量性」に属する項目は、表 3.7 の和室において「活動性」に含まれていることが確認できる。この理由として、リビングルームの提示空間の数が和室より多いこと、表 3.6 で「力量性」に含まれる尺度の因子負荷量は、「活動性」においても大きな値を示し、これらの尺度はどちらの因子にも属する中間的な性格を有すること、などが推測される。

表3.6　因子負荷量表＜リビングルーム＞

評価項目	負荷量		
	I	II	III
贅沢な－質素な	0.82	0.03	0.02
明るい－暗い	0.79	0.05	0.35
活気のある－活気のない	0.78	0.09	0.34
地味な－派手な	-0.76	0.12	-0.26
陽気な－陰気な	0.73	0.27	0.38
暖かい－冷たい	0.69	0.22	0.36
楽しい－楽しくない	0.67	0.45	0.34
古い－新しい	-0.67	-0.08	-0.23
きれいな－きたない	0.62	0.47	0.11
広い－狭い	0.54	0.24	0.32
人工的な－自然な	0.47	-0.34	-0.25
単調な－変化のある	-0.46	-0.03	-0.35
まとまりのない－まとまりのある	0.02	-0.78	0.05
好ましい－好ましくない	0.39	0.76	0.31
落ち着きのある－落ち着きのない	-0.12	0.73	-0.14
洗練された－野暮な	0.32	0.73	0.08
すっきりした－ごちゃごちゃした	-0.30	0.72	-0.13
気持ちの良い－気持ちの悪い	0.50	0.69	0.24
飽きのこない－飽きのくる	0.14	0.66	0.28
親しみにくい－親しみやすい	-0.36	-0.66	-0.34
圧迫感のある－開放感のある	-0.43	-0.32	-0.63
フォーマルな－カジュアルな	-0.19	0.13	-0.63
軽い－重い	0.54	0.05	0.57
かたい－やわらかい	-0.36	-0.34	-0.53
固有値	10.50	4.11	1.42
寄与率(%)	43.70	17.10	5.90

表3.7　因子負荷量表＜和室＞

評価項目	負荷量	
	I	II
活気のある－活気のない	0.86	0.21
明るい－暗い	0.85	0.15
陽気な－陰気な	0.83	0.30
地味な－派手な	-0.82	0.07
軽い－重い	0.80	0.08
贅沢な－質素な	0.78	0.01
暖かい－冷たい	0.77	0.34
古い－新しい	-0.74	0.09
圧迫感のある－開放感のある	-0.73	-0.26
広い－狭い	0.70	0.32
楽しい－楽しくない	0.69	0.56
かたい－やわらかい	-0.58	-0.33
フォーマルな－カジュアルな	-0.57	0.12
単調な－変化のある	-0.56	-0.03
好ましい－好ましくない	0.44	0.81
洗練された－野暮な	0.27	0.76
まとまりのない－まとまりのある	0.10	-0.74
落ち着きのある－落ち着きのない	-0.07	0.74
親しみにくい－親しみやすい	-0.46	-0.71
飽きのこない－飽きのくる	0.19	0.71
気持ちの良い－気持ちの悪い	0.50	0.69
きれいな－きたない	0.55	0.59
すっきりした－ごちゃごちゃした	-0.46	0.57
人工的な－自然な	0.37	-0.53
固有値	11.03	4.52
寄与率(%)	46.00	16.80

表3.8　抽出された因子

リビングルーム			和室	
I	II	III	I	II
活動性	評価性	力量性	活動性	評価性

b)　因子得点布置図による分析

88 個の提示空間（リビングルーム・和室）について因子得点を算出し、図 3.8 に示したような、ペンダントの配光・位置の違いが及ぼす影響を因子得点布置図により分析した。傾向が読みとれた例について、以下に示す。

＜リビングルームの「I -II因子空間」＞

ペンダントの有無について図 3.10-(a)をみると、ペンダント無しの活動性が低く、評価性が高くなっている。また、ペンダント無しでも灯数が多い場合には活動性は高い。これより、天井からの一室一灯ばかりでなく、天井以外にいくつか照明器具を配置し、組み合わせることも重要だといえる。配光の違いについては図 3.10-(b)より、上下配光の活動性と評価性がやや高いことが読みとれる。上配光により天井面が照らされ、相対的に床が暗く感じられることが、評価性が高い結果につながったと推察される。

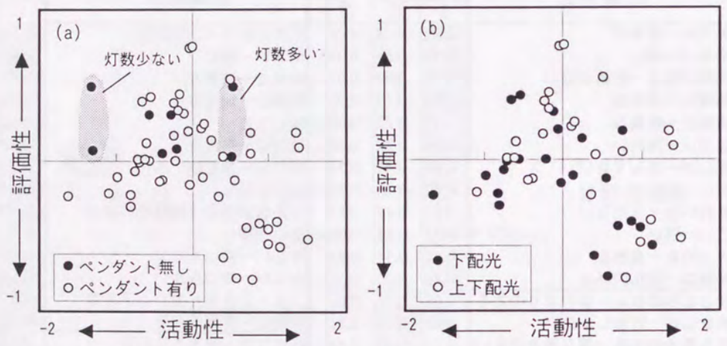


図3.10　因子得点布置図　＜リビングルームの「I - II因子空間」＞

＜リビングルームの「I -III因子空間」＞

ペンダントの有無について図 3.11-(a)をみると、ペンダント無しの活動性、力量性が低いが、灯数が多い場合には活動性と力量性は高くなっている。次に図 3.11-(b)で天井からの距離の違いをみると、天井に近い場合（50cm）に力量性が高い。また、天井から 100cm の場合の力量性は低いものの、細かくみれば、上

下配光が下配光より力量性は高いことがわかる。

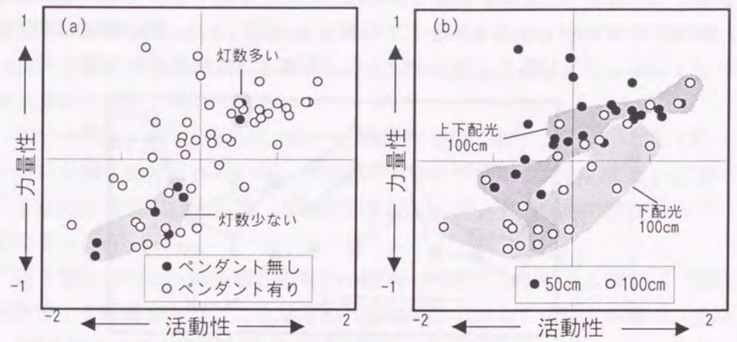


図3.11　因子得点布置図　＜リビングルームの「I - III因子空間」＞

＜和室の「I -II因子空間」＞

ペンダントの有無について図 3.12-(a)をみると、ペンダント無しの場合に活動性が低い。またペンダントの配光の違いに関して、図 3.12-(b)より上下配光の活動性が高いことが示されており、和室においては天井を照らすと活動性が増すといえる。これは、和室ではリビングルームに比べ、壁面（砂壁）の反射率が低く、天井を照らす効果が大きいためと考えられる。

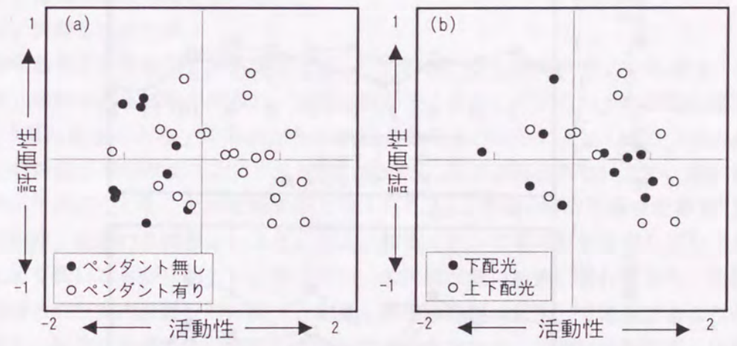


図3.12　因子得点布置図　＜和室の「I - II因子空間」＞

（2）SD 得点による分析

次に、具体的な照明器具の組み合わせの及ぼす影響をみるため、実験 1 に対応する 4 尺度「明るい－暗い」「広い－狭い」「落ち着きのある－落ち着きのない」「単調な－変化のある」について、SD 得点による分析を行った。これらの 4 尺

度はいずれもリビングルーム、和室における因子分析結果の第Ⅰ、第Ⅱ因子に含まれる。「Ⅰ-Ⅱ因子空間」で評価に差のみられたペンダントの有無、配光の違いについて、リビングルームを例として分析する（図 3.13）。図の横軸は照明器具（フロアスタンド）組み合わせのパターン、縦軸は SD 得点の平均値である。

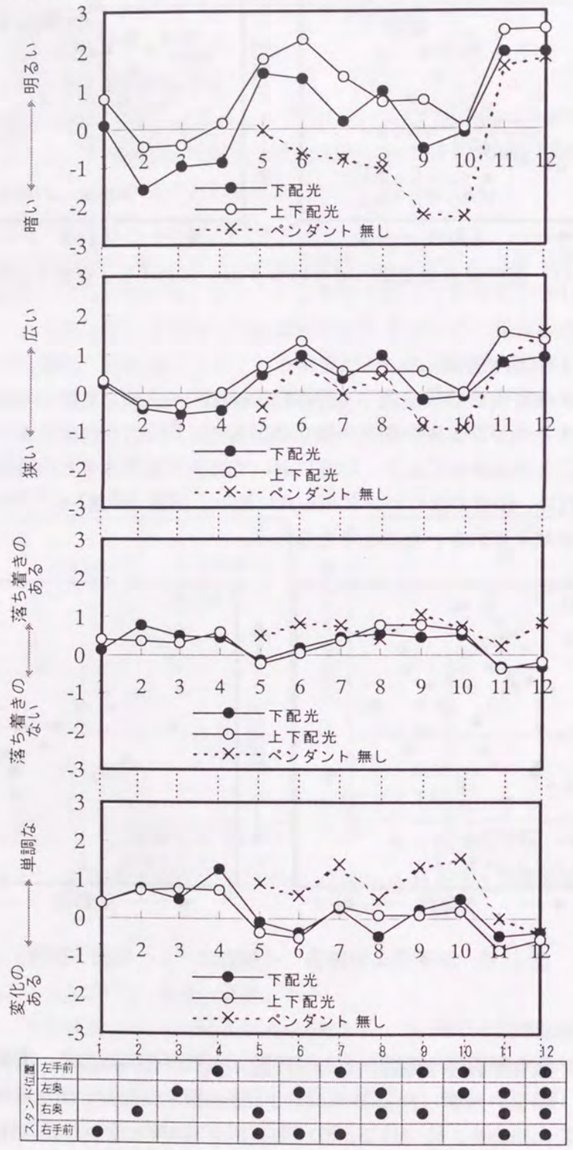


図 3.13　照明器具組合せと SD 得点　＜リビングルーム＞

「明るい－暗い」は、ペンダント無しの場合に「暗い」と判断されるが、灯数が多い場合には、明るく感じられる（図中パターン 11、12）。ペンダントが有る場合でも、灯数が多い方が「明るい」と感じられる。また、スタンドの位置（手前－奥）の違いで評価が変わる傾向もみられる。配光の違いについては、上下配光が全体的に明るく感じられる。

「広い－狭い」は、「明るい－暗い」の傾向と似ており、明るいと広く感じられ、暗いと狭く感じられる。ペンダントの有無の影響は小さい。また、灯数が少なくても広く感じられるのは、左奥と右手前のスタンドで左右の壁が照らされる場合であった。

「落ち着きのある－落ち着きのない」では、ペンダント無しの場合に「落ち着きのある」と評価される。ここで最も「落ち着きのある」のは、右奥のスタンドと、 左手前のスタンド[注9]があるる場合であった（図中パターン 9）。ペンダント有りで、灯数が多い場合に「落ち着きのない」と評価されることも考慮すると、光源を少なくし、かつ適度な明るさを確保すれば「落ち着きのある」照明が可能となると考えられる。

「単調な－変化のある」では、ペンダント無しの場合に「単調な」と評価された。全体的な傾向として、灯数の多い方が「変化のある」と評価される。

和室についても 4 つの尺度を用いた分析を行った結果、ペンダント無しの場合に「狭い」「暗い」と評価されることと、「落ち着きのある－落ち着きのない」はペンダントの種類による評価の差が見られない、などの結果以外は、リビングルームとほぼ同様の傾向を示した。

（3）実験 2 のまとめ

照明器具の配置に関する本実験では、「光源の数」が、明暗の度合いを表す「光の量」に相当する結果が得られ、光源の数が多くなると「明るい」の評価は増すが、「落ち着きのある」の評価が失われることなどが示された。「落ちつきのある」の評価が高いのはペンダントが無い場合で、床が照らされないため、暗い部分が床付近に生じることが影響すると考えられる。これは、明暗の偏りを表す「光の方向性」に関わる結果といえる。また、和室において壁の反射率がリビングルームより低いことが「明るい」や「広い」の評価が低い結果に表れており、実験 1 で得られた室内表面反射に関する知見を実際の空間（居間）で確認することができた。居間においては、天井からの一灯ばかりでなく、天井以外の壁面、床面付近からの照明によりさまざまな雰囲気を作ることや、天井に照明器具が有る場合については、上配光により天井を照らすことが重要と考えられる。

3.5 まとめ

空間内部の「どこに」「どのように」光を配分するか、即ち光の空間的配分という観点から得た結論 1)、2)と、実際の空間である照明された居間の雰囲気に関する結論 3)、4)を以下に示す。

1) 空間内部の明暗の度合いを総量的に表す「光の量」（密度）を考え、主に立体角投射率の変化による把握の可能性を示した。反射率の高い室内表面の増加（立体角投射率の増加）によって光の量が増し、「明るさ感」「広さ感」がゆるやかな直線上で増加する。光源数の増加に対しても「明るさ感」「広さ感」の増加の傾向がみられる。「明るさ感」は、光源が直接見える度合いの大きな位置にあるとき評価にばらつきが生じ、「広さ感」は、壁面の反射と壁面付近の光源が評価に影響を及ぼす。また、最も「変化のある」と評価される場合の「光の量」の配分（明暗の度合い）を、ある程度特定できる。
2) 空間内部の明暗の偏りを意味する「光の方向性」に関しては、暗い部分の方向を表す「重心方向」で把握できる。暗い部分が、空間内部の中心、下方向にあるとき、「安定感」「落ち着きのある」の評価が高くなる。これには、明るい部分の位置によって相対的に暗い部分が生じる光源中心にみた場合と、室内表面の反射率が低く、暗い部分が生じる場合の 2 通りがある。視点から奥行き方向の明暗の配分は、適切な物理的特性を設定することで把握できると考えられる。
3) 照明された実際の内部空間である居間の雰囲気は、リビングルームでは「活動性」「評価性」「力量性」の 3 因子、和室ではリビングルームにおける力量性因子を内包した「活動性」と「評価性」の 2 因子により評価される。
4) 居間において天井以外の光源で照明する場合に「落ち着きのある」と感じられ、光源の数が多い場合に「落ち着きのない」と感じられる。

以上の結論は、光の空間的配分が印象に影響を及ぼす影響を、光の「密度」と「方向性」という観点で把握できることを示すと共に、2 章で立案した『感覚的な光の空間的配分は「光源の配光」と「室内表面の反射特性」により構成される』という仮説を裏付けているものと考えられる。

＜注釈＞

注 1 参考文献 4 において、1/10 縮尺模型の有効性が示されている。

注 2 提示空間の数を減らすため、視点を中心として左右に折り返した時にパターンが重複する場合、一方のパターンを省いている （暗い面が右に有るパターンを採用した）。

注 3 提示模型内部の光量は、標準刺激の 500lx を基準として設定を行った。提示模型内部の床面平均照度（lx）の範囲（最低値～最高値）を空間タイプ別に以下に示す。

「360 天井」: 280lx～500lx、「360 奥壁」: 270lx～400lx、
「360 側壁」: 220lx～410lx、「240 天井」: 580lx～850lx、
「480 天井」: 200lx～480lx

注 4 実験空間内部を眺めたとき、被験者側の面を除いた 5 面を見ることができる。このうち、明るい面のそれぞれについて、被験者の視点からの立体角投射率の総和を算出した。

注 5 参考文献 7 において、明るい面と暗い面を比較すると、暗い面の方が重く感じられる、とされている。これより、空間内部パース上で暗い面がある方向を重心方向とし、中心を含めた 9 方向を設定した。

注 6 本実験のように視野を固定した場合、視野の中心に光が集中している度合いを示す物理的特性が考えられる。これを「集中度」として、以下のように便宜的に定義した。
－（マイナス） の「集中度」は、光が周辺にある度合いを意味する。

表 「集中度」の定義

集中度 4	視野内中心面○，周辺面 4 面●
集中度 3	視野内中心面○，周辺面 3 面●
集中度 2	視野内中心面○，周辺面 2 面●
集中度 1	視野内中心面○，周辺面 1 面●
集中度 0	全面○，又は全面●
集中度-1	視野内中心面●，周辺面 1 面○
集中度-2	視野内中心面●，周辺面 2 面○
集中度-3	視野内中心面●，周辺面 3 面○
集中度-4	視野内中心面●，周辺面 4 面○

※ ○は明るい面，●は暗い面を表す。また，奥壁光源の場合，視野内中心面（奥壁）は全面○とみなして考える。

注 7 参考文献 6 において、「安定感」は「落ち着き」の下位概念であり、「安心感」にも近い概念であるとされている。「安定感」は「安心感」に比べ物理的側面のイメージが強い語であり、実験 1 のような抽象的空間における評価尺度として適すると考えられる。

注 8 壁付近を照らす照明器具にブラケットがあるが、ここでは、プリミティブな形状の器具を用いること、位置を自由に設定できることから、高さのあるフロアスタンドを用いた。

注 9 写真には写らない位置の照明器具（左手前のフロアスタンド）がある（図 3.7）

＜参考文献＞

[1] 中村芳樹他：オフィスの輝度分布特性とその心理的効果、日本建築学会論文報告集第 445 号、pp.27-33、1993
[2] 照明学会編：ライティングハンドブック、pp.266-267、オーム社、1987
[3] 前掲書：オフィスの輝度分布特性とその心理的効果、1993

[4] 八木澄夫他：視空間の容量知覚とその簡略模型の有効性、日本建築学会論文報告集第 368 号、pp.62-68、1986

[5] 田中宏子他：住宅居間における色彩の視覚的効果に関する実験的研究、日本建築学会論文報告集第 408 号、pp.33-41、1990

[6] 家本修：住まいの心理学、pp.9-10、海青社、1989

[7] 大山正：色彩心理学入門、pp.210-212、中央公論社、1994

第４章

光環境のキュービックモデルの提案

4.1　はじめに

前章では、光源と室内表面という物的特性に着目した二つの実験を行い、光の空間的配分が印象に影響を及ぼすことを、光の量的特性である「密度」と、光の「方向性」という観点から明らかにした。ここで得られた結果は、『感覚的な光の空間的配分は「光源の配光」と「室内表面の反射特性」により構成される』という、２章で設定した仮説を裏付けているものと考えられた。

前章の内容は、実験的手法を用いて、空間的な明暗の配分を行い、感覚的にも光の密度や方向性を把握する可能性を示そうとしたものとして位置づけられる。しかし、そのような感覚的な光の性状を、理解しやすい形で把握する手法として提示する迄には至っていない。

そこで本章では、上記の問題点を踏まえ、様々な空間における光の分布パターンを簡易に示し、異なる空間を相互に比較できるような「キュービックモデル」を提案する。モデルは、実際の空間を対象とした幾つかの測定を要するが、本章では、モデルの前提的考え方、モデルの概要および、仮想の値を用いたシミュレーション（モデルの試行）結果の表示までを述べる。

4.2　基本的考え方

ここでは、前章までで得られた知見を再考し、本章で提示するモデルの基本的考え方を導く。

4.2.1　光配分に関する考察

我々が室空間内部に立ち、まわりを見回すとき、空間の照明印象に大きく影響する要因は何であろうか。この問いに対し、空間全体の不均一な光の性状（むら）がその要因の一つであり、そのような不均一な光配分は、明るさの空間的まとまりとして分割して把握される、と筆者は考えている。明るさの空間的まとまりとは一体何か、具体的な例により以下に示す。例えば、図 4.1 では中央のダウンライトと壁面との間に漂う光を配光曲線のような形で感じとれる。また、右手前のスタンドの付近では、光源に相対する面（壁面、天井面）の輝度が高く、大きな光のまとまりを感じとれる [1]。つまり、空間の照明印象を判断する際に、我々の目に照明学的に見えているとされるのは、「光源」と「面の様相」である。しかし、感覚的には、「光源と面の様相との関係」から、光がどれくらい満ちているかといった量的な特性である「密度」や、光がどこからどれぐらい流れているかといった「方向性」を、空間の部分的な光の様相として感じとっている、と考えられる。

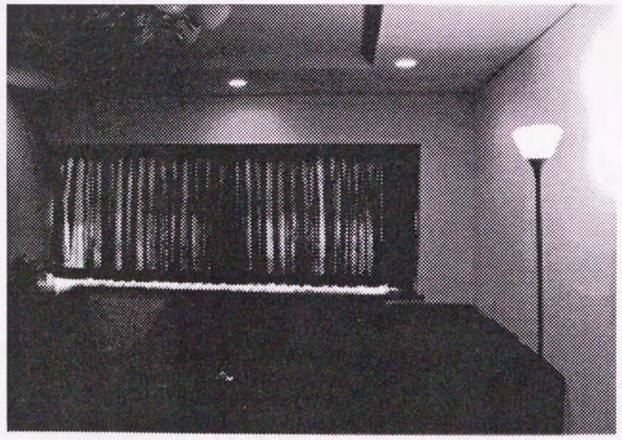


図 4.1　明るさの空間的まとまりの例

4.2.2　モデルの基本概念

上記の仮説を基にすれば、感覚的な光配分パターンを分かりやすく提示するモデルとは、以下の要件を満たす必要がある。

①室空間全体において、どこからどのように光が放射されているか示す「光源に関する情報（配置、配光、光度）」および、放射された光を反射する「面の様相に関する情報（輝度）」を基に、
②細分化した部分空間の明るさを求め、
③部分空間を組み合わせた全体空間として、
④光の満ち方の様子を理解できるように視覚的に示すこと。

次節では、以上の考察を踏まえ、光の配分パターンを表す「キュービックモデル」を提案する。

4.3 キュービックモデルの提案

4.3.1 キュービックモデルの概要

3 次元空間的な光環境を把握する従来の研究は様々あるが、いずれも、詳細な測定・計算が必要であったり、空間を一面的に解析するに留まり、簡易な測定、明快な表現によるものは少ない。本章では、そのような背景から、それほど厳密には精度は追求しないが、どのような空間の光の性状でも同一の表現形式上で明快に示すキュービックモデルを提案する。これら、照明の性質を損なわない、できる限り簡易である、という両方の要求を鑑み、3×3×3 分割のパターンによるモデルとする。具体的には、 様々な照明状況、様々な形状の室空間を対象に、室内表面の輝度、光源の配置・配光、室容積といった測定データのみを使用し、単位モデュール[注1]の立方体（キューブ）の集まり（27 個）に換算（標準化）する計算を経て、最終的に 3 次元的な光の密度と方向性を明快に把握できる光配分パターンとして視覚的に示すものである。

このようなキュービックモデルを作成する主な意義として、

1) キューブとしてモデル化することで、計算上の変数が定数化される。
2) キューブの集合として同一形状に還元することで、照明性状の表現が容易になり、異なる空間相互の光配分パターンの比較が明快になる。

といったことが挙げられる。

以下のモデルに関する説明は、まず、対象空間をモデル化するための設定条件を示し（4.3.2）、次に設定されたモデル空間上で単位キューブごとに入射する光の強さを求める計算過程について述べ（4.3.3）、最後にキューブによる視覚的表現の方法を提示する（4.3.4）。

なお、本章でのモデルの導出は、パソコン上の汎用表計算ソフト[注2]でプログラムを作成して行った。モデル導出の全体像を示すと図 4.2 のようになる。

4.3.2 対象空間のモデル化

キュービックモデルの空間（以下、モデル空間とする）は、図 4.3 に示すように、27 個の単位キューブ（それぞれ U-01～09＜上段＞、M-01～09＜中段＞、L-01～09＜下段＞とする）によって構成された中空部分と、54 個の単位面（それぞれ C-01～09＜天井＞、F-01～09＜床＞、N-01～09＜北壁＞、E-01～09＜東壁＞、S-01～09＜南壁＞、W-01～09＜西壁＞とする）によって構成された室内表面とからなる[注3]。

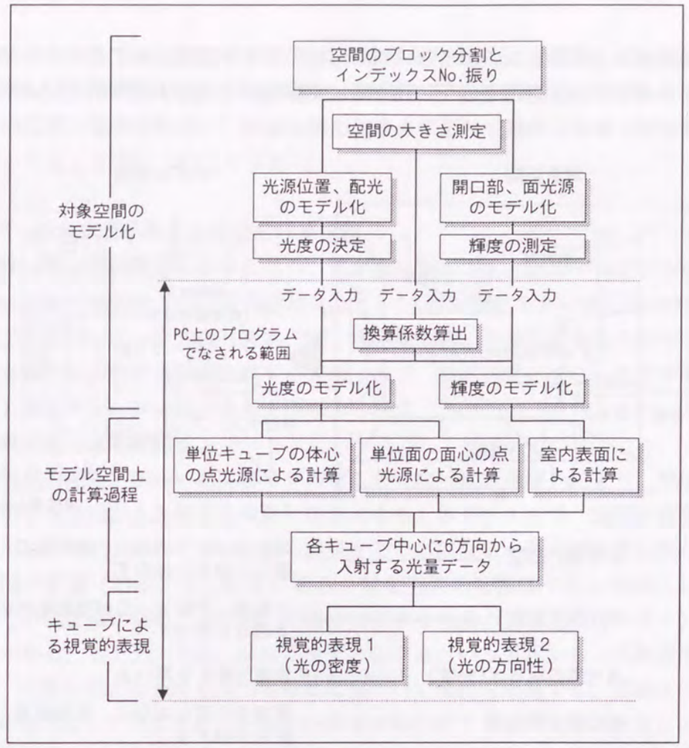


図 4.2　キュービックモデル導出の過程

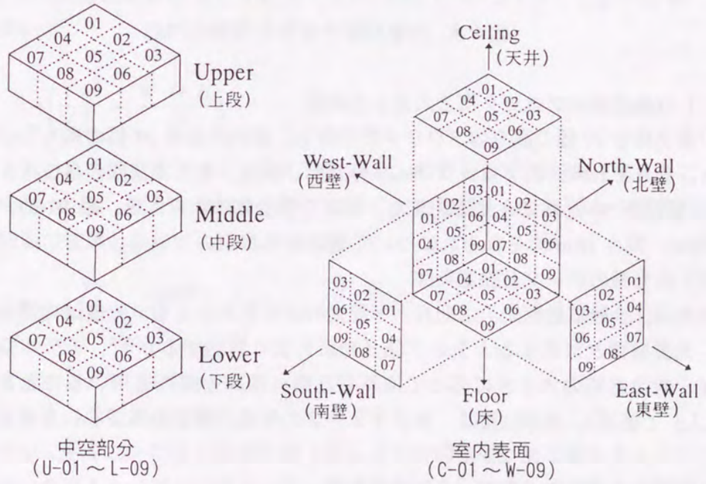


図 4.3 モデル空間構成図

実際の様々な空間をこのような一つの形状のモデル空間として考えるために必要なデータ及び設定条件を以下に述べる。対象空間とモデル空間の対応を図 4.4 に示す。

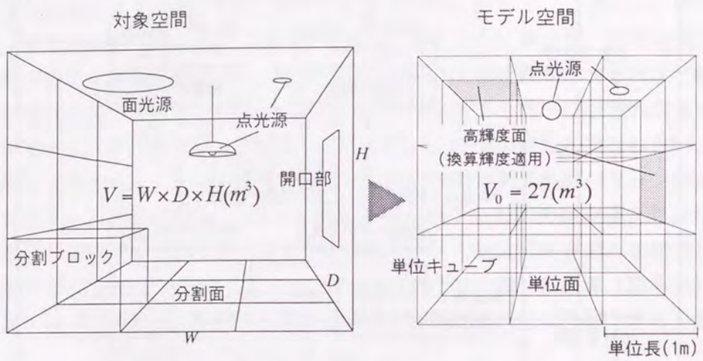


図 4.4　対象空間とモデル空間の対応

（1）対象空間のブロック化と大きさの測定

対象空間を 27 個の直方体ブロックに分割し、室内表面も 54 個の長方形に分割する。それぞれの分割ブロック No.、分割面 No.は、モデル空間の単位キューブ No.、単位面 No.と対応させる。また、対象空間全体の大きさを、幅 W(m)、奥行き D(m)、高さ H(m)のそれぞれについて測定しておく。

（2）点光源のデータと設定条件

配光は、全般拡散配光、上配光、下配光のいずれかとする。光度は均等光度とし、光源種類と対応するカタログ値（光束）より算出するが[注4]、モデル空間上では、対象空間の大きさに応じて換算した値（換算光度）を用いることとする（4.3.3 で後述）。光源位置は、単位キューブの体心、単位面の面心に在るとみなす。

（3）室内表面に関するデータと設定条件

対象空間の分割面（54 面）を均等拡散反射面と仮定し、それぞれについて、

空間の中心点と分割面中心を結ぶ方向の輝度を測定する[注5]。開口部や面光源については、大きさや位置は、高輝度の分割面としてみなす[注6]。モデル空間上では、点光源の場合と同様に、対象空間の大きさに応じて換算した値（換算輝度）を用いることとする（4.3.3 で後述）。

4.3.3　計算プログラムの作成と計算過程

前節 4.3.2 で設定した条件に従い、汎用表計算ソフトで計算プログラムを作成した。プログラムの 3 つの計算過程により、27 個の単位キューブ U-01～L-09 のそれぞれについて、6 方向（天井、床、北、東、南、西方向）から入射するモデル化された光の強さ（照度に類する光量；以下、換算照度とする）を求める。

