

## 現実の居室での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3

AN EXPERIMENT EVALUATING THE MODELLING OF A FACE  
IN AN ACTUAL SETTING

Modelling of human face at a window Part 3

村上泰浩\*, 小林朝人\*\*, 矢野 隆\*\*\*

Yasuhiro MURAKAMI, Asato KOBAYASHI and Takashi YANO

In a room with only natural light from single large window, the impression of modeling of the human face at that window varies with relationship between the positions of the window, the model and the observer. An experiment was carried out to investigate the modelling of a mannequin doll's face at an actual window. It was found that the angle of the visual line from the observer to the window and the orientation of the model's face systematically affected the modeling score. However, the quantities of light from inside the room and outside the window did not significantly affect the evaluation, because the ratio of the light from these two directions was almost constant for this experiment. A multiple regression model with variables relating to the quantities of light and the position of the observer relative to the model satisfactorily explained the perceived modelling.

**Keywords:** modelling, at a window, spatial illuminance, luminance, multi-regression analysis

モデリング, 窓際, 空間照度, 輝度, 重回帰分析

## 1. はじめに

教室や事務室に適切な昼光照明環境を作り出す上で書類等の可視性だけでなく、人の顔の見え方も重要な要因である。最近、昼光照明の積極的利用の観点から、オフィスの昼間時における人工照明制御装置の開発・研究が行われつつある。高性能センサーの発達で種々の制御が可能となりつつあるが、省エネルギー効果を主眼としている。人々にとって精神的に豊かな環境を創造するためには単に省エネルギーだけでなく、昼光を考慮した視環境評価に基づく昼光・人工光の制御手法の確立が切に望まれる。以上の観点から筆者らは窓際での人の顔のモデリング評価に関する研究を行っており、本論文はその第3報である。

前報<sup>1)</sup>では、窓際の視環境を適切に評価するためには、視対象となる相手とそれを見る人の位置関係を考慮することが必要であると考へ、観察者の視線の方向が窓と平行な方向以外を含めて、また、相手の顔の向きも変化させて評価実験を行い、窓際での人の顔のモデリング評価指標の検討を行った。その際、前報、前々報<sup>2)</sup>で行った評価実験は、教室や事務室における窓際の光環境を測定点の立体的照度分布に着目して実測調査し、その測定結果に似た窓際の光環境を実験室内に作り出した模擬環境によるものであった。模擬環境と実際の昼光照明状態では、窓面輝度、窓向き鉛直面照度等の入射

光量に関する照明条件が異なることも考えられ、それはモデリング評価に影響するであろう。本報では、執務に使用している室内の実際の窓を使って、窓際のモデリング評価実験を行い、実際の昼光照明下での諸測光量の特徴を調べ、窓際での人の顔のモデリング評価指標の検討を行うとともに模擬環境での実験結果との整合性を検討する。

## 2. 実際の窓を使った窓際での人の顔のモデリングの評価実験

前報、前々報では、側窓採光室を想定して、種々の輝度に調光できる人工窓と実際の窓際での入射光分布に似た種々の分布を作り出す装置によって、窓際の光環境を模擬的に作成した。本報でも、観察者の視線方向（窓と平行方向、窓と垂直方向、その中間の方向）と相手の顔の向き（窓と平行な向き、窓を背にした向き、その中間の向き）の組み合わせは前報と同じ条件としたが、評価実験と同時に昼光のもとでモデルの位置での光環境を計測した。

## 2.1 実験室

実験は市街地を見下ろす市内高台にある建物の4階の一室で、図-1に示すような南面一面に窓を有する水平視線より上部は天空である片側採光の室の南側半分を用いて行った。この室の床の実験スペースに反射率約30%の灰色のカーペットを敷き、両側壁及び窓下

\* 崇城大学工学部建築学科 助教授・工修

\*\* 崇城大学工学部建築学科 教授・工博

\*\*\* 熊本大学工学部環境システム工学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Sojo Univ., M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Sojo Univ., Dr. Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kumamoto Univ., Dr. Eng.

の腰壁には反射率約30%の灰色の布を下げた。使用した布の反射率が、前々報で実測した教室、事務室の壁面の反射率より低いのは、室間口が狭く、室全体の平均反射率を考慮したためである。窓面は縦1,310mm×横815mmの透明板ガラスのサッシュ4枚から成り、前報での人工窓の窓幅に比べ横にほぼ2倍の大きさとなった。

2.2 モデル

前報までの実験ではモデルに実際の人間(女子学生)を用いた。今回の実験期間は長期に亘ることが予想され、窓際に立つ人(以下モデルと呼ぶ)の顔や髪型の再現性と実験の迅速性を重視し、モデルにはマネキン人形(上半身のみ)を用いた。マネキンの顔で人の顔と同等のモデリング評価が行えるかどうかをチェックするために、前報の実験装置のモデルの位置にマネキンを立て、同一実験条件(108条件)でモデリング評価実験を本実験に先立ち行った。被験者は今回の実験に参加する4名の被験者である。前報での評価値と今回の実験で求めた評価値(実験条件毎のカテゴリ・スコア平均値)との相関を求めると、相関係数0.94、回帰直線の傾き1.06、y切片0.10となり、分散分析の計算結果も有意な差は認められなかった。両者の相関は非常に高く、同一条件での評価値の差違に特別な傾向も見られないことから、モデルとして人の代わりにマネキンを使用しても差し支えないものと考えられる。このモデルを自動回転台の上に設置し、窓から0.6mの位置に置き、リモコンで制御してモデルの向きを変えた。また、服の色は濃紺とし、顔面への照り返しの影響を少なくした。

