

Title	窓を通して見る視対象の見え方評価法に関する研究
Author(s)	奥田, 紫乃
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184453
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

窓を通して見る視対象の見え方評価法に関する研究

2000年12月

奥田紫乃

目次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景と目的	1
1.2 既往の研究と本研究の意義	3
1.3 用語の説明	4
1.4 本論文の構成	5
第2章 窓材及び窓装備を通した視対象物の見え易さ評価法	9
2.1 はじめに	9
2.2 見え易さ評価法の枠組みと案件	9
2.3 窓を通して室内外を見る際の視環境条件要因	12
2.4 室内外に存在する視対象物	13
2.5 本章のまとめ	14
参考文献	15
第3章 視対象の明視要素の成り立ちに基づいた窓材及び窓装備の分類	17
3.1 本章の目的	17
3.2 窓に用いられる窓材及び窓装備の種類	17
3.3 窓材及び窓装備を通して見る視対象の明視三要素	19
3.3.1 透明ガラス等を通して見る視対象の明視三要素	19
3.3.2 磨りガラス等を通して見る視対象の明視三要素	20
3.3.3 レースカーテン等を通して見る視対象の明視三要素	20
3.4 本章のまとめ	22
第4章 レースカーテンを通して見る視対象の輝度算定法	25
4.1 本章の目的	25
4.2 レースカーテンを通して見る視対象の輝度の成り立ち	26
4.3 レースカーテンの光学特性値の規定と視対象の輝度算定法	28
4.4 輝度算定に要する各光学特性値の測定及び測定結果	30
4.4.1 測定試料	30
4.4.2 測定概要	30
4.4.3 光学特性値と繊維面積率との関係	32
4.4.4 光学特性値の角度特性	34

4.5	輝度算定法による算定値と実測値との照合	37
4.5.1	視対象物輝度の算定概要	37
4.5.2	視対象物輝度の実測概要	37
4.5.3	照合結果	37
4.6	本章のまとめ	38
第5章	人の顔の見え易さに関する評価言語及び評価側面	41
5.1	本章の目的	41
5.2	視対象としての人の顔の特性	42
5.3	人の顔の見え方に対する評価言語	42
5.3.1	評価言語の設定	43
5.3.2	実験装置及び設定条件	43
5.3.3	顔全体の見え方の程度に関する評価言語	45
5.3.4	顔がもつ情報の取得の可否に関する評価言語	47
5.4	人の顔の見え方の評価側面と言語評価尺度	50
5.5	本章のまとめ	51
第6章	人の顔の見え易さに関する評価側面と評価に対応する明視要素の抽出	53
6.1	本章の目的	53
6.2	人の顔の見え易さに関する評価側面と明視要素	53
6.3	人の顔の見え易さに関する主観評価実験	54
6.3.1	実験装置及び設定条件	55
6.3.2	視標の製作	56
6.3.2	設定条件下における明視要素の条件	56
6.4	人の顔の明視要素と見え易さ評価	57
6.4.1	見え易さ評価結果の処理方法	58
6.4.2	設定条件と人の顔の見え易さとの関係	59
6.4.3	存在の見え易さに対応する明視要素	61
6.4.4	外形の見え易さに対応する明視要素	62
6.4.5	細部の見え易さに対応する明視要素	64
6.5	本章のまとめ	64

第7章 窓を通して見る人の顔の見え易さの予測資料	75
7.1. 本章の目的	75
7.2. 人の顔の見え易さに関する等見え易さ曲面	75
7.2.1 人の顔の見え易さ予測資料の作成方法	76
7.2.2 存在の見え易さ予測資料	77
7.2.3 外形の見え易さ予測資料	78
7.2.4 細部の見え易さ予測資料	78
7.3 窓を通して見る人の顔の見え易さの予測	80
7.4 本章のまとめ	82
第8章 レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測	85
8.1. 本章の目的	85
8.2 レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測の手順	85
8.3 レースカーテンを通して見る在室者の見え易さの予測例	87
8.3.1 屋外空間の光環境の変化による人の顔の見え易さの変化の予測例	87
8.3.2 レースカーテンの種類の変化による人の顔の見え易さの変化の予測例	89
8.3 本章のまとめ	91
結語	93
参考文献	95
関連発表文献	99

第1章 序論

1.1 本研究の背景と目的

建築に関する技術が飛躍的に発展した現代においては、地震や台風などの災害にも耐え得る建物や、猛暑や極寒などの過酷な環境から逃れることが可能な建物などが要求されている。外界における様々な要因を遮断する機能は、建築物の基本的性能の一つであるといえる。しかし、その一方で建物には必ず開口部が存在し、建物の使用目的に応じて、特定の要素を透過させる機能が必要とされている。人が内部に入ることを可能にする出入口が必要であることは当然としても、昼光や外気などを建物内部に獲得しようとする試みは、快適性を追求するうえでも数多く見られる。人々は自然を脅威と見なして遮断しながらも、外界と完全に隔離されることは許容できない。したがって、いかなる建物を設計する際においても、開口部の設計が必要不可欠であるといえる。

室内と室外を隔離することが第一義である建物の外皮の中で、窓は様々な要素の取り込みを可能にしている特異な存在である。そもそも窓とは、採光または通風の目的で、壁または屋根に明けられた孔と定義づけられているが、実際に窓を通過する要素はこれだけではなく、光・熱・音などのエネルギー、空気・粉塵などの物質、人・虫などの生物といった様々な要素が窓を通過して室内外に出入りしている。さらには、室内から見る外界の景色や通行人、室外から見る室内の様子や在室者などの視覚的情報もまた、窓を通過する要素であるといえる。

2000年に改正された建築基準法では、「居住のための居室には採光のための窓その他の開口部を設け、その採光に有効な部分の面積は、その居室の床面積に対して1/7以上としなければならない」と定められている。同年公表された建築基準法施工令改正案においても、採光を必要とする居室の類型化・限定が図られている。これは近年、採光という窓の機能を代替するものとして、人工照明設備が普及してきたことが、その背景にあると考えられる。また、同年告示された日本住宅性能表示基準では、単純開口率、方位別開口比といった形で、居室の外壁又は屋根に設けられた開口部の面積の床面積に対する割合、あるいは各方位ごとの比率を、住宅の光・視環境における性能として表示することが義務づけられている。しかし、前述の通り、窓の機能は視環境に関わるものにも限定したとしても、採光だけではなく視覚的情報の獲得もまた、実生活において必要不可欠な機能であるため、窓の設計に関する指針が、採光の観点のみによって規定されている現状には不満が感じられる。

窓が建築物において、室内外の境界に存在している場合、室の使用目的に応じて程度の差こそあれ、在室者は、窓から屋外の視覚的情報を獲得したいという強い要求を持っていることは周知の事実である。古来の日本建築においては、借景という技法において、屋外の景色を室内に取り込みたいという要求を満たす試みが為されていた。現代においても借景は、とりわけ周囲の自然環境が優れている場合に、好んで用いられる技法となっている。このように、窓からは外界の様相が見えるため、室内の計画・設計においても、外界の景色をも含んだ窓の設計が大きな役割を果たしている。

しかしながら、窓の計画・設計においては、窓が室の構成要素の一つであるとの観点だけでなく、窓が室内外の境界部であるとの観点もまた重要である。在室者は、景色としての視覚的情報だけではなく、屋外とは隔離された室内に居ながらにして、天候の変化、季節の移り変わり、時間の経過、往來の交通量、通行人の人相・行動など、屋外のような視覚的情報を獲得したいという要求もあわせ持っている。したがって、窓に対して課せられる視覚的情報の獲得という要求には、これらの二つの観点が存在すると考えられる。

一方で、屋外の視覚的情報の獲得を容易にすればするほど、室内の私的な視覚的情報が屋外に流出するという現象が生じる。すなわち、室外に居る人から室内の様子が見えるという現象である。文化の違いや室の使用目的、あるいは在室者の要求により、室内の様子が見られる程度に対する許容範囲は異なるものの、屋外の視覚的情報の獲得に比べると、要求の程度は比較的弱くなる事が予測される。

このように、窓は視覚的情報の獲得・流出という双方向性を持っており、すなわち窓に対しては、透過・遮断という相反する要求を課していることになる。窓の定義が孔であることは先に述べたが、現実の建物において、窓が孔のまま開放されているのはごく稀であり、一般には、窓に何らかの窓材が用いられたり、さらには何らかの窓装備が付加されたりしている。視覚的情報を透過させる窓材として代表的なものが透明ガラスであり、住宅をはじめ多くの建築物で一般に用いられている窓材である。しかし、同時に窓には遮断という性能も要求されるため、その要求の程度によって、磨りガラスや型板ガラスなどの視覚的情報の透過の程度を低下させるような窓材が用いられたり、透明ガラスにブラインドやレースカーテンなどの窓装備が付加されたりしている。これは、上述の窓の双方向性に対する配慮の表れであり、在室者が窓に窓材や窓装備を用いることによって、視覚的情報の流入出を調整しているのが実状である。外部情報の流入と内部情報の流出との間に適切な均衡を保つ事が窓に要求されているにも拘らず、現状ではその材料の選定や使用法に関する指針が存在していない。

本研究は、上述の事柄を背景として、室の用途や在室者の要求内容に応じて、情報の流出入の適正なバランスを持つ窓の設計・計画法を構築することを最終目標とし、その第一段階として、窓を通して見る視対象の見え方評価法の誘導を試みるものである。

ある特定の視作業に関する見え方評価法に関する研究は、これまでも数多く為されている。文書視対象の読み易さに関する読み易さ評価法¹²⁾などがその一例であり、視作業場や視対象などの、様々な特性を考慮した読み易さに関する研究が数多く報告されている。しかし、本研究で対象とする、窓を通して室内外を見る視作業における視作業場や視対象の特性は、文字視対象を読む視作業のそれらとは大きく異なっているため、評価法を構築するに当たって、新たに検討しなければならない課題が山積している。したがって、これらの課題をまずは分類・整理し、解決すべきものから順に検討していく必要がある。

視対象の見え方を予測するためには、見え方を決定する要因を抽出し、その要因を見え方との関係を明らかにする必要がある。従来より、視対象の見え方を左右するものを明視要素と呼び、定常

視においては大きさ、明るさ、対比の三者が明視三要素であることが知られている。したがって、窓を通して室内外を見る視作業においても、視対象の明視三要素と関連づけて見え方を評価する方法を構築することが妥当であると考えられる。したがって、窓を通して見る視対象の見え方を予測するためには、諸々の視作業条件より見え方と一意的対応関係にある明視要素を導出し、さらに明視要素と見え方との関係を明らかにする必要がある。

本論文では、窓は室内外の境界部であるとの観点より、窓を通して見る視対象の見え方評価法を構築することを目的とし、窓を通して視対象を見る視作業条件より、見え方評価の予測が可能となるシステムを提示するものである。

1.2 既往の研究と本研究の意義

窓は、室を構成する一構成要素であり、同時に、様々な情報が流入出する室内外の境界部でもある。これまでに行われてきた窓に関わる諸研究は、これらの二通りの窓の位置づけに関するものに大別できる。

前者に着目した研究としては、渡辺ら³⁾が室の大きさに対する最適な窓の形と大きさに関する検討を行っており、高橋らは⁴⁾室を事務室に限定して、窓の大きさ等の諸要因が光環境の快適評価に与える影響についての検討を行っている。また、河本ら⁵⁾は、窓から見える外景の様相が室の雰囲気評価に影響を及ぼすとして、窓の状況と外景が室（事務室）の雰囲気評価に与える影響について検討しており、西木・富田ら⁷⁾はさらにこれを発展させて、窓をそこから見える景色を含むものとして定義づけ、窓条件と事務室における窓の役割及び満足感との関係を明らかにし、開放感などの室の印象評価の予測を可能にしている。開放感については、乾⁹⁾が視環境要素と開放感との関係について検討しているほか、佐藤¹⁰⁾が、室内の窓や植栽・絵画が脳波に及ぼす影響として、窓や植栽・絵画の有無が在室者に与える生理的・心理的影響について検討し、窓の存在は在室者に開放感を与えていると報告している。さらに、松原ら¹¹⁾は、窓に関わる多くの要素を含めて窓に期待される役割を調査し、窓の心理的効果についての検討を行っている。

後者に着目した諸研究は、さらに温熱環境に関わるもの、音環境に関わるもの、視環境に関わるものに分けられ、視環境に関わるものはさらに、昼光を含む光の流入出に関する研究と、視覚情報の流入出に関する研究の二つに分けられる。

昼光照明に関しては、これまで数多くの研究が為されており、これらの結果を基に昼光照明の計算法¹²⁾が昼光照明の計画基準として整備されている。近年では、大島ら¹³⁾が昼光照明を行うのに適切な窓面積や室形状の簡易計画法の開発に関する研究を行っている。また、窓にブラインドやロールスクリーン、ライトシェルフ等の設備を付加した場合の昼光照明に関する研究^{14)~16)}も数多く報告されている。

視覚情報の流入出に関しては、ビルディング・エレメント論に端を発した構法計画学¹⁷⁾において、視線の制御と窓との関わりについての見解が示されている。また、北浦¹⁸⁾は、透かしの効果に期待するものとして、透明感と不透明感、開放感と一体感・安心感といった、透過と遮蔽の相反する効果が同時に求められていることを示し、さらに格子や簾の寸法と見え具合との関係を把握する試みを行っている。しかし、格子や簾の寸法と見え具合の関係において、透かしの効果を持つ材の物理的条件と見え方との関係の提示を試みているものの、見え方を決定する明視要素との対応関係が示されていないため、事例的研究にとどまったものとなっている。