（1）単位キューブの体心の点光源による計算

＜換算光度と基本計算式＞

点光源の配置、配光、およびモデル化した光度（換算光度）により、単位キューブ毎に 6 方向から入射する換算照度を求める。本モデルでは、空間の容積をモデル化しており、これに伴い光度も換算することになる。例えば対象空間がモデル空間の容積（27m³）より大きい場合、対象空間の容積はモデル空間としてみなすために圧縮される。この時、光源の放射する光度の値も圧縮（小さく）する必要がある。本モデルでは、簡易にモデル化するという主旨から、大雑把ではあるが、対象空間とモデル空間の容積比に基づいて光度を換算する。容積比の三乗根を距離比として考えると、一般に、ある点に入射する光の強さは光源との距離の二乗に反比例するから、光度をモデル化する換算係数 k は、対象空間の容積を V、モデル空間の容積を V_0 とすれば（図 4.4 参照）、4.3.2（1）で求めた W、D、H を用いて、

$$k = \left(\frac{V}{V_0}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{W \cdot D \cdot H}{27}\right)^{\frac{2}{3}} \tag{4.1}$$

となる。ここで、光度 I を k で除したものを、換算光度 I_c と定義する。I_c による換算照度 E_{mi} は、光源と単位キューブの体心との距離を r、光源から受照面方向と受照面の法線とのなす角を θ とすれば、

$$E_{mi} = \left(\frac{I}{k}\right) \cdot \frac{\cos\theta}{r^2} = \frac{I_c}{r^2} \cdot \cos\theta \tag{4.2}$$

として求められることになる。

＜単位キューブごとに行う計算＞

単位キューブごとに行う計算を図 4.5 により説明する。ある単位キューブの体心から、そのキューブの一面（以下、覗き面とする）を通して見えうる範囲（図 4.5 網掛け部分）に光源が在る場合に、式(4.2)により入射する換算照度 E_{mi} を算

出する。この時、光源が見える割合が 1.0(図 4.5 網掛け部分に光源が全て含まれる)と 0.5（図 4.5 網掛け部分に光源が半分だけ含まれる）と 0.25（図 4.5 網掛け部分に光源が 1/4 だけ含まれる）の場合があり、それぞれ値を換算光度 I_c に乗ずる。また、上配光、下配光の場合に、光が達しないとみなしたキューブについて 0 を乗ずる（表 4.1)。ここで、式(4.2)の角 θ、距離 r は、モデル空間上では予め決定されるため、全ての $\cos\theta$、r を定数として求めておくことが可能となる。

上記の作業を一つの単位キューブの一面から見えうる範囲の全ての光源について繰り返し、算出された値を総ずると、単位キューブの一方向に入射する換算照度 E_m が求められる。これを 6 面について計算すると、6 方向の換算照度 $E_{m1\text{-}6}$ がそれぞれ導かれる。

＜キューブ全体を通して行う計算＞

全 27 個の単位キューブ U-01～L-09 について＜単位キューブごとに行う計算＞を行う。

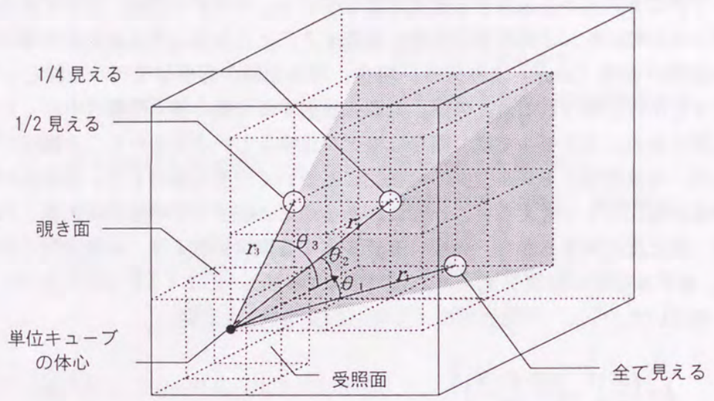


図 4.5 単位キューブの一方向と中空の点光源との関係

表 4.1　点光源の配光による計算の重みづけ

光源位置	配光	計算上の操作
上段 Upper	下配光	U-01～09 の換算光度 I_c に 0 を乗ずる
	上配光	U-01～09、M-01～09、L-01～09 の換算光度 I_c に 0 を乗ずる
中段 Middle	下配光	U-01～09、M-01～09 の換算光度 I_c に 0 を乗ずる
	上配光	M-01～09、L-01～09 の換算光度 I_c に 0 を乗ずる
下段 Lower	下配光	U-01～09、M-01～09、L-01～09 の換算光度 I_c に 0 を乗ずる
	上配光	L-01～09 の換算光度 I_c に 0 を乗ずる

※全般拡散配光の場合は，操作は為されない。

（2）単位面の面心の点光源による計算

＜換算光度と基本計算式＞

換算光度 I_c（本節（1）参照）を求め、式(4.2)により計算する。

＜単位キューブごとに行う計算＞

単位キューブごとに行う計算を図 4.6 により説明する。ある単位キューブの体心から、そのキューブの一つの面（覗き面）を通して見えうる範囲（図 4.6 網掛け部分）に光源が在る場合に、式(4.2)により換算照度 E_{mi} を算出する。この時、光源が見える割合が、1.0（図 4.6 網掛け部分に光源が全て含まれる）と 0.5（図 4.6 網掛け部分に光源が半分だけ含まれる）の場合があり、それぞれ値を換算光度 I_c に乗ずる。配光の扱い、$\cos\theta$、r の定数化、及び単位キューブの一方向に入射する換算照度 E_m、6 方向の換算照度 $E_{m1\text{-}6}$ の導出過程は、本節（1）と同様にする。

＜キューブ全体を通して行う計算＞

全 27 個の単位キューブ U-01～L-09 について＜単位キューブごとに行う計算＞を行う。

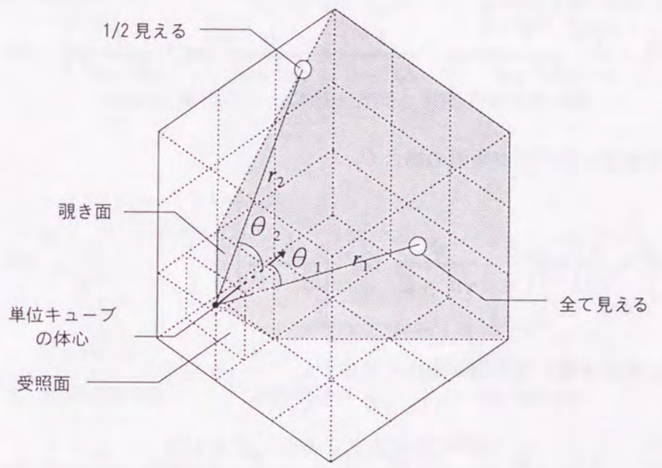


図 4.6 単位キューブの一方向と面上の点光源との関係

（3）室内表面による計算

＜換算輝度と基本計算式＞

モデル化した輝度（換算輝度）により、単位キューブ毎に 6 方向から入射する換算照度を求める。本節（1）における光度の扱いと同様に考え、対象空間とモ

デル空間の容積比に基づいて輝度をモデル化する。対象空間の輝度値 B を k で除したものを、換算輝度 B_c と定義すると、B_c が一定の反射面による換算照度 E_{mb} は、立体角投射率 U を用いて、

$$E_{mb} = \pi \cdot \left(\frac{B}{k}\right) \cdot U = \pi \cdot B_c \cdot U \qquad (4.3)$$

のように求められる。

＜単位キューブごとに行う計算＞

単位キューブごとに行う計算を図 4.7 により説明する。ある単位キューブの体心から、そのキューブの一つの面（覗き面）を通して見えうる範囲に在る単位面の、換算輝度 B_c 全てについて、式(4.3)により換算照度 E_{mb} を計算し、その平均 E_m を求める。ここで、各キューブ体心からの各単位面の見え方は、立体角投射率 U により表されるが、これには既知の式として、図 4.8 に示すように光源面と受照面との関係により、長方形光源と受照面が平行の場合 U_1、

$$U_1 = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{l}{\sqrt{d^2+l^2}} \cdot \tan^{-1}\frac{b}{\sqrt{d^2+l^2}} + \frac{b}{\sqrt{d^2+b^2}} \cdot \tan^{-1}\frac{l}{\sqrt{d^2+b^2}}\right) \qquad (4.4)$$

長方形光源と受照面が垂直の場合 U_2、

$$U_2 = \frac{1}{2\pi}\left(\tan^{-1}\frac{b}{d} - \frac{d}{\sqrt{d^2+l^2}} \cdot \tan^{-1}\frac{b}{\sqrt{d^2+l^2}}\right) \qquad (4.5)$$

直角三角形光源と受照面が垂直の場合 U_3、

$$U_3 = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{b}{\sqrt{b^2+l^2}} \cdot \tan^{-1}\frac{\sqrt{b^2+l^2}}{d} - \frac{d}{\sqrt{d^2+l^2}} \cdot \tan^{-1}\frac{b}{\sqrt{d^2+l^2}}\right) \qquad (4.6)$$

があり、図 4.7 のモデル空間上で、これらの式を用いて計算を行う。またモデル空間上の距離 b、d、l は予め決定されるから、全ての立体角投射率を定数として求めておくことが可能となる。

以上の計算より、ある単位キューブの一方向に入射する換算照度 E_m が求めら

れ、6 面についてそれぞれ計算すると、6 方向の換算照度 $E_{m1\text{-}6}$ が導かれる。

＜キューブ全体を通して行う計算＞

全 27 個の単位キューブ U-01～L-09 について＜単位キューブごとの計算＞を行う。

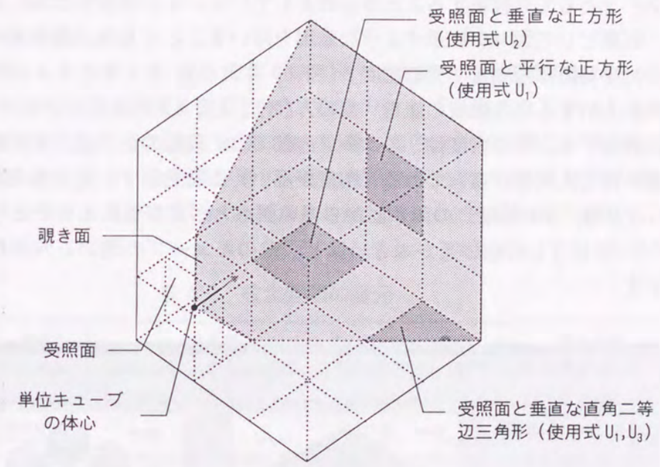


図 4.7 単位キューブの一方向と室内表面との関係

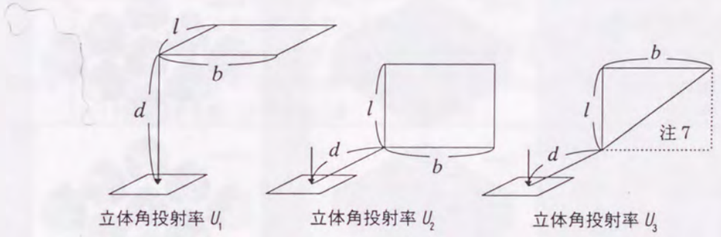


図 4.8 面（光源）と受照面の関係

（4）3 つの計算過程の総合

以上 3 つの計算過程の結果を加算すると、モデル空間を構成する 27 個の単位キューブ U-01～L-09 について、6 方向から入射する換算照度 $E_{m1\text{-}6}$ がそれぞれ算出される。また、6 方向の入射光の平均値（以下、平均換算照度 E_{ms} とする）についても各キューブ毎に求めておく。

4.3.4　視覚的表現

ここでは、前節 4.3.3 の計算過程で求めた値（6 方向から入射する換算照度 $E_{ml\text{-}6}$ および平均換算照度 E_{ms}）をもとに、視覚的表現の方法を提示する。本章では、純粋な測光量ではないおよそ照度的な光の強さ（換算照度）を一目で把握可能なパターンとして可視化することを目的としている。その主旨を念頭に置き、今回は、試案として図 4.9 に示すような表現を用いることとした。各キューブ毎に算出した平均換算照度を「光の密度」（図 4.9 左表示）、そして各キューブ毎に 6 方向から入射する換算照度の値を「光の方向性」（図 4.9 右表示）として CRT 画面上に表現する。光の密度は、キューブ内部の 10 段階の色の濃さで把握する。色が薄いほど入射光が満ちている（密度が高い）ことを示す。光の方向性は、各キューブの色（10 段階）の薄い面から濃い面へとが光が流れるものとして把握する[注8]。面どうしの色の差が大きいほど、そのキューブの光の方向性が強いことを示す。

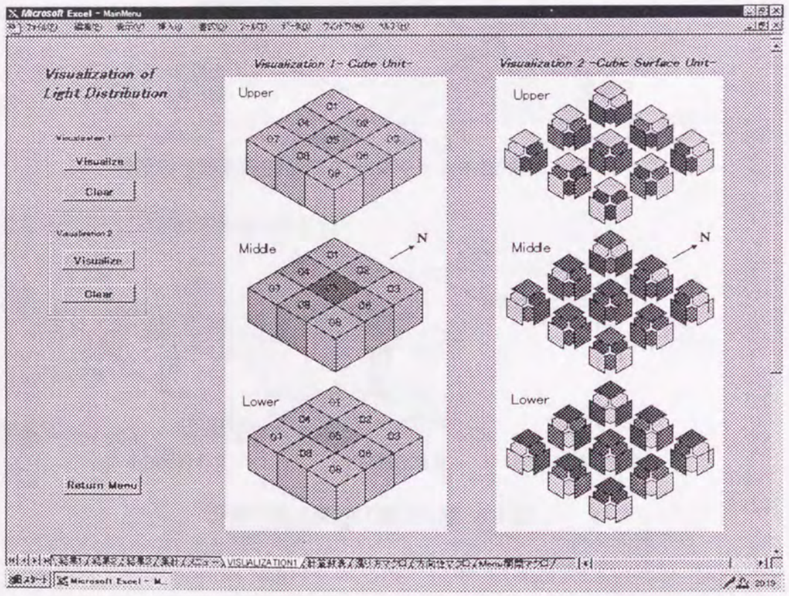


図 4.9 光の密度と方向性の視覚的表現

4.4　試行と考察

前節 4.3 で作成したキュービックモデルの計算プログラムを、幾つかの仮想空間を設定し、試行した。

4.4.1　対象空間の設定

仮想空間として、表 4.2、図 4.10 に示す 4 通りを設定した。設定に当たっては、空間の大きさの効果（空間 A と空間 B）、配光の効果（空間 C と空間 D）を検討することを主眼とし、その他、光源の数、配置、室内表面との関係が検討できるように留意した。また、全空間を通じ、室内表面の輝度は、大まかに天井面、壁面、床面へと小さくなるように、あらかじめ規定値として一定の値を設定した。

表 4.2　設定空間の諸元

設定空間	大きさ	点光源	面光源・開口部	室内表面
空間 A	W=5.0(m) D=4.0(m) H=3.0(m)	上段中心(U-05)に全般拡散配光で光度 500(cd)の点光源	南面中心(S-05)に輝度 500(cd/m²)の開口部	天井面輝度 80(cd/m²) 壁面輝度 60(cd/m²) 床面輝度 40(cd/m²)
空間 B	W=5.0(m) D=8.0(m) H=3.0(m)	上段中心(U-05)に全般拡散配光で光度 500(cd)の点光源	南面中心(S-05)に輝度 500(cd/m²)の開口部	天井面輝度 80(cd/m²) 壁面輝度 60(cd/m²) 床面輝度 40(cd/m²)
空間 C	W=5.0(m) D=4.0(m) H=3.0(m)	中段隅(M-03)に全般拡散 500(cd)の点光源、西面中心(W-05)に上配光 500(cd)の点光源	天井中心(C-05)に輝度 500(cd/m²)の面光源	天井面輝度 80(cd/m²) 壁面輝度 60(cd/m²) 床面輝度 40(cd/m²)
空間 D	W=5.0(m) D=4.0(m) H=3.0(m)	中段隅(M-03)に下配光 500(cd)の点光源、西面中心(W-05)に全般拡散 500(cd)の点光源	天井中心(C-05)に輝度 500(cd/m²)の面光源	天井面輝度 80(cd/m²) 壁面輝度 60(cd/m²) 床面輝度 40(cd/m²)

4.4.2　試行結果と考察

計算プログラムの試行の結果、図 4.11～図 4.14 が得られた。以下の考察は、それぞれの空間について、図の左表示（光の密度を表す）と図の右表示（光の方向性を表す）とを相互に勘案しながら行う。

＜空間 A＞

全般拡散配光の点光源の効果が大きく、空間の上部に光が満ちていることが図 4.11 左表示からわかる。また、図 4.11 右表示より、上段と中段のそれぞれのキューブの天井方向の面が明るく、床方向の面が暗いことから、上から下へと光が流れている様子が読みとれる。

<空間 B>

空間 A の結果（図 4.11）と空間 B の結果（図 4.12）を比較すると、同じ光源設定に対して、光の密度（図左表示）、方向性（図右表示）のパターンは、空間 B の中段で南から北へと暗くなっていることを除いてほぼ同様で、全体の明るさが弱まっていることがわかる。従って、本モデルでは、空間容積が大きくなった場合、光配分パターンが保存されるが、光の密度は低くなり、方向性は強まる（むらが大きくなる）と解釈できる。

<空間 C>

空間全体に、北東から南西方向に光が流れている様子が図 4.13 左表示、図 4.13 右表示の両図から見てとれる。従って、全般拡散の点光源（U-03）の効果が高いと推察される。上段の全体がやや明るいのは、上配光の効果と天井面の明るさ（輝度）とが加味された結果といえる。

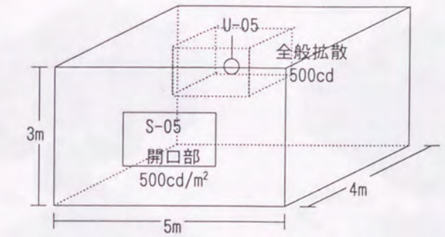
<空間 D>

空間 C の結果（図 4.13）と空間 D の結果（図 4.14）を比較すると、光源の配置及び放射される光度の値が同じであっても、配光を違えることで、空間全体の光の満ち方と流れ方の両方のパターンが大きく異なっていることがわかる。3 つの照明器具の配光の相互作用や配光と室内表面の明るさ（輝度）との関係から、全く異なる光配分パターンが生じたと考えられる。

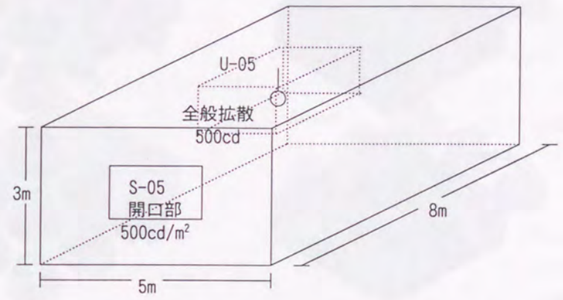
<全空間を通じての結果と考察>

全 4 通りの空間を比較して見ると、光の密度、方向性といった光配分パターンが、ある程度分別できる範囲で示されているといえる。モデルの視覚的表現で注意すべき点としては、本モデルでは、各キューブに入射する光を考えているため、キューブの体心に点光源が存在するキューブ自体は光が満ちていないものとして表現されていることが挙げられるだろう。このような表現は、4.2 節で示したように、モデルの出発点では、我々の感覚に近い立場で把握したデータに基づいているが、最終的なモデル表現は、あくまで照明理論に基づいて光の密度と方向性を捉えやすくするための工夫であり、その点は直感とは異なることは注意する必要がある。

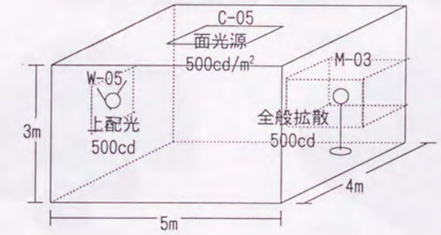
空間 A



空間 B



空間 C



空間 D

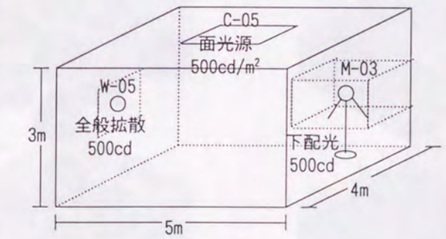


図 4.10　設定空間（A-D）

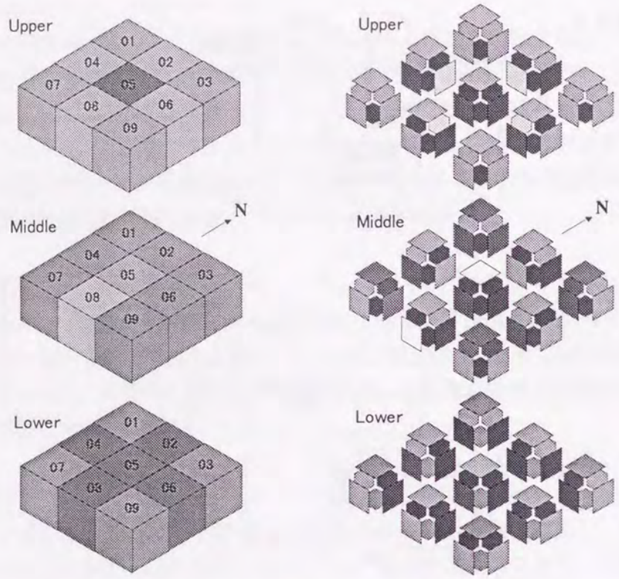


図4.11 <空間A>の光の密度と方向性

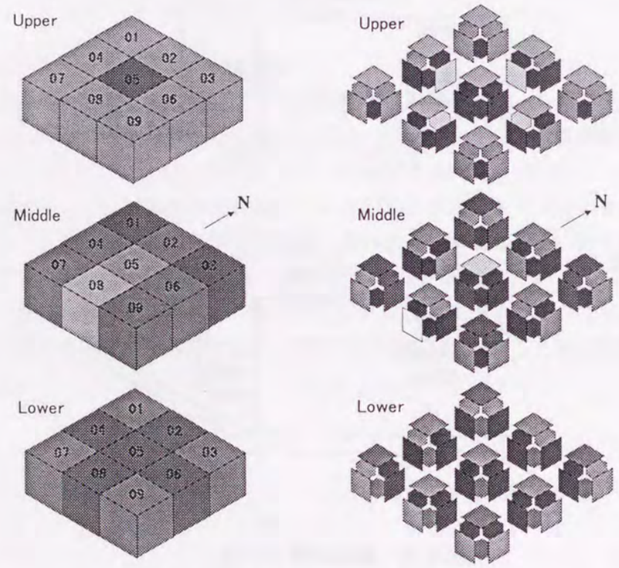


図4.12 <空間B>の光の密度と方向性

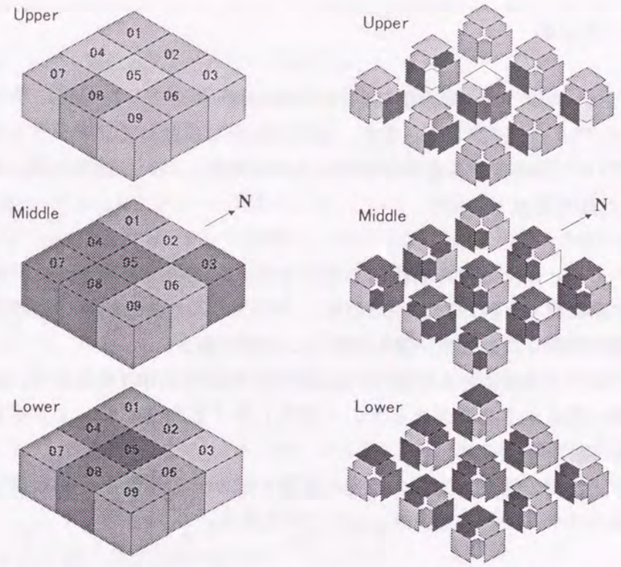


図4.13 <空間C>の光の密度と方向性

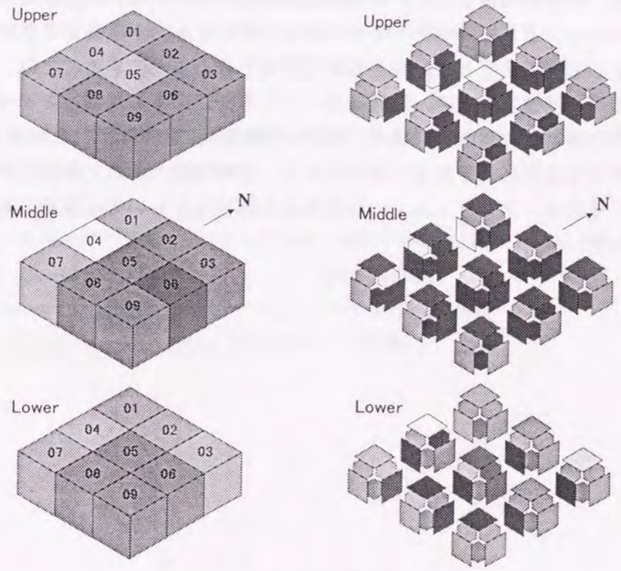


図4.14 <空間D>の光の密度と方向性

4.5 まとめ

以上、本章では、室空間における光の分布パターンを簡易に示す「キュービックモデル」を提案した。また、仮想空間を対象としてプログラムを試行し、光配分パターンをモデルとして示すことの有効性について検討した。その結果、得られた知見を以下に示す。

1) キュービックモデルを採用したことで、立体角投射率を逐次計算する一般の計算に比べ、計算が簡易になり、データの入力から結果の表示までの一連の操作をパソコン上で一貫して行うことができる。
2) キューブの濃淡として視覚的に並べ示す表現を用いることで、計画や設計の際に考慮する必要がある光の「密度」や「方向性」を、より感覚的に把握することができる。
3) 空間容積の効果、光源の配光・配置・数が光の空間配分に及ぼす影響を、光配分パターンとして読みとることができる。

本モデルにより得られた結果は、いくつかの換算プロセスを経ているため、測光量の表現形式の一つではあるが厳密な測光量ではない。どちらかというと量的特性、精度を犠牲とし、3 次元的な光配分パターンの把握に主眼がある。図形的なパターンとしてではあっても、測定、データ入力が簡易化され、3 次元的な空間として光の密度と方向性を容易に把握できるようにすることは、室空間の全体的印象を把握する上で、意義あることと考えている。反面、キュービックモデルの立方体とかけ離れた形状や、多数の照明器具、大きな家具を有する空間など、本モデルでは対応しきれない場合があることは問題点として挙げておく必要があろう。その他、プログラム上の計算過程の精密化については検討の余地があると思われる。

＜注釈＞

注1 本研究では、1(m)を単位モデュールとして考えた。

注2 使用したソフトは Excel Ver.7 及び、Excel に含まれる Visual Basic for Applications である。

注3 このような分割構成としたのは、空間の中心、周辺の明暗を表現できること、できるかぎり単純な構成にすること、といった理由による。

注4 照明器具カタログにおいては、ランプの種類と全光束 Φ(lm)のデータが示されており、全立体角 4π(sr)で割った値を均等光度 I(cd)として用いることになる。

注5 本研究のように大きな分割面となる場合は、一つの分割面上で不均一な輝度値となることがある。従って、原則として空間の中心点と分割面中心を結ぶ方向の輝度を測定するが、分割面について輝度のむらが大きい場合には幾つか値を測定し、その平均輝度を測定値とする。

注6 この条件により、モデル空間上では、点光源と室内表面のみが設定されることになる。

注7 図 4.8 破線部分の直角三角形の立体角投射率 U_4 は、

$$U_4 = \frac{1}{2\pi}\left(\tan^{-1}\frac{b}{d} - \frac{b}{\sqrt{b^2+l^2}}\cdot\tan^{-1}\frac{\sqrt{b^2+l^2}}{d}\right)$$

で求められる。

注8 一般に、3 次元空間の光の方向性に関して、ベクトルを用いて表現されることが多いが、2 次元画面上では、ベクトルの指す方向と長さは感覚的に把握しづらい。

＜参考文献＞

[1] 小林茂雄他：空間の輝度分布が室内の明るさ感に与える影響、日本建築学会計画系論文集、No.487、pp.33-41、1996（2 章参照）

[2] 渡辺要編：建築計画原論 1、丸善、1962

[3] 小谷朋子他：空間照度の可視化システムの開発、照明学会誌、79-5、pp.191-197、1995

[4] 佐野直樹他：Excel 95 VBA のすべて、エーアイ出版、1996

[5] 井上俊宏：Excel VBA の応用 70 例、ソフトバンク株式会社、1996

[6] 志村修一：Microsoft Excel 7.0 ビジュアル活用法、日経 BP 社、1996

第5章

光環境のキュービックモデルの実在空間への適用

5.1　はじめに

前章では、様々な空間における感覚的な意味合いの強い光の分布パターンを簡易に示し、異なる空間を相互に比較できる「キュービックモデル」を提案した。

そして、提案したモデルに適当な値をあてはめシミュレートし、光の配分状況がおよそ適切に表現されるであろうとの見通しを得た。

しかし、そこで設定した対象空間は、家具等が存在しない単純な形態の空間であり、実際の様々な空間における状況の光環境が適切にモデルにおいて表現されるか定かではない。

よって、本章では、実在する幾つかの空間にキュービックモデルを適用し、モデルの位置づけを明確にすることを主たる目的とする。

具体的には、以下の３つについて検討を行うこととする。

1) キュービックモデルを、一般的な建築空間に適用し、どのように表現されるか試みる（ケーススタディ）

2) モデルの結果である＜換算照度の視覚的表示＞と＜実測照度の視覚的表示＞とのパターン比較によるモデルの有効性の検討および限界の明示

3) 上記、1)、2)の総括として、光環境の表現に関する考察

5.2 測定方法

本章における以後の事例（5.3 節）の測定は、原則として以下の方法により行われた（図 5.1 および図 5.2 参照）。

＜測定手順（下線部 ：測定データ）＞

① 対象空間の奥行き(Depth)、幅(Width)、高さ(Height)をメジャーにより測定する。対象空間の平面図、断面図等がある場合は図面に記された値を使う。

② 対象空間を 27 ブロックに分割するとして考える。つまり、天井面、壁面、床面はそれぞれ 9 分割されることになる。そして、それぞれの面上の交点 4 箇所に印をつける。これにより、測定点である各ブロックの体心（27 個）および、天井、壁、床各面の中心位置（6×9＝54 個）の見当をつけることができる。