2.3 測光量の測定

前報までの実験では実験条件のうち、窓からと室内からモデルに当たるの光の状態は自由に調節できるため、実験条件を設定するための種々の測光量の測定は評価実験前に容易に行うことができた。しかし、実際の窓による今回の実験では、事前に測光量を測定することができないため、評価実験中に随時測る必要がある。そこで、前々報で使用した2軸回転式照度測定装置を天井から支持し、受光部をモデル頭上の約10cmの位置に置き、その位置の方位別鉛直面照度測定データから、照度に関する測光量を算出した。また、被験者が着席する位置にアングルで枠を組み、被験者の頭部周囲に4台の輝度計を固定し、モデルの額の位置の輝度1ヶ所を測定し、モデルの顔周辺の3ヶ所で背景輝度を測定した。モデルの回転中心は額

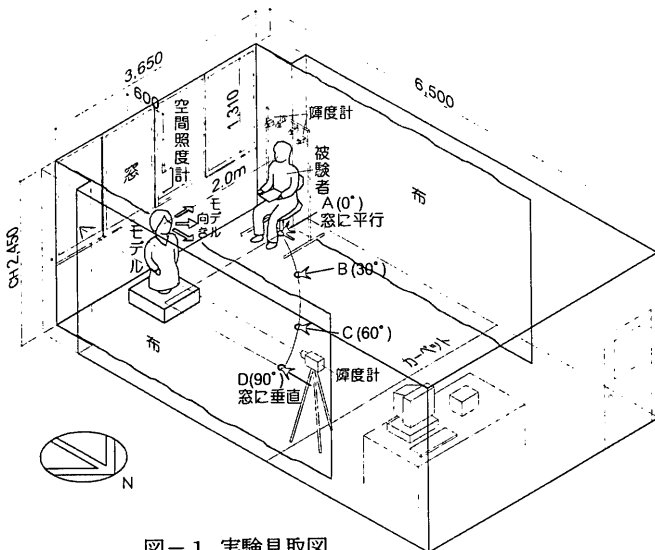


図-1 実験見取図

部分になるよう設定してあるので、額部分の輝度の測定値は被験者の位置あるいはモデルの向きが変わってもほぼ同じ箇所を測定することになるが、背景輝度は被験者の位置が変わると測定箇所もその都度変わることになる。これらとは別に、定位置に据えた三脚に固定した輝度計で窓面輝度(窓越しの空の部分)を測定した。これら全ての測光量の測定はパソコンにより一括して制御し、測定データは測定日時と共にフロッピーディスクに保存した。それらの測定装置の位置関係を図-1に示す。

2.4 被験者および実験方法

自然光を使うので毎回同じ照明条件とならない恐れがあるため、被験者(観察者)は、4人あるいは5人を一組とする。被験者は被験者位置の椅子に腰掛け、2.0m離れたモデルの顔を見て、表-2のカテゴリ(前報までと同一)に従って、モデルの顔のモデリング状態を評価する。続いてモデルの向きを変えて同様の評価を行う。これらを1人ずつ一組全員について行い、被験者の位置を変えてこれを繰り返す。表-1に示すようにモデルの向き3条件、被験者の位置4条件、その組み合わせ12条件について実験を行った。これを1回の実験とする。この一組は2つのグループ(一般学生と研究室学生)の2つに別れ、一般学生は15組(総数63名)で各組1回ずつの実験を、

表-1 実験条件

	本報の実験条件	前報の実験条件	
光環境条件	窓の大きさ	1310×815×4枚	1200×1600
	窓面の輝度	約400~10,000 cd/m <sup>2</sup> (天空状態により変化)	2000, 4000, 6000 cd/m <sup>2</sup> の3条件
	室内向き鉛直面照度	約20~1000 lx (窓からの入射光量にほぼ追随)	150, 300, 600lxの3条件
観察条件	被験者の位置 (窓面との角度)	A(0°)[窓と平行な向き], B(30°), C(60°), D(90°)[窓と垂直な向き]	左に同じ
	モデルの向き (窓面との角度)	0° [窓と平行な向き], 45°, 90° [窓を背]	左に同じ
	被験者	1組4, 5名 一般学生: 15組×1回 研究室学生: 1組×30回	男12名, 女18名
	モデル	マネキン人形(女性タイプ, ショートヘアー)	女22才(ショートヘアー)

表-2 カテゴリ番号とその意味内容

1. 顔に立体感がなく平板的に見える。  
(顔面の影が薄過ぎて、陰影は非常に乏しい)
2. 顔の立体感はかなり物足りない。  
(顔面の影がかなり薄く、陰影もかなり乏しい)
3. 顔の立体感はやや物足りない。  
(顔面の影がやや薄く、顔面に陰影がやや乏しい)
4. 顔の立体感は適当で好ましい。  
(顔面の影の濃さは適当で、目鼻立ちもはっきりわかる)
5. 全体としてややどぎつい感じである。  
(顔面の影がやや濃い、顔の暗い部分の目鼻立ちはわかる)
6. 全体としてかなりどぎつい感じである。  
(顔面の影がかなり濃い、顔の暗い部分の目鼻立ちは微かにわかる)
7. 全体として非常にどぎつい感じである。  
(顔面の影が濃過ぎて、顔の暗い部分の目鼻立ちがわからない)

研究室学生は前述のマネキン人形で人の顔と同等のモデリング評価が出来るかどうかのチェック実験に参加した被験者4名を含む5名の被験者1組で30回の実験を行った。被験者位置とモデルの向きの呈示順序はラテン方格配列とし、順序効果を相殺した。1回の実験に要した時間は約30分であった。この被験者が報告した数字をカテゴリ・スコアとして評価値とする。上述の測光量の測定は、各被験者の位置での実験の際に、一人目の被験者の評価前と最後の被験者の評価後に行った。その際、実験者は天候と空の様子を記録した。評価中に天候が急変した時は実験を中止し、実験順序を変え、新たに実験を開始した。