中村ら¹⁹⁾は、スクリーン（布製ロールカーテンと思われる）の光学特性と明視要素を結びつけた見え方評価法の枠組みを提示している。ここでは、窓面輝度（窓から見える視対象の輝度）の予測に用いるスクリーンの反射率、透過率、及び空隙率などを得るために回帰分析を行い、これらの値を用いて窓面輝度の予測式を提案している。さらに、視対象を外部の景観として心理評価実験を行い、窓面輝度値と評価との関係を明らかにしている。ここでは、窓面照度などの条件から明視要素の一つである窓面輝度を誘導し、明視要素と評価との関係を提示していることから、外景の見え方に基づいたロールスクリーンの性能評価が可能であり、非常に汎用性の高い研究成果である。しかし、窓においては、室外の視覚的情報の流入だけでなく、室内の視覚的情報の流出も発生するため、窓の双方向性を考慮するならば、さらなる検討が必要であると考えられる。

窓は、室の構成要素の一つであり、且つ外界との境界部でもあるが、窓の設計・計画においては、そのどちらの位置づけにおいても満足の得られる窓が理想的である。しかし、室の構成要素の一つとしての窓に関する研究は、その視覚的效果に対する検討が数多く為されているにも拘わらず、窓を外界との境界部として位置づけ、その視環境的要素の流入出に関する研究があまり報告されていないのが現状である。

本論文は、窓は様々な情報が流入出する室内外の境界部であるとの観点の下、窓を通して見る視対象の見え方評価法を構築することで、室における窓の設計・計画において新たな側面からの指針を示す研究として意義深いものである。

1.3 用語の説明

本論文中において用いる用語について説明する。

窓材

開口部の孔の部分にはめ込まれているものを指す。一般には透明ガラスが用いられていることが多く、室の用途によっては、透明ガラスに何らかの加工が施された物が用いられていることもある。材質がガラスに限定されるわけではないが、建築物の窓材としては、ガラス製品が用いられることが多い。

窓装備

光・熱などの外界の様々な要因を遮断する事を主目的として、窓に付加的に設置される装備を言う。具体的には、障子、簾、ブラインド、カーテン、ロールスクリーンなどを含む。

見え方

人がある視対象を見る際に、諸々の条件に応じて要求する見え。人の顔を視対象とした場合においては、知人同定やモデリング、見え易さ等の様々な見え方の側面が存在しているが、本論文ではそれらの総称として用いている。

見え易さ

見え方の一側面であり、視対象をある側面において視認する際、視覚的情報を認識するために必要な時間、あるいは労力の程度を意味している。見やすさが人を主体とした表現であるのに対して、見え易さは視対象自身が持つ視覚的特性として定義づけている。

明視三要素

視対象の見え易さを決定する主な要素は、時間、大きさ、明るさ、対比の四要素であるとされているが、視対象を視認する十分な時間が与えられている場合においては、大きさ、明るさ、対比の三要素で見え易さが決定されると考えられるため、これらの三要素を明視三要素と称する。本論文では、視対象の視角、順応輝度、輝度対比を明視三要素に対応する値として用いている。

視作業

視作業とは「見る事が主な作業。読書・書きもの・タイプ・製図・検査・選別などが含まれる」とされており²⁰⁾、凝視することが必要となる作業である。本研究で対象とする窓を通して室内外を見ることは、必ずしも凝視することを要してはいないが、本論文においては凝視の有無に拘わらず、見る事が主となる作業全般を指す。

1.4 本論文の構成

ここでは、本論文を構成する各章の位置づけについて述べる。図 1.1 に本論文の構成を示す。本研究は、視環境的側面から室における窓の在り方を考えるものであり、視覚的情報の流入出の経路としての窓の機能に着目して、窓の設計に役立つ資料を作成することを最終目的とするものである。第 1 章では、本論文に関連する既往研究について概観し、本研究で検討すべき課題を示した。また、本研究に関連する用語を定義し、本研究の目的、及び本論文の構成について述べている。

第 2 章では、窓及び窓装備を通して見る際の視対象の見え方評価法の枠組みを提示し、評価法構築

において、窓を通して見る視作業を対象とした場合特有の、現状における問題点を列挙している。また、これらの問題点を生じさせている、窓を通して室内外を見る際の、見え易さに影響を及ぼす視作業条件要因を示し、室内外に存在する視対象の特徴について考察を行って、共通視対象として人物を抽出している。

第3章では、窓に用いられている窓材及び窓装備について概説し、見え易さを決定する明視要素の観点から、これらの窓材及び窓装備を分類している。また、分類された各カテゴリの代表的な窓材及

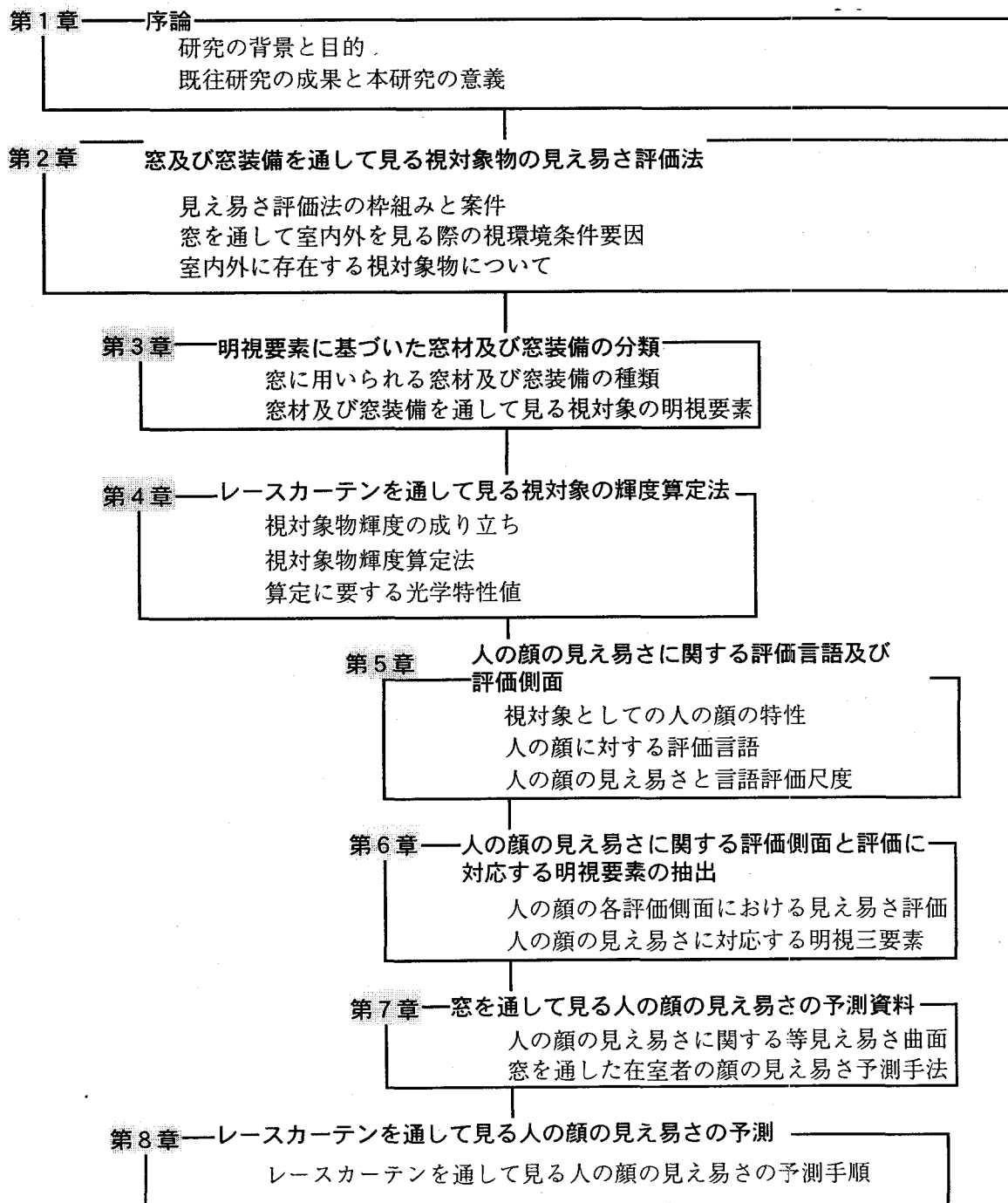


図 1.1 本論文の構成

び窓装備を取り上げ、それらを通して見る視対象の明視要素について述べている。

第4章では、第3章で分類した窓材及び窓装備のカテゴリの中から、レースカーテンに着目し、レースカーテンを通した視対象の明視要素を誘導する事を目的として、視作業場の諸条件を入力因子とした視対象物輝度算定法を提案している。また、この算定において必要となるレースカーテンの光学特性値を規定し、数種類のレースカーテンについて、実測により光学特性値を明らかにし、算定法に用いるデータとして提示している。

第5章では、第2章で共通視対象として抽出した人物を、窓を通して見る視対象として設定し、視対象としての人の顔の特徴について考察を行っている。また、人の顔には多種多様な評価側面が存在することから、人の顔に対する評価言語の整理・集約を目的とした主観評価実験を実施している。その結果、人の顔の評価側面を「存在」「外形」「細部」の三つの評価側面に分類し、それぞれの評価側面ごとに、人の顔の見え易さの程度を表す言語評価尺度を設定している。

第6章では、第5章で設定した、三つの評価側面ごとに人の顔の見え易さに対応する明視三要素との関係を明らかにするため、人の頭部写真を用いて主観評価実験を行い、各評価側面において見え易さ評価と対応する明視三要素の特定方法についての検討を行っている。

第7章では、第6章で行った主観評価実験の評価結果、及び明視三要素の特定方法を用いて、明視三要素と見え易さ評価との関係を定性的に把握している。また、得られた評価結果を基に、明視三要素から人の顔の見え易さを予測するための資料を提示している。

第8章では、第2章で示したレースカーテンを通して見る人の顔の見え易さ評価法を例示するため、具体的な視環境条件を入力因子として、第4章で提案した視対象物の輝度算定法、及び測定により得られたレースカーテンの光学特性値を用いて、レースカーテンを通して見る視対象物の明視要素を誘導し、第7章で提示した予測資料を用いて見え易さを予測する手順を示している。

参考文献

- 1) 佐藤隆二、伊藤克三、大野治代：見やすさに基づく明視照明設計に関する研究－照明の評価指標としての見やすさレベル(VEL)の有用性－，照明学会誌，64-10，pp.541-548，1980(S.55).10
- 2) 中根芳一：読みやすさ評価に基づく質的照明設計法に関する研究，照明学会誌，65-10，pp.534-540，1981(S.56).10
- 3) 渡辺圭子，乾正雄，宮田紀元：最適な窓の形と大きさ，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.105-106，1973(S.48).9
- 4) 曹育祺，下川裕一，高橋祥雄，高松幸雄，五関直一，岩田利枝，木村建一：事務室における光環境の快適性評価に関する実験的研究—その1.窓の大きさ・天井高さが光環境評価に与える影響—，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1，pp.477-478，1995(H.7).8
- 5) 高橋祥雄，下川裕一，曹育祺，高松幸雄，五関直一，岩田利枝，木村建一：事務室における光環

- 境の快適性評価に関する実験的研究—その2.窓の大きさ・天井高さ・照度比と明るさ感との関係—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.479-480, 1995(H.7). 8
- 6) 河本武士, 佐藤隆二, 西木雅幸: 窓が事務室の視覚的な雰囲気を与える影響に関する研究—雰囲気評価における窓の大きさ・位置の影響度の予測—, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第38号 環境系, pp.13-16, 1998(H.10). 7
- 7) 西木雅幸, 佐藤隆二, 山中俊夫, 甲谷寿史, 富田武志: 事務室における窓に対する満足度とその評価構造に関する研究—その1.窓に対する満足感と窓の役割評価—, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第40号 環境系, pp.309-312, 2000(H.12). 6
- 8) 富田武志, 佐藤隆二, 山中俊夫, 甲谷寿史, 西木雅幸: 事務室における窓に対する満足度とその評価構造に関する研究—その2.室の印象評価と窓に対する諸評価の簡易予測法—, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第40号 環境系, pp.313-316, 2000(H.12). 6
- 9) 乾正雄, 宮田紀元, 渡辺圭子: 開放感に関する研究1, 日本建築学会論文集第192号, pp.49-53, 1972(S.47).
- 10) 佐藤仁人: 室内の窓や植栽・絵画が脳波等に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文集第461号, pp.87-95, 1994(H.6). 7
- 11) 松原斎樹, 藏澄美仁, 西田優花, 磯野千都, 下村孝: 京都市内の大学の学生を対象とした窓の心理的効果に関する調査研究, 日本建築学会技術報告集第10号, pp.169-172, 2000(H.12). 6
- 12) 昼光照明の計算法, 日本建築学会編, 1993(H.5). 9
- 13) 大島直文, 宿谷昌則: 昼光照明のための窓面積と室形状の簡易計画法の開発, 日本建築学会計画系論文集第504号, pp.33-38, 1998(H.10). 2
- 14) 中川久美子, 野部達男, 横尾昇剛, 岡建雄: 建築室内の光環境制御に関する研究—その2.昼光利用における採光ブラインドの検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.405-406, 1997(H.9). 9
- 15) 山田浩嗣, 山本耕三, : 外付けロールスクリーンの室内光環境評価に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.381-382, 1998(H.10).9
- 16) 大橋清文, 宿谷昌則: ライトシェルフのある窓からの昼光による室内照度の計算, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D, pp.165-166, 1990(H.2). 10
- 17) 例えば, 真鍋恒博: 建築構法計画講義, 彰国社, 1999(H.11). 9
- 18) 北浦かほる: 透かしにおける2つの視知覚タイプ—透かしの視覚的心理効果の研究(その1)—, 日本建築学会計画系論文集第470号, pp.105-110, 1995(H.7). 4
- 19) 中村芳樹, 小林茂雄, 乾正雄, 近藤友洋, 大沢政嗣: 窓面に装着するスクリーンの輝度抑制性能と景観透視性能, 日本建築学会計画系論文集第484号, pp.9-12, 1996(H.8). 6
- 20) 建築大辞典, 彰国社, 1976(S.51). 3