③ 対象空間の中心から、輝度計（ガンタイプ）により、全 54 個の分割面中心の輝度を測定する。ここで、分割面に輝度のむらが大きい場合には、複数の点について測定し、平均輝度を分割面中心の輝度とする。

④ 光源が、分割ブロックのどこに位置しているかを確認し、分割面中心・分割ブロック体心のいずれかにその位置を決定する。光源の種類については、目視およびカタログにより対応する電球の性能（W 数）を確認し、配光の種類（全般拡散・上配光・下配光のいずれか）の決定、照明器具の全光束（lm）の値取得を行う。照明器具に関する図面、データがある場合は、それを参考にする。

上記 1～4 の過程と並行して、室内、天井面・壁面・床面、照明器具等の状況に関する写真撮影を行う。

以上により得られるのが、モデルに必要なデータであるが、本章では、モデルの有効性を実際の空間照度（スカラー照度・ 6 面照度）の測定値表示と対応させることも目的としている（5.1 参照）。したがって、幾つかの対象空間について、

⑤ 分割ブロック中心における 6 方向の照度（6 面照度）を測定する（本章では図 5.2 に示すような自作の簡易な測定器具によった）。

過程を加えている。

その他、測定方法として必要な要件を挙げると以下のようになる。

＜測定時間＞

一室について、輝度測定：15 分程度、照度測定：1 時間半程度を要する。

＜測定人数＞

2～3 名を要する（測定者および測定値記入者）。

＜使用機器＞

メジャー（大きさ測定）、輝度計、（照度計：空間照度測定用）、カメラ

＜必要資料＞

対象空間の図面（平面図、断面図、照明器具に関する図面）、照明器具カタログ（JIS 或いは照明器具メーカーによる）

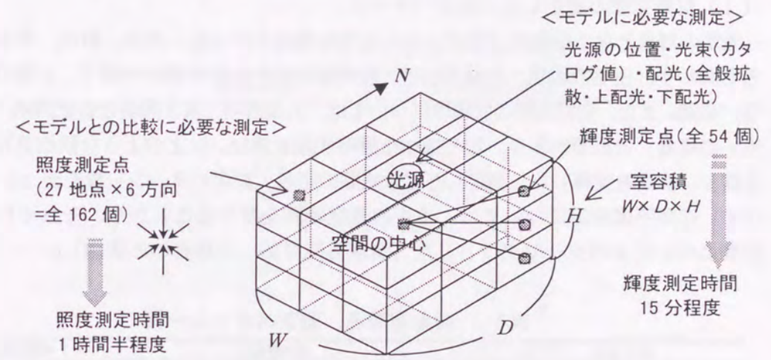


図 5.1 測定箇所

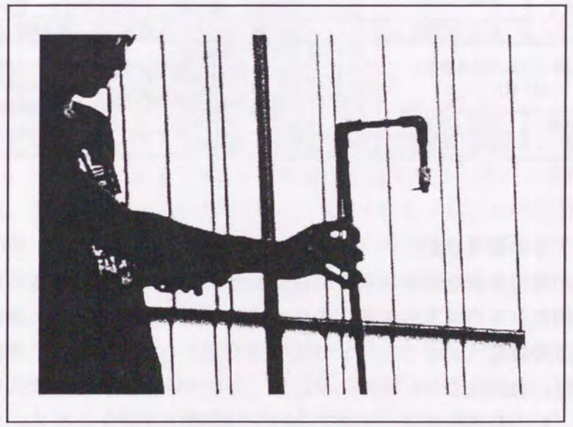


図 5.2 照度測定

5.3 モデルの適用事例と考察

前節 5.2 では、測定方法を述べたが、本節では、実在する空間の幾つかを対象に、それぞれモデルを適用した事例について個別に考察する。さらに、空間照度を測定した場合について、モデルの結果との比較を試みる。

5.3.1 対象空間の選定

（1）対象空間の選定および測定パターン

測定の対象となる空間の選定は、次のような指針で行った。和洋、新旧、有名無名を問わず、住宅の居間、会議室など一般的な居室としての室内空間で、人物のいない空間。また、空間内部の光環境については、人工照明、人工照明と自然照明（採光）の複合、自然照明のみ、など様々な照明状況を含む。以上のような観点で対象を探し、測定を実施した。測定した対象空間の室名・測定パターン一覧を表 5.1 に示す。空間照度測定については、多くの測定時間を要することから、それぞれの空間について 1 パターンだけとした（測定可能であった場合のみ実施）。

表 5.1 対象空間名・測定パターン一覧

測定場所		照明状況	照度測定
千葉大学工学部建築学科会議室（A 室）		A-1 人工照明（全点灯）	○
		A-2 人工照明（北側一列点灯）	
		A-3 人工照明（中央一列点灯）	
モデルハウス	洋間（B 室）	B-1 人工照明（全点灯）＋自然採光（カーテン開）	○
		B-2 人工照明（一部点灯）＋自然採光（カーテン閉）	
	和室（C 室）	C-1 人工照明（全点灯）＋自然採光（障子閉）	○
戸定邸客間（旧徳川昭武別邸）（D 室）		D-1 自然採光（障子開）	○
		D-2 人工照明＋自然採光（障子開）	
		D-3 人工照明＋自然採光（障子閉）	
旧神谷伝兵衛稲毛別荘	洋間（E 室）	E-1 人工照明＋自然採光	○
	和室（F 室）	F-1 自然採光（障子開）	

5.3.2 モデルの適用事例

モデルの適用事例を個別の測定室毎にあげ、考察する。モデルの表示結果は、4 章と同様に、平均換算照度を「光の密度」（図の左表示）、6 方向から入射する換算照度の値を「光の方向性」（図の右表示）とする。また、照度の表示結果については、各測定点毎の照度の平均値（スカラー照度）を「光の密度」（図の左表示）、6 方向の照度を「光の方向性」（図の右表示）とする。ここで注意すべき点は、本モデルで考えている光の密度と方向性は、2 章（2.3 節）および前章（4.2 節）で述べたように、感覚的に拡張した光の「密度」と「方向性」である。従って、比較に際しては、そのような視点を踏まえて行うことになる。

照度をモデルの結果表示プログラムで表示するにあたっては、どのような基準

で表示されるか示しておく必要があろう。前章の視覚的表示の基準は、表 2 に示すように、0 から 300 の換算照度を 10 段階に分けて設定している。値の表示範囲が狭いのは、不均一な光の性状を表現できること、プログラム作成段階におけるシミュレート結果が、その範囲でよく表示されたことによる。あくまでもモデルの結果（換算照度）を表示することで設定した表示基準であり、照度を表現した表示との比較は、厳密な意味での比較とはならないが、「光配分パターン」という観点では比較可能と考える。

表 5.2 モデルの表示基準（換算照度）

換算照度	色表示段階
0～	1 （黒）
10～	2
20～	3
30～	4
50～	5
75～	6
100～	7
150～	8
200～	9
300～	10 （白）

以下の考察は、それぞれの空間の結果表示（モデル・照度）について、図の左表示と図の右表示とを相互に参照しつつ行う。

（1）大学会議室（A 室）＜測定空間・状況・設定（図 5.3）＞

千葉大学の建築学科棟 4F の会議室を住宅以外の居室として測定した。測定状況は夜間とし、ブラインドは全て閉じ、照明のパターンを 3 パターン変化させた。室内の構成は、図 5.3 に示すように剥き出しの蛍光燈が 6 灯、ロの字型に机（こげ茶色）と椅子（濃紺色）が配置されている。室内表面は概ね白っぽく、北面の入口と、ブラインドの明度が壁面に比べ低くなっている。パターンは 3 種類測定した。モデル適用の手続きは、以下である。蛍光燈は剥き出しのままで、点灯すると、光源周りの天井面が広い範囲で明るくなる。しかし、光源自体の輝度値は相当高いので、大雑把に全般拡散性の点光源とみなすこととした（3100 ルーメンの光束より 247 カンデラの光度を算出した）。この扱いは、以下の A-1～A-3 で共通である。

＜A-1（全照明点灯）の結果（図 5.4、図 5.5）＞

光源（剥き出しの蛍光燈）の光が、空間全般に拡散し、空間上部から空間下部に向かって徐々に暗くなっているのがわかる。また、図 5.5 左表示の U-01 と U-

02 が暗いのは、北西部に積まれた椅子と北面の入口の明度が低いことが影響していると考えられる。

＜A-1（全照明点灯）空間照度との比較（図 5.6）＞

空間全般に、上部から下部へ光が流れているパターンは、ほぼ同様である。モデル表示に比べ、照度表示の方がかなり明るい。図の右表示を細かく見ると、例えば中段の U-05 に相当するキューブを構成する上下の面の色の差が大きく、空間の中央部で光の方向性（下向き）が大きいことは、モデル表示、照度表示ともに同じである。以上のことから、会議室のような箱型の空間は、光のむらはさほど大きくなく、モデル表示と照度表示のパタンが似ていると推察される。

＜A-2（北一列照明点灯）の結果（図 5.7、図 5.8）＞

空間の写真の印象と、光の流れ方のイメージがもっとも近い（筆者及び測定者の主観による）。空間の北上部から、下部に向けて緩やかに暗くなっている様子がはっきり読み取れる。

＜A-3（中央一列照明点灯）の結果（図 5.9、図 5.10）＞

空間中心の一列の蛍光燈からだんだん暗くなっている様子がよくわかる。図 5.10 左表示の U-01 の部分が暗くなっているのは、A-1 の場合と同様である。

空間名称：　大学会議室（A 室）
空間容積：　V=134.13(m³),(W=5.9,D=8.42,H=2.7)
光源：　剥き出しの蛍光灯 6 灯（北、中央、南の 3 列、全般拡散の点光源とみなした：光束 3100lm より光度 247cd）
室内表面：　床面、閉じたブラインド、入口の明度がやや低い
自然採光：　夜間、ブラインド閉じている
エレメント：　焦げ茶机（ロの字型配置）、入口側に机、積み重ねた椅子（濃紺）
照明パタン：　人工照明（全点灯）･･･A-1
人工照明（北側一列点灯）･･･A-2
人工照明（中央一列点灯）･･･A-3

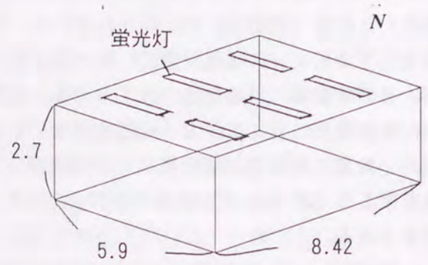


図 5.3 大学会議室（A 室）



図 5.4 A-1（全点灯）写真

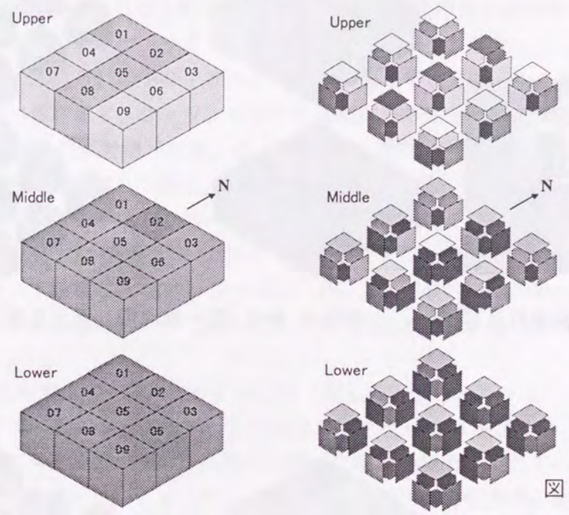


図 5.5 A-1（全点灯）モデル表示

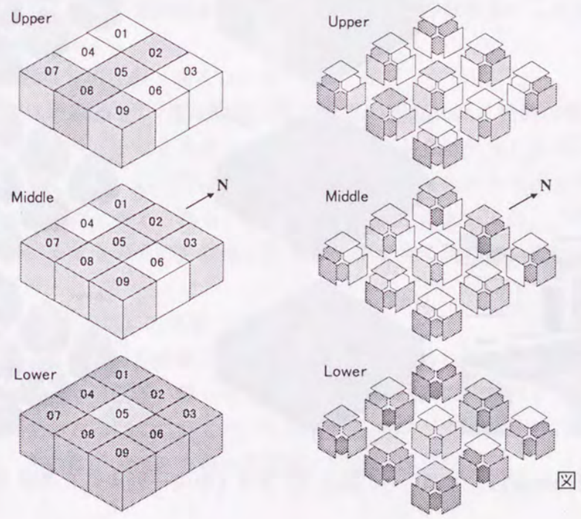


図 5.6 A-1（全点灯）照度表示



図5.7 A-2（北一列点灯）写真

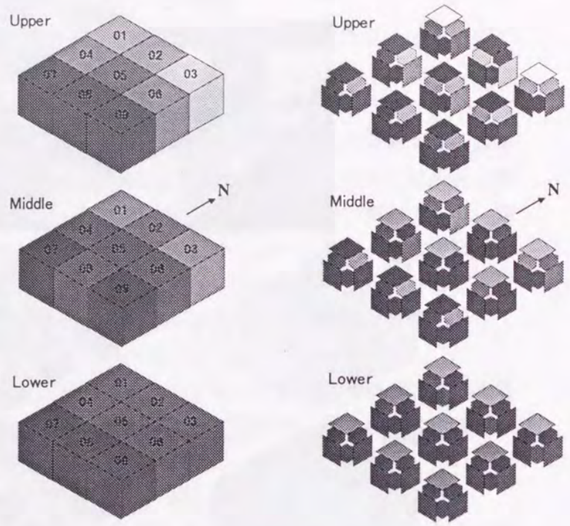


図5.8 A-2（北一列点灯）モデル表示

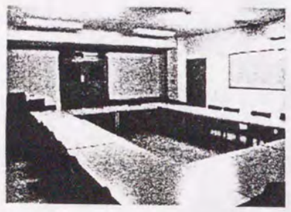


図5.9 A-3（中央一列点灯）写真

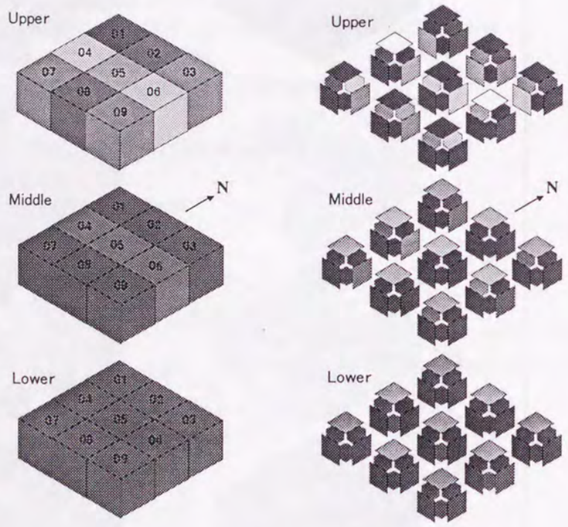


図5.10 A-3（中央一列点灯）モデル表示

（2）モデルハウス洋室（B室）＜測定空間・状況・設定（図5.11）＞

現代の住宅の居室の一つとして、洋室（寝室）測定した。寝室は、図 5.11 に示すように、立方体の形状に近い空間で、照明器具の数、窓の数、家具の数が最も多い。寝室であるので、床面の多くを二つのベッドが覆っている。また、明度の低いクローゼット、寝台がある。照明器具は、ブラケットが2灯、シーリングライトが中央に一灯、スタンドが一灯、そして、ダウンライトが5灯ある。測定パターンは、モデルハウスの普段の状況である、自然採光＋全照明点灯の B-1 と、カーテンを閉じ、ダウンライトを消した照明（シーリングライト・ブラケット、スタンドのみ点灯）の B-2 である。モデルの適用手続きは、B-1 と B-2 を併せて条件を述べる。まず、シーリングライトは高輝度の面とし、ブラケットは、全般拡散の壁面上の点光源（60W）として扱う。スタンドは、中空部分の全般拡散（40W）の点光源として扱う。照明器具カタログから、ブラケットは 820 ルーメンの光束、スタンドは 820 ルーメンの光束が得られ（4章注4参照）、それぞれの光度は、65 カンデラ、65 カンデラとなる。ダウンライトは、その指向性から下配光として設定した（2400 ルーメン、191 カンデラ）。その他、窓による高輝度部などがある場合は、「（1）和室」での設定と同様、幾つかの測定値を平均している。

＜B-1（全照明点灯＋自然採光）の結果（図5.12、図5.13）＞

ブラケットやダウンライトにより壁面が照らされている効果が、図 5.13 左表示の中空部分や、図 5.13 右表示の光源が位置する箇所に現れていることがわかる。床面の輝度が低いこと、ベッドなどによる反射率の低さが、空間下部の光の満ち方に現れている。光の方向性は、光源の数、窓の数が多いことから、はっきりとは読み取れない。

＜B-1 空間照度との比較（図5.14）＞

この部屋は寝室であり、空間全体の室内表面の明度は低く光源の数が多いこと、さらに、ダウンライトによるグレアは空間の中心からは発生しにくいことが、照明状況の特徴である。以上のような理由により、照度表示とモデル表示の差が非常に大きくなったと考えられる。また、モデル表示においては、上段の表示について、ダウンライトの光の方向性に関する情報が全く現れないのは注意する必要がある。

＜B-2（部分照明点灯）の結果（図5.15、図5.16）＞

B-1 に比べると、光源の数が少ないこと、窓が覆われたことの影響で、光の満ち方は、明るい部分と暗い部分がまとまりとして読み取れるパターンになっている。また、光の方向性についても、光の流れる方向が良く分かる。この場合に、光の密度、方向性の表示と実際の測定時の印象に近くなる。

空間名称：　モデルハウス洋間（寝室）　（B室）
空間容積：　V=34.1(m³),(W=3.965,D=3.51,H=2.45)
光源：　天井中央シーリングライト(高輝度の面とする)、ダウンライト5灯(下配光の点光源とする：光束2400lmより光度191cd算出)、ブラケット2灯（全般拡散とする：光束820lmより光度65.3cd算出)、スタンド1灯（全般拡散とする：光度はブラケットと同じ）
室内表面：　床の明度が低い
自然採光：　天候は晴れ、窓はカーテンにより半開または閉じる（光はやや透過）
エレメント：　大きなベッド（二つ)、明度の低いクロゼット、棚がある
照明パタン：　人工照明（全点灯）＋自然採光（カーテン開け)･･･B-1
　　人工照明（一部点灯）＋自然採光（カーテン閉め)･･･B-2

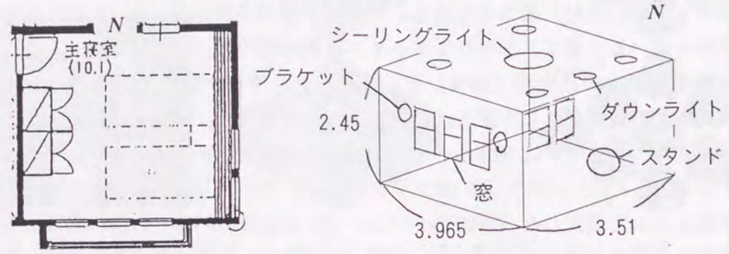


図5.11 モデルハウス洋間（B室）



図5.12 B-1（全点灯＋自然採光）写真

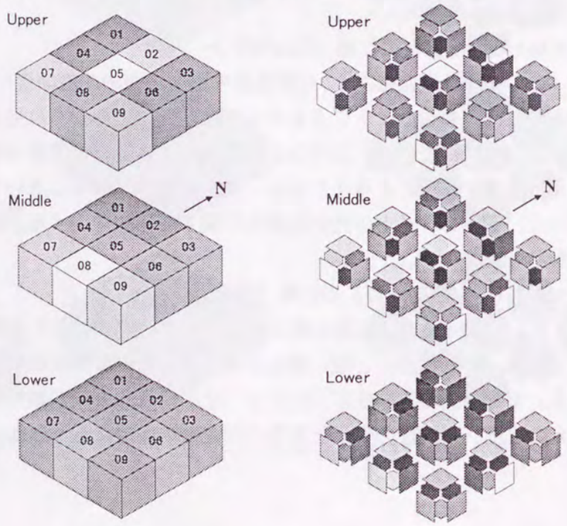


図5.13 B-1（全点灯＋自然採光）モデル表示

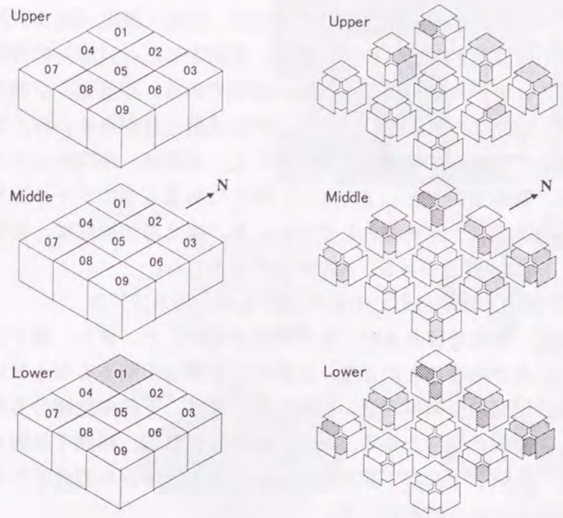


図5.14 B-1（全点灯＋自然採光）照度表示



図5.15 B-2（部分照明点灯）写真

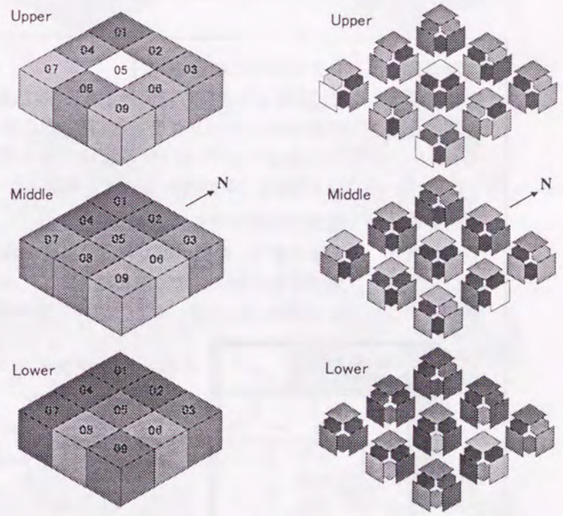


図5.16 B-2（部分照明点灯）モデル表示

（3）モデルハウス和室（C室）＜測定空間・状況・設定（図5.17）＞

現代の住宅の居室として、和室（客間）を測定した。（2）の洋間と同一建築の部屋である。モデルの適用手続きは、以下である。和室は、空間の縁側が大きいため、障子は閉めた。また、床の間の部分は奥行きがあるから、床の間の前面に壁面があると想定して空間の容積を考えた。光源は、中央のシーリングライトについては、高輝度の面としてみなし、周りにある4つのシーリングライトについては、拡散性の面上点光源としてみなした。点光源の光度は、洋室の計算と同様の式により、5800ルーメン、461カンデラとした。

＜C-1（障子閉め・照明点灯）の結果（図5.18、図5.19）＞

この空間は、和室ではあるが、光源の数が多いこと、また、障子による側面からの2方向の光があることにより、全体的に万遍なく明るくなっていることがわかる。また、壁面の反射率が低い箇所については、その中空部分も暗くなっていることが、図左表示からわかる。また、細かく見れば、縁側で反射した光が、障子の下部から入射して光が下部に満ちていること、下からの光の方向性があることが、図の両表示から読み取れる。

＜C-1 空間照度との比較（図5.20）＞

全体的に光の密度はモデル表示に比べ照度表示の方が高いが、パターンはほぼ同様である。この理由として、大きさがモデル空間に近いこと、光源が壁面に付随していること（中空部分に光源がないこと：4.4.2参照）等が考えられる。

空間名称：　モデルハウス和室（C室）
空間容積：　V=30.6(m³),(W=3.535,D=3.535,H=2.45)
光源：　天井中央シーリングライト(高輝度の面とする)、小さいシーリングライト蛍光ランプ4灯（全般拡散の点光源とする：光束5800lmより光度461cd算出）床の間の光源は空間中心から見えないので考えない
室内表面：　壁面の明度がやや低い
自然採光：　天候は曇り、南面一面が障子、西面中段部に障子
エレメント：　焦げ茶色の台および、座布団
照明パタン：　人工照明（全点灯）＋自然採光（障子閉）･･･C-1

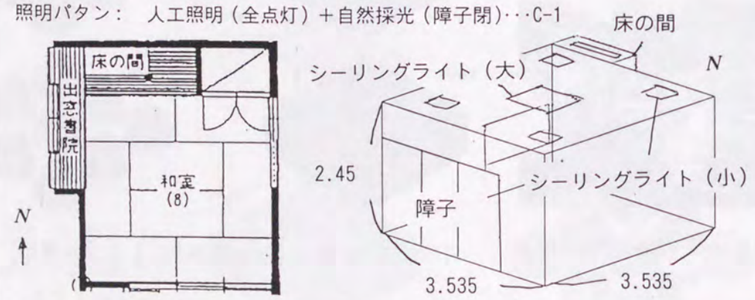


図5.17 モデルハウス和室（C室）

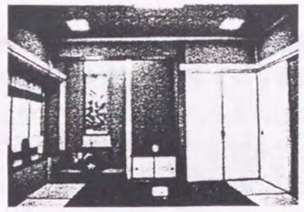


図5.18 C-1（障子閉め・点灯）
写真

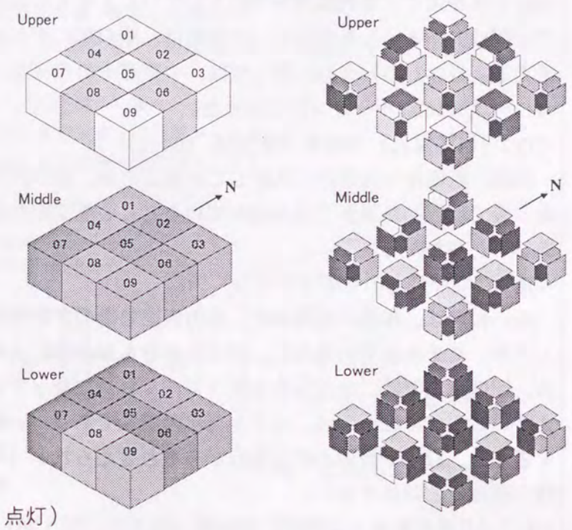


図5.19 C-1（障子閉め・点灯）
モデル表示

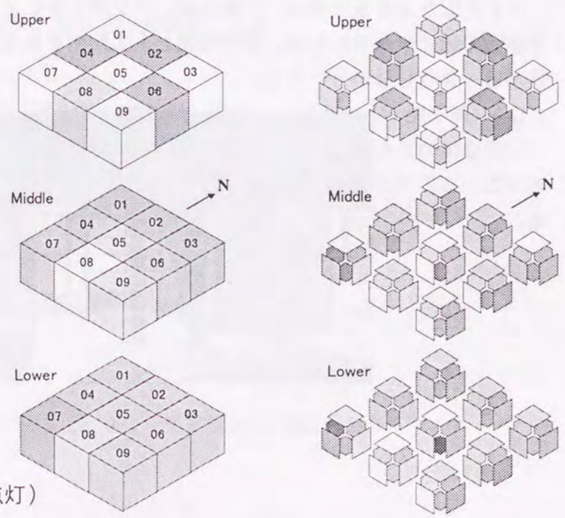


図5.20 C-1（障子閉め・点灯）
照度表示

（4）戸定邸[注1]（D 室）＜測定空間・状況・設定（図 5.21）＞

屋敷の中核をなす室である客間において測定した。測定時の天候は雨天であり、非常に暗いといえる。また、建築自体が丘の上部に位置しており、開口部からは、雨天といえども高輝度の天空が見えている。空間全体的に、畳の明度が高く、壁面、天井面は、開口部以外暗い空間である。モデル適用の手続きは以下である。屋敷自体が古く、自然採光を中心としていると考えられたため、南面、西面は障子を開けてある。したがって、その面は、開口部に面があるとみなして、輝度を考える。（C-2 の）光源に関しては、中空部分の点光源として扱う。光度は 134 カンデラ（1680 ルーメン）となった。

＜D-1（自然採光）の結果（図 5.22、図 5.23）＞

南面、西面から光が強く入射していることが、図の両表示から読み取れる。また、畳で反射した光が下段に満ちていることも見て取れる。総じて、暗い空間であることがわかる。

＜D-1 空間照度との比較（図 5.24）＞

古い和室は、非常に明度の低い室内表面で構成されているが、このことが影響してか、モデル表示の場合に、明るさのむらが非常に大きくなっている。この場合、照度表示では、なだらかなグラデーションになっている。しかし、実際に見えている印象に近いのは、モデル表示の場合であった。輝度の差があまりに大きすぎると、むらが強調される傾向があると考えられる（写真を用いた輝度分布が持つ問題点と類似する）。

＜D-2（自然採光＋人工照明）の結果（図 5.25、図 5.26）＞

D-1 と似たようなパターンであるが、ペンダントによる淡い光が満ちている様子が図の両表示からわかる。自然採光と人工照明を併せたことにより、光の方向性がはっきりしないといえる。

＜D-3（障子閉・人工照明）の結果（図 5.27、図 5.28）＞

光源自体の光も弱く、全体的に薄暗い空間であることがわかる。しかし、障子の下部からの光が畳に反射して、非常に緩やかな光の方向性が生じているといえる。

空間名称：　戸定邸客間（D 室）
空間容積：　V=43.13(m³),(W=4.48,D=3.54,H=2.72)
光源：　上部中央ペンダント一灯（全般拡散とする、白熱球の光束1680lmより光度 133.7cd）
室内表面：　材が古く、天井面、壁面の明度低い
自然採光：　天候は曇り、高台にあるため天空の見える壁面在り
エレメント：
照明パタン：　自然採光（障子開）･･･D-1
人工照明＋自然採光（障子開）･･･D-2
人工照明＋自然採光（障子閉）･･･D-3