実験期間は6月中旬から8月末で、実験時間帯は、晴天の場合は午前10時から午後3時までとした。曇天・雨天の場合には、それに前後1時間を含めて実験を行った。8月初旬以降の晴れの日には室内に直射日光が入射したが、モデルの顔や体に当たることはなかった。表-1に、これらの実験条件と前報の条件との比較を示す。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 測光量と天候

図-2は実験中に2軸回転式照度測定装置で測定した方位別鉛直面照度の中から、窓向き鉛直面照度についてその頻度分布を天候別に分けて示したものである。雨の時は照度が低く、曇りの時が照度値の分布が広範囲にわたっている。全天候データの平均値は9,522lxとなり、最高照度で20,000lxを越える場合もあった。図-3は同様にして求めた室奥向き鉛直面照度の天候別頻度分布である。窓向き鉛直面照度の場合には、晴れの時は、曇りの時に比べ分布範囲が狭くなっているが、室奥向き鉛直面照度では、晴れの方が曇りに比べ

分布範囲が広がっている。晴れの時は曇りや雨の時と比べ、室奥向き照度変化におよぼす影響が大きいことがわかる。図-4には、同じく方位別鉛直面照度測定値から、窓向き半円筒面照度と室奥向き半円筒面照度を計算し、その比(半円筒面照度比)の頻度分布を示した。正規分布に近い分布形状を示し、平均値は6.75となり、前々報で実測した片側採光教室における半円筒面照度比の平均値6.76とほぼ同値であった。測定位置は常に同一であるので、半円筒面照度は天候に関わらず同じかそれに近い値を示すと思われたが、半円筒面照度比の最大値と最低値には約2.5倍の違いが見られた。また、天候により分布範囲がやや異なり、半円筒面照度比は晴れの場合に小さくなり曇りや雨の場合には大きくなる傾向が見られる。

図-5は窓向き鉛直面照度と室奥向き鉛直面照度の同一時刻による値を天候別に分けてプロットしたものである。窓向き鉛直面照度が高くなると室奥向き鉛直面照度も高くなる様子が判り、両者の相関係数は0.894と高い。但し、晴れの直射日光入射有りの場合は分布の上部にプロットされていて、窓向き鉛直面照度が同じでも室奥向き照度は他の天候と比べ高くなっている。これは、直射日光の入射により室内反射光(間接光)の割合が増えたためと思われる。晴れの直射日光入射有りのデータを除いた相関係数は0.945と非常に高くなる。図-6は窓向き鉛直面照度と固定位置で測定した窓面輝度(窓越しの低高度の天空輝度)との関係を示したものである。輝度計の測定視野角は1°と天空の非常に狭い部分の測定にも関わらず、晴れの場合には分布の上側にプロットされているものの両者の相関は高い(相関係数0.928)。また、直射日光の影響は見られない。中村ら<sup>3)</sup>は片側採光のオフィスの昼光環境を測定し、直射日光が室内に入射しない場合、天候や採光窓の向きにかかわらず、昼光照明時