第2章 窓材及び窓装備を通した視対象物の見え易さ評価法

2.1 はじめに

第1章で述べたように、建築物における窓は、様々な視覚的要素の通路としての役割があり、室の使用目的や在室者の要求に応じて、透過と遮断といった相反するはたらきが要求されている。また、窓は室の構成要素の一つであり、室の計画・設計においても、開放感などの重要な役割を果たしていることから、室計画における窓の設計は重要な位置を占めると考えられる。しかしながら窓は、室内外のどちらの方向からも、様々な要素が流入出するという双方向性をもつため、窓の設計においてはこの点に留意しなければならない。理想的な窓とは、室の使用目的や在室者の要求を満たす透過性能をもつ窓であり、視覚的情報の流入出のバランスのとれた窓が好ましい。窓を通した室内外の見え易さに基づいて窓の設計を行うには、窓を通して室内から室外、あるいは室外から室内の視対象の見え方を予測できる見え易さ評価法を構築する必要がある。

しかし、窓を通した視対象の見え易さ評価法の構築において、対象となる視作業状況は千差万別であり、最終的には、種々の視作業状況を網羅するような見え易さ評価法の構築を目指すとしても、現段階においてそれを目的とするのは時期尚早である。まずは、可能な限り広範囲の視作業状況に対応する見え易さ評価法の枠組みを提示し、評価法の各段階における案件を整理したうえで、見え易さ評価法の枠組みの細部について検討する必要がある。

視対象の見え易さは、順応輝度、輝度対比、視角、視認時間の四者によって決まることは、広く知られている事実であり、これらの四者は明視四要素と呼ばれている。一般に行われる多くの視作業が、視対象を視認するために必要な時間が充分与えられる視作業であることから、視対象の見え易さは、順応時間、輝度対比、視角の明視三要素で決定されるといってよい。したがって、視対象の見え易さ評価法を構築する際には、視作業が行われる際の物理的諸条件から明視三要素を特定し、さらにこれらの明視三要素と見え易さとの関係を明らかにする必要がある。

視作業が行われる際の物理的諸条件には、視作業場に関する条件と視対象に関する条件とが存在するが、窓を通して見る視作業は、他の視作業と比して、その両条件とも特異であるといえる。視作業場に関する条件では、窓で区切られた二空間の一方から他方を見るという視作業を扱っているため、両空間の条件を考慮する必要がある。また視対象に関する条件では、窓を通して見る視対象が多岐に渡るため、まずは視対象の選定をする必要がある。

そこで本章では、窓を通して視対象を見る際の、見え易さ評価法の枠組みを提示し、その過程で生じる問題点を整理した上で、見え易さ評価法の構築における案件について述べる。

2.2 見え易さ評価法の枠組みと案件

ある環境条件下の見え方に対する評価法を構築するためには、その視作業が行われる場の視環境条

件より、視作業に対する評価を予測できるシステムが必要である。この視環境条件と見え易さ評価とを繋ぐものが視対象の明視要素である。これは、視環境条件から算定され得る物性値であり、且つ見え易さ評価と一意的対応関係でなくてはならない。

この概念の下、図 2.1 に窓を通して見る視対象の見え易さ評価法の枠組みを提示する。窓を通して視対象を見る際の見え易さ評価の手順は、あらゆる視作業状況を網羅するべきであり、基本的には任意の視作業、任意の視対象に対して共通の手順である。しかし、窓を通して視対象を見る視作業条件は、視作業場に関する条件、及び視対象物に関する条件ともに、その他の視作業と比して特異な条件であるため、見え易さ評価法の構築にあたっては注意すべき事項がいくつか存在する。

まず第一に、視環境条件の決定において、窓を通して見るという視作業場には、室内と室外の二つの空間が存在する事である。すなわち、視作業者が居る場と視対象物が存在する場の二空間である。一般には、視作業者と視対象物は同一空間に存在するため、その空間における照明条件を抽出すればよいが、視作業者と視対象物が別々の空間に存在している場合では、各々の空間における照明条件を抽出し、両者を組み合わせる必要がある。さらに、屋外空間における照明条件は広範囲であるため、

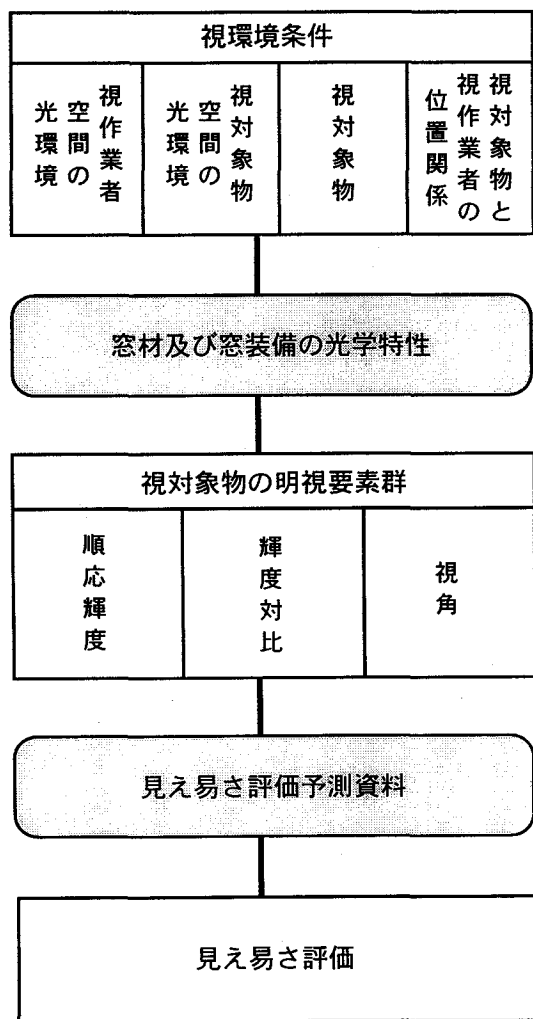


図 2.1 窓を通して見る視対象の見え易さ評価法の枠組み

両者を組み合わせた照明条件は非常に広範囲となる。

第二に、視環境条件より明視要素の算定を行う際、窓を通して見ることによって、視対象の明視要素が、直接視対象を見る場合における明視要素とは異なる点である。窓は現実空間において、その定義通り孔のまま開いていることはほぼあり得ず、何らかの窓材が用いられていたり、あるいは何らかの窓装備が付加されたりしていることが通常である。用いられる窓材及び窓装備の材質ごとに、その光学特性も異なると考えられるため、明視要素の算定においては、それらの特性をも考慮しなければならない。

第三に、一口に見え易さ評価と言っても、窓を通して見る視対象が非常に多く存在するため、その評価構造が非常に複雑な事である。本来は、いかなる視対象にも対応する柔軟な評価システムの構築が望ましいが、窓から見える視対象は多岐に渡っており、さらにこれらの視対象の中からいずれの視対象を選定したとしても、窓を通して見る視対象は、従来取り扱われてきた文字視対象などとは異なった、非常に複雑な視対象である。仮に、ある視対象に限定してその見え易さに基づく評価法を構築するとしても、視対象の存在の有無や細部の識別など、その視作業が行われる状況毎に要求される見え易さの評価側面は異なると予測されるため、多種多様な評価側面についてあらかじめ検討しておく必要がある。

第四に、上述の通り窓を通して見る視対象が複雑な視対象であることから、評価と対応させるべき明視要素の特定が非常に困難な点である。例えば、輝度対比は一般に視対象物輝度と順応輝度より算定されるのが通常であるが、窓を通して見る複雑な視対象には輝度分布が存在するため、着目部位ごとに視対象物輝度の値が異なっており、数種類の輝度対比が存在することになる。順応輝度や視角についても同様に、着目する部位によってそれぞれの値が異なる。したがって、評価に対応する明視要素の特定の際には、この点にも留意する必要がある。

以上のように、窓を通して見る視対象の見え方評価法の構築に当たっては、注意すべき問題点が山積しているため、任意の視作業条件、任意の視対象に適応可能な見え易さ評価の構築を目指すべきではあるが、初期段階からあらゆる視作業状況を網羅するようなシステム作りを目指すことは、危険を伴う作業であると考えられる。まずは、ある限定された視作業条件、視対象における見え易さ評価法を構築し、その後、同様の手順を踏みながら、種々の視作業条件、視対象に対応する見え易さ評価法を積み重ねることにより、任意の視作業状況に適応可能な評価法を完成させることができる。

そこで本論文においては、窓を通して見る視対象の見え方評価法の構築を目指して、まず窓を通して見る視作業に纏わる視環境条件の特徴について把握し、さらに多種多様且つ複雑な視対象の中から評価法の構築に当たって適切な視対象を選定した上で、視環境条件より評価と対応する明視要素を誘導し、その誘導された明視要素から見え易さ評価を予測できるシステムを構築する。

2.3 窓を通して室内外を見る際の視環境条件要因

窓を通して視対象を見る視環境においては、窓を境界として、二つの空間が存在する。視作業者が居る空間を視作業空間、視対象物が存在する空間を視対象物空間とすると、これらの両空間の照明条件は、各々独立に制御されている。例えば、屋外から室内を見る場合においては、室内と屋外の境界に存在する窓が二つの空間に分割しているため、視作業空間は日光により制御され、視対象空間は室内の人工照明により制御される。視作業者が自分の居る空間とは異なる視環境条件に在る視対象物を見る状況においては、二空間の視環境条件の組み合わせによって視作業条件が決定されるため、条件範囲が非常に広範囲となる。したがって、窓を通して見る視対象の見え易さ評価法を構築するためには、広範囲に渡る両空間の視環境条件の中から、明視要素を決定する条件項目を抽出する必要がある。

図2.2に、明視三要素を決定する視環境条件項目を示す。視対象物空間、及び視作業空間に関する視作業条件は、昼光照明計算において、窓の外部面の照度の算定式が示されている¹⁾ことから、屋外空間の光環境は窓の外部鉛直面照度を用いて表現することが適切であり、対象とする視作業状況によって、視対象物空間、及び視作業空間ともに屋外空間となりうる事から、各々の空間の光環境は、視対象側窓面鉛直面照度、及び視作業側窓面鉛直面照度を用いて表現することが適切である。

視対象物に関する視環境条件は、従来より視環境設計において用いられてきた視対象物輝度、及び視対象の大きさが、明視要素を決定する項目として抽出できる。しかし、窓から見る視対象物は、文字視対象と比べて複雑な視対象物であり、輝度分布が存在するため、視対象物輝度の特定の際には、

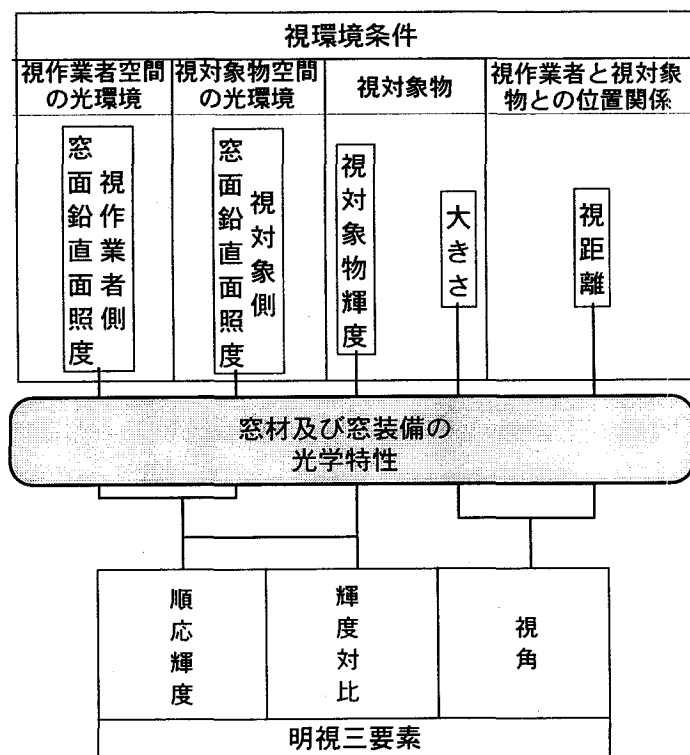


図2.2 明視三要素を決定する視環境条件項目

着目部位に関する検討が必要である。また、大きさについても同様に、着目部位に関する検討が必要である。

視対象物と視作業者の位置関係に関する視環境条件は、従来より視環境設計において用いられてきた視距離が、明視要素を決定する項目として抽出できる。視距離とは元来、視作業者と視対象物との距離を意味するが、窓を通して視対象を見る場合においては、窓材及び窓装備の材質によっては、窓材と視対象物との距離などの新たな検討項目が必要となる可能性もある。

以上の5つの視環境条件項目の組み合わせにより、窓を通して見る視対象の明視三要素の特定が可能となる。しかし、窓は孔のまま開放された状態を除き、何らかの窓材や窓装備が付加されていることがほとんどであるため、窓材や窓装備の存在による明視要素への影響について、別途考察する必要がある。

2.4 室内外に存在する視対象物

窓が建築物において、室内外の境界に存在している場合、室内外に居る人が窓を通して見る視対象は非常に多種多様である。図2.3に、窓を通して室内外を見る際の視対象を示す。室内空間では生物、人工物の二種類、屋外空間では生物、人工物、自然物の三種類に大別できる。

屋外空間にのみ存在する自然物は、山や樹木、川や海などが挙げられる。これらの視対象は、一般的に在室者が獲得したい視覚的情報の一つであり、窓に対して透過性能を期待するものであると考えられる。

人工物は屋外・室内の両空間に存在しているが、両空間の大きさには大きな隔りがあるため、人工物といってもその具体的な視対象物は各空間毎に異なっており、共通する視対象は存在していない。