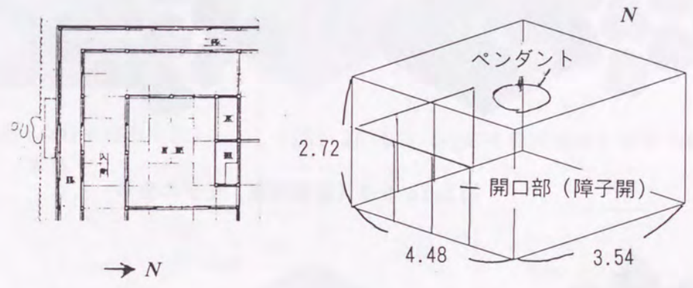


図 5.21 戸定邸（D 室）



図 5.22 D-1（自然採光）写真

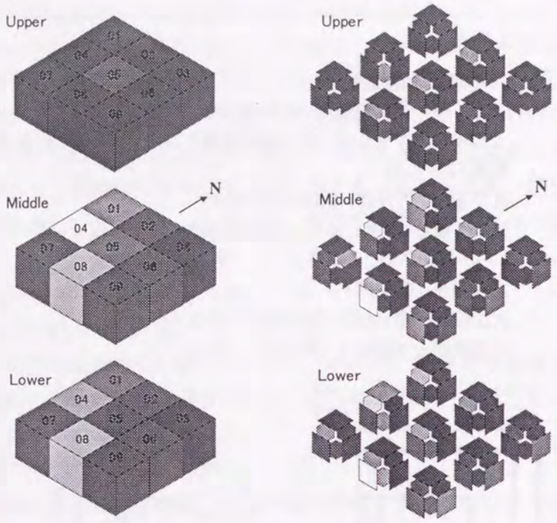


図5.23 D-1（自然採光）モデル表示

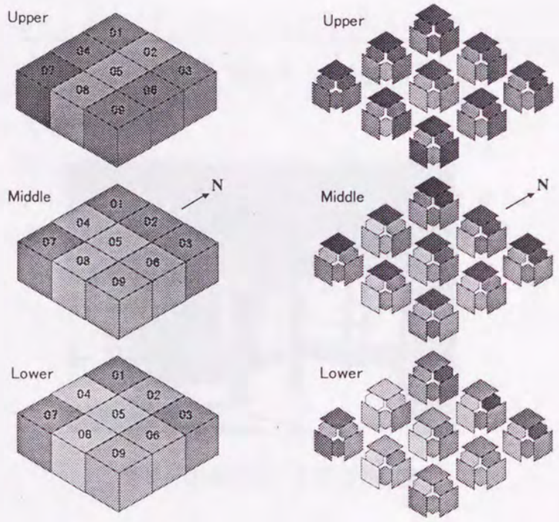


図5.24 D-1（自然採光）照度表示



図5.25 D-2（点灯＋自然採光）写真

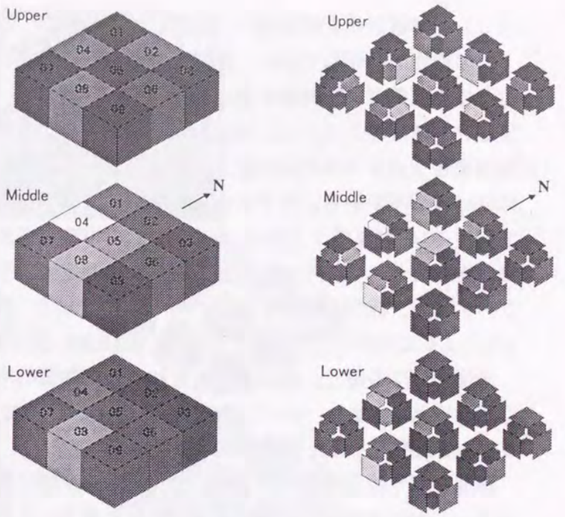


図5.26 D-2（点灯＋自然採光）モデル表示

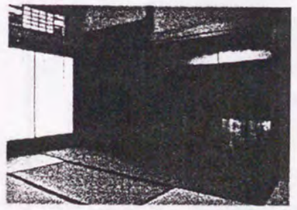


図5.27 D-3（点灯＋障子閉め）写真

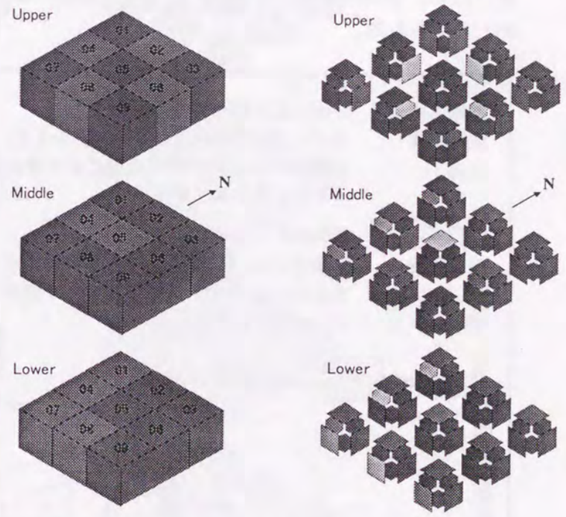


図5.28 D-3（点灯＋障子閉め）モデル表示

（5）旧神谷伝兵衛邸洋間[注2]（E室）＜測定空間・状況・設定（図5.29）＞

この建物は、洋館であり、洋間（応接室）を中心とした造りになっている。最も大きな広間である洋間を測定対象とした。洋間は、5つの電球からなるシャンデリアで構成されている。南面と東面に高さのある開口部があり、それぞれ上飾りをまとったレースのカーテンで覆われている。また、大きなテーブルと、明度の低い長椅子がある。モデルの適用手続きは以下である。シャンデリアは、5灯で光度314カンデラ（3950ルーメン）の中空点光源とした。また、開口部は、高輝度の面として扱うこととし、幾つかの測定値の平均を適用した。大きなテーブルの面は、床面とみなした。

＜E-1（人工照明＋自然採光）の結果（図5.30、図5.31）＞

全体的にやや暗く、開口部からもれる光が側面の中央部から入射している様子が読み取れる。また、シャンデリアからの光が万遍なく満ちていることもわかる。

＜E-1空間照度との比較（図5.32）＞

輝度の測定位置の違いにより、全く違った空間になってしまうようである。パターンがモデル表示と照度表示でかなり違う。これは、洋館の応接室の非常に大きなテーブル（高さがある）があることで、光のパターンが異なってしまうことがその要因であろう。また、明るさがモデル表示と照度表示で大分差があるのは、カーテンからの光の漏れ方が、空間下部に集中しているが、床面の反射率は低いため、空間照度は確保されていても、空間中心からの輝度には反映しないためと考えられる。

空間名称：　旧神谷伝兵衛邸洋間（E室）
空間容積：　V=131.2(m³),(W=7.28,D=5.46,H=3.3)
光源：　空間中央シャンデリア(５灯により構成:全般拡散とする､光束3950lmより光度314.4cd算出)
室内表面：　床面板張りで明度低い
自然採光：　天候は晴れ、開口部多い（高さのある窓：上飾りカーテン、入口）
エレメント：　大きな応接テーブル、濃紺の椅子、暖炉
照明パタン：　人工照明＋自然採光

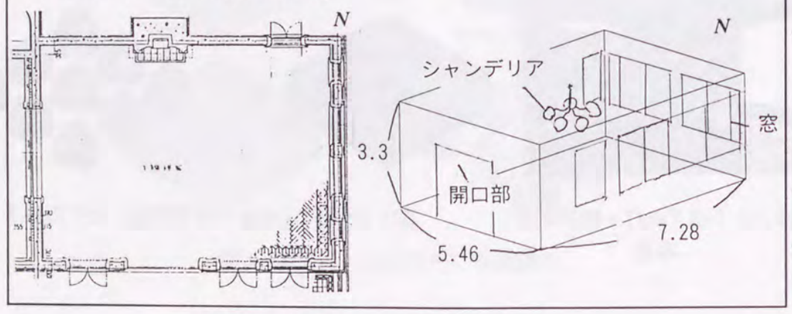


図5.29 旧神谷伝兵衛邸洋間（E室）



図5.30 E-1（点灯＋自然採光）写真

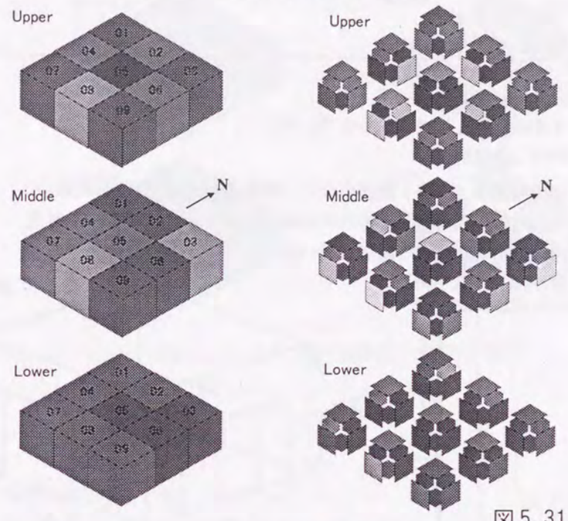


図5.31 E-1（点灯＋自然採光）モデル表示

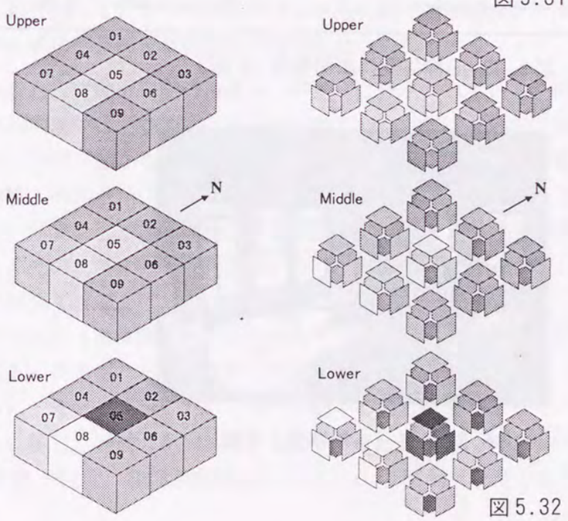


図5.32 E-1（点灯＋自然採光）照度表示

（6）旧神谷伝兵衛邸和室（F室）＜測定空間・状況・設定（図5.33）＞

測定時の天候は晴れで、自然採光のみであった。適用の手続きは自然光のみであるので、特に記すべき適用の手続きはなかった。

＜F-1（自然採光のみ）の結果（図5.34、図5.35）＞

これまで測定してきた和室と同様、空間下部から上部に向かって、徐々に暗くなる様子が読み取れる。天候が晴れであり、空間の光のむらが、戸定邸の結果に比べ大きいことがわかる。

空間名称：　旧神谷伝米兵衛邸和室（F室）
空間容積：　V=86.6(m³),(W=5.35,D=5.35,H=3.1)
光源：　消灯した状態
室内表面：　開口部多く（障子）壁面少ない（明度低）、天井面の明度低い
自然採光：　天候は晴れ、南面・東面の半分障子開けている、縁側の反射光
エレメント：　床の間の奥行き大、明度の低い机
照明パタン：　自然採光（障子開）

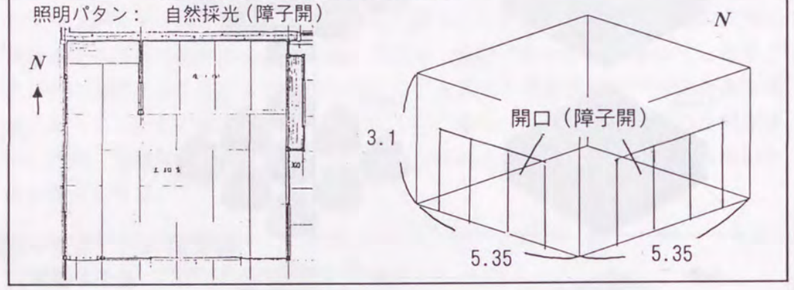


図5.33 旧神谷伝兵衛邸和室（F室）



図5.34 F-1（自然採光）写真

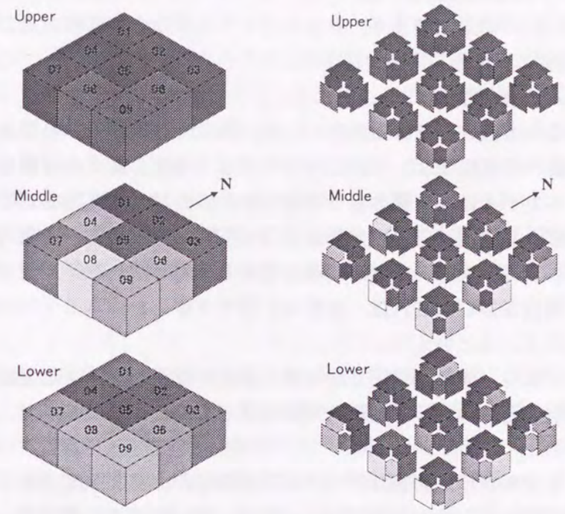


図5.35 F-1（自然採光）モデル表示

（7）測定結果のまとめ

ここまで、（1）～（6）において6室の様々な照明状況をモデルに適用してきたが、その結果の要旨を示すと以下のようになる。

おおむね、空間の光配分パターンが適切に表示されている。例えば、会議室などの全般照明では、空間の上部から下部に向かって徐々に暗くなること、和室では、逆に空間下部から上部に向けて徐々に暗くなっていることなどが、「密度」「方向性」の両表示において直感的に理解できるように示されている。

また、洋間など、様々な照明器具が設置されている場合の複雑な照明状況においても、光のまとまりや流れ方を、それぞれ「密度」「方向性」両表示によって明快に把握できる。

モデル表示（換算照度）照度表示とを比べると、照度表示の方が、モデル表示より明るく表示されるが、実際の空間の明暗の印象との対応は、写真例を見て判るように、モデル表示において良く対応する場合が多い。

測定に要した時間（平均）は、5.2で述べたように、モデルに必要な輝度については15分程度、空間照度測定については、1時間半程度であった。

5.3.3　モデルの有効性および限界

前節（5.3.2）の結果を踏まえ、キュービックモデルの有効性および限界を以下にまとめる。

（1）モデルの有効性

モデルによって表された分布パターンは、照度分布パターンと似たパターンであり、中空部分の明暗をよく示すことができる（明暗の度合いは異なるが）。

これは、本モデルは、人間の目で把握した光の性状（輝度分布）に基づきながらも、中空部分をも含めた3次元的なもの（空間照度分布的）を表現しうることを意味する。更に、実際の空間の明暗の印象との対応は、モデル表示において良く対応する場合が多い。これは、前章 4.2 節で考察した、本モデルの基礎的概念が裏付けられているといえる。

以上のことより、本章で検証したモデルは、3 次元的な「明暗の度合い」「明暗のパターン」といった実在空間の照明性状を質的によく表す点で、有効であるといえる。

その他、モデル表示に必要なデータの測定時間が、空間照度分布の測定時間に比べ、非常に短いことは大きな利点といえる。短い時間での測定で、空間照度の測定による分布パタンと同様のパタンを得ることができるからである。測光する際の位置が、空間の中心からだけですむことも考え合わせれば、従来多大な労力を要した測定の簡易化という点で、大きな意義が認められる。

（2）モデルの限界（適用範囲）

モデルの限界を、適用範囲という視点からまとめると、以下のようになる。

・輝度の差が著しい空間では適用は難しい。
・空間の中心から見て、家具などの面が大きく相対して中空部分に位置している場合では、適用は難しい。
・照明器具の数が多すぎる空間、或いは、中空部分に多い場合、複数の光源で構成される照明器具などがある場合は、適用は難しい。
・空間の容積の影響はあまりなく、空間の形態、すなわち、立方体とかけ離れた形状であるかどうかが重要となる。
・具体的な限界を示す例として、例えば、光源が空間の中心から見えているかどうかでモデルの表示結果が大きく異なる。例えば、指向性の強いダウンライトなどがある場合、照度測定をすると光が強いことが示されるのに、視点からは、光が強いように見えない。
・光源の透過性や、配光の設定を厳密には設定できないことから、モデル表示の結果にばらつきが生じる。

5.4　光環境の表現に関する考察

本章ではこれまで、前章で提案したモデルを実際の空間に適用した場合の有効性、適用範囲および限界について明らかにしてきた。ここに至って、その有効性や、限界と問題点の在り処から、2 章で概観したような従来の光の 3 次元的性状に関する研究と比べ、何が違うのか位置づけることができる。また、そのような光環境を視覚的に表現することに関して、新たな考察を行うこともできよう。

ここでは、本研究の全体に関わる「光の空間的配分」の把握と表現の意味、また、現状の表現法（CG 等）との比較について論ずることで、モデルの意義を更に明確にする。

まずは「把握」と「表現」という両視点から本研究を振り返ることから始めよう。本研究では、2 章において、光の 3 次元的性状の把握と表現の方法が模索されている状況について定量的・定性的・認知的視点から概観し、本研究の前提となる「光の空間的配分」とは、『人間の目で見て適切な「明るさ」と「暗さ」を空間的に配分すること』と定義した。そして、それは「光源の配光と室内表面の性状から構成される（読み取られる）」という仮説として、3 章で実験的に検討され、「明るさ」と「暗さ」、つまり本研究で概念的に設定した「感覚的な光配分」の把握が可能であることを示し得た。更に、その把握された「光の空間的性状」は表現可能である、との考え方のもと、4 章と本章で、それを実現するに至ったわけである。

ここまでの本研究における考察の過程を踏まえれば、2 章で示した光環境の 3 次元的な把握と表現に関する概観に、次の観点を付け加えることもできるだろう。

その第一点は、環境工学的観点から光の空間的な分布性状という 3 次元的な光環境の質を表現しようとすることは、例えば、温熱、空気の流れシミュレーションにおける可視化表示のように、見えないものを可視化するだけで大きな意義を持つものと異なり、そもそもが見えているものを見せる（可視化する）ことであって、そのことをよく認識した上で表現する必要があった、ということである。

環境工学の分野には、音、熱、空気、光環境など幾つかあるが、音環境や熱、空気環境に関しては、「見えない」物理的性状を見せる可視化はどのような方法であれ、それ自体で意味が大きいといえる。もちろん、そうはいってもどこに表現の基準を置くかで我々の感覚との隔たりが生じるし、直感的な表現も実際ある。例えば、温熱環境の絶対温度の原点は、我々には感じ得ない世界である。我々は自分自身の体温との比較でものごとを熱い－冷たいと両極に感じている。それを直感的なものとして可視化するとすれば、冷たい－青、熱い－赤として示される。また、やや特殊な方法だが、実際の気流を煙草の煙や、更には羽毛などの動きとして表現しようとするものもある。だが、そのような表現がなされなくとも、音、熱、空気環境といったそもそもが「見えない」物理的性状の表現は、より精緻な測定・計算であれ

ばあるほど、意義があるものとしてみなされる。

これらの例に対して、光環境の物理的性状の表現が難しいのは何故か。それは、まず、光そのものは音、熱・空気と同様、基本的には見えないが、時には粒子などで反射してその「存在」が見える場合があるからである。更に、本研究で前提としたことに基づけば、空間的な光の存在は、様々な物的要素の「見え」から視覚的に感じ取れる場合もある。このように、実際に見えていること、見えているように感じることの両方が、その見ている時点において、粒子などの存在により見えた（と感じた）過去の経験とも照らし合わせ、把握されることによるのである。つまり、光の空間的な配分状況を表現しようとする場合の難しさとは、物理的環境を表現するのみならず、主観的な「見ている」状況（可視化されていると認識している状況）を可視化すること、という意味も含まれるのである。換言すれば、環境工学的に光の特性を捉えようとするとき、物理的な特性として抽象的に表現することと、実感としての光の表現による把握の両面を満たすことが必要なのである。そもそも環境工学が用いてきた測光量は心理物理量なのであって、純粋な物理量ではない。このように考えてくると、光環境を抽象的に表現することは、どのようにしても見得ないものの抽象的な可視化とは難しさの意味合いが全く異なることがわかる。

では逆に、上述の物理的測光量に基づく環境工学的観点とは違って、はじめからリアルな表現、直感に近づける表現を目指したコンピュータグラフィックス（CG）などに対しては、本研究で提案したモデルはどう位置づけられるのか。これが第二に加えたい観点である。

上述の第一点目として指摘した光の空間的配分を表現する本質的な難しさに立脚すれば、我々が認識している 3 次元的な光環境を、感じたまま、最も適切に表現しようと思ったら、その場所を実物として再現する、あるいは、模型などにより現実の 3 次元としてリアルに再現する以外にないといえる。仮に、リアルを目指した CG 画像の技術が今後、更に発達し、光環境予測の技術が飛躍的に進歩したとしても、それは写真やビデオ画像が持っている質に限りなく近づきはするが、超えることはない。とすれば、現実の 3 次元的空間と、CG ・写真などの本質的な意味での溝は一体何であるのか、という疑問がここで生じるし、これに対する一つの答えが、本研究で提案したモデルの基本的概念なのである。

つまり、CG などにより示された空間は、リアルであってもあくまでも 2 次元画面として 3 次元空間の断片を切り取ったものである。筆者の考える光の 3 次元的把握とは、空間全体として光を感覚的に捉えた認識、すなわち本研究で述べてきた「光の空間的配分」に起因し、その全体を抽象的に上手く表現したものは、例えば CG 等のようにより精密な光環境の再現を目指したものでなくとも（簡易な表現であっても）、実は光環境の本質的性状（3 次元的性状）をよくあらわすものである、ということである。これこそが、本研究で示そうとした考え方であり、その表現（モデル）なのである。

上に述べたことは、3 次元的な光の表現、という観点からのモデルの意義であるが、実際のシミュレーションの効率という点からも、CG との比較による意義付けを行うことができる。2 章で既に述べたが、CG の役割には、純粋な照明計算に基きリアルに表現しようとするもの、見た目がリアルになるようにパース的に表現されるもの、の大きく二通りの作成方法がある。現在の CG 作成に要する時間、コストは、特に前者のような純粋な照明計算に基くものは膨大であって、この場合、様々な環境の変数を代えてシミュレーションを行うことは少ない[2]。また、殆どの CG は、デモンストレーションとしての役割が求められることから、後者の簡易な作成方法が用いられる。従って、本研究のモデルは、効率という観点からみれば、これらの問題点を解消し得る。

以上より、本研究で提案したモデルを位置づけると、次のようになろう。本研究で提案したモデルは、実測値に基づき、更に数学的処理を行ない、抽象的な「光の場」を表現しようとしている点で環境工学的なものであり、従来の研究と類するものである。しかし、環境工学的な土壌の上で、上述の物的要素の「見え」、また、そこから感じ取った「光のまとまり」の両者の表現を直感的なグレースケール表示としたこと、更には、効率的な計算を可能にしながらも、前後・左右・上下という、本来の意味での光の 3 次元的な性状を一望できるように示した点で、従来の環境工学的な研究における表現とは一線を画しており、大きな意義を有すると考えられるのである。

5.5 まとめ

本章では、4 章において仮想空間のシミュレーションに留まっていたキュービックモデルの適用範囲を実際の空間まで広げ、モデルの有効性と限界の提示を試みることを目的とし、幾つかの測定およびモデルの適用を行った。

まず実際の測定手順、モデルに適用する際の手続きを示し、次いで、6 つの実在空間を対象に、それぞれ照明状況の異なるパターンの測定を実施した。得られたデータは 4 章で提案したプログラムに入力し、モデル表示結果を求めた。更に、実際の空間における様々な視環境・その他の要因のうち、キュービックモデルを適用する際に不具合を生じさせるものを明らかにすると共に、幾つかの空間で空間照度（27 地点の 6 方向照度）を実測し、モデル表示プログラムで可視化したものと比較することで、モデルの有効性および限界を明らかにした。

最終的に得られたモデルの有効性に関する結論 1)、2)と、モデルの限界に関する結論 3)、4)を以下に示す。

1) 「キュービックモデル」を実際の空間に適用した場合、パターンとして見れば、様々な照明性状を、我々が感覚的に把握した性状に近い形で示し得る。更に、全体の不均一な照明印象との対応ではモデル表示の方が良く対応する場合もある。
2) 測定から表示までの一貫した流れが、実際の空間を測定した場合に 4 章の結論で示した異常に顕著に表れる。例えば、測定時間が大幅に短縮される、測定位置が空間の中心点のみで済む等が挙げられる。
3) 空間容積が異なる場合や、床の間など室内表面の奥に空間がせり出した場合は問題ないが、形状が立方体とかけ離れる場合や、中空に大きくせりだした家具や複数の照明器具がある場合、モデルの適用は難しい。また、照明器具の配光の細かな種類、透過などの特性については対応できない。
4) 測定した輝度の差が大きい場合、また明るすぎる空間や暗すぎる空間の場合に光配分パターンは適切に表示されない。

更に、本章までの知見を踏まえ、光環境の表現に関する考察を加えた。

その結果、環境工学的な立場からみた光環境の抽象的表現の難しさは、そもそもが可視化された状態である光環境を抽象的に可視化することに起因し、温熱環境や音環境などと同じように表現すべきではないこと、また、CG 等のリアルな表現を目指さなくとも、本研究で示したような簡易で感覚的な表現が可能であること、等の示唆を得、本研究で提案するに至ったモデルの有効性を更に意義付けた。

＜注釈＞

注1 明治 17 年に、水戸徳川家 11 代当主であった徳川昭武が松戸に築造した別邸である。「戸定邸」という呼称は、建物所在地の小字名である。本研究で用いた測定場所は建物の中心に位置する客間であり、明治 22 年に徳川慶喜が宿泊した部屋である。

注2 大正 7 年に、フランスからワイン製造事業を導入した明治の実業家、初代神谷伝兵衛が築造した別邸である。鉄筋コンクリートの建築として、全国的に見ても初期の建築である。建物の内部は、一階が本格的な洋間で、二階が和室となっている。本研究では、一階の広間と、二階の和室をそれぞれ測定対象とした。

＜参考文献＞

[1] 松戸市教育委員会：戸定邸（旧徳川昭武松戸別邸）の保存修理に関する調査書、1992

[2] 日本建築学会編著：光シンポジウム 建築設計における採光・照明設計の実際―アメリカと日本の最新事例を中心に―、pp.38-46、1997

第6章

結 論

6.1　研究の成果

近年、照明の質的側面を重視する研究の流れの中で、空間における光の密度や方向性を3次元的に把握する技術の必要性が高まっている。

従来の 2 次元的（平面的）な照明状況の把握から脱却することを目指し、これまで様々な研究が行われてきたが、特に空間に配分された光の性状を把握しようとするものに関しては、

1）詳細な光の配分の性状（照度分布・輝度分布）を精緻な方法（測定、計算）で算出しようとするもの、

2）実際の空間を光配分状況に着目して定性的に分類しようとするもの（印象評価実験、或いは恣意的分類）

に大きく分けられる。前者の場合は物理的測光量の把握が主として面上でなされ、中空部分の性質を直接物語らないし、後者の場合は逆に物理的な根拠があまり示されていないことが問題点としてあげられる。

そのような問題点を解決しうる知見を含めた研究も見られるようになったが、断片的に散見される程度で、有効な手法を提示するまでに至っていない。その原因は、光環境自体が、3 次元的に、かつ視覚的に把握されるものであり、これを視覚的に記述するためには、すなわち光の3次元的性状と我々の感覚を一致させた表現として示すことが要求されるからである。

本研究では、そのような光の 3 次元的性状について、「光の空間的配分」として感覚的な「明暗」を重視した視点でとらえることで、空間印象との関わりが大きいことを明らかにするとともに、それを前述の光の「密度」と「方向性」という質的特性でもって、ある一定の形式上（キューブによる）で明快に表現するモデルを提示した。

第1章では、まず研究の背景として、空間に漂う光を把握することについて、問題意識として挙げ、空間印象との関わりの上でも、また従前の照明環境研究の歴史上でも重要な意味を持ちつつあることを示した。そして未だ断片的な研究しかない現状を脱するために、新たな3次元的な光の性状に関する視点が必要であることを示した。さらに、本研究の目的は、「明るさ」と「暗さ」を配分することで構成される「光の空間的な配分」が空間印象にどのように影響するか示すこと、そのような配分性状を明快に表現するモデルを提案することであることを示した。続いて本研究の構成を記した。

第2章では、光の空間的配分の定義および、それがどのような要因で構成されるかについて仮説を立案した（研究課題1）。まず、光の 3 次元的な分布性状に関連する既往の文献を、①定量的視点、②定性的視点、③認知的視点の3つの観

点による研究として整理し、その問題点を整理した。さらに、現状において有効と思われる考え方をいくつかの観点から整理した。そのような考察を行った上で、本研究の視点としての「光の空間的配分」とは、『人間の目で見て適切な「明るさ」と「暗さ」を空間的に配分すること』と定義し、このような光配分は「光源に関する特性（配置）と室内表面に関する特性（反射率）とにより構成される」との仮説を立てた。

第 3 章では、光の空間的配分が空間印象に大きく影響することを、実際の物的要因に求めることで明らかにした（研究課題 2)。ここでは、2 章において設定した「光の空間的配分は、光源の配置と室内表面の構成からなる」という仮説をもとに、光源の配置、室内表面の反射率構成にそれぞれ着目した評価実験を行った。まず、室内表面の反射率を明暗に二分した抽象的な模型による評価実験（ME 法）を行い、次いで、光源の配置について配光、数を主変数とした評価実験（SD 法）を行い、その物的特性と心理的効果の相互関係を考察した。考察にあたっては、特に光の密度と方向性、すなわち空間内部のどこにどのように光を配分するか、という観点から両実験の結果の考察を一つにまとめた。最終的に得られた結論 1)、2)と、実際の空間である照明された居間の雰囲気に関する結論 3)、4)を以下に示す。

1) 「光の量」（密度）に関しては、反射率の高い室内表面の割合（立体角投射率）や光源数の増加によって光の量が増し、「明るさ感」「広さ感」が増加する。「明るさ感」は、光源が直接見える度合いの大きな位置にあるとき評価にばらつきが生じ、「広さ感」は、壁面の反射と壁面付近の光源が評価に影響を及ぼす。また、最も「変化のある」と評価される場合の「光の量」の配分（明暗の度合い）を、ある程度特定できる。
2) 「光の方向性」に関しては、暗い部分の方向を表す「重心方向」により把握できる。暗い部分が空間内部の中心・下方向のとき、「安定感」「落ち着きのある」の評価が高くなる。これには、明るい部分の位置によって相対的に暗い部分が生じる光源中心にみた場合と、室内表面の反射率が低く、暗い部分が生じる場合の 2 通りがある。
3) 照明された実際の内部空間である居間の雰囲気は、リビングルームでは「活動性」「評価性」「力量性」の 3 因子、和室では「活動性」と「評価性」の 2 因子により評価される。
4) 居間において天井以外の光源で照明する場合に「落ち着きのある」と感じられ、光源の数が多い場合に「落ち着きのない」と感じられる。