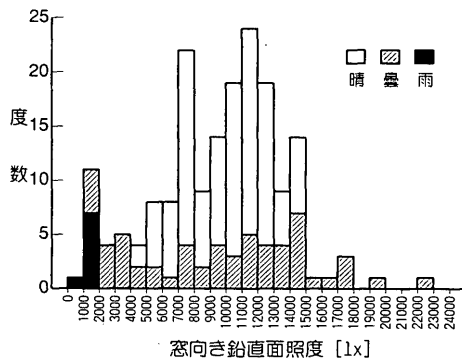


図-2 窓向き鉛直面照度頻度分布

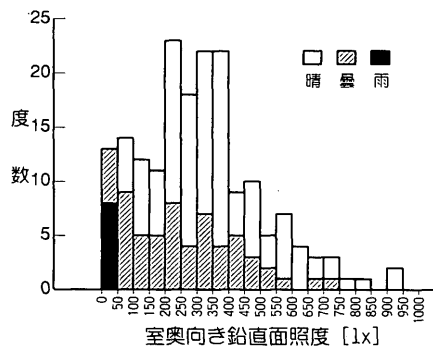


図-3 室奥向き鉛直面照度頻度分布

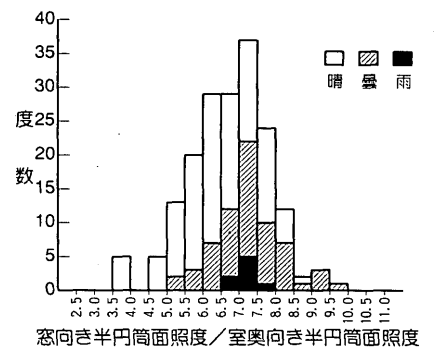


図-4 半円筒面照度比頻度分布

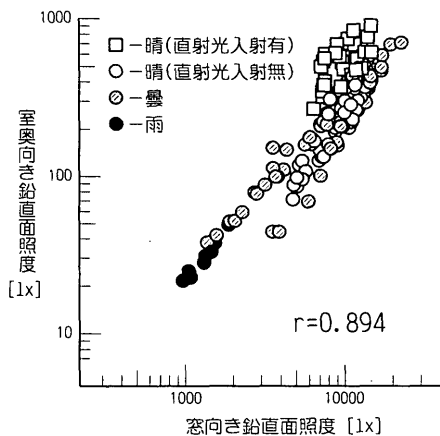


図-5 窓向き鉛直面照度と室奥向き鉛直面照度

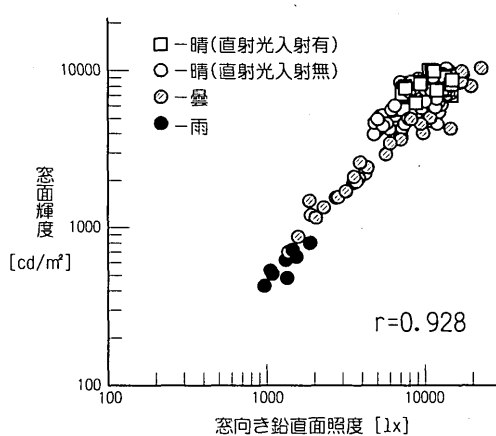


図-6 窓向き鉛直面照度と窓面輝度

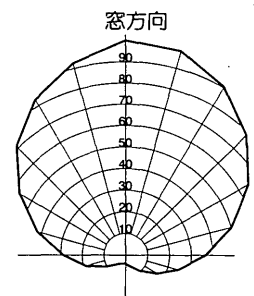


図-7 方位別鉛直面照度分布

の同一位置における水平面照度とベクトル照度、スカラー照度、円筒面照度の各空間照度の変動は終日ほぼ類似するとしており、本報での窓向き鉛直面照度と他の測光量とに高い相関がみられる知見と合致している。図-7は、方位別鉛直面照度を窓向きを100とした相対値で求め、その一例を示したものである。その分布形状は、窓向き鉛直面照度の大小に関係なく、実験時刻が午前中では若干左に、午後では若干右に膨らんだ分布となるが、全体的には、図-1のように窓幅はモデルの位置を境に左右で異なるため、右にやや膨らんだ分布をしている。表-3は室奥向き鉛直面照度と窓に平行な向きの鉛直面照度の窓向き鉛直面照度に対する割合を求めたものである。前々報での片側採光教室での窓際1mの測定結果と比べて、室奥向きの値は小さく、窓に平行な向きは逆に大きくなっている。これは、今回の測定位置が窓から60cmと近い位置であったことと、間口が実測平均約9.9mであったのに比べ今回は3.65mと狭いため、壁からの反射光の影響によるものと思われる。

3.2 光環境条件に関する実験範囲の前報までとの比較

表-4はモデリング評価実験での光環境条件の実験範囲(最小値～最大値)について、実環境(本報)、模擬環境(前報、前々報)を比較して示したものである。今回の実験範囲は、前報までの実験の範囲をほぼ包含しているものと云える。模擬環境実験に比べ、高照度、高輝度の条件が多く含まれている。ただし、1居室の固定された位置での実験(測定)であるので、図-5、6に示したように窓からの入射光量の変化と全ての測光量の変化に高い相関がみられることが特徴的である。

表-3 室奥向き鉛直面照度、窓に平行な向きの鉛直面照度の窓向き鉛直面照度に対する割合[%]

	室奥向き	窓と平行向 (左右平均)	窓と平行向 (評価実験側, 右)
最小値	1.03	24.21	21.45
最大値	7.81	46.61	55.51
平均値	3.15	31.03	36.29
標準偏差	1.38	4.09	7.66

表-4 光環境条件に関する実験範囲の比較

	窓向き鉛直面 照度[lx]	室奥向鉛直面 照度[lx]	窓面輝度 [cd/m <sup>2</sup> ]	半円筒面 照度比
前々報	2100~8900	80~680	2000~6000	2.0~22
前報	3600~9000	150~600	2000~6000	3.5~9
実環境	1000~22000	25~980	400~10200	3.5~10

3.3 評価値

被験者のカテゴリ判断の結果から、1回の実験の被験者位置、モデルの向きの組み合わせ12条件毎に被験者(4あるいは5名)のカテゴリ・スコアを平均して実験条件毎のモデリング評価値(以下、評価値と呼ぶ)を求めた。一般学生と研究室学生による評価値の違いは、被験者の位置とモデルの向き以外の実験条件(モデルへの入射光量)が実験毎に異なるため両者の同一条件での比較はできないが、特別な差は認められなかった。評価値の標準偏差の平均値を求めると、一般学生は0.780、研究室学生は0.574となり、やはり、研究室学生は訓練を重ねているため偏差は小さかった。