屋外空間に存在する人工物には、乗用車や自転車、あるいは住宅やオフィスビルなどの建築物が挙げられる。これらの視対象物は、その視作業状況ごとに視覚的情報に対する要求が様々である。例えば、住宅の前に乗用車が停止した時、来客がどうか確認するような場合においては、獲得したい視覚的情報となり、したがって窓に対しては、透過させたいという要求が生じる。これに対し、ホテルの客室の窓から隣接する建築物の壁面が見える場合においては、むしろ獲得したくない情報となり、したがって窓に対しては、遮断したいという要求が生じる。

一方、室内空間に存在する人工物には、家具

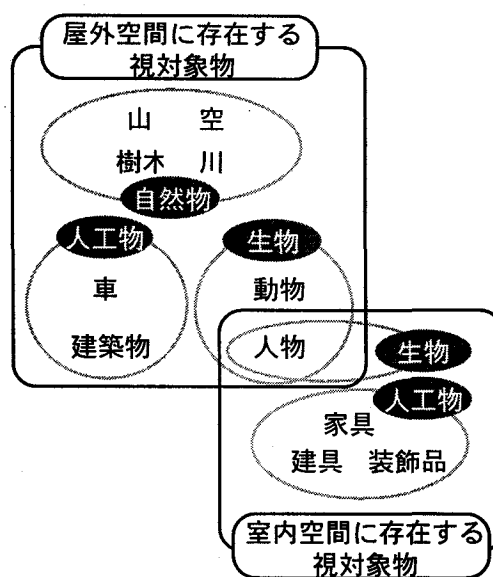


図 2.3 室内外に存在する視対象物

や建具、装飾品などが挙げられる。これらの視覚的情報は、屋外に居る人が積極的に獲得したいという状況はごく稀である。しかし、在室者にとっては、その人種・文化・生活習慣によっても異なるが、室内の様相を見られたくないという要求が生じ、したがって窓に対しては遮断させたいという要求が生じることが一般的である。

さらに、生物も屋外・室内の両空間に存在する視対象であり、その中でも人物は、両空間における共通の視対象である。人物視対象もまた人工物と同様に、その視作業状況ごとに視覚的情報に対する要求が様々である。例えば、住宅の前の通行人が、顔見知りの人物かどうか知りたい場合においては、獲得したい視覚的情報となり、したがって窓に対しては、透過させたいという要求が生じる。これに対し、オフィスビルにおいて執務している時に、往来を行き交う人々の姿が窓から目に入るような場合においては、獲得したくない視覚的情報となり、したがって、窓に対しては遮断したいという要求が生じる。

また、室内に存在する人物は、在室者の人種・文化・生活習慣にもよるが、自身の姿を見られたくないという要求が生じることが一般的であり、したがって窓に対しては遮断させたいという要求が生じる。これは、日本において、室内の私的情報を流出させたくないといういわゆるプライバシー保護の概念が存在することによるものであると考えられる。

以上のような検討より、室内外に存在する視対象物の中で、両空間に存在する視対象物として人物を抽出することができる。窓の双方向性を加味した包括的な見え易さ評価法の構築においては、両空間に共通して存在する人物を視対象として採用することが合理的である。また、室内の私的情報の流出を防ぐというプライバシー保護の観点においても、人物を視対象とすることが、窓の設計においても重要な観点となることが予測される。

したがって、まず、諸々の視対象の中から人の顔に着目し、窓を通して見る人の顔の見え易さ評価法を構築する。

2.5 本章のまとめ

本章では、視覚的情報の流入出の適切なバランスをもつ窓の設計法の構築を最終目標として、窓を通して見る室内外の見え易さ評価法の枠組みを提示した。窓を通して室内外を見る視作業においては、視作業者がいる空間と視対象物が在る空間との二つの空間における照明条件が、それぞれ別個に制御されているという点、視作業者と視対象物との間に、窓材あるいは窓装備などの介在物が存在するという点、窓を通して見る視対象が多岐に渡っていて、且つそのいずれを選択したとしても複雑な視対象物である点、そして、複雑な視対象物であるために、見え易さ評価と対応させるべき明視要素の特定方法について検討が必要である点の四つの案件について述べた。また、明視要素を決定する、視作業条件項目について考察し、多種多様な視対象の中から、室内外の両空間に存在する共通視対象として人の顔を抽出した。

参考文献

- 1) 例えば、昼光照明の計算法 第5章 直射日光を含む計算法, 日本建築学会編, 丸善

第3章 視対象の明視要素の成り立ちに基づいた窓材及び窓装備の分類

3.1 本章の目的

窓とは、採光または通風の目的で、壁または屋根に明けられた孔を意味するが、建築物における窓は、孔のまま放置されることは皆無に等しく、窓に何らかの窓材がはめ込まれるのが通常である。一般に、在室者は眺望や開放感に対する要求を持つために、透明ガラスが窓材として多く採用されているのが現状である。しかし、透明ガラスは室内の視覚的情報を室外にたやすく流出させる窓材であるため、住宅などの私的情報を保護したい室においては、ブラインドやカーテン等の窓装備が付加される例がよくみられる。したがって、窓を通した視対象の見え易さ評価法を構築するためには、孔に設置された窓材、あるいは窓に付加された窓装備を通した視対象の見え易さについて明らかにする必要がある。

窓材及び窓装備を通して見る場合の視対象の見え方が、直接視対象を見る場合の視対象の見え方は異なることは周知の事実である。窓を通して見るものの見え方を左右する要因が、明視要素であることは第2章で述べた通りであり、見え方が異なるということは、見え方に影響を及ぼす明視要素が異なることを意味する。したがって、窓材及び窓装備を通して見る視対象の見え易さを明らかにするためには、窓材及び窓装備の介在により、視対象物の明視要素にどのような変化が生じるのかを解明する必要がある。

窓材に関する研究には、松浦²⁾が透明ガラス、磨りガラス及び型板ガラスを対象として透過特性値を測定したものがある。ここでは、これらの窓材が使用されている室の昼光による床面照度を得ることを目的としており、片側採光の室における照度計算例が示されている。また、松本³⁾は磨りガラスを通して見る視対象の輝度分布の算定法にこれらの値を用いることを目的として、磨りガラスの透過特性値と反射特性値の測定を行っている。ここでは、しかし、窓材を通して見る視対象の見え易さを決定する明視要素に影響を及ぼす光学特性は、窓材及び窓装備の種類ごとに異なっているため、視作業条件項目より明視要素を導出する際に、材質ごとに光学特性を明らかにする必要がある。

そこで、本章では、一般に建築物の窓に使用されている窓材及び窓装備について概観し、視対象の見え易さに影響を及ぼす明視要素の窓材の存在による変化に着目して、窓材及び窓装備を分類する。さらに、窓材及び窓装備を通して見る視対象の明視要素の特定について、各分類毎について考察し、本論文で対象とする窓装備について述べる。

3.2 窓に用いられる窓材及び窓装備の種類

日本の伝統的建築の窓は多重構造となっており、板戸、蔀戸、明かり障子など様々な建具を使用しており、季節や天候の変化に応じて、室内外の諸要因の透過・遮断のバランスを保っていた。とりわけ明かり障子は、光や景色などの視環境的要素の透過・遮断に用いられており、光を和らげる効果がある窓材として、現代の住宅においても窓材として使用されている例が多く見られる。障子に張られ

る和紙の材質にもよるが、障子を通して見る視対象は、障子の棧によって視対象の一部が見えなくなり、また和紙が視対象を全体にぼけさせる現象もみられる。

現代建築においては、窓には通常、眺望や開放感などの要求が課せられるため、透明ガラスが用いられていることが多い。これは、透明ガラスを通して見る外界の景色が、開放された窓を通して見る外界の景色と、見かけ上ほとんど異ならないことが、その理由であると考えられる。

視覚的情報の遮断を目的として開発された窓材には、磨りガラスや型板ガラスなどがある。磨りガラスは、透明な板ガラスの片面を金剛砂と金属ブラシで不透明に加工した板ガラスで、透視性を低下させながら光を取り入れたい場合に用いられる。しかし、磨り面が水に濡れると透明度が増すことや、汚れが付着すると除去しにくいなどの特性から、使用される場所が限定されるため、室内の間仕切りや建具などに用いられていることが多い。型板ガラスも磨りガラスと同様に、透視性を低下させながら光を取り入れたい場合に用いられており、水に濡れる事態を想定すると、磨りガラスが不適當である浴室や台所の窓材としても適用可能な窓材である。また、型板ガラスには様々な型模様が存在するため装飾性に富んでおり、玄関ドアや客室ドア等など、使用頻度は比較的高い。

また近年では、オフィスビル等において、透明ガラスの代わりに熱線吸収ガラスや熱線反射ガラスが用いられる例もしばしば見られる。これらが窓材として用いられている主な理由は、窓における省エネルギー対策であり、夏季の冷房負荷を軽減することを目的として用いられている。これらの使用により、結果的に外部空間からの視線を遮断し、室内の視覚的情報の流出を防いでいるようなケースも見られる。

窓材として透明ガラスを用いる場合には、ショールームや商店など特殊な用途で用いられる場合を除き、ブラインドやレースカーテンなどの窓装備が付加されるのがほとんどである。とりわけ住宅においては、夏季の日射や風雨などからの防御としてのみならず、室内の視覚情報の流出の防御という目的でも使用されてきた。

ブラインドとは本来、日光や視線を遮る目的で作られたもの（簾、鎧戸、カーテン、ルーバーなど）の総称であるが、一般的には、ベネシャンブラインドや巻き上げブラインドを意味する。ベネシャンブラインドは、可動水平ルーバーの一つであり、羽根板には明色塗装の金属製薄板が使用されていることが多い。ベネシャンブラインドを通して見る視対象は部分的に隠され、その面積は羽根板の角度に依存している。また巻き上げブラインドは、キャンバスを上部に巻き上げて開閉するブラインドであり、ロールブラインド、ロールスクリーンとも呼ばれる。これらの窓装備を通して見る視対象も、その一部が遮蔽されており、遮蔽される部分の面積は、キャンバス地の材質に依存している。

カーテンは、遮蔽装置としての機能だけでなく、室内の装飾品の一つとして、主に住宅における窓装備として用いられている。カーテンは、その用途によって用いられる布地の繊維の粗さが様々であり、一般的には繊維の目が比較的細かい通常のカーテンと、繊維の目が非常に粗いレースカーテンの二種類が存在する。カーテンが視覚的情報をほぼ完全に遮断してしまうのに対し、レースカーテンは、

それを通して見る視対象を部分的に隠す窓装備であり、ブラインドと比べてその空隙部の一つ一つが非常に微少であるため、視覚的情報を適度に透過・遮断する窓装備として用いられている。

このように、窓に設置する窓材あるいは窓装備によって、それを通して見る視対象の見え方は異なっている。視対象の見え方を決定しているのは視対象の明視要素であり、視対象が元来もっている物理量は変化しないことから、窓材及び窓装備が、視対象物と視作業者ととの間に介在することによって、明視要素に何らかの変化が生じることが予測される。表3.1に、窓材を通すことによる視対象の明視要素への影響に基づいて、一般に用いられている窓材を分類したものを示す。窓材は、透明ガラスのように視対象の見え方を本質的には変えないもの、レースカーテンやブラインドのように視対象

表3.1 窓材の種類と窓材を通して見る視対象の明視要素への影響

窓材の種類	視対象の見え方への影響	視対象の明視要素への影響		
		視対象物輝度	輝度対比	視対象の大きさ
透明ガラス	影響 無	有	無	無
すりガラス・障子	全体的にぼかす	有	有	有
レースカーテン・ブラインド	部分的に隠す	有	有	無

を部分的に隠すもの、すりガラスのように視対象を全体的にぼかせるものの三つに分類することができる。

透明ガラスを通して視対象を見る場合、視対象の明視三要素のうち輝度対比、視角については、窓材の存在によって変化しないが、視対象物輝度には変化が生じる。また、磨りガラス・障子等の、視対象を全体的にぼかすような窓材を通して視対象を見る場合、視対象の明視三要素の全てにおいて変化が生じる。レースカーテンやブラインド等の視対象を部分的に隠すような窓装備を通して視対象を見る場合、視対象の明視三要素のうち、視対象の大きさには変化が生じないが、視対象物輝度と輝度対比には変化が生じる。

したがって、窓材及び窓装備を通して見る視対象の見え方を明らかにする際には、これらの分類ごとに、窓材及び窓装備の存在する場合の視対象の明視要素が、視対象を直接見る場合の明視要素と、どのように異なるかについて考察する必要がある。

3.3 窓材及び窓装備を通して見る視対象の明視三要素

3.3.1 透明ガラス等を通して見る視対象の明視三要素

図3.1に、透明ガラスを通して見る視対象の明視要素について示す。透明ガラスは、視対象の見え方を本質的には変えない窓材であり、視対象の形、大きさ、色などは、直接視対象を見る場合と同様の見え方となる。しかし、透明ガラスの存在により、視対象側からの光の到来方向は変わらないものの、視対象物輝度が異なる値となる。この変化は、透明ガラスの光学特性の一つである輝度透過率(ガラスの有無による視対象物輝度の比)に依存したものである。

したがって、透明ガラスを通して見る視対象の明視要素は、この一つの光学特性値が明らかとなれば、視対象物輝度は容易に特定できると考えられる。現在、透明ガラスの光学特性については諸々のデータが提示されており⁴⁾⁵⁾⁶⁾、それによると、透明ガラスにおける可視光の透過率は、その厚みにもよるが、約80%～90%となっている。また、近年、断熱性能を高めるために開発された熱線吸収ガラス等についても、その透過率が性能値として示されており、これらの値を用いて、窓材を通して見る視対象物の明視要素の算定が可能となっている。