以上の結果は、光配分が空間印象に及ぼす影響を「密度」「方向性」という観点で把握できることを示すと共に、2 章で立案した仮説を裏付けているものと考えられた。

第 4 章では、ここまでの知見をうけ、光の空間的配分の性状を明快に表現する「キュービックモデル」の提案と試行を行った（研究課題 3)。まず、3 章の最終的な結論を整理し、光の空間的配分に関する仮説を以下のように再考した。『我々は、感覚的には、「光源と面の様相との関係」から、「密度」や「方向性」といった空間の光の様相を感じ取っている。それを表現するためには、①室空間全体において、どこからどのように光が放射されているか示す「光源に関する情報（配置、配光、光度)」および、放射された光を反射する「面の様相に関する情報（輝度)」を基に、②細分化した部分空間の明るさを求め、③部分空間を組み合わせた全体空間として、④光の満ち方の様子を理解できるように視覚的に示すこと、が必要である。』次いで、この考え方に基づく光の空間的な配分性状を簡易に示すモデルの提案を行った。ここで提案したモデルは、どのような空間でも同一の立方体形状（キューブ）に標準化するものであり、モデル化の過程（必要データ、計算過程）と、最終的な表現方法（光の「密度」「方向性」として視覚的に提示する）を提示した。更に、空間容積、光源配置、輝度、光度などを仮想の値としたプログラムの試行を行い、どのような空間がおよそどのような場合で結果表示されるのかについて考察した。4 章で得られた具体的知見を以下に示す。

1) キュービックモデルを採用したことで、立体角投射率を逐次計算する一般の計算に比べ、計算が簡易になり、データの入力から結果の表示までの一連の操作をパソコン上で一貫して行うことができる。
2) キューブの濃淡として視覚的に並べ示す表現を用いることで、計画や設計の際に考慮する必要がある光の「密度」や「方向性」を、より感覚的に把握することができる。
3) 空間容積の効果、光源の配光・配置・数が光の空間配分に及ぼす影響を、光配分パターンとして読みとることができる。

上記の知見によって、本章で提案したモデルは、量的特性、精度は犠牲としながらも、感覚的、かつ 3 次元的な光配分パターンを簡易に表示できるものとして有効性が認められた。

第 5 章では、4 章で提案した「キュービックモデル」を実在空間に適用することで、モデルの有効性および限界を検討した（研究課題 4)。まず、実際の測定手順、モデルに適用する際の手続きを示し、次いで 6 つの実在空間（大学会議室、モデルハウスの洋間、和室、古い和風住宅の客間、古い洋館の応接室、和室）を対象に、それぞれ照明状況の異なるパターンの測定を実施した。得られたデータは 4 章で提案したプログラムに入力し、モデル表示結果を求めた。考察は「密度」「方向性」という視点で行った。更に、実際の空間における様々な視環境・その他の要因のうち、本モデルを適用する際に不具合を生じさせるものを明らかにす

ると共に、幾つかの空間で空間照度を実測し、モデル表示プログラムで視覚化したものと比較することで、モデルの有効性および限界を明らかにした。最終的に得られたモデルの有効性に関する結論 1)、2)と、モデルの限界に関する結論 3)、4)を以下に示す。

1) 「キュービックモデル」を実際の空間に適用した場合、パターンとして見れば、様々な照明性状を、我々が感覚的に把握した性状に近い形で示しうる。更に、全体の不均一な照明印象との対応ではモデル表示の方が良く対応する場合が多い。
2) 測定から表示までの一貫した流れが、実際の空間を測定する場合に 4 章の結論で示した以上に顕著に表れる。例えば、照度測定に比べモデルに必要なデータ測定時間が大幅に短縮される、測定位置が空間の中心点のみで済む等が挙げられる。
3) 空間容積が異なる場合や、床の間など室内表面の奥に空間がせり出した場合は問題ないが、形状が立方体とかけ離れる場合や、中空に大きくせり出した大きな家具や複数の照明器具がある場合、モデルの適用は難しい。また、照明器具の配光の細かな種類、透過などの特性については対応できない。
4) 測定した輝度の差が大きすぎる場合、また明るすぎる空間や暗すぎる空間の場合に光配分パターンは適切に表示されない。

更に、ここまで（5 章まで）に明らかにされた知見を踏まえ、光環境の表現に関する考察を加えた。その結果、環境工学的な立場からみた光環境の抽象的表現の難しさは、そもそもが可視化された状態である光環境を可視化することに起因し、温熱環境や、音環境などと同じように表現すべきではない、等の示唆を得、本研究で提案するに至ったモデルの有効性を更に意義付けた。

以上、光配分が空間印象におよぼす影響と、その光配分をどのような空間でも明快に表現する「キュービックモデル」の概要を提示した。

6.2　展望と課題―照明環境の評価から設計へ―

本研究では、感覚的な光配分が空間印象に及ぼす影響と、光配分の 3 次元的性状表現を実現する方法（モデル）について順次明らかにしてきたが、ここでは特に、照明環境の評価・設計に視座を置いて、今後に向けて考えうる展望と課題について以下に述べる。

1．評価の基礎概念としての「光の空間的配分」の可能性

まず、「光の空間的配分」という把握概念の可能性を、照明研究の現況を観つつ探る。考えられるのは、今後の認知的研究の進展により、3 次元的な光認識の脳内処理過程に関する知見が得られることで、本研究で設定した「光の空間的配分」概念が更に適切なものになるという可能性である。現時点では、筆者の考えでは、感覚的な意味合いとして重要な「室内表面そのもの（輝度分布）の性状」に、「光源の配置と室内表面の性状との相互関係から読み取った中空部分の光の性状」に対する考慮を加える、という本研究で前提とした考え方が最も妥当だと思っている。そして、これらの概念が適切なものになれば、「密度」「方向性」といった光の場を抽象化する概念も、同時に適切なものに修正することができる。

2．評価（印象評価）から設計に向けて

次に、照明環境の評価から設計に向けて、本研究で明らかにしてきたことから幾つかの指針を示す。照明における「設計」という視点を持った場合、空間の印象との関わりを無視することはできない。光の空間的配分と印象との関連は、3 章によって明らかにしたが、本論ではキュービックモデルと印象との関連までは考察していない。そこで、本研究で考察した範囲内でモデルと評価の関連を仮説的に推論する。今後の本研究の展開としては、まずこの課題から始めるべきであろう。

まず、「重心」に関する結果等、光の方向性を把握する概念とモデルの概念の結びつきを考えることは、それが「落ち着き」などの印象を目指した設計に有効に繋がるだろう（明暗のパターンがモデルでも保存されることが明らかになっているという理由による）。3 章において、「落ち着きのある」評価をされるのは、天井以外の光源で照らした場合であった。これは、例えば 5 章でモデル表示した和室（戸定邸、神谷伝兵衛邸）の光配分パターン(床から天井へと徐々に暗くなる)の場合が相当する、と考えられる。「明るさ感」「広さ感」などについては、光の量的特性である「密度」と関連する結果（マクロな密度が高くなると、「明るさ」「広さ」が増加する）を得たが、例えば 5 章におけるモデルハウスの洋室の結果のように、ダウンライトの存在により実感としての「明るさ」と照度測定値のズレが大きくなるなどの場合に、輝度値に基く本モデルが設計上有効になる

と思われる。この場合はモデルの明るさ表示の度合いを明確に根拠付けることが必要である（換算照度と照度等の従来の測光量との厳密な対応が求められる）。また、「変化のある」という評価は、ダイナミックな「明暗」の配分の場合であった。これは、例えば5章でモデル表示した会議室の北一列点灯の場合などは「変化のある」という評価になる、と考えられる。

その他、均斉度などの量的な（密度的な）指標に対応して、「光のむら」について本研究のモデルでも考え、「密度」の偏差を「むら」とすることも考えられる。しかし、現モデルでは、空間の形状を「キューブ」に集約することで「密度」は変化することから、その扱いに問題点が残る。これに対しては、モデルの計算過程を変えることによる対応が考えられる。

3．現時点におけるキュービックモデルの位置づけ及び解決すべき課題

また、モデル自体に関して、当面考えねばならないこととして、本研究で示した現時点におけるモデルの有効性および限界を確認しつつ、活用・発展させていくために解決すべき課題が幾つかある。

ここでキュービックモデルの意義を再確認するならば、量的特性、精度を犠牲とするが、3次元的な光配分パターンの把握に主眼を置いていることといえる。図形的なパターンとしてではあっても、測定、データ入力が簡易化され、3 次元的な空間として光の「密度」と「方向性」を容易に把握できるようにすることは、上記「2．評価（印象評価）から設計へ」の中でも述べたように、室空間の全体的印象を把握する上で意義を持つ。キュービックモデルには、モデルを実際の空間に応用した場合に、モデルの立方体とかけ離れた形状や、多数の照明器具、大きな家具を有する空間など、現時点のモデルでは明快に表すことの出来ない等の限界がある。従って、明快な把握法という特性を損なわないようにしつつモデルの適用範囲を広げる試みが必要であろう。モデルの改良ではなく、例えば、空間の形態の違い等のケースによって、全く異なったモデルを用意することも考えられる。

4．今後のキュービックモデルの発展可能性

更に、今後のキュービックモデルの発展可能性を探る。

日常環境が人工物で埋められ、人の統制が可能な範囲が増大しつつある現在では、日常環境が実験室に近づいていく傾向が見られる。だが、元来、建築というものは、その大部分が一品受注生産物であり、完成後の光環境の状態は、簡単には予測できない。その予測の技術を大幅に高める CG 等の可能性があるが、5章の考察で述べたように、重要なのは、3 次元の光の性状を、物理的性状に基づきつつも「光」のみに着目し、空間全体として抽象化した「場」として示すこと、それを感じたままに近い表現として示すことである。このような場合、実感との

整合性を高める為に、実際の空間における評価を積み重ねていくことが肝要であり、そのような具体例として、例えば現場に測定器具、ノートパソコンを持ち込んで、その場で幾つかの照明パターンの測定、シミュレーション表現をしつつ、その空間の照明の質を把握する等の場合が考えられる。その際には、測定時間が大幅に短縮され、汎用的なパソコン上で動く本モデルを用いることが有効となろう。

その他、3 次元画像技術の発達（ポリゴンなど）により、デジタルカメラ等で輝度をその場で読み取り、360 度の 3 次元輝度分布として合成し、これに基づくデータとキュービックモデルの導出過程を繋ぐ（例えば自動化する）ことも考えられる。これにより、先に述べたような、輝度分布や照度分布が有する利点（人間の目で感じる面の性状、中空部分の特性を示す）、パソコンによるデジタル化の利点を併せて享受することもできよう。画像上の輝度と輝度の実測値とが精度よく一致しているわけではないから、これを対応させることは、上記の可能性を実現する途上での前提条件となる。

ここで示した将来的に考えうる「キュービックモデル」の発展は、現時点での具体的可能性という点で幾分技術的な方策を示すに留まったが、包括的に言えば、その基本的概念、表現方法の両面において進めていくことができよう。

5．今後の照明環境を考えるための示唆

最後に、本論文の根底に流れる「光の空間的配分」についての考え方から、今後の照明環境を考える上での示唆を示す。

既に述べたように、環境工学的に感覚的な側面を含む光の 3 次元的性状の本質、すなわち「光の空間的配分」を把握し、表現することは、音・熱・空気等と同様に考えうるものではない。そしてこのことは、研究者のみが認識すべきことではないのである。

昨今では、設計者・ユーザー（居住者）が、例えばパソコン上でコンピュータグラフィックをいとも簡単に作成し、照明環境の予測を行うことができる時代となった。これは、言い換えれば3次元的な光の性状を表現することが何であるか明確にしていなくとも、その技術的利用の簡便さから、照明環境の表現行為を誰彼かまわず行っている現状であることを意味する。このような状況においてこそ、我々が実際にこの目で把握している環境の本質は何であるのかを再度認識する必要があると考える。

照明環境の性状を把握・表現しようとする設計者・ユーザー・研究者が、以上、本研究で述べた「光の空間的配分」という積極的な視点を持って臨むならば、自ずから、質的にもエネルギー消費的にも優れた、つまり、「明るさ」と「暗さ」を適切に配分した照明環境が増えていくのではなかろうか。

発表論文

＜審査付論文＞

1. 三木保弘、宮田紀元：光源の配置と室内表面の構成が雰囲気に及ぼす影響―光の空間的配分に関する研究―、日本建築学会計画系論文集、No.488、pp.111-119、1996.10
2. 三木保弘、宮田紀元：光環境のキュービックモデル―その１ モデルの提案と試行―、日本建築学会計画系論文集、No.505、1998.3 掲載決定
3. 三木保弘、宮田紀元：光環境のキュービックモデル―その２ 実在空間への適用―、日本建築学会計画系論文集、投稿予定

＜口頭発表論文＞

1. 三木保弘、宮田紀元：照明配光による室内の雰囲気変化に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993.9（関東）、pp.961-962
2. 三木保弘、宮田紀元：室内表面の明暗パターンが雰囲気変化に及ぼす影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、1995.9（北海道）、pp.463-464
3. 三木保弘、宮田紀元：光空間のキュービックモデル―その１プログラムの開発と試行―、日本建築学会大会学術講演梗概集、1997.9（関東）、pp.315-316

謝 辞

本研究をまとめるにあたって、千葉大学教授・宮田紀元先生には貴重な御助言、御指導を数多く賜りました。先生には、卒業研究生、さらに修士・博士の学生としての５年間と、６年の長きにわたりお世話になり、遅々として進まない研究を暖かく見守って頂きました。全てにおいて未熟な私に対しても、いつも紳士として扱ってくださり、望むテーマで研究を続けさせて頂きました。この論文をまとめることができたのは、先生のご寛容の賜物であり、心から感謝いたします。

また、ご多忙の中、千葉大学教授・服部岑生先生、同教授・北原理雄先生、同教授・矢口博久先生には、本論文の全般にわたり詳細な査読を賜り、適切な御助言を頂きました。服部先生には、修士論文に引き続き審査をして頂き、研究の核心に触れる的確な質問を賜ると共に、研究の進み具合など、よく声を掛けて頂きました。北原先生には、研究報告会などの折りに、いつも明快な質問をして頂きました。矢口先生には、建築とは異なった立場から貴重な御指摘を頂きました。深く感謝いたします。

千葉大学講師・安藤正雄先生には、同室に机を置かせて頂き、さらに、研究的意欲を掻き立てる数々の御助言を常日頃から頂きました。千葉大学助手・高橋正樹先生には、些細なことまで、よく相談に乗って頂きました。特に同時期に論文を書かせて頂く中で生じた研究に関する様々な議論、適切な御助言は、今後の私自身にとって貴重な経験になると思います。千葉大学教授・玉井哲雄先生には、研究報告会などの機会に御助言を賜るばかりか、照明調査の為の歴史的建造物を紹介して頂きました。心より感謝いたします。

室内環境フォーラムの皆様には、研究を進める上で基礎となる様々な経験を積ませて頂きました。特に、建設省建築研究所・坊垣和明氏、明治大学教授・山田由紀子先生には、講師として千葉大学に寄られた際に、研究の進行具合などいつも気軽に声を掛けて頂きました。また、住友林業・石崎功雄氏、同・古屋敷憲之氏には照明調査に関して多大なご協力を頂きました。改めて感謝いたします。

本研究を進めるにあたり、宮田研究室の修士の学生には大きな力になって頂きました。特に、調査の補助、実験の被験者、論文原稿のチェックなど面倒な作業を快く引き受けて頂きました。また、研究室は異なりますが、同室で論文を執筆した安藤研究室の金珍鎬さんには、同僚として様々なご協力を頂きました。深く感謝いたします。

本研究は、以上の方々を初めとする多くの方々の御指導・御援助によりまとめることができました。ここに明記して感謝の意を表します。

最後に、研究を進めるにあたって、常に支援してくれた両親に心から感謝いたします。

平成 10 年 1 月　　三木 保弘

資料編

1．実験提示パターン

2．キュービックモデルプログラム概要

3．仮想値によるシミュレーション結果

4．実測値によるモデル適用結果および照度測定値

資料1　実験提示パターン

第3章でおこなった実験1、実験2における、提示空間の全パターンをここに掲載する。

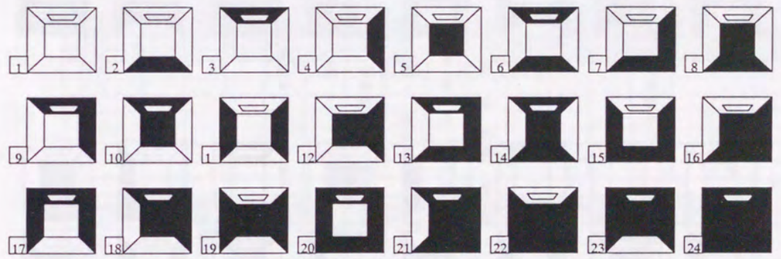
（1）実験1提示パターン（室内表面の反射率構成の違いに関する実験）

5つの空間タイプ（360天井、360奥壁、360側壁、240天井、480天井）それぞれの明暗パターンのパースを24通り、24通り、32通り、24通り、24通りで、全128通り図示する。

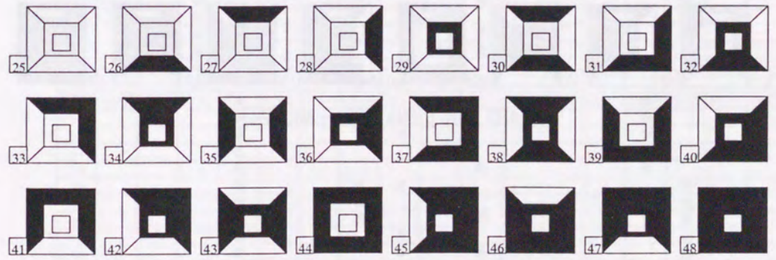
（2）実験2提示パターン（照明器具の配置に関する実験）

実験で用いた光源の配光・位置・数の違いによる全100通りの提示空間のマトリクスを示す（リビングルーム、和室）。表中の網掛け部分はダミーとして分析の際に除いた提示空間である。

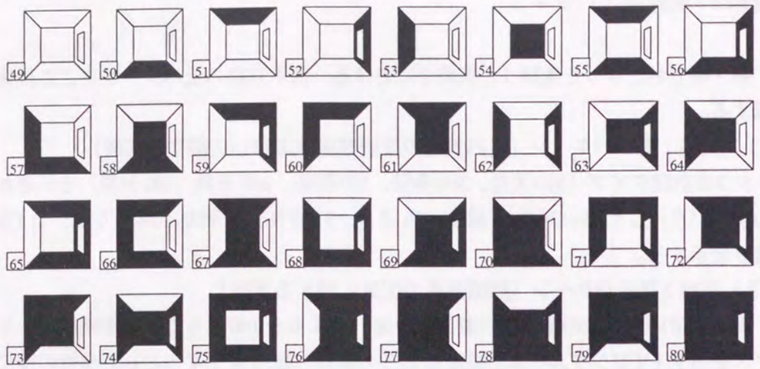
（1）実験1提示パターン



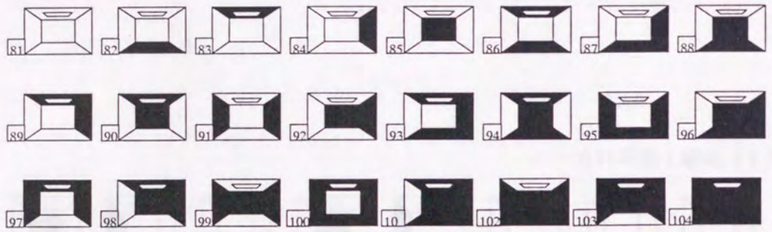
【360天井】（No.1～No.24）



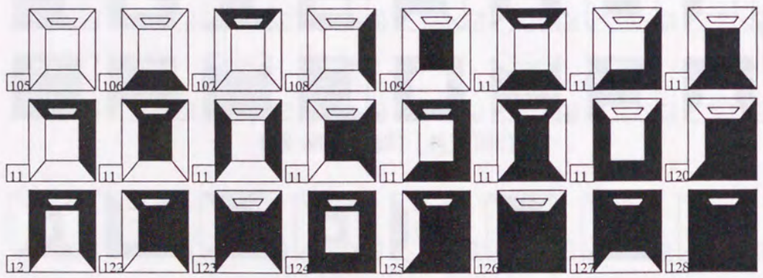
【360奥壁】（No.25～No.48）



【360側壁】(No.49～No.80)



【240天井】(No.81～No.104)



【480天井】(No.105～No.128)

(2) 実験2提示パターン

<リビングルーム>

	A ペンダント					B ペンダント以外							C 灯数				
	下配光50cm	下配光100cm	上配光50cm	上配光100cm	なし	シャンデリア	スタンド右手前	スタンド右奥	スタンド左奥	スタンド左手前	ダウンライト	スタンド円錐形	1灯	2灯	3灯	4灯	5灯
1	●										●			●			
2	●						●							●			
3	●							●						●			
4	●								●					●			
5	●									●				●			
6	●						●	●							●		
7	●						●		●						●		
8	●						●			●					●		
9	●							●	●						●		
10	●							●		●					●		
11	●								●	●					●		
12	●						●	●	●							●	
13	●						●	●	●	●							●
14		●									●			●			
15		●					●							●			
16		●						●						●			
17		●							●					●			
18		●								●				●			
19		●					●	●							●		
20		●					●		●						●		
21		●					●			●					●		
22		●						●	●						●		
23		●						●		●					●		
24		●							●	●					●		
25		●					●	●	●							●	
26		●					●	●	●	●							●
27						●							●				
28					●							●	●				
29					●						●	●			●		
30					●		●				●			●			
31					●			●			●			●			
32					●				●		●			●			
33					●		●	●						●			
34					●		●		●					●			
35					●		●			●				●			
36					●			●	●					●			
37					●			●		●				●			
38					●				●	●				●			
39					●		●	●	●							●	
40					●		●	●	●	●							●
41			●								●			●			
42			●				●							●			
43			●					●						●			
44			●						●					●			
45			●							●				●			
46			●				●	●							●		
47			●				●		●						●		
48			●				●			●					●		
49			●					●	●						●		
50			●					●		●					●		
51			●						●	●					●		
52			●				●	●	●							●	
53			●				●	●	●	●							●
54				●							●			●			
55				●			●							●			
56				●				●						●			
57				●					●					●			
58				●						●				●			
59				●			●	●							●		
60				●			●		●						●		
61				●			●			●					●		
62				●				●	●						●		
63				●				●		●					●		
64				●					●	●					●		
65				●			●	●	●							●	
66				●			●	●	●	●							●

<和室>

	A ペンダント			B ペンダント以外						C 灯数			
	下配光50cm	下配光100cm	なし	シーリングライト	スタンド右手前	スタンド左奥	スタンド左手前	床の間	スタンド左（四角）	2灯	3灯	4灯	5灯
1	●				●			●			●		
2	●					●		●			●		
3	●						●	●			●		
4	●				●	●					●		
5	●				●		●				●		
6	●					●	●				●		
7	●				●	●		●				●	
8	●				●		●	●				●	
9	●					●	●	●				●	
10	●				●	●	●					●	
11	●				●	●	●	●					●
12			●		●			●	●		●		
13				●	●			●	●			●	
14			●		●			●		●			
15			●			●		●		●			
16			●		●	●				●			
17			●		●		●			●			
18			●			●	●			●			
19			●		●	●		●			●		
20			●		●		●	●			●		
21			●			●	●	●			●		
22			●		●	●	●				●		
23			●		●	●	●	●				●	
24		●			●			●			●		
25		●				●		●			●		
26		●					●	●			●		
27		●			●	●					●		
28		●			●		●				●		
29		●				●	●				●		
30		●			●	●		●				●	
31		●			●		●	●				●	
32		●				●	●	●				●	
33		●			●	●	●					●	
34		●			●	●	●	●					●

資料2　キュービックモデルプログラム概要

第4章で提案したキュービックモデルプログラムは、Microsoft Excel Ver.7 for Windows および、Excel に含まれるベーシック言語である VBA（Visual Basic for Applications）で作成している。

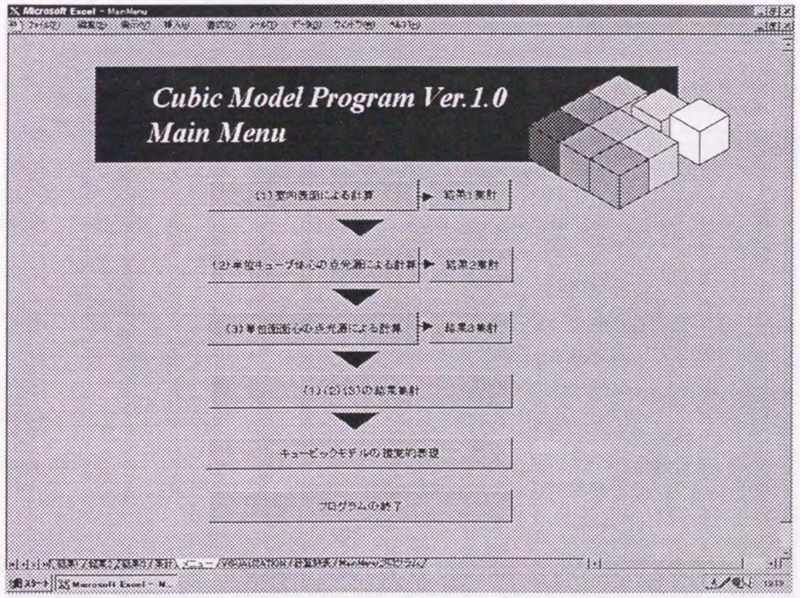
プログラムファイル（Excel の Book）は、メインのファイル（”MainMenu.xls”：メインの操作と視覚的表現）と、3つの計算過程毎のファイル（”室内表面.xls”、”単位キューブ体心.xls”、”単位面面心.xls”）の4つからなる。

キュービックモデルの特徴である複雑な変数の定数化を考慮し、できる限りシート（数表）上の定数と関数のみで処理が行えるように留意した。VBA は、主にファイル切り替え処理、複数シート間の演算（串刺し演算）や、視覚的表現の処理に用いている。