図-8は評価値と、実験時のモデルの顔の位置での室奥向き鉛直面

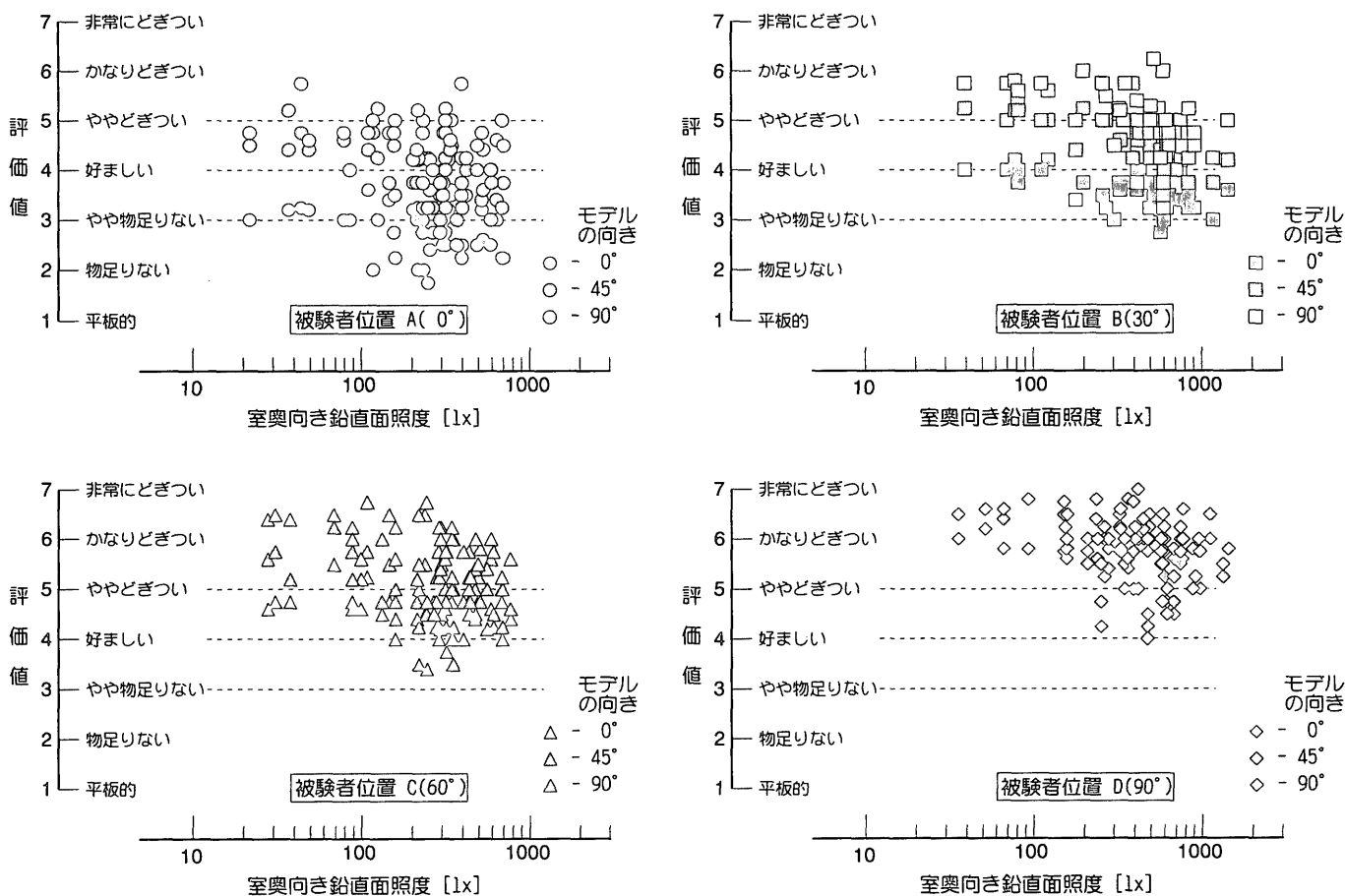


図-8 室奥向き鉛直面照度とモデリング評価値

照度(実際は、モデルの頭部上方約10cmでの測定値)との関係を被験者の位置毎に分けて示したものである。前報と同様に室内側からモデルを照らす照度が高くなるにつれて、評価値は低くなっている。しかし、その様子は前報ほど顕著ではない。また、被験者のモデルを見る位置が窓と平行向きの位置(被験者位置 A(0°))から窓に垂直向きの位置(被験者位置 D(90°))へと角度が大きくなると、評価値が高くなり、この傾向も前報と同じである。同じ被験者位置であっても、モデルの向きにより評価値に違いが見られ、被験者位置が窓に平行に近い位置(被験者位置 A(0°), B(30°))では、その違いがよりはっきりしている。実験中に室内に直射日光が入射する機会があったが、モデルに直接当たることはなく、評価値に特別な傾向は見られないことから、その影響は少なかったものと考えている。

モデルの位置での入射照度の範囲は前報までと比べ広範囲であるにもかかわらず、観察条件が同じ場合での評価値に顕著な変化が見られなかったのは、モデルに当たる光量は変化しても窓からの光と室内から光の割合がさほど変化しないことに原因があるのではないかと考えられる。このようにモデルに当たる窓からの光と室内から光の割合が変化しない場合では、窓際でのモデリング評価に対してモデルへの入射光量そのものの影響は大きくないものと考えられる。

### 3.4 窓際のモデリング評価指標の検討

前報では、窓際でのモデリングの評価指標の検討を、従来からモデリングの評価に使われてきた簡単な物理変数の予測精度について検討した。次に、窓からの入射光量あるいは全入射光量に関する変数、室内向き方向からの入射光量に関する変数、被験者視線方向からの入射光量に関する変数の3変数を用いた重回帰モデルの妥当性についても検討した。本報では、窓際でのモデリングの評価指標の検討を、前報において評価指標に適していると推察された物理変数を中心に行うとともに、重回帰式に用いる説明変数の検討も行う。

#### (1) 半円筒面照度比による検討

前報では前々報での結果と合わせ、窓を横にして窓と平行な方向を向く人の顔をその正面から見たモデリング評価には、モデルの位置での半円筒面照度比(窓向き鉛直面照度/室内向き鉛直面照度)が有効であることを示した。今回の全実験条件の中から被験者位置 A(0°)、モデルの向き(0°)の何れも窓と平行で互に向かい合う条件だけを選び出し、それらの半円筒面照度比と評価値との関係を前報の結果と重ねて示したものが図-9である。評価値は「好ましい」

以下の「やや物足りない」付近に分布している。窓際で窓と平行な方向を向いた人の顔のモデリングは悪くなる(「どぎつくなる」といわれているが、今回の様な窓際環境で必ずしもそうではないことがわかった。南ら<sup>4)</sup>の実際の窓を使った評価実験でも同様の結果が示されている。今回の実験結果は前報までの回帰直線群に比べ、下方の位置にプロットされている。窓面輝度毎に若干の傾向(輝度が高い程評価値は低い)は見られるが、前報までと比べ相関は低くなっている。同図の回帰直線群に実験年度による違いがやや見られる。前々報において、評価値と半円筒面照度比の関係には、窓幅の影響は小さく、主として窓面輝度の影響を受けるとしたが、今回の実験での窓幅は、前報までの2倍以上あり、その違いの影響が表れたのではないかと考えられる。モデルの位置での方位別鉛直面照度分布はモデルの顔に生じる明暗の程度に大きく関わると思われるから、窓幅の違いというより、方位別鉛直面照度分布の形状の如何がモデリング評価に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