3.3.2 磨りガラス等を通して見る視対象の明視三要素

図3.2に、磨りガラスを通して見る視対象の明視要素について示す。磨りガラスは、その片面に施された加工によって、視対象を全体的にぼけさせる効果があり、視対象の見え方を大きく変化させる。磨りガラスを通して見る視対象物は、透明ガラスを通して見る場合に生じる現象に加えて、その輪郭がぼけるために形がわかりにくくなり、大きさが実物より小さくなる現象が見られることもある。また、窓材に入射した光が磨り面で反射することで生じるかぶり光の存在により、視野内に均一に光量が被るベリング現象が生じる。さらに、視対象物から窓材までの距離によっても、その見え方は変化し、窓材からの距離が大きくなるにしたがって、視対象のぼけの程度が大きくなる現象も見られる。すなわち、磨りガラスなどを通して見る視対象の明視要素については、窓材を通すことで、視対象物輝度が異なるだけでなく、窓材面で発生する輝度の影響により、輝度対比も異なり、さらに視対象と窓材の距離によって、視角も異なる値となることが予想される。

このように、視対象の輪郭をぼけさせない窓材とぼけさせる窓材とでは、窓材の存在による明視要素への影響の程度が大きく異なっているため、これらの窓材を通した視対象の明視要素の特定方法を検討するのは非常に困難であると考えられる。窓材の存在が視対象の明視要素に与える影響について検討する際には、影響を及ぼす明視要素が異なる場合の見え方を、それぞれ別個に取り扱う必要がある。したがって、影響要因のより少ない窓材及び窓装備の存在による視対象の明視要素への影響を明らかにした後、影響要因の多いこれらの窓材を通して見る視対象の明視要素についての考察を行うのが妥当であると考えられる。

3.3.3 レースカーテン等を通して見る視対象の明視三要素

図3.3に、レースカーテンを通して見る視対象の明視要素について示す。レースカーテンは、部分的に視対象を隠す効果があるが、その編み目は比較的細かいものが一般によく使用されており、編み目の大きさに対して十分大きな視対象の輪郭を、大きく損なうことはないと考えてよい。しかし、透明ガラスを通して見る場合に生じる現象に加えて、窓に入射する光がレースカーテン面で反射することで生じるかぶり光の存在により、磨りガラスの場合と同様に、視野内に均一に光量が被るベリング現象が生じる。したがって、視対象物を部分的に隠すレースカーテンなどを通して見る視対象にお

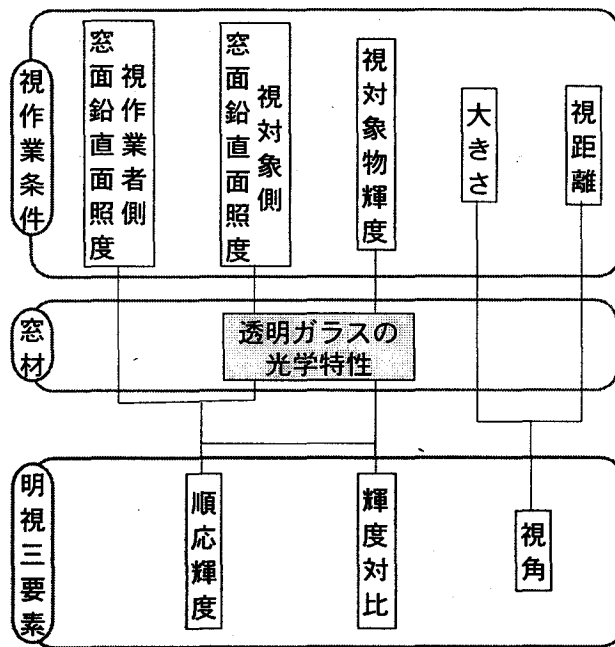


図 3.1 透明ガラスを通して見る視対象の明視要素

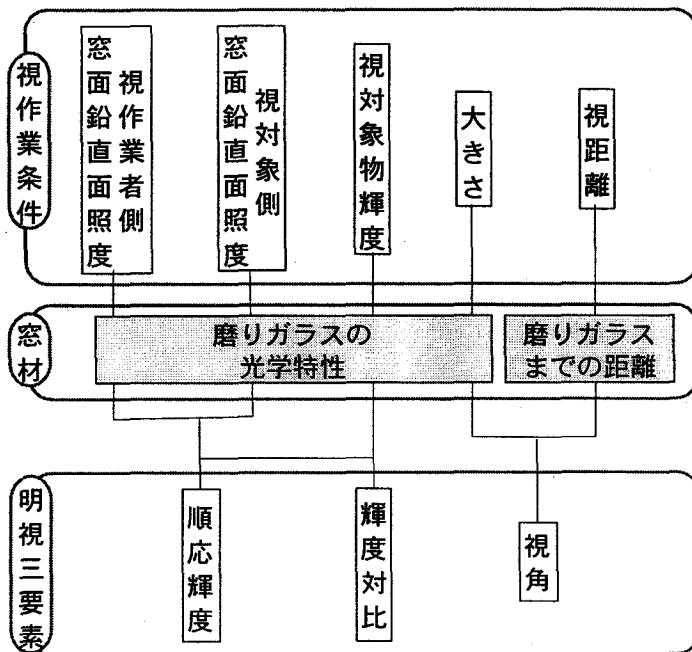


図 3.2 磨りガラスを通して見る視対象の明視要素

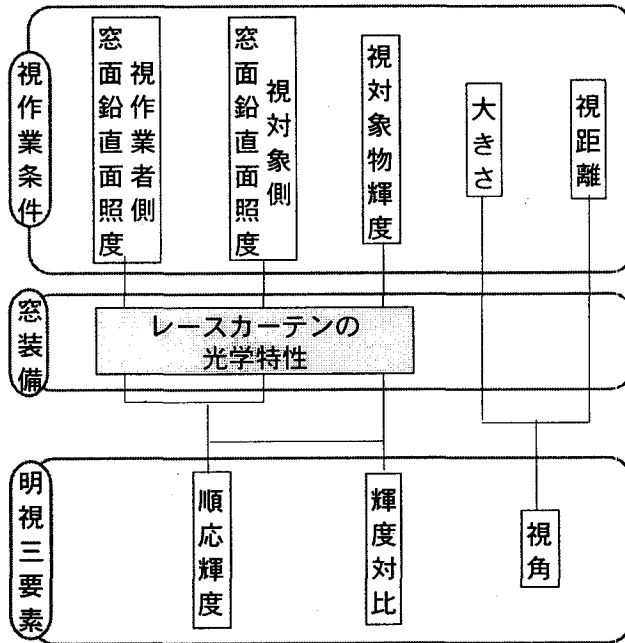


図 3.3 レースカーテンを通して見る視対象の明視要素

いては、窓材を通すことでその光の到来方向が変わらないため、視対象の大きさが異なる現象は見られないが、かぶり光が発生することにより、視対象物輝度及び輝度対比が異なる値となる。

このように、視対象を部分的に隠すレースカーテンは、その存在により光の到来方向を変えないという点において、視対象の形状を変化させない透明ガラスと同様の取り扱いをすればよいと考えられるが、レースカーテン面で発生するかぶり光によって輝度対比が低下する現象が見られるため、明視要素の特定にあたって注意が必要であると考えられる。

以上のような背景より、本論文においては、3.2節において分類した窓材及び窓装備の中から、視対象を部分的に隠す窓材に着目し、その代表としてレースカーテンを通して見る視対象の明視要素の特定方法について考察を行うこととする。

3.4 本章のまとめ

本章では、建築物の窓に用いられている窓材及び、窓材について概観し、視対象の見え方を左右するのは明視要素であるとの概念の下、明視要素に与える影響の観点から、種々の窓材及び窓装備を分類した。また、分類された3種の窓材及び窓装備の中から、それぞれ代表的な窓材及び窓装備である、透明ガラス、磨りガラス、レースカーテンに着目し、それぞれの窓材及び窓装備を通して見る視対象の明視三要素について考察を行った。本研究では、種々の窓材の中で視対象の輪郭をぼかさず、部分的に隠すという性質をもつレースカーテンに着目し、まずはレースカーテンを通して見る視対象の見え易さ評価法の構築を目的として、レースカーテンを通して見る視対象の明視要素を導出する過程について、次章で述べる。

参考文献

- 1) 松浦邦男：各種窓ガラスの透過特性について，日本建築学会論文報告集63号，pp.173-176，1959(S.34)
- 2) 松本宜孝，佐藤隆二：すりガラスに映る視対象の輝度分布の算定法，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1，pp.497-498，1999(H.11).9
- 3) 松本宜孝，佐藤隆二：すりガラスを通して見る視対象の輝度分布算定法に関する研究－輝度算定に要するすりガラスの光学特性値－，照明学会全国大会講演論文集，pp.242-243，2000(H.12).8
- 4) 旭硝子板ガラス建材総合カタログ，旭硝子株式会社，1996(H.8)
- 5) ガラス建材総合カタログ，日本板硝子株式会社，1997(H.9)
- 6) 総合カタログ 板ガラス・関連商品，セントラル硝子株式会社，1996(H.6)

第4章 レースカーテンを通して見る視対象の輝度算定法

4.1 本章の目的

窓を通して見る視対象の見え易さ評価法の構築において、見え易さ評価を決定する明視要素は、視環境条件の種々の項目より算定されることは、第2章で述べた通りである。しかし、窓には何らかの窓材あるいは窓装備が設置されることが一般的であるため、窓材及び窓装備の光学特性を明らかにし、光学特性を組み込んだ形で明視要素の算定法を提示する必要がある。

本研究で対象とする窓材であるレースカーテンを通して見る視対象の明視三要素のうち、レースカーテンの介在により変化する明視要素は、順応輝度と輝度対比である。輝度対比は、視対象物輝度と背景輝度との二点の輝度値から算出されるものであり、順応輝度は、背景が視対象に対して充分大きい面積をもつ場合は、順応輝度は背景輝度と見なされる場合が多い。したがって、視対象物のある点における輝度値が、レースカーテンを介在させることによって、どのように変化するかを明らかにすることによって、レースカーテンを通して見る視対象の任意の点における視対象物輝度値を得ることが可能となり、その結果、レースカーテンを通して見る視対象の、順応輝度及び輝度対比を得ることができる。

本章では、レースカーテンを通して見る視対象の明視要素を得る事を目的として、レースカーテンを通して見る視対象の輝度算定法を提示し、さらに明視要素の導出に必要となるレースカーテンの光学特性を求めた結果について考察を加える。

窓材を通して見えるものの見え方に関連した既往の研究には、型板ガラスや熱線反射ガラスを扱った中谷らの研究²⁾や、スクリーン(布製ロールカーテンと思われる)を扱った中村らの研究³⁾がある。

中谷による型板ガラスを対象とした研究²⁾は、型板ガラスの光拡散特性を中心部の最大輝度に対する各部位の輝度の比で表し、この光学特性値と見え方との関係を明らかにしたものである。また熱線反射ガラスを対象とした研究²⁾は、ガラスの光学特性を反射率に対する透過率の比で表し、この光学特性値と遮像効果との関係を明らかにしたものである。これらの研究では、いずれも材料ごとに固有の特性値を規定し、その特性値と視対象の見え方との関係を直接的に扱っており、明視三要素を介在させていない点において、汎用性に欠ける事例的研究になっている。

一方、中村らの研究³⁾は、窓材の光学特性と明視要素を結びつけた見え方評価法の枠組みを提示している。ここでは、窓面輝度(窓から見える視対象の輝度)の予測に用いるスクリーンの反射率、透過率、及び空隙率などを得るために回帰分析を行っている。窓材の光学特性値を得る手法は、このように統計的手段を用いて各光学特性値を求める間接的手法と、視対象物の輝度を構成する個々の輝度成分を直接測定することによって、各光学特性値を求める直接的手法の二つに大別できる。

本章では、レースカーテンの各光学特性値を求めるにあたって直接的手法を採用し、視対象の輝度を構成する個々の輝度成分の測定結果を報告し、測定により求められた光学特性値を用いてレースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法を提示する。

4.2 レースカーテンを通して見る視対象の輝度の成り立ち

レースカーテンを通して見る視対象の輝度算定法において必要となる光学特性値を得る手法には、既往の研究³⁾で示された間接的手法と、視対象物輝度を構成する輝度成分を個別に測定することにより各光学特性値を求める直接的手法の二つの手法が存在する。直接的手法を用いる場合、種々のレースカーテンにおいても同様の測定方法を用いることでその光学特性値を求めることができる。したがって、各光学特性値を個別に測定する方法を示すことにより、任意のレースカーテンを通して見る視対象の輝度算定法の構築が可能となる。

そこで、まずレースカーテンを通して見る視対象の輝度の成り立ちについて考察する。図4.1はレースカーテンを通して見る視対象の、ある着目部位を拡大して模式化したものである。この図より、着目部位は微視的には繊維部とその空隙部とで構成されていることがわかる。

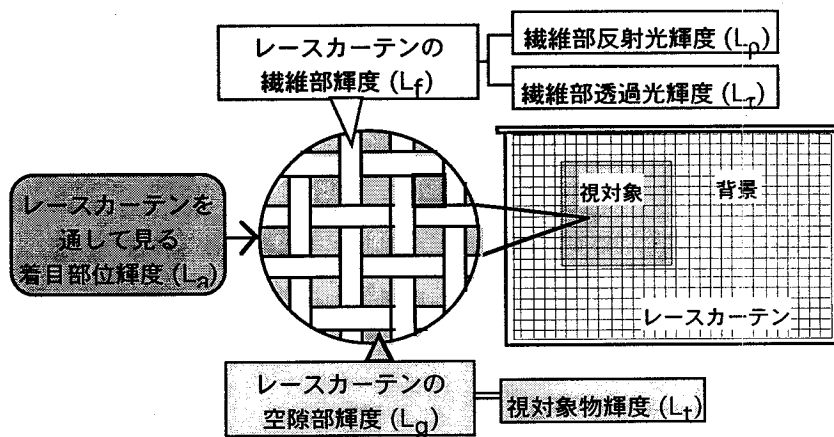


図4.1 レースカーテンを通して見る視対象物輝度の成り立ち

レースカーテンの繊維部の面積を繊維面積 A_f 、空隙部の面積を空隙面積 A_g とすると、着目部位の総面積 A は、以下の式に示すとおり、両者の和で表すことができる。

$$A = A_f + A_g \quad \dots\dots (1)$$

これより、カーテン繊維の織り方が一様である時、任意の着目部位において繊維部と空隙部の面積の比率は、着目部位の総面積に対する比率で表すことができ、各々を繊維面積率 f 、及び空隙率 g とすると以下の式が成立する。

$$f = A_f / A \quad \dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} g &= A_g / A \\ &= 1 - f \quad \dots\dots (3) \end{aligned}$$