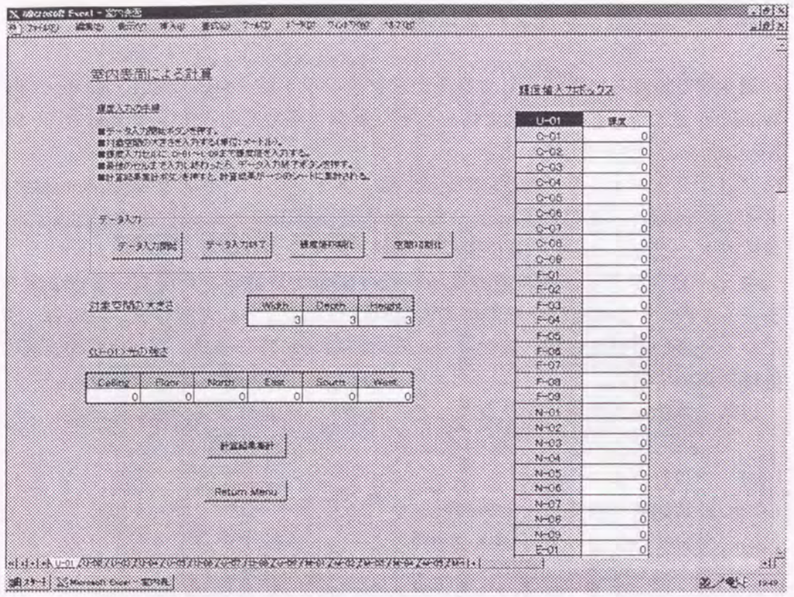
以下、本論中で詳細に触れなかったプログラムの具体資料を掲載する。

（1）　プログラム操作画面
（2）　計算過程の数表シートの概要
（3）　プログラムコード（VBA コード）

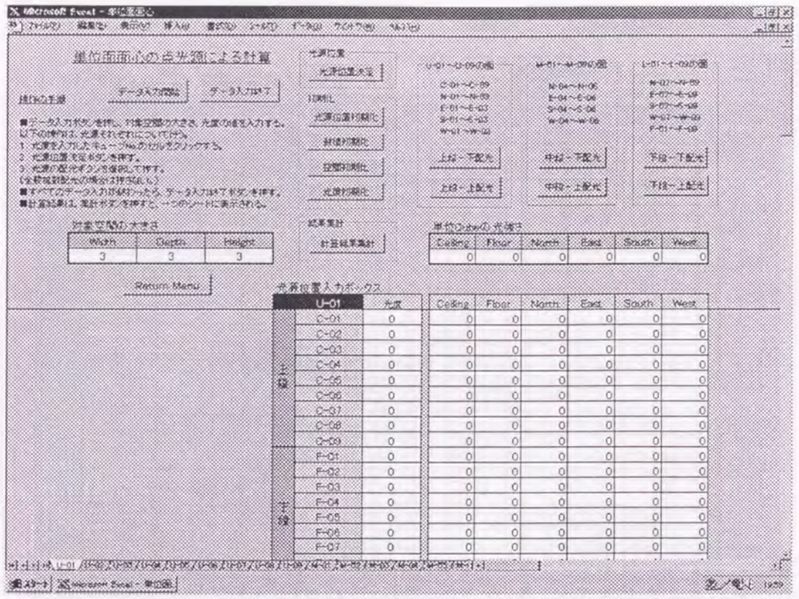
（1）プログラム操作画面



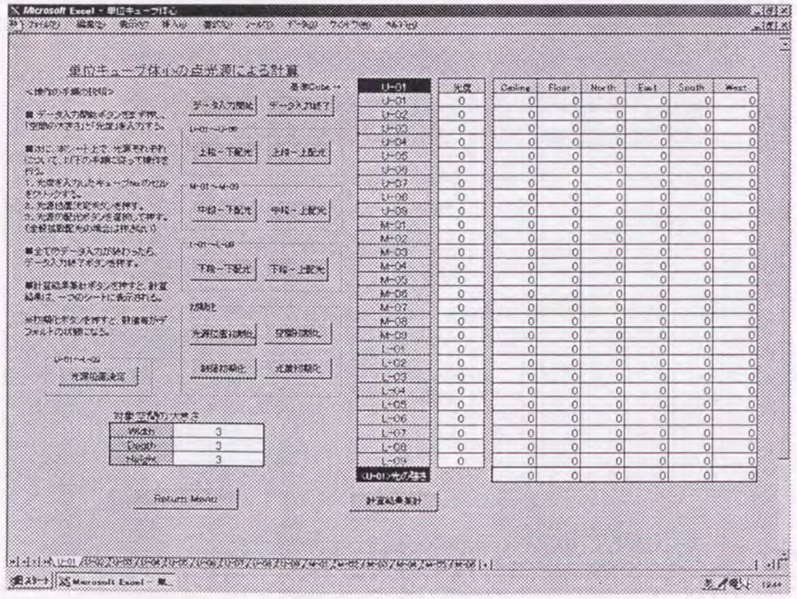
<メインメニュー>画面



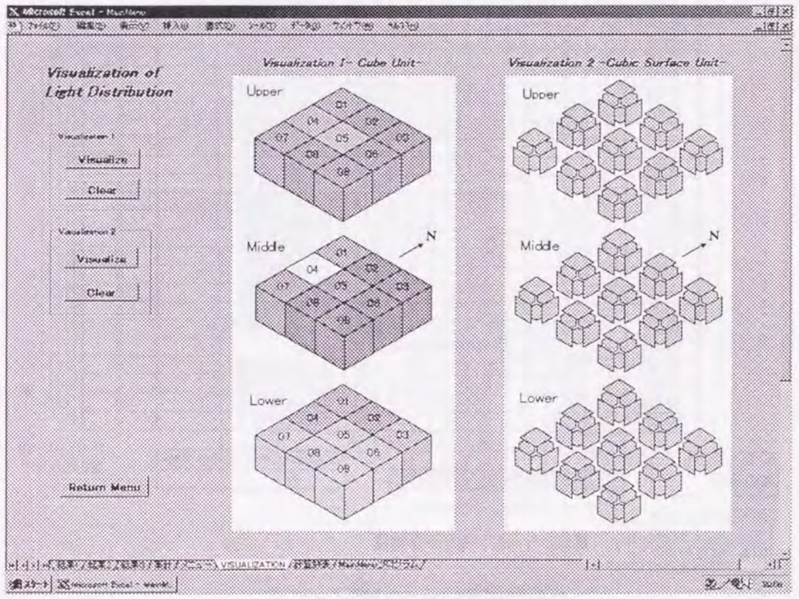
<室内表面による計算>画面



<単位面面心の点光源による計算>画面

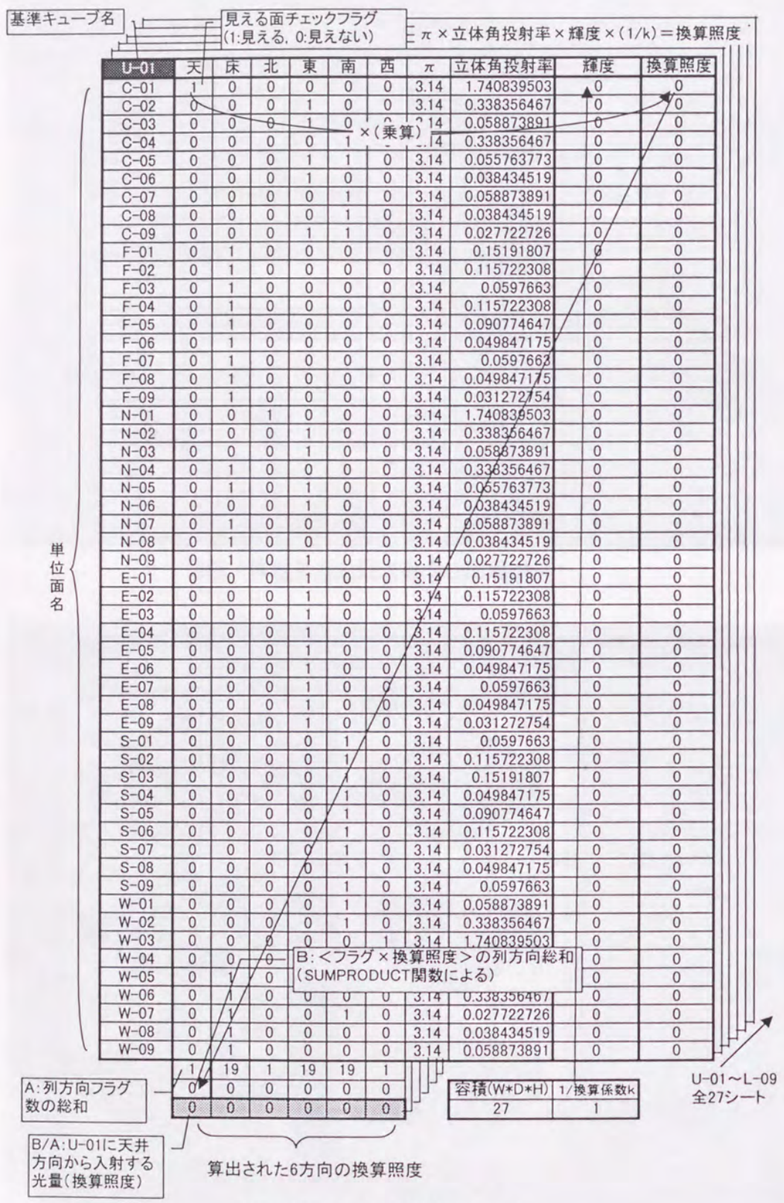


<単位キューブ体心の点光源による計算>画面



<視覚的表現>画面（描画中）

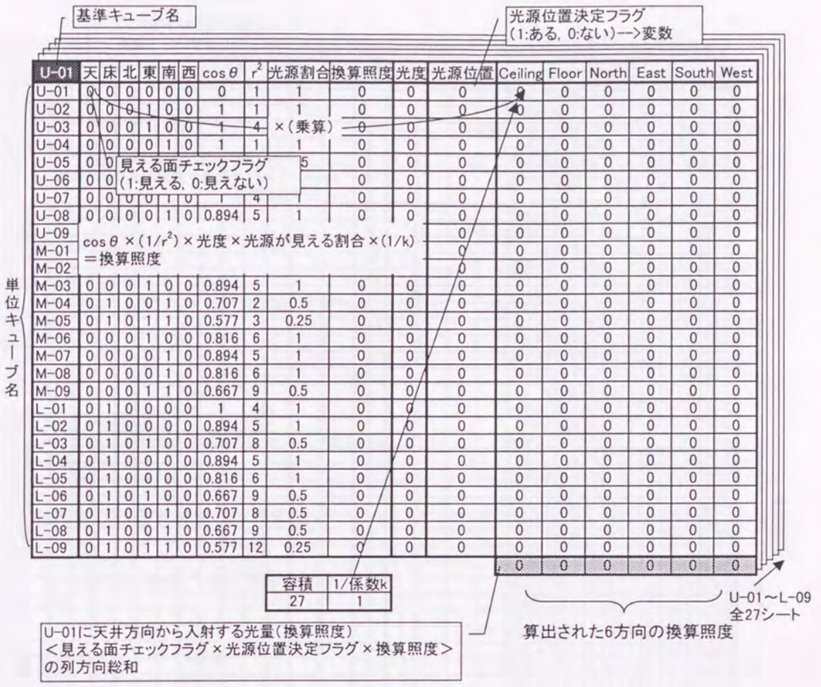
（2）計算過程の数表シートの概要



U-01	天	床	北	東	南	西	π	立体角投射率	輝度	換算照度
C-01	1	0	0	0	0	0	3.14	1.740839503	0	0
C-02	0	0	0	1	0	0	3.14	0.338356467	0	0
C-03	0	0	0	1	0	0	3.14	0.058873891	0	0
C-04	0	0	0	0	1	0	3.14	0.338356467	0	0
C-05	0	0	0	1	1	0	3.14	0.055763773	0	0
C-06	0	0	0	1	0	0	3.14	0.038434519	0	0
C-07	0	0	0	0	1	0	3.14	0.058873891	0	0
C-08	0	0	0	0	1	0	3.14	0.038434519	0	0
C-09	0	0	0	1	1	0	3.14	0.027722726	0	0
F-01	0	1	0	0	0	0	3.14	0.15191807	0	0
F-02	0	1	0	0	0	0	3.14	0.115722308	0	0
F-03	0	1	0	0	0	0	3.14	0.0597663	0	0
F-04	0	1	0	0	0	0	3.14	0.115722308	0	0
F-05	0	1	0	0	0	0	3.14	0.090774647	0	0
F-06	0	1	0	0	0	0	3.14	0.049847175	0	0
F-07	0	1	0	0	0	0	3.14	0.0597663	0	0
F-08	0	1	0	0	0	0	3.14	0.049847175	0	0
F-09	0	1	0	0	0	0	3.14	0.031272754	0	0
N-01	0	0	1	0	0	0	3.14	1.740839503	0	0
N-02	0	0	0	1	0	0	3.14	0.338356467	0	0
N-03	0	0	0	1	0	0	3.14	0.058873891	0	0
N-04	0	1	0	0	0	0	3.14	0.338356467	0	0
N-05	0	1	0	1	0	0	3.14	0.055763773	0	0
N-06	0	0	0	1	0	0	3.14	0.038434519	0	0
N-07	0	1	0	0	0	0	3.14	0.058873891	0	0
N-08	0	1	0	0	0	0	3.14	0.038434519	0	0
N-09	0	1	0	1	0	0	3.14	0.027722726	0	0
E-01	0	0	0	1	0	0	3.14	0.15191807	0	0
E-02	0	0	0	1	0	0	3.14	0.115722308	0	0
E-03	0	0	0	1	0	0	3.14	0.0597663	0	0
E-04	0	0	0	1	0	0	3.14	0.115722308	0	0
E-05	0	0	0	1	0	0	3.14	0.090774647	0	0
E-06	0	0	0	1	0	0	3.14	0.049847175	0	0
E-07	0	0	0	1	0	0	3.14	0.0597663	0	0
E-08	0	0	0	1	0	0	3.14	0.049847175	0	0
E-09	0	0	0	1	0	0	3.14	0.031272754	0	0
S-01	0	0	0	0	1	0	3.14	0.0597663	0	0
S-02	0	0	0	0	1	0	3.14	0.115722308	0	0
S-03	0	0	0	0	1	0	3.14	0.15191807	0	0
S-04	0	0	0	0	1	0	3.14	0.049847175	0	0
S-05	0	0	0	0	1	0	3.14	0.090774647	0	0
S-06	0	0	0	0	1	0	3.14	0.115722308	0	0
S-07	0	0	0	0	1	0	3.14	0.031272754	0	0
S-08	0	0	0	0	1	0	3.14	0.049847175	0	0
S-09	0	0	0	0	1	0	3.14	0.0597663	0	0
W-01	0	0	0	0	1	0	3.14	0.058873891	0	0
W-02	0	0	0	0	1	0	3.14	0.338356467	0	0
W-03	0	0	0	0	0	1	3.14	1.740839503	0	0
W-04	0	0	0	0	0	1	3.14	0.338356467	0	0
W-05	0	1	0	0	0	0	3.14	0.0597663	0	0
W-06	0	1	0	0	0	0	3.14	0.338356467	0	0
W-07	0	1	0	0	1	0	3.14	0.027722726	0	0
W-08	0	1	0	0	0	0	3.14	0.038434519	0	0
W-09	0	1	0	0	0	0	3.14	0.058873891	0	0
	1	19	1	19	19	1				
	0	0	0	0	0	0				
	0	0	0	0	0	0				

容積(W*D*H)	1/換算係数k
27	1

＜室内表面による計算＞シート



U-01	天	床	北	東	南	西	cosθ	r²	光源割合	換算照度	光度	光源位置	Ceiling	Floor	North	East	South	West
U-01	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-02	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-03	0	0	0	1	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-04	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-05	0	0	0	1	1	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-06	0	0	0	1	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-07	0	0	0	0	1	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-08	0	0	0	0	1	0	0.894	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-09												0	0	0	0	0	0	0
M-01												0	0	0	0	0	0	0
M-02												0	0	0	0	0	0	0
M-03	0	0	0	1	0	0	0.894	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M-04	0	1	0	0	1	0	0.707	2	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M-05	0	1	0	1	1	0	0.577	3	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M-06	0	0	0	1	0	0	0.816	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M-07	0	0	0	0	1	0	0.894	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M-08	0	0	0	0	1	0	0.816	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M-09	0	0	0	1	1	0	0.667	9	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-01	0	1	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-02	0	1	0	0	0	0	0.894	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-03	0	1	0	1	0	0	0.707	8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-04	0	1	0	0	0	0	0.894	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-05	0	1	0	0	0	0	0.816	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-06	0	1	0	1	0	0	0.667	9	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-07	0	1	0	0	1	0	0.707	8	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-08	0	1	0	0	1	0	0.667	9	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L-09	0	1	0	1	1	0	0.577	12	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												0	0	0	0	0	0	0

容積	1/係数k
27	1

＜単位キューブ体心の点光源による計算＞シート

基準キューブ名

光源位置決定フラグ
(1:ある, 0:ない)-->変数

U-01	天	床	北	東	南	西	r^2	cos θ	光源割合	換算照度	光度	光源位置	Ceiling	Floor	North	East	South	West
C-01	1	0	0	0	0	0	0.25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-02	0	0	0	1	0	0	1.25	0.894	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-03	0	0	0	1	0	0	4.25	0.97	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-04	0	0	0	0	1	0	1.25	0.894	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-05	0	0	0	1	1	0	2.25	0.667	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-06	0	0	0	0	0	0	0.25	0.98	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-07	0	0	0	0	0	0	0.25	0.98	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-08	0	0	0	0	0	0	0.25	0.98	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-09	0	0	0	1	1	0	8.25	0.696	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-01	0	1	0	0	0	0	6.25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-02	0	1	0	0	0	0	7.25	0.928	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-03	0	1	0	0	0	0	10.3	0.781	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-04	0	1	0	0	0	0	7.25	0.928	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-05	0	1	0	0	0	0	8.25	0.87	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-06	0	1	0	0	0	0	11.3	0.745	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-07	0	1	0	0	0	0	10.3	0.781	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-08	0	1	0	0	0	0	11.3	0.745	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F-09	0	1	0	0	0	0	14.3	0.662	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-01	0	0	1	0	0	0	0.25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-02	0	0	0	1	0	0	1.25	0.894	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-03	0	0	0	1	0	0	4.25	0.97	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-04	0	1	0	0	0	0	1.25	0.894	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-05	0	1	0	1	0	0	2.25	0.667	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-06	0	0	0	1	0	0	5.25	0.873	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-07	0	1	0	0	0	0	4.25	0.97	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-08	0	1	0	0	0	0	5.25	0.873	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N-09	0	1	0	1	0	0	8.25	0.696	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-01	0	0	0	1	0	0	6.25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-02	0	0	0	1	0	0	7.25	0.928	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-03	0	0	0	1	0	0	10.3	0.781	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-04	0	0	0	1	0	0	7.25	0.928	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-05	0	0	0	1	0	0	8.25	0.87	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-06	0	0	0	1	0	0	11.3	0.745	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-07	0	0	0	1	0	0	10.3	0.781	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-08	0	0	0	1	0	0	11.3	0.745	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E-09	0	0	0	1	0	0	14.3	0.662	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-01	0	0	0	0	1	0	10.3	0.781	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-02	0	0	0	0	1	0	7.25	0.928	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-03	0	0	0	0	1	0	6.25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-04	0	0	0	0	1	0	11.3	0.745	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-05	0	0	0	0	1	0	8.25	0.87	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-06	0	0	0	0	1	0	7.25	0.928	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-07	0	0	0	0	1	0	14.3	0.662	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-08	0	0	0	0	1	0	11.3	0.745	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S-09	0	0	0	0	1	0	10.3	0.781	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-01	0	0	0	0	1	0	4.25	0.97	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-02	0	0	0	0	1	0	1.25	0.894	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-03	0	0	0	0	0	1	0.25	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-04	0	0	0	0	1	0	5.25	0.873	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-05	0	1	0	0	1	0	2.25	0.667	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-06	0	1	0	0	0	0	1.25	0.894	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-07	0	1	0	0	1	0	8.25	0.696	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-08	0	1	0	0	0	0	5.25	0.873	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W-09	0	1	0	0	0	0	4.25	0.97	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													0	0	0	0	0	0

単位面名

×(乗算)

$\cos\theta \times (1/r^2) \times$光度×光源が見える割合×(1/k)＝換算照度

見える面チェックフラグ
(1:見える, 0:見えない)

容積	1/係数k
27	1

U-01～L-09
全27シート

算出された6方向の換算照

U-01に天井方向から入射する光量(換算照度)
＜見える面チェックフラグ×光源位置決定フラグ×換算照度＞の列方向総和

＜単位面面心の点光源による計算＞シート

(3) プログラムコード (VBA コード)

<<MainMenu VBA プログラム >>
<< 室内表面 VBA プログラム >>
<< 単位面面心 VBA プログラム >>
<< 単位キューブ体心 VBA プログラム >>

```
'-------------------------------------------------
'
'        <<MainMenu VBA プログラム >>
'
'-------------------------------------------------

' 室内表面による計算ブックを開く

Sub Menu1open()
    Workbooks.Open "室内表面 .xls"
End Sub

' 単位キューブ体心による計算ブックを開く

Sub Menu2open()
    Workbooks.Open "単位キューブ体心 .xls"
End Sub

' 単位面面心による計算ブックを開く

Sub Menu3open()
    Workbooks.Open "単位面面心 .xls"
End Sub

' 視覚的表現シートに移動

Sub Visualize()
    Sheets("VISUALIZATION").Select
End Sub

' メインメニューを終了する

Sub MainMenuClose()
    ActiveWorkbook.Close saveChanges:=False
End Sub

' メインメニューに戻る

Sub ReturnMenu()
    Sheets("メニュー").Select
End Sub

' 結果 1 を貼付け

Sub Result1()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets("結果 1").Select
    Range("C3").Select
    ActiveSheet.Paste
    Sheets("メニュー").Select
End Sub
```

```
' 結果２を貼付け

Sub Result2()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets("結果２").Select
    Range("C3").Select
    ActiveSheet.Paste
    Sheets("メニュー").Select
End Sub


' 結果３を貼付け

Sub Result3()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets("結果３").Select
    Range("C3").Select
    ActiveSheet.Paste
    Sheets("メニュー").Select
End Sub


' 集計結果移動

Sub ResultMove()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets("集計").Select
    Range("C3:H29").Select
    Selection.Copy
    Sheets("計算数表").Select
    Range("C3:H29").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
    Sheets("メニュー").Select
End Sub


' 密度の10段階表示

Sub CubeColor()
    Dim counter, size As Integer
    On Error Resume Next
    For counter = 1 To 27
        Application.ScreenUpdating = False
        Worksheets("計算数表").Select
        size = Cells(counter + 2, 11).Value
        Worksheets("VISUALIZATION").Select
        ActiveSheet.DrawingObjects("Cube" & counter).Select
        Select Case size
            Case 1
                Selection.Interior.Color = RGB(64, 64, 64)
            Case 2
                Selection.Interior.Color = RGB(85, 85, 85)
            Case 3
                Selection.Interior.Color = RGB(106, 106, 106)
            Case 4
                Selection.Interior.Color = RGB(128, 128, 128)
            Case 5
                Selection.Interior.Color = RGB(149, 149, 149)
            Case 6
                Selection.Interior.Color = RGB(170, 170, 170)
            Case 7
                Selection.Interior.Color = RGB(191, 191, 191)
            Case 8
                Selection.Interior.Color = RGB(213, 213, 213)
            Case 9
```



```
                Selection.Interior.Color = RGB(234, 234, 234)
            Case 10
                Selection.Interior.Color = RGB(255, 255, 255)
        End Select
        Application.ScreenUpdating = True
    Next counter
    Cells(1, 1).Select
End Sub


' 密度の10段階表示のクリア

Sub ColorClear()
    Dim counter As Integer
    On Error Resume Next
    Application.ScreenUpdating = False
    For counter = 1 To 27
        Worksheets("VISUALIZATION").Select
        ActiveSheet.DrawingObjects("Cube" & counter).Select
            With Selection.Interior
                .Pattern = xlSolid
                .ColorIndex = 20
            End With
    Next counter
    Cells(1, 1).Select
End Sub


' 方向性の10段階表示（キューブを構成する6面それぞれ）

Sub SurfColor()
    Dim tate, yoko, size As Integer
    On Error Resume Next
    For tate = 1 To 27
        Application.ScreenUpdating = False
        For yoko = 1 To 6
            Worksheets("計算数表").Select
            size = Cells(tate + 30, yoko + 2).Value
            Worksheets("VISUALIZATION").Select
            ActiveSheet.DrawingObjects(tate & "surf" & yoko).Select
            Select Case size
            Case 1
                Selection.Interior.Color = RGB(64, 64, 64)
            Case 2
                Selection.Interior.Color = RGB(85, 85, 85)
            Case 3
                Selection.Interior.Color = RGB(106, 106, 106)
            Case 4
                Selection.Interior.Color = RGB(128, 128, 128)
            Case 5
                Selection.Interior.Color = RGB(149, 149, 149)
            Case 6
                Selection.Interior.Color = RGB(170, 170, 170)
            Case 7
                Selection.Interior.Color = RGB(191, 191, 191)
            Case 8
                Selection.Interior.Color = RGB(213, 213, 213)
            Case 9
                Selection.Interior.Color = RGB(234, 234, 234)
            Case 10
                Selection.Interior.Color = RGB(255, 255, 255)
        End Select
        Next yoko
        Application.ScreenUpdating = True
Next tate
Cells(1, 1).Select
End Sub
```

```
' 方向性の10段階表示のクリア

Sub SurfaceClear()
    Dim tate, yoko As Integer
    On Error Resume Next
    Application.ScreenUpdating = False
    For tate = 1 To 27
        For yoko = 1 To 6
            Worksheets("VISUALIZATION").Select
            ActiveSheet.DrawingObjects(tate & "surf" & yoko).Select
                With Selection.Interior
                    .Pattern = xlSolid
                    .ColorIndex = 20
                End With
        Next yoko
    Next tate
    Cells(1, 1).Select
End Sub
```



```
'-------------------------------------------------
'
'       << 室内表面 VBA プログラム >>
'
'-------------------------------------------------

' データ入力開始

Sub DataInput()
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Sheets("U-01").Activate
    Range("X7").Select
End Sub


' データ入力終了

Sub DataInputEnd()
    Range("X7").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 輝度値クリア

Sub LuminanceClear()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("X7:X60").Select
    Selection.Value = 0
    Range("X7").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 結果集計

Sub TotalResult()
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim counter, i As Integer
    i = 3
    For counter = 1 To 9
        Sheets("U-0" & counter).Select
        Range("C24:H24").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
    For counter = 1 To 9
        Sheets("M-0" & counter).Select
        Range("C24:H24").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
```

```
    Next counter
    For counter = 1 To 9
        Sheets("L-0" & counter).Select
        Range("C24:H24").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
End Sub


'メニューに戻る（ブックの終了）

Sub ReturnMenu1()
    ActiveWorkbook.Close saveChanges:=False
End Sub


'データ入力シートに戻る

Sub ReturnDataInputsheet()
    Sheets("U-01").Select
End Sub


'空間大きさ初期化

Sub InitialScale()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("F19:H19").Select
    Selection.Value = 3
    Range("X7").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


'結果をクリップボードにコピー

Sub ResultCopy()
    Range("B3:G29").Select
    Selection.Copy
End Sub
```



```
'-------------------------------------------------
'
'       <<単位面面心 VBA プログラム>>
'
'-------------------------------------------------

'データ入力開始

Sub DataInput()
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("X7").Select
End Sub


'データ入力終了

Sub DataInputEnd()
    Sheets("U-01").Select
End Sub


'光源位置決定

Sub LightPositionFix()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 17).Range("A1").Select
    Selection.Value = 1
    ActiveCell.Offset(0, 2).Range("A1:F1").Select
    With Selection.Interior
        .ColorIndex = 34
        .Pattern = xlSolid
    End With
    ActiveCell.Offset(0, -19).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


'光源位置初期化

Sub InitialLightPosition()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("W16:W69").Select
    Selection.Value = 0
    Range("F15").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


'数値初期化

Sub InitialValue()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
```

```
        "L-09")).Select
    Range("Y72:AD72").Select   ' 数式のコピー元
    Selection.Copy
    Range("Y16:AD69").Select   ' 数式のコピー先
    ActiveSheet.Paste
    Range("F15").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 上段上配光

Sub UpperUp()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 19).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -19).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 上段下配光

Sub UpperDown()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 19).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset("0,-19").Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 中段上配光

Sub MiddleUp()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 19).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -19).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 中段下配光

Sub MiddleDown()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 19).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -19).Range("A1").Select
```



```
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 下段上配光

Sub LowerUp()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 19).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -19).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 下段下配光

Sub LowerDown()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 19).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -19).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 結果集計

Sub TotalResult()
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim counter, i As Integer
    i = 3
    For counter = 1 To 9
        Sheets("U-0" & counter).Select
        Range("Y13:AD13").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
    For counter = 1 To 9
        Sheets("M-0" & counter).Select
        Range("Y13:AD13").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
    For counter = 1 To 9
        Sheets("L-0" & counter).Select
        Range("Y13:AD13").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
```

```
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
End Sub

' メニューに戻る（ブックを閉じる）

Sub ReturnMenu3()
    ActiveWorkbook.Close saveChanges:=False
End Sub

' データ入力シートに戻る

Sub ReturnDataInputsheet()
    Sheets("U-01").Select
End Sub

' 結果をクリップボードにコピー

Sub ResultCopy()
    Range("B3:G29").Select
    Selection.Copy
End Sub

' 空間大きさ初期化

Sub InitialScale()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("B13:D13").Select
    Selection.Value = 3
    Range("F15").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub

' 光度初期化

Sub InitialLuminousIntensity()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("Q16:Q69").Select
    Selection.Value = 0
    Range("F15").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub
```



```
'-------------------------------------------------
'
'       <<単位キューブ体心 VBA プログラム>>
'
'-------------------------------------------------

' データ入力開始

Sub DataInput()
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Sheets("U-01").Activate
End Sub

' データ入力終了

Sub DataInputEnd()
    Sheets("U-01").Select
End Sub

' 光源位置初期化

Sub InitialLightPosition()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("AN3:AN29").Select
    Selection.Value = 0
    Range("E2").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub

' 光源位置決定

Sub LightPositonFix()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 35).Range("A1").Select
    Selection.Value = 1
    ActiveCell.Offset(0, 2).Range("A1:F1").Select
    With Selection.Interior
        .ColorIndex = 34
        .Pattern = xlSolid
    End With
    ActiveCell.Offset(0, -37).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub

' 上段上配光

Sub UpperUp()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
```

```
    ActiveCell.Offset(0, 37).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -37).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 上段下配光

Sub UpperDown()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 37).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -37).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 中段上配光

Sub MiddleUp()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 37).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -37).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 中段下配光

Sub MiddleDown()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 37).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -37).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 下段上配光

Sub LowerUp()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 37).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -37).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub
```



```
' 下段下配光

Sub LowerDown()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    ActiveCell.Offset(0, 37).Range("A1:F1").Select
    Selection.Value = 0
    ActiveCell.Range("A1").Select
    ActiveCell.Offset(0, -37).Range("A1").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 数値初期化

Sub InitialValue()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("AP37:AU37").Select   ' 数式のコピー元
    Selection.Copy
    Range("AP3:AU29").Select    ' 数式のコピー先
    ActiveSheet.Paste
    Range("E2").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 結果集計

Sub TotalResult()
    Application.ScreenUpdating = False
    Dim counter, i As Integer
    i = 3
    For counter = 1 To 9
        Sheets("U-0" & counter).Select
        Range("AP30:AU30").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
    For counter = 1 To 9
        Sheets("M-0" & counter).Select
        Range("AP30:AU30").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
    For counter = 1 To 9
        Sheets("L-0" & counter).Select
        Range("AP30:AU30").Select
        Selection.Copy
        Sheets("結果シート").Select
        Cells(i, 2).Select
        Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues
```

```
        Application.CutCopyMode = False
        i = i + 1
    Next counter
End Sub


' メニューに戻る（ブックを終了）

Sub ReturnMenu2()
    ActiveWorkbook.Close saveChanges:=False
End Sub


' データ入力シートに戻る

Sub ReturnDataInputsheet()
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 結果をクリップボードにコピー

Sub ResultCopy()
    Range("B3:G29").Select
    Selection.Copy
End Sub


' 空間大きさ初期化

Sub InitialScale()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("C27:C29").Select
    Selection.Value = 3
    Range("E2").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub


' 光度初期化

Sub InitialLuminousIntensity()
    Application.ScreenUpdating = False
    Sheets(Array("U-01", "U-02", "U-03", "U-04", "U-05", "U-06", "U-07", "U-08", _
        "U-09", "M-01", "M-02", "M-03", "M-04", "M-05", "M-06", "M-07", "M-08", _
        "M-09", "L-01", "L-02", "L-03", "L-04", "L-05", "L-06", "L-07", "L-08", _
        "L-09")).Select
    Range("AM3:AM29").Select
    Selection.Value = 0
    Range("E2").Select
    Sheets("U-01").Select
End Sub
```


資料3 仮想値によるシミュレーション結果

第4章で行った仮想値によるシミュレーション結果（空間A～D）を示す。

空間 A の試行結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	81.78	2.82	61.34	55.49	56.73	61.34	53.25
U-02	81.78	2.75	61.34	8.17	298.59	8.17	76.80
U-03	81.78	2.82	61.34	61.34	56.73	55.49	53.25
U-04	81.78	2.75	8.17	297.16	12.32	61.34	77.25
U-05	81.78	3.66	7.34	7.34	13.37	7.34	20.14
U-06	81.78	2.75	8.17	61.34	12.32	297.16	77.25
U-07	81.78	3.58	55.49	56.25	61.34	61.34	53.30
U-08	81.78	6.91	297.16	8.17	61.34	8.17	77.26
U-09	81.78	3.58	55.49	61.34	61.34	56.25	53.30
M-01	23.09	6.22	61.34	17.35	18.77	61.34	31.35
M-02	60.32	5.09	61.34	6.75	57.98	6.75	33.04
M-03	23.09	6.22	61.34	61.34	18.77	17.35	31.35
M-04	60.32	5.09	6.75	56.11	12.78	61.34	33.73
M-05	302.70	4.54	6.82	6.82	17.94	6.82	57.60
M-06	60.32	5.09	6.75	61.34	12.78	56.11	33.73
M-07	23.09	6.22	17.35	21.51	61.34	61.34	31.81
M-08	60.32	5.09	56.11	6.75	511.14	6.75	107.69
M-09	23.09	6.22	17.35	61.34	61.34	21.51	31.81
L-01	43.67	40.89	61.34	2.95	4.18	61.34	35.73
L-02	56.21	40.89	61.34	7.01	4.32	7.01	29.46
L-03	43.67	40.89	61.34	61.34	4.18	2.95	35.73
L-04	56.21	40.89	7.01	2.89	11.16	61.34	29.92
L-05	78.16	40.89	6.16	6.16	12.19	6.16	24.95
L-06	56.21	40.89	7.01	61.34	11.16	2.89	29.92
L-07	44.43	40.89	2.95	3.71	61.34	61.34	35.78
L-08	60.38	40.89	2.89	7.01	61.34	7.01	29.92
L-09	44.43	40.89	2.95	61.34	61.34	3.71	35.78