#### (2) 顔面輝度による検討

前報では、モデリングの評価値と輝度比(顔面輝度/背景輝度)に相関が見られることを示した。実験中に測定したモデルの顔面輝度(額部分)と背景輝度(モデルの顔の周囲3ヶ所の平均値)から輝度比を求め、評価値との関係を示したものが図-10である。相関係数の絶対値は0.732と、前報の値0.719とほとんど変わらず、僅か

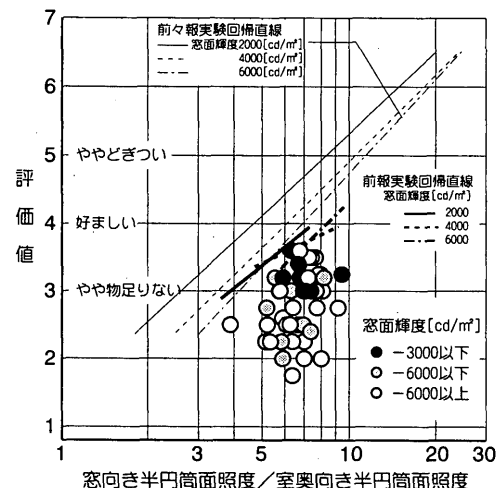


図-9 半円筒面照度比とモデリング評価値(窓と平行向き)

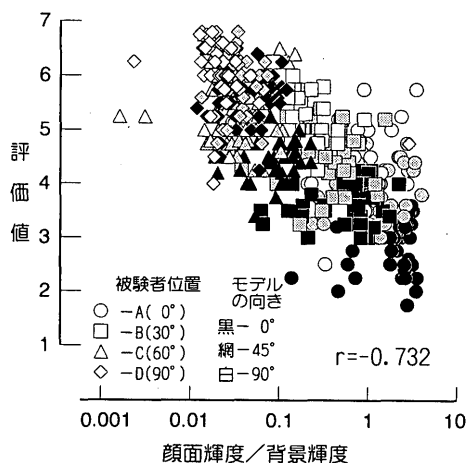


図-10 顔面輝度/背景輝度と評価値

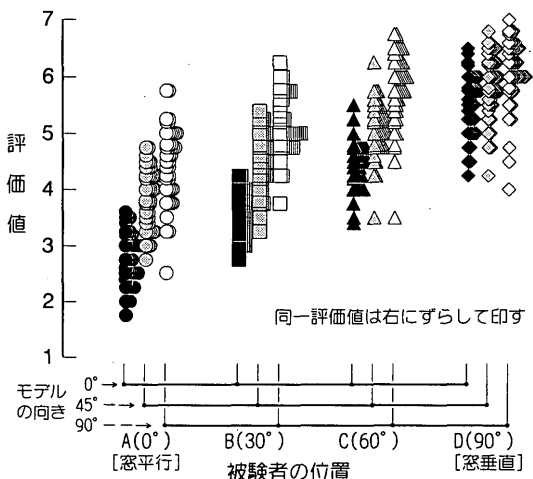


図-11 被験者のモデルを見る位置と評価値

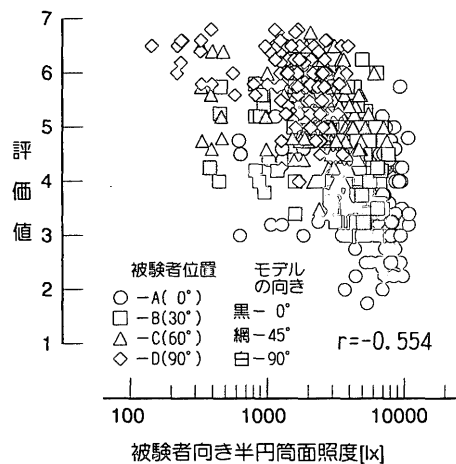


図-12 被験者向き半円筒面照度と評価値

に高い値となった。図中の各点の分布に被験者位置による特徴は見られず、分布に直線性が見られるものの、図から評価値4に対する輝度比(顔面輝度/背景輝度)を読みとると0.03~4までの広範囲な値になり、窓際でのモデリングが好ましい状態を輝度比(顔面輝度/背景輝度)で特定することは難しいと考えられる。また、測定した背景輝度範囲は背景のごく一部の箇所であり、今回の測定値を背景輝度と見なして良いかどうか疑問が残る。野口ら<sup>5)</sup>、岩田ら<sup>6)</sup>のビデオカメラを使用した輝度分布測定装置を用いれば、顔面輝度、背景輝度を短時間に測定可能だと考えられるが、測定ダイナミックレンジ、視感度補正などの未解決の問題が残されている。

(3) 被験者の位置(窓との角度)およびモデルの向きによる検討

図-8の室内向き鉛直面照度とモデリング評価値との関係において、光環境条件の実験範囲は前報までより広いに関わらず、同じ観察条件では、前報までと比べ評価値の変化の程度が小さくなっている。また、被験者の位置やモデルの向き毎に評価値が偏った分布をしている様子がわかる。図-11は被験者の位置、モデルの向きと評価値の関係をもとめて示したものである。それぞれに評価値は分散しているものの、被験者位置が窓と平行な向き(A(0°))から窓に垂直な向き(D(90°))に移るにつれて、評価値は高くなり、モデルの向きが0°-45°-90°の順に評価値が高くなっている。また、モデルの向きによる評価値の違いは、被験者の位置が窓と平行な向き(A(0°))に近いほど大きくなっている。このような系統立った変化は前報では見られなかった。前報までの実験では、モデルの位置での窓からの入射光量と室内向きからの入射光量は独立に変化させることができたが、今回の実験では、それらは従属的に変化するため、モデリング評価にモデルへの入射光量の影響より被験者の位置およびモデルの向きの影響が顕著に表れたものと推察される。