微視的に見た着目部位の輝度は、レースカーテンの繊維部輝度 L_f と空隙部輝度 L_g とで構成されており、両者がそれぞれ一様な輝度であるとする、人間が認識する着目部位の巨視的な輝度 L_a は、両者の輝度を面積的に平均したものとなり、以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} L_a &= (A_f \times L_f + A_g \times L_g) / A \\ &= f L_f + g L_g \quad \dots\dots (4) \end{aligned}$$

繊維部の輝度 L_f は、カーテン裏面に入射し繊維部を通過する光による成分 L_t (繊維部透過光輝度と称する)と、カーテン繊維表面で反射する光による成分 L_r (繊維部反射光輝度と称する)の二者で構成されている。一方、着目部位が視対象部である場合、空隙部では視対象が見えているため、空隙部の輝度 L_g は、視対象物の輝度 L_i となり、以下の式が成立する。

$$L_f = L_t + L_r \quad \dots\dots (5)$$

$$L_g = L_i \quad \dots\dots (6)$$

これより、着目部位の輝度 L_a は、以下の式で表すことができる。

$$\begin{aligned} L_a &= f L_f + g L_g \\ &= f (L_t + L_r) + g L_i \\ &= f L_t + f L_r + (1 - f) L_i \\ &= \bar{L}_t + \bar{L}_r + \bar{L}_i \quad \dots\dots (7) \end{aligned}$$

\bar{L}_t は、繊維部透過光輝度 L_t をカーテンの繊維面積率 f による影響を含む輝度として $\bar{\quad}$ を付加したものの (カーテン透過光輝度と称する) であり、 \bar{L}_r は、繊維部反射光輝度 L_r をカーテンの繊維面積率 f による影響を含む輝度として $\bar{\quad}$ を付加したものの (カーテン反射光輝度と称する) である。また、 \bar{L}_i は、視対象物輝度 L_i をカーテンの空隙率 g 、すなわちカーテンの繊維面積率 f による影響を含む輝度として $\bar{\quad}$ を付加したものの (見かけの視対象物輝度と称する) である。以上のように、レースカーテンを通して見る着目部位の輝度 L_a はこれら三輝度値の和として得られる。

なお、着目部位が視対象部であれば、着目部位の輝度 L_a はレースカーテンを通して見る視対象物輝度となり、着目部位が背景部であれば、レースカーテンを通して見る背景輝度となる。両輝度値を明らかにすることにより、明視三要素のうち、背景輝度及び輝度対比の二者を把握することができるため、レースカーテンを通して見る視対象の見え方を明らかにするためには、着目部位の輝度算定法を構築することが必要となる。

4.3 レースカーテンの光学特性値の規定と視対象の輝度算定法

レースカーテンを通して見る着目部位の輝度 L_a を構成する三輝度値（見かけの視対象物輝度 \tilde{L}_t ・カーテン透過光輝度 \tilde{L}_τ ・カーテン反射光輝度 \tilde{L}_ρ ）は与えられた光の場の条件に支配されるものであり、光の場の条件が同一である場合はカーテンの光学特性に支配されるものである。カーテンの光学特性値はカーテンの形態特性である繊維面積率に依存するものであるが、繊維面積率は精細に測定されることが非常に困難であり、かつカーテンに固有の値であることより、輝度算定に当たっては繊維面積率による影響をカーテンの光学特性に含めた上で、繊維部の光学特性として用いることがより実務的であると考えられる。

以上のような要件を踏まえた上で、レースカーテンを通して見る着目部位の輝度 L_a を構成する三輝度値について、表 4.1 に示す三つのカーテンの光学特性値を規定する。

表 4.1 レースカーテンの光学特性値の規定

レースカーテンを通して見る 着目部位の輝度の構成要素	成因光量	カーテンの光学特性
見かけの視対象物輝度 \tilde{L}_t	視対象物輝度 L_t	見かけの空隙率 $\tilde{\phi} = \tilde{L}_t / L_t$
カーテン透過光輝度 \tilde{L}_τ	カーテン裏面照度 E_b	透過特性値 $\tilde{\tau} = \tilde{L}_\tau / E_b$
カーテン反射光輝度 \tilde{L}_ρ	カーテン表面照度 E_f	反射特性値 $\tilde{\rho} = \tilde{L}_\rho / E_f$

まず見かけの視対象物輝度 \tilde{L}_t の成因光量は、視対象物輝度 L_t であり、入射光の条件が同一であれば \tilde{L}_t は L_t に比例すると考えられるので、次式のように視対象物輝度に対する見かけの視対象物輝度の比を、見かけの空隙率 $\tilde{\phi}$ と規定すればよい。

$$\tilde{\phi} = \tilde{L}_t / L_t \cdots \cdots (8)$$

見かけの空隙率 $\tilde{\phi}$ は、繊維面積率 f による影響を含む光学特性値として $\tilde{\phi}$ をつけて表現したものである。また、見かけの視対象物輝度 \tilde{L}_t と視対象物輝度 L_t は測定可能な値であるため、これらを測定することにより、見かけの空隙率 $\tilde{\phi}$ を得ることができる。

カーテン透過光輝度 \tilde{L}_τ の成因光量はカーテン裏面照度 E_b であり、入射光の条件が同一であれば \tilde{L}_τ は E_b に比例すると考えられるので、次式のようにカーテン裏面照度に対するカーテン透過光輝度の比を、カーテンの透過特性値 $\tilde{\tau}$ と規定すればよい。

$$\tilde{\tau} = \tilde{L}_\tau / E_b \cdots \cdots (9)$$

カーテンの透過特性値 $\tilde{\tau}$ は、繊維面積率 f による影響を含む光学特性値として $\tilde{\tau}$ をつけて表現したものである。また、見かけの繊維部透過光輝度 \tilde{L}_τ と窓材裏面入射光照度 E_b は測定可能な値であるため、これらを測定することにより、透過特性値 $\tilde{\tau}$ を得ることができる。

カーテン反射光輝度 \tilde{L}_ρ の成因光量はカーテン表面照度 E_f であり、入射光の条件が同一であれば \tilde{L}_ρ は E_f に比例するので、次式のようにカーテン表面照度に対するカーテン反射光輝度の比を、カーテンの反射特性値 $\tilde{\rho}$ と規定すればよい。

$$\tilde{\rho} = \tilde{L}_\rho / E_f \cdots \cdots (10)$$

カーテンの反射特性値 $\tilde{\rho}$ は、繊維面積率 f による影響を含む光学特性値として $\tilde{\rho}$ をつけて表現したものである。また、カーテン反射光輝度 \tilde{L}_ρ と窓材表面照度 E_f は測定可能な値であるため、これらを測定することにより、反射特性値 $\tilde{\rho}$ を得ることができる。

このように規定した三種の光学特性値を用いることにより、図4.2に示すようなレースカーテンを通して見る視対象の輝度算定法を構築することができる。この算定法では、光の場の条件として視対象物輝度 L_t 、カーテン裏面照度 E_b 及び窓材表面照度 E_f の三つの因子を入力すると、ある着目部位の輝度を構成する三種の輝度値を簡便に得ることができ、これらの三者の和により、着目部位の輝度を出力として得ることができる。すなわち、この算定法を活用することにより、ある窓材の光学特性値が把握されると、その窓材を通して見る視対象の明視要素を明らかにすることができる。

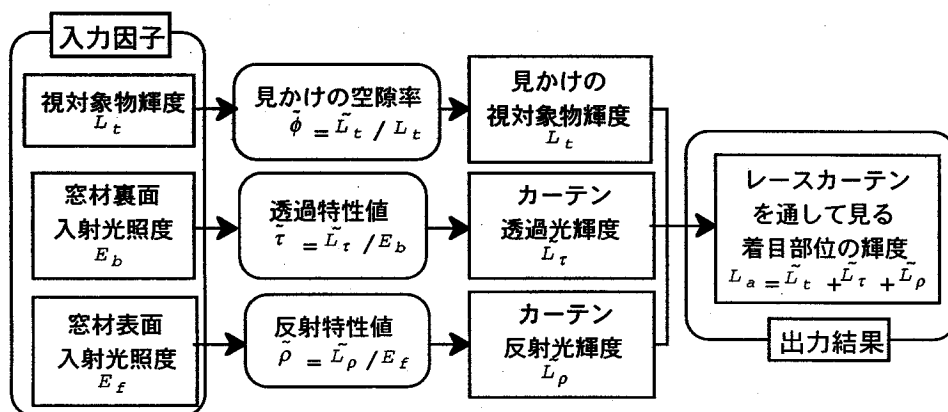


図 4.2 レースカーテンを通して見る視対象物輝度算定法

4.4 輝度算定に要する各光学特性値の測定及び測定結果

4.3節で示した視対象物輝度算定法は、窓材の光学特性が既知であることを前提に構築したものであり、レースカーテンの光学特性値を得るためには、前述の視対象物輝度を構成する三輝度値、及び視対象物輝度算定法における三つの入力因子の値を得ることが必要である。そこで本章では、光学特性値が異なると思われる五種類のレースカーテンについてこれらの物性値を測定し、4.3節で規定した光学特性値を明らかにするとともに、繊維面積率との関連性の存在を確認する。

4.4.1 測定試料

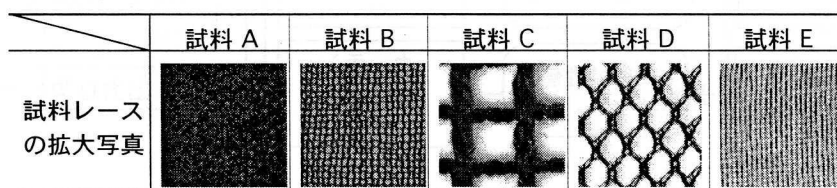
測定の対象としたレースカーテンは、一般的に用いられているレースカーテンの中から表4.2及び表4.3に示す5種を選定した。表中に示す繊維面積率は、各測定試料をスキャナ(EPSON SCAN II)で読み込み、単位面積当りの繊維部面積から算定したものであり、5種の試料の繊維面積率は一般に使用されているレースカーテンをほぼ網羅している。A、B、Cの3種は、織り方と糸が同種で繊維面積率の異なる試料であり、Dは織り方が他の試料とは異なるものである。また、Eは綿糸にシルケット加工を施すことによってその表面性状が異質のものとなり、その結果、繊維の光学特性が大きく異なった試料である。

見かけの空隙率 $\tilde{\phi}$ の測定の際には、カーテン面で発生する光を抑制することが測定の要件であるため、黒色に染めたカーテン試料を用いた。

表 4.2 レースカーテン試料の形態特性

	糸の太さ (デニール)	1インチ当りの 本数	織物 組織	繊維面積率 (%)
試料 A	75	117	平織り	97.7
試料 B	75	123	平織り	90.4
試料 C	150×2本	9	平織り	54.6
試料 D	30	65	変り織り	35.5
試料 E	20	100	変り織り	84.1

表 4.3 レースカーテン試料の拡大写真



4.4.2 測定概要

測定は大阪大学工学部建設棟 2 階の実験室内に、D2.1m × W2.0m × H2.3mの暗室を作り、外光の入射を防いで行った。光源には150Wハロゲンランプを内蔵したプロジェクタを用い、輝度計(TOPCON/BM-5)を用いて視角2度で輝度測定を行い、照度計(TOPCON/IM-3)を用いて照度測定を行った。

a) 見かけの空隙率の測定

図 4.3 に見かけの空隙率 $\bar{\phi}$ を得るための測定装置図を示す。見かけの空隙率 $\bar{\phi}$ の測定においては、試料の傾きにより繊維面積率が異なり \bar{L}_t が一定しないことを考慮して、視方向角（輝度計とカーテン試料の法線面が成す角）を -60° から 60° まで変化させ、表 4.4 に示す計 5 条件とした。

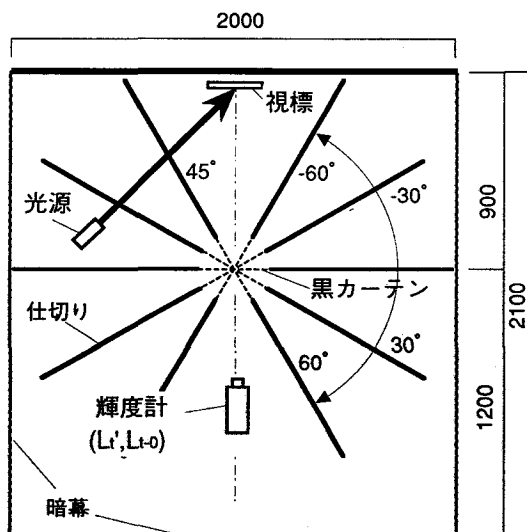


図 4.3 見かけの空隙率を求めるための実験装置

表 4.4 見かけの空隙率の測定条件

入射光角度 θ	視方向角度 α				
	-60°	-30°	0°	30°	60°
計 5 条件					

b) 透過特性値の測定

図 4.4 に透過特性値 $\bar{\tau}$ を得るための測定装置図を示す。また透過特性値 $\bar{\tau}$ の測定においては、窓材表裏面照度が入射光の方向に依存することを考慮して、光の入射角（光源とカーテン試料の法線面が成す角）についても 0° から 60° までの 3 条件とし、表 4.5 に示す計 12 条件における透過特性値を得た。