空間 B の試行結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	51.52	1.78	38.64	34.96	35.74	38.64	33.55
U-02	51.52	1.73	38.64	5.15	188.10	5.15	48.38
U-03	51.52	1.78	38.64	38.64	35.74	34.96	33.55
U-04	51.52	1.73	5.15	187.20	7.76	38.64	48.67
U-05	51.52	2.31	4.62	4.62	8.42	4.62	12.69
U-06	51.52	1.73	5.15	38.64	7.76	187.20	48.67
U-07	51.52	2.26	34.96	35.44	38.64	38.64	33.57
U-08	51.52	4.36	187.20	5.15	38.64	5.15	48.67
U-09	51.52	2.26	34.96	38.64	38.64	35.44	33.57
M-01	14.55	3.92	38.64	10.93	11.82	38.64	19.75
M-02	38.00	3.20	38.64	4.25	36.53	4.25	20.81
M-03	14.55	3.92	38.64	38.64	11.82	10.93	19.75
M-04	38.00	3.20	4.25	35.35	8.05	38.64	21.25
M-05	190.69	2.86	4.29	4.29	11.30	4.29	36.29
M-06	38.00	3.20	4.25	38.64	8.05	35.35	21.25
M-07	14.55	3.92	10.93	13.55	38.64	38.64	20.04
M-08	38.00	3.20	35.35	4.25	322.00	4.25	67.84
M-09	14.55	3.92	10.93	38.64	38.64	13.55	20.04
L-01	27.51	25.76	38.64	1.86	2.63	38.64	22.51
L-02	35.41	25.76	38.64	4.42	2.72	4.42	18.56
L-03	27.51	25.76	38.64	38.64	2.63	1.86	22.51
L-04	35.41	25.76	4.42	1.82	7.03	38.64	18.85
L-05	49.24	25.76	3.88	3.88	7.68	3.88	15.72
L-06	35.41	25.76	4.42	38.64	7.03	1.82	18.85
L-07	27.99	25.76	1.86	2.34	38.64	38.64	22.54
L-08	38.03	25.76	1.82	4.42	38.64	4.42	18.85
L-09	27.99	25.76	1.86	38.64	38.64	2.34	22.54

空間 C の試行結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	81.78	46.32	61.34	56.84	47.81	61.34	59.24
U-02	81.78	54.65	61.34	60.08	7.52	93.77	59.86
U-03	81.78	296.44	61.34	61.34	4.31	57.06	93.71
U-04	81.78	360.52	8.17	47.48	8.17	61.34	94.58
U-05	511.14	17.79	21.46	21.46	7.34	135.34	119.09
U-06	81.78	54.65	60.08	61.34	8.17	71.55	56.26
U-07	81.78	76.90	89.26	15.19	61.34	61.34	64.30
U-08	81.78	2.75	47.48	8.17	61.34	93.77	49.21
U-09	81.78	2.82	56.84	61.34	61.34	57.06	53.53
M-01	12.92	6.22	61.34	76.62	3.22	61.34	36.94
M-02	14.17	5.09	61.34	300.36	4.21	6.75	65.32
M-03	12.92	6.22	61.34	61.34	3.22	3.22	24.71
M-04	14.17	5.09	6.75	56.73	6.75	61.34	25.14
M-05	19.70	4.54	58.72	58.72	6.82	6.82	25.89
M-06	14.17	5.09	300.36	61.34	6.75	4.21	65.32
M-07	12.92	6.22	16.20	16.20	61.34	61.34	29.03
M-08	14.17	5.09	56.73	6.75	61.34	6.75	25.14
M-09	12.92	6.22	76.62	61.34	61.34	3.22	36.94
L-01	4.90	40.89	61.34	55.47	2.95	61.34	37.81
L-02	56.95	40.89	61.34	58.92	2.89	7.01	38.00
L-03	298.51	40.89	61.34	61.34	2.95	2.95	78.00
L-04	5.05	40.89	7.01	42.85	7.01	61.34	27.36
L-05	20.67	40.89	20.29	20.29	6.16	6.16	19.08
L-06	56.95	40.89	58.92	61.34	7.01	2.89	38.00
L-07	4.90	40.89	13.82	13.82	61.34	61.34	32.68
L-08	5.05	40.89	42.85	7.01	61.34	7.01	27.36
L-09	4.90	40.89	55.47	61.34	61.34	2.95	37.81

空間 D の試行結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	81.78	46.32	61.34	4.31	47.81	61.34	50.48
U-02	81.78	2.75	61.34	8.17	7.52	93.77	42.56
U-03	81.78	2.82	61.34	61.34	4.31	57.06	44.78
U-04	81.78	360.52	8.17	7.52	8.17	61.34	87.92
U-05	511.14	3.66	7.34	7.34	7.34	135.34	112.03
U-06	81.78	2.75	8.17	61.34	8.17	71.55	38.96
U-07	81.78	76.90	78.39	4.31	61.34	61.34	60.68
U-08	81.78	2.75	7.52	8.17	61.34	93.77	42.56
U-09	81.78	2.82	4.31	61.34	61.34	57.06	44.78
M-01	12.92	6.22	61.34	3.22	360.99	61.34	84.34
M-02	14.17	5.09	61.34	6.75	4.21	134.76	37.72
M-03	12.92	6.22	61.34	61.34	3.22	67.25	35.38
M-04	14.17	5.09	6.75	4.21	6.75	2061.34	349.72
M-05	19.70	4.54	6.82	6.82	6.82	229.04	45.62
M-06	14.17	5.09	6.75	61.34	6.75	84.21	29.72
M-07	12.92	6.22	360.99	3.22	61.34	61.34	84.34
M-08	14.17	5.09	4.21	6.75	61.34	134.76	37.72
M-09	12.92	6.22	3.22	61.34	61.34	67.25	35.38
L-01	78.97	40.89	61.34	55.47	77.02	61.34	62.50
L-02	56.95	40.89	61.34	58.92	2.89	92.62	52.27
L-03	298.51	40.89	61.34	61.34	2.95	55.70	86.79
L-04	362.82	40.89	7.01	42.85	7.01	61.34	86.99
L-05	20.67	40.89	20.29	20.29	6.16	134.17	40.41
L-06	56.95	40.89	58.92	61.34	7.01	66.93	48.67
L-07	78.97	40.89	87.90	13.82	61.34	61.34	57.38
L-08	5.05	40.89	42.85	7.01	61.34	92.62	41.63
L-09	4.90	40.89	55.47	61.34	61.34	55.70	46.61

資料４　実測値によるモデル適用結果および照度測定値

第5章において、実在の幾つかの空間を対象にキュービックモデルに必要なデータ（モデルデータ）の測定とモデル適用を行い、更にモデルの有効性を検討するための照度測定を実施した。

以下、各測定パターンごとに測定データおよびモデル適用結果を示す。

（１）＜A-1＞モデルデータ、＜A-1＞モデル適用結果、＜A-1＞照度データ

（２）＜A-2＞モデルデータ、＜A-2＞モデル適用結果

（３）＜A-3＞モデルデータ、＜A-3＞モデル適用結果

（４）＜B-1＞モデルデータ、＜B-1＞モデル適用結果、＜B-1＞照度データ

（５）＜B-2＞モデルデータ、＜B-2＞モデル適用結果

（６）＜C-1＞モデルデータ、＜C-1＞モデル適用結果、＜C-1＞照度データ

（７）＜D-1＞モデルデータ、＜D-1＞モデル適用結果、＜D-1＞照度データ

（８）＜D-2＞モデルデータ、＜D-2＞モデル適用結果

（９）＜D-3＞モデルデータ、＜D-3＞モデル適用結果

（１０）＜E-1＞モデルデータ、＜E-1＞モデル適用結果、＜E-1＞照度データ

（１１）＜F-1＞モデルデータ、＜F-1＞モデル適用結果

（1）＜A-1＞モデルデータ、＜A-1＞モデル適用結果、＜A-1＞照度データ

A-1 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	68.97	246.82	3100.00
	C-02	36.68		
	C-03	66.83	246.82	3100.00
	C-04	401.40	246.82	3100.00
	C-05	33.94		
	C-06	105.80	246.82	3100.00
	C-07	57.03	246.82	3100.00
	C-08	28.86		
	C-09	22.94	246.82	3100.00
下段	F-01	33.93		
	F-02	31.70		
	F-03	43.88		
	F-04	44.12		
	F-05	46.42		
	F-06	37.55		
	F-07	30.09		
	F-08	26.95		
	F-09	28.17		
上段	N-01	150.53		
	N-02	48.84		
	N-03	159.78		
中段	N-04	61.93		
	N-05	30.97		
	N-06	63.64		
下段	N-07	4.44		
	N-08	25.66		
	N-09	14.07		
上段	E-01	69.33		
	E-02	63.03		
	E-03	51.47		
中段	E-04	50.52		
	E-05	52.73		
	E-06	48.39		
下段	E-07	35.51		
	E-08	52.74		
	E-09	36.46		
上段	S-01	29.77		
	S-02	37.75		
	S-03	37.54		
中段	S-04	29.51		
	S-05	40.98		
	S-06	35.18		
下段	S-07	45.40		
	S-08	53.95		
	S-09	43.17		
上段	W-01	49.57		
	W-02	72.12		
	W-03	63.79		
中段	W-04	56.10		
	W-05	73.38		
	W-06	62.09		
下段	W-07	40.91		
	W-08	57.90		
	W-09	42.00		

A-1 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

A-1空間容積

Width	5.90
Depth	8.42
Height	2.70
Volume	134.13

A-1 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	380.34	1.48	90.00	38.71	87.30	38.14	106.00
U-02	21.93	1.23	29.20	219.34	156.86	220.15	108.12
U-03	1027.22	1.40	95.54	41.45	245.15	109.77	253.42
U-04	1227.27	1.40	182.44	140.05	179.87	43.12	295.69
U-05	20.29	1.48	77.97	254.10	75.42	258.33	114.60
U-06	1050.52	1.27	182.64	37.69	179.20	140.45	265.29
U-07	1021.36	1.35	247.59	109.17	22.45	29.64	238.59
U-08	17.26	1.27	157.44	216.41	22.57	217.98	105.49
U-09	1000.98	1.23	245.72	30.78	17.80	109.50	234.34
M-01	181.57	2.38	37.03	66.04	40.56	37.13	60.78
M-02	216.57	2.24	18.52	3.77	52.20	4.12	49.57
M-03	179.06	2.52	38.05	30.21	40.37	66.88	59.52
M-04	244.78	2.75	3.80	84.31	2.86	43.88	63.73
M-05	301.55	2.48	3.67	3.44	2.62	4.04	52.97
M-06	240.02	2.63	3.82	31.53	2.63	84.85	60.91
M-07	179.43	2.89	40.92	65.93	21.04	33.54	57.29
M-08	215.34	2.52	52.81	2.95	24.50	3.41	50.26
M-09	176.09	2.75	40.81	28.93	17.64	66.84	55.51
L-01	139.24	20.29	2.65	1.30	1.46	25.11	31.67
L-02	150.32	18.95	15.34	2.90	1.35	3.00	31.98
L-03	138.79	26.24	8.41	21.23	1.35	1.38	32.90
L-04	156.95	26.38	2.36	1.43	2.98	34.62	37.45
L-05	170.67	27.76	1.97	2.90	2.62	3.39	34.89
L-06	156.33	22.45	2.56	31.53	2.85	1.53	36.21
L-07	138.80	17.99	1.56	1.38	25.81	24.46	35.00
L-08	150.05	16.11	1.47	3.04	32.26	3.37	34.38
L-09	138.28	16.84	1.48	21.80	27.15	1.48	34.50

A-1 照度実測値

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	841.00	110.00	101.00	652.00	473.00	140.00	386.17
U-02	333.00	98.00	77.90	213.00	440.00	264.00	237.65
U-03	847.00	106.00	105.00	174.00	801.00	347.00	396.67
U-04	1070.00	144.00	485.00	895.00	285.00	182.00	510.17
U-05	287.00	123.00	321.00	339.00	266.00	340.00	279.33
U-06	1370.00	137.00	361.00	166.00	281.00	767.00	513.67
U-07	339.00	104.00	527.00	232.00	78.60	122.00	233.77
U-08	148.00	99.00	360.00	217.00	92.70	190.00	184.45
U-09	336.00	100.00	572.00	103.00	83.20	229.00	237.20
M-01	279.00	65.60	113.00	338.00	381.00	153.00	221.60
M-02	273.00	71.90	91.00	257.00	410.00	217.00	219.98
M-03	337.00	85.60	114.00	160.00	504.00	262.00	243.77
M-04	732.00	127.00	286.00	439.00	230.00	200.00	335.67
M-05	487.00	107.00	301.00	319.00	238.00	343.00	299.17
M-06	653.00	130.00	285.00	159.00	274.00	411.00	318.67
M-07	338.00	94.60	450.00	215.00	93.00	135.00	220.93
M-08	264.00	93.10	374.00	193.00	97.40	213.00	205.75
M-09	346.00	90.00	425.00	109.00	90.50	251.00	218.58
L-01	342.00	40.60	54.30	110.00	68.70	85.90	116.92
L-02	288.00	56.00	84.40	141.00	176.00	119.00	144.07
L-03	393.00	61.00	53.70	83.20	174.00	134.00	149.82
L-04	310.00	43.50	118.00	73.80	126.00	118.00	131.55
L-05	508.00	119.00	205.00	190.00	167.00	201.00	231.67
L-06	382.00	43.90	107.00	120.00	116.00	71.50	140.07
L-07	256.00	37.30	113.00	87.90	64.50	78.20	106.15
L-08	270.00	38.70	89.80	75.50	67.90	83.50	104.23
L-09	267.00	45.00	70.80	73.40	61.90	100.00	103.02

（2）＜A-2＞モデルデータ、＜A-2＞モデル適用結果

A-2 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	62.56	246.82	3100.00
	C-02	20.28		
	C-03	81.78	246.82	3100.00
	C-04	17.54		
	C-05	12.22		
	C-06	11.16		
	C-07	5.73		
	C-08	5.49		
	C-09	5.82		
下段	F-01	21.84		
	F-02	20.44		
	F-03	24.17		
	F-04	10.01		
	F-05	13.11		
	F-06	10.09		
	F-07	3.86		
	F-08	4.56		
	F-09	3.61		
上段	N-01	117.32		
	N-02	27.92		
	N-03	132.40		
中段	N-04	39.95		
	N-05	18.18		
	N-06	38.65		
下段	N-07	2.48		
	N-08	14.99		
	N-09	4.71		
上段	E-01	47.32		
	E-02	24.07		
	E-03	14.11		
中段	E-04	37.40		
	E-05	16.44		
	E-06	7.10		
下段	E-07	20.79		
	E-08	18.68		
	E-09	5.90		
上段	S-01	6.54		
	S-02	9.01		
	S-03	7.63		
中段	S-04	8.85		
	S-05	9.92		
	S-06	8.13		
下段	S-07	11.33		
	S-08	12.22		
	S-09	10.31		
上段	W-01	8.03		
	W-02	22.37		
	W-03	46.87		
中段	W-04	8.95		
	W-05	23.49		
	W-06	40.17		
下段	W-07	6.27		
	W-08	18.42		
	W-09	27.81		

A-2 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

A-2 空間容積

Width	5.90
Depth	8.42
Height	2.70
Volume	134.13

A-2 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	376.50	0.78	70.15	20.29	0.43	28.02	82.70
U-02	12.13	0.55	16.69	181.27	0.30	180.83	65.29
U-03	1036.16	0.75	79.17	28.29	0.40	57.27	200.34
U-04	10.49	0.47	181.00	41.80	0.57	13.38	41.29
U-05	7.31	0.50	76.64	38.09	0.50	38.14	26.86
U-06	6.67	0.43	181.52	14.39	0.64	41.79	40.91
U-07	3.43	0.33	67.94	10.85	4.56	4.80	15.32
U-08	3.28	0.36	83.31	0.83	5.39	0.80	15.66
U-09	3.48	0.31	67.94	8.44	3.91	10.85	15.82
M-01	113.65	1.23	23.89	32.38	0.35	24.02	32.59
M-02	128.96	1.08	10.87	2.23	0.32	2.35	24.30
M-03	114.14	1.20	23.11	22.36	0.32	32.39	32.25
M-04	64.63	0.89	2.58	26.39	0.59	14.05	18.19
M-05	85.89	0.82	2.50	1.37	0.63	1.50	15.45
M-06	64.72	0.90	2.65	9.83	0.59	26.32	17.50
M-07	0.67	0.58	40.18	7.95	4.86	5.35	9.93
M-08	0.56	0.53	52.21	0.76	5.93	0.78	10.13
M-09	0.69	0.59	40.17	4.25	5.29	7.97	9.83
L-01	59.49	13.06	1.48	0.68	0.36	16.63	15.28
L-02	64.22	12.22	8.96	1.48	0.30	1.59	14.79
L-03	59.49	14.45	2.82	12.43	0.36	0.70	15.04
L-04	48.80	5.98	1.50	0.57	0.59	11.01	11.41
L-05	53.50	7.84	1.17	1.03	0.59	1.16	10.88
L-06	48.78	6.03	1.45	11.17	0.60	0.59	11.44
L-07	30.71	2.31	0.76	0.39	6.16	3.75	7.35
L-08	33.20	2.73	0.85	0.68	7.31	0.73	7.58
L-09	30.71	2.16	0.76	3.53	6.77	0.40	7.39

（3）＜A-3＞モデルデータ、＜A-3＞モデル適用結果

A-3 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	11.30		
	C-02	9.94		
	C-03	10.70		
	C-04	30.86	246.82	3100.00
	C-05	14.48		
	C-06	41.38	246.82	3100.00
	C-07	9.90		
	C-08	7.79		
	C-09	10.21		
下段	F-01	9.04		
	F-02	8.34		
	F-03	7.17		
	F-04	22.77		
	F-05	24.65		
	F-06	18.59		
	F-07	8.01		
	F-08	6.61		
	F-09	6.51		
上段	N-01	21.30		
	N-02	17.10		
	N-03	18.10		
中段	N-04	17.90		
	N-05	8.59		
	N-06	16.07		
下段	N-07	1.33		
	N-08	7.64		
	N-09	5.02		
上段	E-01	14.06		
	E-02	25.78		
	E-03	16.59		
中段	E-04	11.81		
	E-05	23.35		
	E-06	12.85		
下段	E-07	8.78		
	E-08	23.01		
	E-09	10.85		
上段	S-01	8.57		
	S-02	12.66		
	S-03	11.52		
中段	S-04	10.29		
	S-05	13.47		
	S-06	10.51		
下段	S-07	13.44		
	S-08	16.09		
	S-09	13.59		
上段	W-01	18.34		
	W-02	31.46		
	W-03	14.23		
中段	W-04	15.87		
	W-05	40.26		
	W-06	14.91		
下段	W-07	11.31		
	W-08	26.26		
	W-09	12.62		

A-3 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

A-3 空間容積

Width	5.90
Depth	8.42
Height	2.70
Volume	134.13

A-3 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	6.76	0.47	12.73	14.58	61.31	8.51	17.39
U-02	5.94	0.42	10.22	37.82	73.58	38.03	27.67
U-03	6.39	0.41	10.82	8.41	177.26	41.58	40.81
U-04	1005.71	0.56	1.15	56.84	0.94	18.81	180.67
U-05	8.66	0.50	0.98	178.12	0.70	178.25	61.20
U-06	1012.00	0.45	1.06	15.41	0.86	56.90	181.12
U-07	5.92	0.45	177.29	41.48	6.89	10.97	40.50
U-08	4.66	0.46	73.60	37.71	7.57	37.93	26.99
U-09	6.10	0.40	177.29	9.92	5.12	41.54	40.06
M-01	64.46	0.85	10.70	25.79	0.54	8.92	18.54
M-02	85.61	0.77	5.14	1.04	0.48	1.32	15.73
M-03	64.48	0.77	9.61	7.06	0.43	25.84	18.03
M-04	111.00	1.13	0.89	32.17	0.87	24.07	28.36
M-05	127.52	0.97	0.82	1.18	0.83	1.58	22.15
M-06	111.08	0.99	0.81	13.96	0.80	32.26	26.65
M-07	64.32	1.00	0.56	25.82	6.28	9.49	17.91
M-08	85.46	0.88	0.48	1.02	8.05	1.27	16.19
M-09	64.34	0.92	0.45	7.68	6.15	25.87	17.57
L-01	48.51	5.40	0.80	0.39	0.58	7.55	10.54
L-02	52.61	4.98	4.57	0.85	0.48	1.05	10.76
L-03	48.47	4.29	3.00	5.25	0.51	0.45	10.33
L-04	58.95	13.61	0.67	0.50	0.87	15.70	15.05
L-05	63.90	14.74	0.54	1.07	0.78	1.38	13.74
L-06	58.85	11.12	0.62	13.76	0.83	0.57	14.29
L-07	48.46	4.79	0.55	0.44	8.13	6.76	11.52
L-08	52.61	3.95	0.44	0.99	9.62	1.18	11.47
L-09	48.43	3.89	0.49	6.49	8.04	0.50	11.31

（4）＜B-1＞モデルデータ、＜B-1＞モデル適用結果、＜B-1＞照度データ

B-1 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	47.05	191.08	2400.00
	C-02	47.79		
	C-03	51.12	191.08	2400.00
	C-04	59.41	191.08	2400.00
	C-05	2598.00		
	C-06	64.29		
	C-07	71.40	191.08	2400.00
	C-08	39.94		
	C-09	96.73	191.08	2400.00
下段	F-01	23.08		
	F-02	41.01		
	F-03	39.01		
	F-04	34.72		
	F-05	45.51		
	F-06	39.70		
	F-07	24.52		
	F-08	170.20		
	F-09	53.41		
上段	N-01	86.77		
	N-02	1077.62		
	N-03	42.12		
中段	N-04	70.20		
	N-05	68.43		
	N-06	73.24		
下段	N-07	64.18		
	N-08	71.52		
	N-09	57.79		
上段	E-01	80.51		
	E-02	87.53		
	E-03	158.48		
中段	E-04	64.52		
	E-05	213.95		
	E-06	562.55		
下段	E-07	29.19		
	E-08	207.55		
	E-09	35.48		
上段	S-01	165.60	65.29	820.00
	S-02	126.60		
	S-03	401.00	65.29	820.00
中段	S-04	110.10		
	S-05	976.40		
	S-06	366.80		
下段	S-07	51.10		
	S-08	110.10		
	S-09	73.30		
上段	W-01	130.20		
	W-02	38.13		
	W-03	38.60		
中段	W-04	109.40		
	W-05	49.71		
	W-06	23.94		
下段	W-07	24.21		
	W-08	38.08		
	W-09	19.09		

B-1 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06	65.29	820.00
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

B-1 空間容積

Width	3.97
Depth	3.51
Height	2.45
Volume	34.10

B-1 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	70.11	3.70	129.29	36.64	32.80	57.51	55.01
U-02	71.21	7.66	1605.66	16.58	71.36	9.29	296.96
U-03	76.17	15.10	62.75	119.96	45.28	26.16	57.57
U-04	88.52	4.51	33.86	62.27	78.32	56.81	54.05
U-05	3871.06	15.57	47.45	32.66	76.91	9.94	675.60
U-06	95.79	64.28	33.98	130.42	67.44	51.00	73.82
U-07	106.39	12.30	16.13	41.46	858.64	194.00	204.82
U-08	59.51	21.59	48.58	84.05	188.64	75.75	79.69
U-09	144.13	26.05	27.26	236.13	507.89	30.76	162.04
M-01	185.07	6.95	104.60	49.98	56.74	35.67	73.17
M-02	223.03	7.52	101.96	25.21	81.23	7.02	74.33
M-03	136.63	8.87	109.13	96.14	115.01	56.21	87.00
M-04	242.40	7.17	22.07	70.98	66.43	74.07	80.52
M-05	282.97	9.09	31.40	85.89	81.02	8.61	83.16
M-06	160.21	13.82	22.74	318.79	66.62	78.98	110.19
M-07	241.64	10.66	38.23	73.80	546.53	163.01	178.98
M-08	215.20	13.85	59.08	56.72	1454.85	33.03	305.45
M-09	186.68	12.58	96.97	838.21	164.05	79.37	229.64
L-01	109.46	34.39	95.63	14.67	19.16	28.44	50.29
L-02	116.43	61.10	106.57	17.13	26.35	6.65	55.70
L-03	108.83	58.12	86.11	43.49	31.85	3.89	55.38
L-04	139.67	51.73	8.70	20.58	30.59	56.74	51.34
L-05	157.46	67.81	9.84	32.51	37.75	6.26	51.94
L-06	182.58	59.15	9.69	309.25	28.06	8.36	99.51
L-07	134.82	36.54	6.16	24.08	109.22	36.07	57.82
L-08	150.39	253.60	9.23	29.08	164.05	10.94	102.88
L-09	136.19	79.58	19.21	52.86	76.14	12.70	62.78

B-1 照度測定値

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	1580.00	235.00	333.00	477.00	542.00	116.00	547.17
U-02	285.00	274.00	404.00	371.00	681.00	314.00	388.17
U-03	295.00	245.00	242.00	320.00	604.00	318.00	337.33
U-04	3040.00	453.00	153.00	209.00	692.00	595.00	857.00
U-05	4640.00	512.00	352.00	634.00	1010.00	823.00	1328.50
U-06	493.00	640.00	266.00	451.00	638.00	688.00	529.33
U-07	2420.00	513.00	355.00	954.00	490.00	301.00	838.83
U-08	519.00	1170.00	636.00	636.00	602.00	398.00	660.17
U-09	601.00	589.00	495.00	557.00	491.00	460.00	532.17
M-01	529.00	102.00	238.00	383.00	504.00	93.90	308.32
M-02	571.00	178.00	353.00	399.00	783.00	267.00	425.17
M-03	464.00	175.00	189.00	286.00	620.00	269.00	333.83
M-04	775.00	223.00	236.00	617.00	602.00	142.00	432.50
M-05	1270.00	424.00	313.00	685.00	1130.00	490.00	718.67
M-06	1240.00	333.00	270.00	1460.00	1220.00	698.00	870.17
M-07	715.00	240.00	359.00	1060.00	1160.00	282.00	636.00
M-08	860.00	1440.00	671.00	1350.00	1480.00	656.00	1076.17
M-09	1190.00	250.00	471.00	944.00	1170.00	1780.00	967.50
L-01	428.00	92.80	155.00	312.00	388.00	68.60	240.73
L-02	619.00	108.00	254.00	402.00	684.00	189.00	376.00
L-03	503.00	83.50	151.00	194.00	761.00	268.00	326.75
L-04	742.00	202.00	250.00	756.00	671.00	188.00	468.17
L-05	1160.00	256.00	403.00	719.00	1720.00	395.00	775.50
L-06	1110.00	188.00	315.00	572.00	1700.00	370.00	709.17
L-07	1750.00	170.00	380.00	1330.00	453.00	106.00	698.17
L-08	3130.00	1810.00	885.00	1500.00	2890.00	2970.00	2197.50
L-09	1760.00	624.00	529.00	431.00	2560.00	2780.00	1447.33

(5) <B-2>モデルデータ、<B-2>モデル適用結果

B-2 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	20.80		
	C-02	29.97		
	C-03	33.11		
	C-04	31.01		
	C-05	3033.00		
	C-06	43.82		
	C-07	43.43		
	C-08	25.31		
	C-09	50.93		
下段	F-01	7.00		
	F-02	27.11		
	F-03	19.35		
	F-04	14.01		
	F-05	55.15		
	F-06	21.02		
	F-07	7.23		
	F-08	48.71		
	F-09	33.46		
上段	N-01	25.95		
	N-02	38.65		
	N-03	45.08		
中段	N-04	30.22		
	N-05	7.27		
	N-06	44.88		
下段	N-07	19.72		
	N-08	8.97		
	N-09	28.98		
上段	E-01	37.55		
	E-02	63.51		
	E-03	55.03		
中段	E-04	39.87		
	E-05	244.70		
	E-06	43.76		
下段	E-07	22.66		
	E-08	54.56		
	E-09	7.42		
上段	S-01	57.99	65.29	820.00
	S-02	49.58		
	S-03	179.30	65.29	820.00
中段	S-04	42.76		
	S-05	52.21		
	S-06	32.86		
下段	S-07	24.71		
	S-08	34.18		
	S-09	16.12		
上段	W-01	108.60		
	W-02	36.23		
	W-03	13.90		
中段	W-04	39.10		
	W-05	12.86		
	W-06	7.26		
下段	W-07	3.73		
	W-08	7.66		
	W-09	5.44		

B-2 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06	65.29	820.00
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