人の顔は曲面であるため、顔に生じる明暗部分および陰影は照明状況が同じでも見る方向によって異なった様子に見える。人の顔の表面を均等拡散面と仮定すれば、モデルの顔に生じる明暗・陰影(輝度分布)は、その面への照度の差異によると考えられる。モデルの位置での方位別鉛直面照度分布は、模擬実験では照明条件毎に異なった分布を形成するが、今回の実験での同分布は昼光照度が変化してもさほど変化していない。その方位別鉛直面照度分布の形状の違いは入射光量の絶対量の違いよりもモデリング評価に大きな影響を与えているのではないかと考えられる。

表-5 相関行列表 [ ]内は略号(対数による計算)

	[Eo]	[Eho]	[Es]	[Lo]	[Ei]	[Ehi]	[Ehs]	[Lf]	[Lb]
A) 窓向き鉛直面照度[Eo]		0.999	0.997	0.928	0.894	0.959	0.727	0.559	0.417
A) 窓向き半円筒面照度[Eho]	0.999		0.999	0.934	0.915	0.968	0.731	0.564	0.424
A) 円筒面照度[Es]	0.997	0.999		0.938	0.926	0.977	0.735	0.568	0.428
A) 窓面照度[Lo]	0.928	0.934	0.938		0.878	0.933	0.693	0.562	0.429
B) 室内向き鉛直面照度[Ei]	0.894	0.915	0.926	0.878		0.966	0.698	0.549	0.421
B) 室内向き半円筒面照度[Ehi]	0.959	0.968	0.977	0.933	0.966		0.738	0.575	0.441
C) 被験者向き半円筒面照度[Ehs]	0.727	0.731	0.735	0.693	0.698	0.738		0.561	-0.195
C) 顔面照度[Lf]	0.559	0.564	0.568	0.552	0.549	0.575	0.561		0.146
C) 背景照度[Lb]	0.417	0.424	0.428	0.429	0.421	0.441	-0.195	0.146	
評価値(目的変数)	-0.137	-0.140	-0.143	-0.161	-0.174	-0.159	-0.561	-0.449	0.510

- A) 窓からの入射光[ ]あるいは全入射光[ ]に関する変数
- B) 室内向き方向からの入射光[ ]に関する変数
- C) 被験者視線方向からの入射光[ ]に関する変数

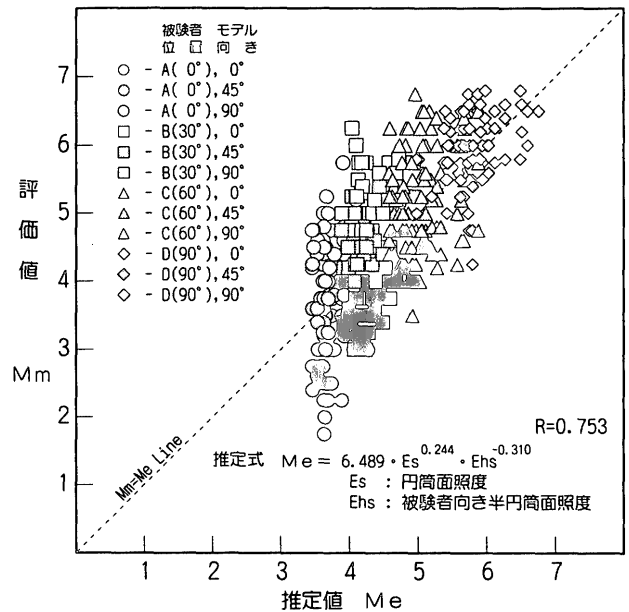


図-13 重回帰式による推定値と評価値との関係

図-12は評価値とモデルの顔の位置での被験者向きの半円筒面照度(以下、被験者向き半円筒面照度と呼ぶ)の関係を示したものである。相関係数の絶対値は0.554と低く、前報での値(0.532)とほぼ同じであった。前報での同様の図では窓面輝度毎に分かれて分布していたが、図のようにモデルの向き毎に分かれて分布しているように見える。

(4) 窓際のモデリングの重回帰分析による検討

前報では、窓際でのモデリングの評価を種々の測光量を変数とした単独あるいは複数の変数の積や商の形では全く説明できないため、重回帰分析による検討を行った。評価値を目的変数とし、説明変数に、窓からの入射光量あるいは全入射光量に関する変数、室内向き方向からの入射光量に関する変数、被験者視線方向からの入射光量に関する変数の3つの変数による重回帰モデルが窓際でのモデリング評価指標として有効であることを示した。

今回の実験においても上述までの結果から、窓際でのモデリングの評価を単独あるいは複数の積や商を用いた測光量で説明することはできなかったが、上記の3つの変数が窓際のモデリングの評価に重要な役割を果たしていると考えられる。そこで、今回も重回帰分析による検討を行うことにした。表-5は、分析に用いた説明変数間の相関係数を示したものである。各説明変数と目的変数(評価値)との相関係数も併せて示す。重回帰分析を行う際には、説明変数間の独立性(相関が低い)が必要であるとされている<sup>7)</sup>。窓からの入