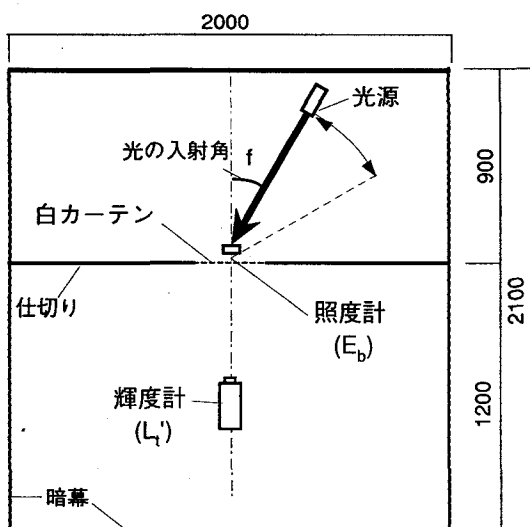


図 4.4 透過特性値を求めるための実験装置

表 4.5 透過特性値の測定条件

入射光角度 θ	視方向角度 α				
	-60°	-30°	0°	30°	60°
0°	○	○	○	○	○
30°	○	○	○	○	○
60°	○	○	○	○	○
計 12 条件					

c) 反射特性値の測定

図4.5に反射特性値 $\bar{\rho}$ を得るための測定装置図を示す。反射特性値 $\bar{\rho}$ の測定においても、窓材裏面照度が入射光の方向に依存することを考慮して、光の入射角についても、 0° から 75° までの6条件とし、表4.6に示す計54条件における反射特性値を得た。

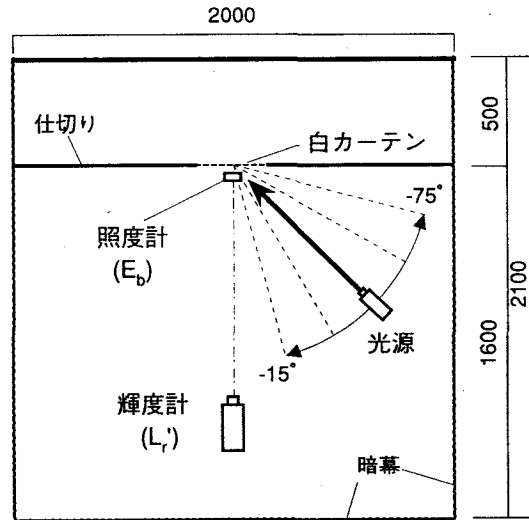


図4.5 反射特性値を求めるための実験装置

表4.6 反射特性値の測定条件

入射光角度 θ	視方向角度 α									
	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°
-75°		○	○	○	○	○	○	○	○	○
-60°	○		○	○	○	○	○	○	○	○
-45°	○	○		○	○	○	○	○	○	○
-30°	○	○	○		○	○	○	○	○	○
-15°	○	○	○	○		○	○	○	○	○
0°	○	○	○	○	○		○	○	○	○
計54条件										

4.4.3 光学特性値と繊維面積率との関係

各条件における見かけの空隙率 $\bar{\phi}$ の測定結果を表4.7に示し、見かけの空隙率 $\bar{\phi}$ と繊維面積率 f との関係を図4.6に示す。理論的に、見かけの空隙率は繊維面積率が100%の場合に0となり、0%の場合には1となることから、両者の関係は図中に示すような直線で表すことができる。これより、試料A、B、C、Dについては、ほぼこの直線上に存在しており、見かけの空隙率は繊維面積率が小さい試料ほど大きいことがわかる。試料A及びBが図中の直線よりやや大きい値となっているのは、黒色試料を用いてはいるものの試料面が発する光（繊維を透過する光、及び繊維面で反射する光）がわずかに存在していたことによるものと思われる。一方、試料Eは図中の直線より大きく離れた位置に存在している。これは、繊維表面に施された特殊な加工により表皮反射性が強められ、繊維の相互反射による影響が生じたものと考えられる。したがって、繊維表面に特殊な加工が施されている場合を除

表 4.7 見かけの空隙率の測定結果 (視方向角 $\alpha = 0^\circ$)

測定 試料	繊維 面積率	視方向角度 ($^\circ$)				
		-60	-30	0	30	60
A	97.7	0.04	0.12	0.15	0.11	0.03
B	90.4	0.14	0.30	0.37	0.26	0.10
C	54.6	0.32	0.39	0.42	0.38	0.27
D	35.5	0.48	0.56	0.65	0.55	0.43
E	84.1	0.35	0.47	0.52	0.46	0.33

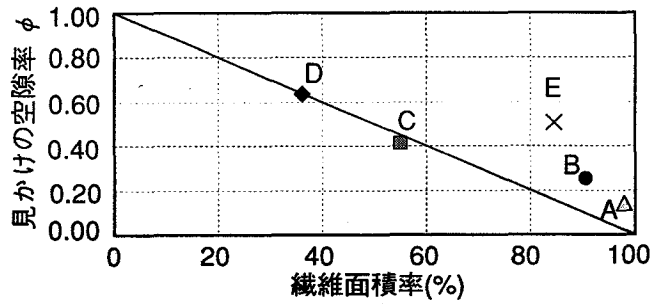


図 4.6 繊維面積率と見かけの空隙率との関係 (視方向角 $\alpha = 0^\circ$)

表 4.8 透過特性値の測定結果 (視方向角 $\alpha = 0^\circ$)

視方向角度 ($^\circ$)		-60	-30	0	30	60
A	入射方向角 ($^\circ$) 0	0.108	0.112	-	0.107	0.097
	30	0.110	0.105	0.117	-	0.140
	60	0.092	0.093	0.093	0.112	-
B	入射方向角 ($^\circ$) 0	0.106	0.108	-	0.100	0.096
	30	0.117	0.101	0.112	-	0.142
	60	0.126	0.092	0.092	0.100	-
C	入射方向角 ($^\circ$) 0	0.056	0.065	-	0.060	0.048
	30	0.056	0.046	0.063	-	0.084
	60	0.078	0.052	0.066	0.075	-
D	入射方向角 ($^\circ$) 0	0.030	0.034	-	0.036	0.032
	30	0.030	0.027	0.037	-	0.077
	60	0.034	0.029	0.043	0.052	-
E	入射方向角 ($^\circ$) 0	0.126	0.067	-	0.137	0.134
	30	0.069	0.068	0.144	-	0.369
	60	0.101	0.203	0.149	0.300	-

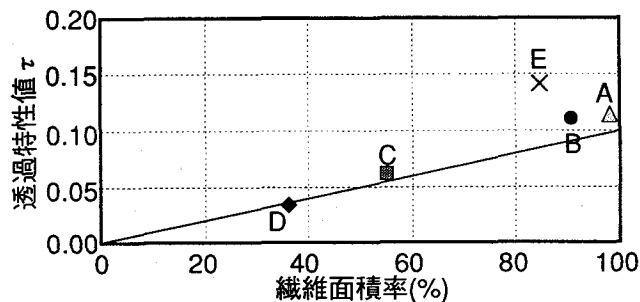


図 4.7 繊維面積率と透過特性値との関係 (視方向角 $\alpha = 0^\circ$, 入射方向角 $\theta = 30^\circ$)

き、見かけの空隙率 $\tilde{\phi}$ が繊維面積率 f に比例することが確認できる。

各条件における透過特性値 $\tilde{\tau}$ の測定結果を表4.8に示し、視方向角 α が 0° 、入射角度 θ が 30° の場合の透過特性値 $\tilde{\tau}$ と繊維面積率 f の関係を図4.7に示す。図中の直線は、繊維自体の透過率を0.3と仮定した場合の繊維面積率と透過特性値との関係を示す。これより、試料A、B、C、Dについては、ほぼこの直線上に存在しており、透過特性値は繊維面積率が大きい試料ほど大きいことがわかる。一方、試料Eは図中の直線より大きく離れた位置に存在している。これは、繊維表面に施された特殊な加工により表皮反射性が強められ、繊維の相互反射による影響が生じたものと考えられる。したがって、繊維表面に特殊な加工が施されている場合を除き、透過特性値 $\tilde{\tau}$ が繊維面積率 f に比例することが確認できる。

各条件における反射特性値 $\tilde{\rho}$ の測定結果を表4.9に示し、視方向角 α が 0° 、入射角度 θ が 15° の場合の反射特性値 $\tilde{\rho}$ と繊維面積率 f の関係を図4.8に示す。図中の直線は、繊維自体の反射率を0.3と仮定した場合の繊維面積率と反射特性値との関係を示したものである。試料A、B、C、Dについては、ほぼこの直線上に存在しており、反射特性値は繊維面積率が大きい試料ほど大きいことがわかる。一方、試料Eは図中の直線より大きく離れた位置に存在している。これは、繊維表面に施された特殊な加工により表皮反射性が強められ、繊維の相互反射による影響が生じたものと考えられる。したがって、繊維表面に特殊な加工が施されている場合を除き、反射特性値 $\tilde{\rho}$ が繊維面積率 f に比例することが確認できる。

4.4.4 光学特性値の角度特性

図4.9に、測定で得られた5試料の見かけの空隙率 $\tilde{\phi}$ と視方向角 α の関係を示す。これより、いずれの試料についても視方向角が 0° の場合に見かけの空隙率が最大となり、視方向角の絶対値が大きくなるにつれて値が小さくなっていることがわかる。これは、視対象物輝度はいずれの試料の場合も同一であるので、視方向角度の絶対値が大きくなるにしたがって、見かけの繊維面積率が大きくなるのが原因であると考えられる。

視方向角 α が 0° の場合の透過特性値 $\tilde{\tau}$ と光の入射角 θ との関係を図4.10に示す。これより、いずれの試料においても、透過特性値は入射角の違いに関らずほぼ一定である。したがって、カーテン試料の透過特性は拡散透過であることがわかる。

視方向角 α が 0° の場合の反射特性値 $\tilde{\rho}$ と光の入射角 θ との関係を図4.11に示す。これより、いずれの試料においても、入射角 θ が 15° から 45° の範囲では反射特性値はほぼ一定であるが、入射角 θ が 45° を越えると、入射角が大きくなるに従って反射特性値が大きくなっていることがわかる。これは、光の入射角が大きくなると光が入射する繊維部面積が大きくなるのが原因であると考えられる。

現実空間に存在する窓にはあらゆる方向から光が入射するため、厳密にはこれらの光の入射方向を

表 4.9 反射特性値の測定結果 (視方向角 $\alpha = 0^\circ$)

視方向角度($^\circ$)		-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	
A	入射光角度($^\circ$)	-75	-	0.229	0.178	0.157	0.151	0.182	0.191	0.187	0.243	0.361
		-60	0.135	-	0.112	0.139	0.140	0.133	0.136	0.144	0.170	0.216
		-45	0.149	0.157	-	0.124	0.115	0.111	0.119	0.126	0.139	0.167
		-30	0.138	0.138	0.133	-	0.120	0.113	0.114	0.118	0.129	0.140
		-15	0.123	0.117	0.117	0.119	-	0.118	0.110	0.109	0.114	0.123
		0	0.127	0.120	0.111	0.110	0.116	-	0.116	0.108	0.110	0.115
B	入射光角度($^\circ$)	-75	-	0.265	0.201	0.186	0.164	0.169	0.188	0.214	0.287	0.396
		-60	0.200	-	0.172	0.143	0.129	0.123	0.129	0.145	0.181	0.211
		-45	0.152	0.161	-	0.119	0.103	0.100	0.107	0.116	0.131	0.156
		-30	0.133	0.133	0.123	-	0.105	0.097	0.098	0.102	0.117	0.131
		-15	0.115	0.116	0.106	0.102	-	0.098	0.091	0.093	0.103	0.116
		0	0.117	0.112	0.096	0.090	0.093	-	0.094	0.092	0.098	0.109
C	入射光角度($^\circ$)	-75	-	0.277	0.178	0.151	0.138	0.136	0.153	0.178	0.260	0.438
		-60	0.224	-	0.125	0.106	0.101	0.098	0.105	0.118	0.148	0.200
		-45	0.159	0.069	-	0.103	0.088	0.088	0.093	0.104	0.116	0.145
		-30	0.127	0.104	0.105	-	0.096	0.093	0.094	0.098	0.105	0.116
		-15	0.117	0.096	0.090	0.092	-	0.099	0.091	0.089	0.091	0.098
		0	0.113	0.094	0.087	0.085	0.096	-	0.096	0.086	0.098	0.088
D	入射光角度($^\circ$)	-75	-	0.059	0.043	0.043	0.041	0.041	0.060	0.091	0.176	0.300
		-60	0.046	-	0.029	0.028	0.028	0.033	0.039	0.058	0.074	0.104
		-45	0.036	0.028	-	0.024	0.024	0.028	0.037	0.043	0.054	0.070
		-30	0.031	0.025	0.025	-	0.030	0.033	0.033	0.036	0.042	0.053
		-15	0.038	0.025	0.024	0.028	-	0.035	0.033	0.032	0.034	0.040
		0	0.037	0.027	0.027	0.030	0.034	-	0.032	0.030	0.029	0.031
E	入射光角度($^\circ$)	-75	-	0.204	0.132	0.110	0.098	0.097	0.117	0.167	0.284	0.586
		-60	0.161	-	0.077	0.063	0.058	0.060	0.063	0.085	0.105	0.205
		-45	0.109	0.070	-	0.045	0.040	0.043	0.050	0.051	0.072	0.104
		-30	0.088	0.056	0.047	-	0.040	0.040	0.037	0.046	0.053	0.080
		-15	0.082	0.055	0.041	0.037	-	0.035	0.035	0.038	0.049	0.058
		0	0.075	0.050	0.039	0.036	0.032	-	0.033	0.038	0.040	0.050

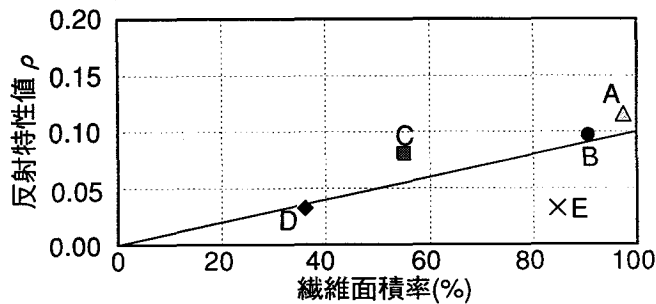


図 4.8 繊維面積率と反射特性値との関係 (視方向角 $\alpha = 0^\circ$, 入射方向角 $\theta = 15^\circ$)