B-2 空間容積

Width	3.97
Depth	3.51
Height	2.45
Volume	34.10

B-2 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	30.99	1.52	38.67	18.99	24.73	20.71	22.60
U-02	44.66	4.42	57.59	13.29	64.77	3.79	31.42
U-03	49.33	12.95	67.17	55.95	37.45	9.78	38.77
U-04	46.21	1.59	4.20	63.94	44.91	53.98	35.80
U-05	4519.21	12.12	5.15	21.83	43.28	5.94	767.92
U-06	65.29	61.07	6.82	94.63	38.46	52.61	53.15
U-07	64.71	2.27	9.78	34.21	528.31	161.82	133.52
U-08	37.71	5.17	46.32	61.91	73.87	61.53	47.75
U-09	75.89	13.22	21.15	82.00	347.55	25.82	94.27
M-01	45.77	2.98	45.03	13.41	15.87	10.82	22.31
M-02	65.29	3.60	10.83	20.72	28.18	2.66	21.88
M-03	48.28	4.89	66.87	59.41	74.86	1.44	42.62
M-04	65.49	3.12	3.09	25.89	25.75	19.16	23.75
M-05	116.16	5.06	4.18	70.42	30.86	3.88	38.43
M-06	67.08	5.77	5.46	364.61	23.75	10.01	79.45
M-07	102.36	3.43	1.68	25.07	48.96	58.26	39.96
M-08	86.51	5.45	12.27	30.55	77.79	16.24	38.14
M-09	96.79	5.40	61.26	65.20	63.71	13.66	51.00
L-01	14.35	10.43	29.38	10.74	10.38	8.11	13.90
L-02	19.34	40.39	13.37	11.25	14.56	1.97	16.81
L-03	25.69	28.82	43.18	33.76	21.56	1.43	25.74
L-04	27.45	20.88	2.45	16.12	3.81	11.41	13.69
L-05	47.05	82.17	3.38	19.35	5.82	1.81	26.60
L-06	86.49	31.32	4.43	81.30	5.50	4.29	35.55
L-07	33.32	10.77	1.40	14.31	24.02	5.56	14.90
L-08	42.31	72.58	4.89	11.05	50.93	2.51	30.71
L-09	43.73	49.86	12.94	11.06	36.82	5.29	26.62

（6）＜C-1＞モデルデータ、＜C-1＞モデル適用結果、＜C-1＞照度データ

C-1 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	12.15	461.78	5800.00
	C-02	13.28		
	C-03	13.19	461.78	5800.00
	C-04	14.01		
	C-05	2294.00		
	C-06	15.34		
	C-07	7.40	461.78	5800.00
	C-08	24.73		
	C-09	13.86	461.78	5800.00
下段	F-01	35.61		
	F-02	38.98		
	F-03	43.23		
	F-04	32.81		
	F-05	2.32		
	F-06	28.31		
	F-07	30.52		
	F-08	55.59		
	F-09	46.88		
上段	N-01	32.05		
	N-02	17.28		
	N-03	37.26		
中段	N-04	23.91		
	N-05	18.32		
	N-06	60.91		
下段	N-07	17.60		
	N-08	25.23		
	N-09	44.52		
上段	E-01	39.24		
	E-02	17.94		
	E-03	28.76		
中段	E-04	64.91		
	E-05	22.17		
	E-06	26.87		
下段	E-07	53.38		
	E-08	21.45		
	E-09	23.41		
上段	S-01	161.30		
	S-02	283.10		
	S-03	13.74		
中段	S-04	159.30		
	S-05	349.40		
	S-06	16.10		
下段	S-07	123.60		
	S-08	325.70		
	S-09	12.22		
上段	W-01	35.07		
	W-02	20.16		
	W-03	22.74		
中段	W-04	16.04		
	W-05	364.20		
	W-06	264.60		
下段	W-07	12.02		
	W-08	14.46		
	W-09	14.53		

C-1 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

C1 空間容積

Width	3.54
Depth	3.54
Height	2.45
Volume	30.62

C-1 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	1718.13	7.16	51.31	123.21	128.00	36.41	344.03
U-02	21.26	2.37	27.66	336.95	194.63	345.65	154.75
U-03	1868.25	3.79	59.64	62.82	138.39	135.47	378.06
U-04	22.43	9.96	336.26	191.15	345.33	32.27	156.23
U-05	3672.52	4.74	141.10	141.36	162.56	150.95	712.21
U-06	24.56	4.94	336.78	28.72	355.43	191.63	157.01
U-07	1858.98	4.54	134.27	139.11	22.00	56.14	369.17
U-08	39.59	8.38	191.26	341.05	453.22	339.25	228.79
U-09	1869.32	6.47	133.24	46.04	258.23	140.08	408.90
M-01	242.65	4.86	38.28	75.73	84.96	423.61	145.01
M-02	288.12	5.31	29.33	8.12	103.90	20.65	75.91
M-03	243.56	7.69	97.51	103.92	81.33	78.28	102.05
M-04	288.17	4.66	12.32	100.14	17.50	583.06	167.64
M-05	409.10	5.48	5.18	5.59	34.74	22.29	80.40
M-06	288.37	5.52	7.89	35.49	29.13	100.35	77.79
M-07	244.19	6.65	80.97	82.36	25.77	25.68	77.60
M-08	298.28	16.75	98.76	10.31	559.36	10.62	165.68
M-09	249.99	12.09	75.76	43.02	255.03	83.51	119.90
L-01	182.28	57.01	28.17	2.94	7.38	23.26	50.17
L-02	192.69	62.40	40.39	8.77	7.36	15.19	54.47
L-03	178.76	69.21	71.27	85.46	7.72	4.96	69.56
L-04	200.08	52.53	6.14	3.88	16.06	23.15	50.31
L-05	214.28	3.71	5.63	5.67	27.97	14.15	45.24
L-06	194.99	45.32	8.76	34.34	25.63	4.23	52.21
L-07	179.62	48.86	3.51	9.34	19.56	19.24	46.69
L-08	198.72	89.00	4.01	10.37	521.42	8.62	138.69
L-09	181.48	75.05	2.65	37.48	197.87	10.20	84.12

C-1 照度測定値

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	1540.00	176.00	237.00	289.00	358.00	248.00	474.67
U-02	80.00	145.00	75.40	128.00	246.00	183.00	142.90
U-03	2510.00	130.00	421.00	338.00	224.00	255.00	646.33
U-04	90.40	144.00	142.00	195.00	206.00	96.10	145.58
U-05	2390.00	129.00	474.00	322.00	649.00	419.00	730.50
U-06	95.90	122.00	123.00	65.50	207.00	207.00	136.73
U-07	1970.00	118.00	203.00	304.00	215.00	203.00	502.17
U-08	107.00	216.00	179.00	186.00	328.00	189.00	200.83
U-09	1490.00	166.00	243.00	348.00	333.00	346.00	487.67
M-01	326.00	90.90	107.00	130.00	204.00	250.00	184.65
M-02	202.00	84.00	78.90	150.00	202.00	192.00	151.48
M-03	342.00	86.20	126.00	121.00	171.00	166.00	168.70
M-04	227.00	98.10	163.00	195.00	163.00	157.00	167.18
M-05	439.00	71.40	138.00	193.00	306.00	222.00	228.23
M-06	251.00	77.10	157.00	78.50	313.00	234.00	185.10
M-07	341.00	68.20	115.00	260.00	167.00	61.90	168.85
M-08	292.00	189.00	179.00	273.00	667.00	265.00	310.83
M-09	353.00	106.00	147.00	118.00	381.00	295.00	233.33
L-01	287.00	82.40	98.40	145.00	188.00	138.00	156.47
L-02	266.00	89.20	92.10	141.00	223.00	179.00	165.05
L-03	239.00	100.00	121.00	111.00	177.00	175.00	153.83
L-04	229.00	81.20	128.00	179.00	193.00	130.00	156.70
L-05	328.00	26.70	106.00	136.00	293.00	134.00	170.62
L-06	211.00	86.10	114.00	74.20	254.00	207.00	157.72
L-07	213.00	75.40	118.00	211.00	80.30	38.30	122.67
L-08	389.00	174.00	117.00	226.00	531.00	187.00	270.67
L-09	268.00	116.00	122.00	86.50	310.00	239.00	190.25

(7) <D-1>モデルデータ、<D-1>モデル適用結果、<D-1>照度データ

D-1 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	2.20		
	C-02	1.80		
	C-03	1.50		
	C-04	6.35		
	C-05	6.09		
	C-06	2.08		
	C-07	4.02		
	C-08	3.77		
	C-09	2.76		
下段	F-01	5.28		
	F-02	5.03		
	F-03	7.61		
	F-04	32.22		
	F-05	17.27		
	F-06	7.61		
	F-07	9.50		
	F-08	43.96		
	F-09	16.66		
上段	N-01	3.85		
	N-02	4.79		
	N-03	1.65		
中段	N-04	3.36		
	N-05	8.72		
	N-06	3.13		
下段	N-07	2.39		
	N-08	2.55		
	N-09	5.65		
上段	E-01	0.71		
	E-02	1.80		
	E-03	1.20		
中段	E-04	13.41		
	E-05	18.50		
	E-06	9.02		
下段	E-07	18.23		
	E-08	21.17		
	E-09	27.48		
上段	S-01	2.15		
	S-02	1.10		
	S-03	4.37		
中段	S-04	30.36		
	S-05	646.20		
	S-06	9.31		
下段	S-07	17.49		
	S-08	397.45		
	S-09	15.51		
上段	W-01	5.51		
	W-02	1.27		
	W-03	5.60		
中段	W-04	10.84		
	W-05	2858.00		
	W-06	113.75		
下段	W-07	29.81		
	W-08	216.80		
	W-09	100.98		

D-1 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

D-1 空間容積

Width	4.48
Depth	3.54
Height	2.72
Volume	43.14

D-1 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	2.80	8.69	4.90	0.41	9.54	7.13	5.58
U-02	2.29	2.16	6.10	0.66	3.91	36.19	8.55
U-03	1.91	0.76	2.10	0.90	3.43	11.41	3.42
U-04	8.09	37.27	1.23	0.58	8.31	1.62	9.52
U-05	7.76	3.43	0.53	0.72	11.73	50.53	12.45
U-06	2.65	3.03	0.46	2.29	8.45	12.85	4.96
U-07	5.12	9.47	6.66	1.82	5.57	7.02	5.94
U-08	4.80	10.62	0.99	0.78	1.40	34.32	8.82
U-09	3.52	3.20	0.26	1.53	2.74	12.44	3.95
M-01	0.63	5.42	4.28	0.58	38.58	144.89	32.40
M-02	0.47	1.20	11.11	1.42	6.01	56.60	12.80
M-03	0.31	1.58	3.99	17.08	4.79	13.70	6.91
M-04	0.55	8.63	4.05	0.84	16.28	3640.52	611.81
M-05	0.54	2.47	0.65	1.85	28.25	97.35	21.85
M-06	0.36	2.25	0.90	23.57	16.86	17.35	10.21
M-07	0.73	6.54	34.68	8.96	11.86	13.81	12.76
M-08	0.49	13.62	1.26	2.25	823.13	52.36	148.85
M-09	0.40	5.31	0.50	11.49	38.67	21.52	12.98
L-01	7.82	6.73	3.04	0.63	13.89	128.62	26.79
L-02	0.27	6.41	3.25	1.99	5.65	43.90	10.24
L-03	0.38	9.69	7.20	23.22	4.98	12.41	9.65
L-04	34.12	41.04	4.19	1.04	17.44	276.16	62.33
L-05	0.28	22.00	0.63	2.32	25.86	60.11	18.53
L-06	0.41	9.69	1.31	26.97	18.06	14.12	11.76
L-07	7.93	12.10	9.96	7.76	19.76	37.97	15.91
L-08	7.85	56.00	1.43	3.02	506.27	39.96	102.42
L-09	2.05	21.22	0.66	35.00	22.28	18.96	16.70

D-1 照度測定値

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	7.20	28.00	8.40	19.30	40.00	18.50	20.23
U-02	7.00	45.00	12.50	18.00	72.10	42.00	32.77
U-03	6.30	31.30	9.40	10.00	45.20	36.00	23.03
U-04	7.50	54.50	16.60	26.00	34.20	29.50	28.05
U-05	14.50	63.00	22.00	30.50	80.00	70.30	46.72
U-06	6.80	43.30	14.70	11.60	35.20	46.90	26.42
U-07	7.20	29.50	17.90	20.00	22.20	22.10	19.82
U-08	7.50	54.50	22.30	19.40	38.20	40.00	30.32
U-09	6.70	35.00	16.50	9.30	14.40	38.30	20.03
M-01	9.00	34.80	8.58	37.00	73.00	46.20	34.76
M-02	12.00	42.50	12.00	37.70	116.00	53.20	45.57
M-03	8.40	38.10	18.60	39.10	71.10	60.20	39.25
M-04	16.80	82.60	52.10	34.20	100.00	230.00	85.95
M-05	13.60	67.20	29.00	37.30	135.00	172.00	75.68
M-06	11.50	51.00	45.50	47.00	80.20	129.00	60.70
M-07	9.10	47.20	45.90	40.80	35.90	82.00	43.48
M-08	13.40	74.00	38.00	60.30	174.00	140.00	83.28
M-09	11.70	38.00	57.10	50.20	55.40	99.10	51.92
L-01	40.50	45.10	12.10	29.70	60.40	57.40	40.87
L-02	31.30	39.80	9.30	32.90	136.00	126.00	62.55
L-03	28.50	32.30	19.40	42.00	75.70	98.00	49.32
L-04	140.00	87.10	87.50	36.00	87.40	428.00	144.33
L-05	53.20	69.30	40.20	47.70	185.00	234.00	104.90
L-06	47.70	50.70	36.00	50.30	61.00	140.00	64.28
L-07	25.30	29.40	49.10	33.70	25.40	58.60	36.92
L-08	73.80	69.80	45.60	68.50	280.00	153.00	115.12
L-09	40.90	43.30	42.40	39.30	37.50	112.00	52.57

（8）＜D-2＞モデルデータ、＜D-2＞モデル適用結果

D-2 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	1.47		
	C-02	1.80		
	C-03	1.31		
	C-04	4.61		
	C-05	2.96		
	C-06	2.31		
	C-07	2.53		
	C-08	2.30		
	C-09	1.69		
下段	F-01	2.54		
	F-02	3.42		
	F-03	4.95		
	F-04	25.56		
	F-05	11.53		
	F-06	6.04		
	F-07	5.67		
	F-08	11.52		
	F-09	2.91		
上段	N-01	3.53		
	N-02	4.68		
	N-03	1.01		
中段	N-04	2.41		
	N-05	7.28		
	N-06	3.39		
下段	N-07	1.96		
	N-08	2.40		
	N-09	4.90		
上段	E-01	0.44		
	E-02	1.85		
	E-03	1.21		
中段	E-04	9.10		
	E-05	10.68		
	E-06	10.84		
下段	E-07	13.60		
	E-08	19.96		
	E-09	22.06		
上段	S-01	3.42		
	S-02	3.91		
	S-03	3.24		
中段	S-04	5.57		
	S-05	232.70		
	S-06	5.59		
下段	S-07	10.82		
	S-08	132.25		
	S-09	9.92		
上段	W-01	4.47		
	W-02	3.43		
	W-03	5.20		
中段	W-04	7.93		
	W-05	2144.00		
	W-06	70.22		
下段	W-07	13.07		
	W-08	72.55		
	W-09	22.01		

D-2 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05	133.76	1680.00
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

D-2 空間容積

Width	4.48
Depth	3.54
Height	2.72
Volume	43.14

D-2 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	1.87	6.00	4.50	17.64	23.25	6.62	9.98
U-02	2.29	0.95	5.96	0.45	99.40	26.96	22.67
U-03	1.67	0.50	1.29	0.56	18.62	25.52	8.03
U-04	5.87	26.67	0.92	98.22	3.30	4.37	23.23
U-05	3.77	1.43	0.47	0.55	4.41	37.84	8.08
U-06	2.94	1.25	0.39	2.36	3.19	107.16	19.55
U-07	3.22	5.95	22.27	18.15	4.13	5.69	9.90
U-08	2.93	3.94	98.50	0.61	4.98	25.78	22.79
U-09	2.15	1.28	17.52	1.54	4.36	25.84	8.78
M-01	5.23	1.91	3.07	5.17	31.76	89.44	22.76
M-02	17.68	0.86	9.27	1.06	19.59	40.17	14.77
M-03	4.95	1.18	4.32	11.59	6.51	14.41	7.16
M-04	17.75	3.45	2.42	17.86	6.09	2731.03	463.10
M-05	98.23	1.33	0.57	1.44	10.13	70.63	30.39
M-06	17.58	1.39	0.72	13.60	6.22	29.68	11.53
M-07	5.24	2.80	30.46	8.11	7.12	10.10	10.64
M-08	17.71	4.77	17.93	1.37	296.41	38.16	62.72
M-09	5.06	2.37	5.07	13.81	7.10	17.12	8.42
L-01	18.99	3.24	2.50	0.48	7.53	28.04	10.13
L-02	17.73	4.36	3.06	1.52	2.21	28.97	9.64
L-03	13.60	6.31	6.24	17.32	2.03	8.51	9.00
L-04	43.10	32.56	1.38	0.64	6.41	92.41	29.42
L-05	24.71	14.69	0.51	1.83	8.96	41.05	15.29
L-06	17.81	7.69	1.01	25.43	6.65	9.75	11.39
L-07	18.71	7.22	6.18	2.81	12.64	16.65	10.70
L-08	20.41	14.67	0.84	1.98	168.45	27.82	39.03
L-09	14.14	3.71	0.55	28.10	13.78	10.62	11.82

(9) <D-3>モデルデータ、<D-3>モデル適用結果

D-3 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	1.04		
	C-02	1.24		
	C-03	0.82		
	C-04	1.73		
	C-05	2.96		
	C-06	0.90		
	C-07	2.02		
	C-08	1.61		
	C-09	0.91		
下段	F-01	3.05		
	F-02	2.27		
	F-03	2.37		
	F-04	4.89		
	F-05	4.45		
	F-06	2.57		
	F-07	4.73		
	F-08	4.27		
	F-09	3.81		
上段	N-01	2.95		
	N-02	3.63		
	N-03	0.52		
中段	N-04	1.90		
	N-05	3.57		
	N-06	2.54		
下段	N-07	1.59		
	N-08	1.63		
	N-09	1.34		
上段	E-01	0.45		
	E-02	1.84		
	E-03	1.21		
中段	E-04	4.90		
	E-05	7.02		
	E-06	6.69		
下段	E-07	4.67		
	E-08	5.92		
	E-09	4.85		
上段	S-01	5.25		
	S-02	2.86		
	S-03	4.39		
中段	S-04	5.09		
	S-05	3.16		
	S-06	13.31		
下段	S-07	18.11		
	S-08	39.64		
	S-09	27.61		
上段	W-01	2.50		
	W-02	2.93		
	W-03	5.40		
中段	W-04	16.12		
	W-05	29.06		
	W-06	21.49		
下段	W-07	16.93		
	W-08	61.88		
	W-09	54.12		

D-3 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05	133.76	1680.00
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

D-3 空間容積

Width	4.48
Depth	3.54
Height	2.72
Volume	43.14

D-3 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	1.32	0.71	3.76	17.49	17.78	6.88	7.99
U-02	1.58	0.69	4.62	0.29	98.35	1.14	17.78
U-03	1.04	0.24	0.66	0.57	17.65	17.94	6.35
U-04	2.20	1.06	0.57	98.10	0.73	3.73	17.73
U-05	3.77	1.10	0.32	0.36	0.56	1.18	1.22
U-06	1.15	0.52	0.25	2.34	0.48	98.57	17.22
U-07	2.57	0.89	17.61	17.52	5.59	3.18	7.90
U-08	2.05	0.78	98.18	0.51	3.64	1.07	17.71
U-09	1.16	0.43	17.44	1.54	6.69	17.92	7.53
M-01	5.13	2.35	2.42	4.92	5.69	27.37	7.98
M-02	17.57	0.38	4.55	0.52	18.01	2.94	7.33
M-03	4.87	0.45	3.24	6.24	5.23	5.56	4.27
M-04	17.61	2.46	1.11	17.66	1.99	37.02	12.97
M-05	98.11	0.52	0.34	0.67	1.72	3.49	17.48
M-06	17.50	0.54	0.39	8.94	1.27	18.43	7.84
M-07	5.12	2.29	5.40	5.04	16.95	20.53	9.22
M-08	17.60	1.73	17.84	0.76	4.03	2.52	7.41
M-09	5.05	1.26	4.92	8.52	6.48	5.59	5.30
L-01	13.77	3.89	2.03	0.22	1.51	68.94	15.06
L-02	17.66	2.89	2.08	0.60	0.76	4.04	4.67
L-03	13.49	3.02	1.71	5.95	0.61	0.98	4.29
L-04	18.05	6.23	2.06	0.32	2.81	78.82	18.05
L-05	24.67	5.67	0.30	0.69	2.43	4.22	6.33
L-06	17.72	3.27	0.42	7.54	1.86	1.12	5.32
L-07	13.85	6.03	1.17	0.79	35.17	21.57	13.10
L-08	17.69	5.44	0.44	1.21	50.49	3.53	13.13
L-09	13.56	4.85	0.22	6.18	23.07	1.43	8.22

（１０）＜E-1＞モデルデータ、＜E-1＞モデル適用結果、＜E-1＞照度データ

E-1 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	28.52		
	C-02	39.99		
	C-03	33.07		
	C-04	40.51		
	C-05	60.43		
	C-06	35.73		
	C-07	46.24		
	C-08	57.67		
	C-09	26.70		
下段	F-01	7.99		
	F-02	9.29		
	F-03	7.98		
	F-04	10.51		
	F-05	7.78		
	F-06	10.78		
	F-07	8.89		
	F-08	25.23		
	F-09	8.69		
上段	N-01	34.94		
	N-02	43.53		
	N-03	23.81		
中段	N-04	38.13		
	N-05	45.72		
	N-06	39.09		
下段	N-07	54.39		
	N-08	40.32		
	N-09	29.04		
上段	E-01	26.34		
	E-02	20.04		
	E-03	19.47		
中段	E-04	406.59		
	E-05	91.88		
	E-06	46.76		
下段	E-07	23.35		
	E-08	27.44		
	E-09	20.04		
上段	S-01	19.68		
	S-02	218.19		
	S-03	27.43		
中段	S-04	75.37		
	S-05	334.74		
	S-06	153.01		
下段	S-07	43.13		
	S-08	63.74		
	S-09	28.32		
上段	W-01	34.02		
	W-02	36.53		
	W-03	31.81		
中段	W-04	38.50		
	W-05	145.30		
	W-06	32.52		
下段	W-07	36.14		
	W-08	41.57		
	W-09	31.94		

E-1 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05	314.49	3950.00
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

E-1 空間容積

Width	7.28
Depth	5.46
Height	3.30
Volume	131.17

E-1 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	17.31	0.95	21.20	21.41	21.88	19.31	17.01
U-02	24.27	0.82	26.42	5.88	112.20	3.11	28.78
U-03	20.07	3.18	14.45	15.99	21.57	20.83	16.01
U-04	24.59	1.51	2.66	111.57	7.15	22.17	28.27
U-05	36.67	1.07	2.54	4.27	8.43	3.31	9.38
U-06	21.68	1.52	3.37	12.16	5.83	111.45	26.00
U-07	28.06	2.02	20.74	22.48	16.65	20.65	18.43
U-08	35.00	2.63	111.87	2.41	132.41	3.63	47.99
U-09	16.20	1.51	20.78	11.81	11.94	22.40	14.11
M-01	8.01	1.83	23.14	7.31	8.22	19.74	11.38
M-02	22.05	1.15	27.75	8.12	22.11	3.27	14.07
M-03	7.76	1.30	23.72	246.75	7.75	6.59	48.98
M-04	22.20	1.22	2.65	21.40	7.53	88.18	23.86
M-05	112.63	0.74	2.70	5.90	9.76	4.06	22.63
M-06	21.74	0.99	7.24	55.76	6.46	21.15	18.89
M-07	8.82	1.73	6.98	8.59	92.86	23.37	23.72
M-08	24.67	1.68	21.12	3.13	203.15	4.84	43.10
M-09	8.07	1.67	6.98	28.38	45.74	8.52	16.56
L-01	16.25	4.85	33.01	1.72	2.05	19.38	12.88
L-02	20.82	5.64	24.47	5.55	1.94	3.07	10.25
L-03	18.48	4.84	17.62	14.17	1.82	1.14	9.68
L-04	21.92	6.38	2.58	1.56	5.15	25.23	10.47
L-05	29.06	4.72	2.20	3.94	5.76	2.89	8.09
L-06	21.91	6.54	2.95	16.65	4.47	1.42	8.99
L-07	17.46	5.40	1.13	1.85	17.18	21.93	10.82
L-08	22.78	15.31	1.84	2.50	38.68	3.10	14.04
L-09	16.90	5.27	1.19	12.16	26.17	1.74	10.57

E-1 照度測定値

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	96.00	88.50	100.00	122.00	159.00	107.00	112.08
U-02	118.00	89.00	111.00	104.00	204.00	119.00	124.17
U-03	82.80	79.70	73.20	83.60	112.00	132.00	93.88
U-04	116.00	94.20	99.00	165.00	181.00	102.00	126.20
U-05	162.00	295.00	149.00	166.00	274.00	199.00	207.50
U-06	98.90	92.30	91.60	94.20	116.00	164.00	109.50
U-07	112.00	151.00	112.00	159.00	205.00	99.00	139.67
U-08	156.00	243.00	208.00	119.00	279.00	239.00	207.33
U-09	79.40	89.20	110.00	77.20	78.80	130.00	94.10
M-01	113.00	73.10	100.00	114.00	140.00	76.10	102.70
M-02	156.00	53.10	110.00	92.40	204.00	104.00	119.92
M-03	110.00	57.30	99.50	150.00	131.00	116.00	110.63
M-04	152.00	62.50	96.70	165.00	198.00	122.00	132.70
M-05	453.00	53.50	220.00	231.00	309.00	222.00	248.08
M-06	127.00	54.80	110.00	132.00	120.00	143.00	114.47
M-07	157.00	106.00	110.00	198.00	434.00	140.00	190.83
M-08	296.00	94.40	189.00	113.00	461.00	293.00	241.07
M-09	106.00	55.80	119.00	121.00	172.00	141.00	119.13
L-01	153.00	45.90	97.90	147.00	235.00	92.40	128.53
L-02	130.00	29.70	70.40	96.00	80.90	83.00	81.67
L-03	139.00	30.30	77.00	124.00	133.00	108.00	101.88
L-04	192.00	49.90	83.60	128.00	288.00	145.00	147.75
L-05	6.08	20.30	22.20	18.70	27.70	77.60	28.76
L-06	190.00	28.70	100.00	103.00	162.00	155.00	123.12
L-07	347.00	45.50	102.00	155.00	563.00	168.00	230.08
L-08	664.00	59.00	129.00	127.00	1540.00	235.00	459.00
L-09	177.00	27.30	107.00	107.00	191.00	125.00	122.38

（１１）＜F-1＞モデルデータ、＜F-1＞モデル適用結果

F-1 面の輝度・面上点光源の光度

	U-01	輝度	光度	光束
上段	C-01	3.58		
	C-02	0.85		
	C-03	0.63		
	C-04	4.98		
	C-05	11.00		
	C-06	8.05		
	C-07	7.11		
	C-08	10.97		
	C-09	6.06		
下段	F-01	16.65		
	F-02	36.99		
	F-03	78.57		
	F-04	24.93		
	F-05	18.81		
	F-06	83.33		
	F-07	26.30		
	F-08	212.22		
	F-09	49.62		
上段	N-01	15.62		
	N-02	23.51		
	N-03	20.92		
中段	N-04	18.94		
	N-05	26.16		
	N-06	25.76		
下段	N-07	100.90		
	N-08	61.65		
	N-09	39.27		
上段	E-01	8.79		
	E-02	36.25		
	E-03	31.78		
中段	E-04	91.79		
	E-05	338.77		
	E-06	111.57		
下段	E-07	38.58		
	E-08	219.33		
	E-09	102.60		
上段	S-01	35.72		
	S-02	42.49		
	S-03	29.57		
中段	S-04	299.75		
	S-05	1701.00		
	S-06	60.12		
下段	S-07	389.70		
	S-08	287.60		
	S-09	102.05		
上段	W-01	9.70		
	W-02	19.68		
	W-03	8.86		
中段	W-04	98.26		
	W-05	356.34		
	W-06	18.45		
下段	W-07	99.73		
	W-08	22.24		
	W-09	23.42		

F-1 中空点光源の光度

U-01	光度	光束
U-01		
U-02		
U-03		
U-04		
U-05		
U-06		
U-07		
U-08		
U-09		
M-01		
M-02		
M-03		
M-04		
M-05		
M-06		
M-07		
M-08		
M-09		
L-01		
L-02		
L-03		
L-04		
L-05		
L-06		
L-07		
L-08		
L-09		

F-1 空間容積

Width	5.35
Depth	5.22
Height	3.10
Volume	86.57

F-1 モデル適用結果

	Ceiling	Floor	North	East	South	West	平均値
U-01	2.87	1.99	12.51	2.06	6.23	7.09	5.46
U-02	0.68	2.42	18.82	4.77	7.22	3.74	6.28
U-03	0.50	3.03	16.75	7.04	7.01	1.56	5.98
U-04	3.99	5.57	1.36	3.39	15.12	15.76	7.53
U-05	8.81	5.30	1.46	6.28	22.38	5.29	8.25
U-06	6.44	6.35	1.73	29.02	18.61	1.94	10.68
U-07	5.69	6.03	1.29	5.20	23.67	7.77	8.28
U-08	8.78	16.31	1.08	6.79	34.02	5.19	12.03
U-09	4.85	8.68	1.49	25.44	28.59	4.31	12.23
M-01	0.85	3.94	15.16	2.93	10.09	14.77	7.96
M-02	0.78	4.13	20.94	8.25	10.36	5.47	8.32
M-03	0.97	5.76	20.62	73.48	11.20	1.94	19.00
M-04	0.80	3.53	2.88	5.43	25.03	285.28	53.82
M-05	0.60	5.33	3.07	12.82	44.73	9.69	12.71
M-06	1.17	9.06	3.72	271.21	33.23	3.06	53.57
M-07	1.40	8.51	3.63	16.43	48.13	78.67	26.13
M-08	1.48	12.30	1.62	15.36	1361.80	8.63	233.53
M-09	2.01	16.01	3.87	89.32	239.98	15.01	61.03
L-01	1.01	13.33	80.78	3.31	7.53	18.75	20.79
L-02	0.64	29.61	49.36	9.76	9.02	6.07	17.41
L-03	1.67	62.90	31.44	30.89	10.68	2.39	23.33
L-04	3.26	19.96	4.37	4.93	22.47	17.81	12.13
L-05	0.88	15.06	4.21	12.63	35.47	6.90	12.53
L-06	3.29	66.71	4.81	175.59	32.32	2.70	47.57
L-07	4.34	21.06	1.87	9.79	81.70	79.84	33.10
L-08	13.55	169.90	1.67	18.55	230.25	9.07	73.83
L-09	6.44	39.72	3.95	82.14	311.99	8.30	75.42