射光量あるいは全入射光量に関する変数 $A$ と室奥向き方向からの入射光量に関する変数 $B$ とは高い相関が見られる。これは、これらの測光量が窓からの入射光量に從属的に変化するためである。そのため、この両者の変数を共に重回帰分析の説明変数に用いることは適切ではない。被験者視線方向からの入射光量に関する変数 $C$ の顔面輝度 $[L_f]$ および背景輝度 $[L_b]$ はそれぞれ対象物のごく一部の測定(上述(2))によるものであるため回帰式に使用するのを控えた。これらのことを考慮して重回帰分析を行い、説明変数の検討を行ったところ、変数 $A$ (窓からの入射光量あるいは全入射光量に関する変数)として円筒面照度 $[E_s]$ 、変数 $C$ (被験者視線方向からの入射光量に関する変数)として被験者向き半円筒面照度 $[E_{hs}]$ を用いた回帰式が評価値との相関が最も良かった。これらの変数(測光量)は前報で行った重回帰分析での3変数のうちの2変数と同じものである。評価値とこの回帰式によって求めた評価値の推定値との関係を図-13に示す。相関係数は0.753と決して高くはなく、特に推定値3以下の対応がよくない。図中の $45^\circ$ の直線(評価値=推定値)とほぼ平行して、モデルの向き(3種)毎にそれぞれ分かれて分布している様子がわかる。被験者向き半円筒面照度はモデルの向きに関わらず一つの値をとるので、図中の被験者位置を示すマークはモデルの向き(3種)に対して縦に分布する訳であるが前報よりその広がりが大きい。

重回帰分析における説明変数を選ぶ際の規定(説明変数間の独立性)をあえて考慮せず、重回帰分析を行い回帰式を求めたところ、変数 $A$ (窓からの入射光量あるいは全入射光量に関する変数)として円筒面照度 $[E_s]$ 、変数 $B$ (室奥向きからの入射光量に関する変数)として室奥向き半円筒面 $[E_{hi}]$ 、変数 $C$ (被験者視線方向からの入射光量に関する変数)として被験者向き半円筒面照度 $[E_{hs}]$ の3変数を用いた場合が、評価値との相関が最も高くなった。この3変数は前報と同じ変数であった。評価値とこの回帰式によって求めた推定値との関係を求めると相関係数は0.758となり、図-13による相関係数0.753より僅かに高くなる程度であり、その分布状況の図-13との違いはほとんど見られなかった。

これらの結果から、窓際でのモデリング評価にとって、これまでの種々の測光量を変数とした単独あるいは複数の変数の積や商より重回帰モデルが有効であることが前報と同様に確かめられた。また、重回帰モデルに用いる変数の絞り込みが行えた。しかし、窓際でのモデリングを的確に評価するための指標を特定するには至らなかった。窓際の人の顔のモデリングの評価には、モデルに当たる光量、被験者位置(視線方向)、モデルの向きの違いが相互に影響するため、モデリング評価指標ならびに推定式にはそれらを総合的に考慮する必要があると考えられる。

式に用いた被験者向き半円筒面照度はモデルの向きの影響を反映していない。今回の実験では、モデルの向きの影響は無視できないと思われる。前報では、被験者向き半円筒面照度の代わりに実験時に撮影したモデルの写真の濃淡から求めた明暗面積比を用いた推定式を示した。その評価式の相関係数はやや低くなるもののモデルの向きも考慮したものであった。現実の環境で、この明暗面積比を求めるのは容易なことではなく、明暗面積比を簡便に求める方法あるいはそれに代わる指標が必要であると考えられる。

#### 4. 結び

前報までの模擬環境と異なり実際の居室を使って、窓際に立つ人の顔を窓と平行な方向以外から、あるいは相手の顔を正面以外から見てモデリング評価実験を行い、実験条件の検討、窓際での人の顔のモデリング評価指標の検討を行った。結果を要約すると、

- (1) 昼光による同一測定点での窓向き鉛直面照度、室奥向き照度、窓面輝度に高い相関が見られた。しかし、半円筒面照度比(窓向き半円筒面照度/室奥向き半円筒面照度)の頻度分布には幅が見られた。
- (2) モデルを見る位置(窓との角度)およびモデルの向きによってモデリング評価に違いが見られた。その程度は窓からの光と室奥からの入射光量に左右されるが、両者は從属的に変化するため、観察条件が同じであれば、モデルへの入射光量の影響はそれほど大きくはなかった。
- (3) 前報までは、窓と平行に見る状態でのモデリング評価では、その評価指標に窓向きと室奥向きでの半円筒面照度比が有効であることを示したが、今回の実験は前報までと比べ相関は低くなった。窓幅が前報までの2倍以上あり、その違いの影響が表れたのではないかと考えられる。
- (4) モデルの位置での方位別鉛直面照度分布の形状の違いは窓からの入射光量の絶対量の違いよりもモデリング評価に大きな影響を与えているのではないかと考えられる。
- (5) 重回帰モデルがこれまでの種々の測光量を変数とした単独あるいは複数の変数の積や商より、窓際でのモデリング評価に有効であることが前報と同様に確かめられた。しかし、窓際での人の顔のモデリングを的確に評価するための指標を特定するには至らなかった。

モデルの顔に生じる明暗・陰影(輝度分布)は、その面(曲面)への照度の差異によると考えられる。モデルの位置での方位別鉛直面照度分布の形状の如何は、モデルの顔に生じる明暗の程度に大きく関わると思われるから、モデリング評価に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。この方位別鉛直面照度分布についての分析・検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 村上泰浩, 小林朝人, 矢野隆: 窓に対して異なる角度から見た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2, 日本建築学会計画系論文集, 第515号, pp.33~39, 1999
- 2) 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
- 3) 中村洋他: 建築空間における昼間の光環境の動的変動に関する研究 その2 オフィス空間の昼光環境について, 照明学会誌第81巻 第2号, pp.158~168, 1997
- 4) 南幸伸他: 昼光を導入した室内のモデリングに関する被験者実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(D), pp.1143~1144, 1993
- 5) T. Noguchi: Video photometry for measurement of luminance distribution in a room, Proc. Of 2nd Lux Pacifica, pp.13-17, 1993
- 6) 岩田利枝他: CCDカメラの光環境計測への応用技術, 照明学会誌第81巻 第3号, pp.246~249, 1997
- 7) 例えば, 奥野忠一他: 多変量解析法, 日科技連出版社, pp.128~131, 1992

(1999年9月10日原稿受理, 2000年5月16日採用決定)