全て考慮した上で、レースカーテンを通して見る視対象物の輝度を算定する必要がある。しかし、光の入射角が 45° を越える場合の反射特性値を除いて、光の入射角による光学特性値の影響はほとんど見られず、光の入射角が 45° を越える場合の反射特性値についても、その影響は微小なものである。したがって、視方向角を固定した条件下で、ある入射角における光学特性値を用いて視対象物輝度を算定することが実務的にも妥当であると考えられる。そこで、ある条件における光学特性値を用いてレースカーテンを通して見る視対象物の輝度を算定し、この算定値と実空間におけるレースカーテンを通して見る視対象物の輝度値とを照合してその有用性について検討する。

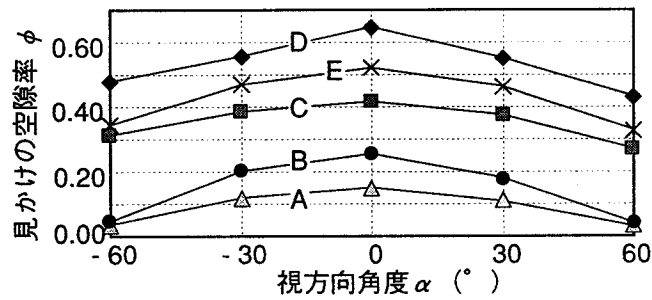


図 4.9 視方向角度と見かけの空隙率との関係

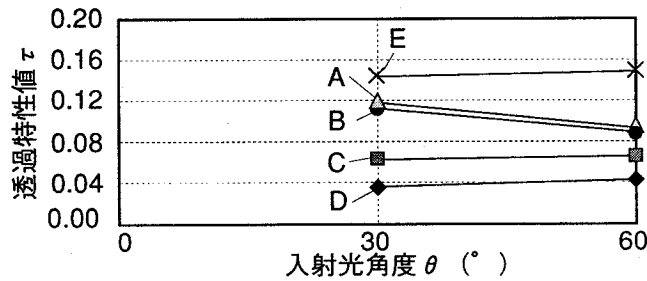


図 4.10 入射光角度と透過特性値との関係
(視方向角 $\alpha = 0^\circ$)

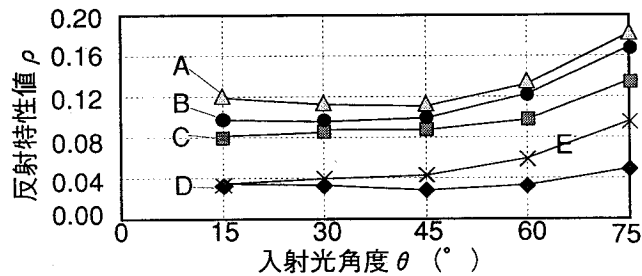


図 4.11 入射光角度と反射特性値との関係
(視方向角 $\alpha = 0^\circ$)

4.5 輝度算定法による算定値と実測値との照合

本章で構築した輝度算定法より得られる視対象物輝度値の有用性を確認するため、ある条件（視方向角が 0° 、入射光角が 0° ）における光学特性値を用いてレースカーテンを通して見る視対象物の輝度を算定し、この算定輝度値とレースカーテンを通して見る視対象物の実測輝度値との照合を行った。

4.5.1 視対象物輝度の算定概要

輝度の算定にあたっては、レースカーテンの各光学特性値には、表4.10に示す入射光角度 θ 、視方向角度 α ともに 0° の場合の値を代表値として適用した。また、輝度算定法における入力因子には、実空間における室内外の照度を考慮して表4.11に示す4条件の値を用いた。

表 4.10 視対象物輝度算定に用いたレースカーテンの光学特性値

レースカーテンの種類	A	B	C	D	E
見かけの空隙率(ϕ)	0.15	0.23	0.42	0.65	0.52
透過特性値(τ)	0.12	0.11	0.063	0.037	0.14
反射特性値(ρ)	0.11	0.097	0.093	0.088	0.039

表 4.11 視対象物輝度算定における入力条件

測定条件	視対象物輝度 (L_t)	カーテン裏面照度 (E_b)	カーテン表面照度 (E_f)
①	105 (cd/m ²)	951 (lx)	402 (lx)
②	70 (cd/m ²)	729 (lx)	338 (lx)
③	61 (cd/m ²)	553 (lx)	321 (lx)
④	41 (cd/m ²)	143 (lx)	290 (lx)

4.5.2 視対象物輝度の実測概要

輝度の測定は、大阪大学工学部建設棟7階にある、北側開口窓をもつ講義室に開口をもつ間仕切り壁を設置し、開口には窓材としてレースカーテンを装備した。窓材には表4.2及び表4.3で示した5種類のレースカーテンを用い、視対象物にはN 8.5の色票を用いた。

4.5.3 照合結果

以上の条件におけるレースカーテンを通して見る視対象物の算定輝度値、実測輝度値、及び両者の誤差を表4.12に示す。視対象物の算定輝度値を見ると、同一条件においては入力因子を固定しているにも拘らず算定輝度値は窓材によって大きく異なり、条件においては試料Dで134 cd/m²、試料Eで218 cd/m²となって、最大74 cd/m²の差異がみられる。また、算定された視対象物輝度の構成成分も窓材の種類によりその比率が大きく異なっている。これらの現象は、いずれも窓材によりその光学特性値が異なることが原因であると考えられる。

次に算定輝度値と実測輝度値とを比較すると、0～7.8%の誤差が見られる。これは、視対象物輝度

の算定において、ある条件における光学特性値を用いたことが原因であると考えられるが、この誤差は最大7.8%という非常に小さいものであり、一つの光学特性値を代表値として用いる限り生じるものであるため、ある条件における光学特性値を用いた算定法によって得られる視対象物輝度は、窓の計画・設計において十分有用な値であるといえる。

図 4.12 視対象物輝度の算定値と実測値との照合結果

窓材	測定条件	算定輝度値(cd/m ²)				実測輝度値 (cd/m ²)	誤差(%)
		\bar{L}_t	\bar{L}_r	\bar{L}_p	L_a		
A	①	16	114	44	174	186	6.5
	②	11	88	37	136	142	4.2
	③	9.2	66	35	110	118	6.8
	④	6.2	17	32	55	58	5.2
B	①	24	105	39	168	173	2.9
	②	16	80	33	129	126	2.4
	③	14	61	31	106	101	5.0
	④	9.5	16	28	54	54	0
C	①	44	60	37	141	153	7.8
	②	29	46	31	106	100	6.0
	③	26	35	30	91	98	7.1
	④	17	9.0	27	53	50	6.0
D	①	68	35	35	138	134	3.0
	②	45	27	30	102	103	1.0
	③	40	21	28	89	87	2.3
	④	27	5.3	26	58	55	5.5
E	①	55	133	16	204	218	6.4
	②	36	102	13	151	143	5.6
	③	32	77	13	122	126	3.2
	④	22	20	11	53	57	7.0

4.6 本章のまとめ

レースカーテンを通して見る視対象の見え易さを決定する明視三要素のうち、レースカーテンの介在によって、変化が生じる輝度対比及び順応輝度を得ることが可能となる、レースカーテンを通して見る視対象の任意の点における視対象物輝度の算定法を提示した。また、算定法において必要となるレースカーテンの光学特性値を得るために、種々のレースカーテンを用いて、視対象物輝度を構成する個々の輝度成分を実測により求めた。

さらに、視対象物輝度算定法と得られた光学特性値を用いて、実際の場を想定した照明条件下において、視対象物輝度を算定し、同条件下における視対象物輝度の実測値との照合を行った。その結果、提示した視対象物輝度算定法は有用であることが確認され、レースカーテンを通して視対象を見る際の視環境条件より、視対象物の任意の点における視対象物輝度を得ることが可能となった。したがって、視対象の見え易さに対応する明視三要素が明らかとなれば、レースカーテンを通して見る視対象の明視要素を得ることが可能である。

参考文献

- 1) 中谷明男：市販板ガラスの光拡散特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集D, pp.45-46, 1988(S.63). 10
- 2) 中谷明男, 関野哲：熱線反射烏の研究(その2)―遮像用窓材としての適用性―, 日本建築学会大会学術講演梗概集D, pp.205-206, 1989(H.1). 10
- 3) 中村芳樹, 小林茂雄, 乾正雄, 近藤友洋, 大沢政嗣：窓面に装着するスクリーンの輝度抑制性能と景観透視性能, 日本建築学会計画系論文集第484号, 9-16, pp.9-12, 1996(H.8). 6

関連発表文献

- ・ 奥田 紫乃, 松本 宜孝, 佐藤 隆二：レースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法と算定に用いるレースカーテンの光学特性, 日本建築学会計画系論文集 529号, pp.17-22, 2000(H.12).3
- ・ Shino OKUDA, Noritaka MATSUMOTO and Ryuji SATOH：Recognition of Inside and Outside of Room through Shading Window Materials -Luminance and Recognition of Visual Object seen through Lace Curtain-, Proceedings of 24th Session of the CIE, Vol.1, Part 2, pp.71-73, 1999.6
- ・ 奥田 紫乃, 松本 宜孝, 佐藤 隆二：窓を通して見る室内及び室外の見え方に関する研究 ―レースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法と算定に要する光学特性値―, 日本建築学会近畿支部研究報告集 第38号環境系, pp.17-20, 1998(H.10).7
- ・ 奥田 紫乃, 松本 宜孝, 佐藤 隆二：窓を通して見る室内及び室外の見え方に関する研究 ―その1.レースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法―, 照明学会全国大会講演論文集, p.119, 1998(H10).7
- ・ 松本 宜孝, 奥田 紫乃, 佐藤 隆二：窓を通して見る室内及び室外の見え方に関する研究 ―その2.視対象物の輝度算定に要する各種レースカーテンの光学特性値―, 照明学会全国大会講演論文集, pp.121-122, 1998(H.10).7

第5章 人の顔の見え易さに関する評価言語及び評価側面

5.1 本章の目的

窓に課せられている機能のうち、視覚的情報の流入出という窓の双方向性を考慮して、窓を通して見る視対象の見え易さ評価法を構築するためには、窓を通して見る様々な視対象の中から、室内外に存在する共通の視対象を抽出する必要があることは第2章で述べた通りである。本研究では、窓を通して見る視対象として人の顔を採用し、窓を通して見る人の顔の見え易さ評価法を構築する。人の顔は輝度分布を持つという点においても、またその視作業状況に応じて要求される見え方の側面が多種多様であるという点においても、非常に複雑な視対象であるため、人の顔の見え易さ評価法の構築に当たっては、注意が必要である。

人の顔は、これまでの視環境設計において視対象とされてきた文字や文章とは本質的に異なったものであり、人の見え方評価において、これまで文字などに用いてきた見え方評価尺度をそのまま活用することはできない。人の見え方を評価する側面は多様であり、見え方の表現も多岐にわたるため、その評価法の確立に当たっては、人の顔の見え方を評価する側面について検討し、それに対応する合理的な言語評価尺度の構成が肝要である。この言語尺度は、視対象物輝度などの物理量で規定される指標値と整合した対応関係を持つ必要があるため、この点を考慮しながら言語評価尺度の構成を試みることにした。本章では、特定個人の頭部写真を視対象として、その大きさ・輝度対比・背景輝度を種々に組み合わせた条件で、人の顔の見え方について種々の言語表現を整理集約した評価言語を用いた評価実験を行い、その結果に基づいて評価言語の序列や相違などについて考察し、評価側面及び尺度構成に関わる検討を加える。

人の顔の見え方を扱った知見としては、劇場の観客席の設計において、舞台上の役者の表情が見える範囲が重要であるとされていることが挙げられ¹⁾、遠山らは、表情の中心は眼の表情であるとの仮定の下、眼部の物理量（大きさ）に基づいて、客席の最遠距離に関する考察を行っている²⁾。また、人の顔のモデリング評価に関しては、Cuttle³⁾が照明ベクトルとスカラー照度との比（ベクトル・スカラー比）を用いて評価との関係を検討しており、田淵⁴⁾は、窓際でのモデリングの状態を窓向き鉛直面照度と奥向き鉛直面照度の比で評価することを提案している。

これらの研究は、顔を見るという視作業が多様であるにも拘わらず、表情の見え方やモデリング評価といった顔の見え方の一側面に限定したものであり、様々な状況に対応し得る包括的な顔の見え方を取り扱っているものは存在しない。また上記研究では、見え方に対応する物理量として、照度などの視作業場を規定する物理量を用いているため、視作業場に存在する視対象（顔）の物理量を明確に規定できているとは言い難く、実務に即した研究となっている。

そこで、本研究では、人の顔の多様な見え方に対応し得る包括的な評価法の構築を目指して、視対象となる顔の特性について考察し、評価法の要件に基づいた普遍的な評価法の確立を目的としている。

なお、心理学の分野において、顔の認知やパターン認識、顔が持つ意味の情報処理等に関する研究が数多く報告されている^{5)~8)}が、本研究は、脳で行われる認識メカニズムに関する検討は行わず、顔の認識は、視作業者が「見える」と判断することで成立するものとして、人の顔の見え方に対する評価法についての検討を行った。

5.2 視対象としての人の顔の特性

一般に、ある視対象の見え方に対する評価法を構築するためには、まず視対象を標準化し、この標準視対象を用いて評価の予測を行うことが順当である。しかし、人の顔には種々の人種・民族が存在するため多種多様であり、仮にある一民族の顔に限定したとしてもその個体差が大きいため、顔を標準化することは非常に困難である。我々の生活において、顔を見るという視作業がしばしば行われる作業の一つであるにも拘わらず、人の顔を視対象とした場合の見え方評価法が未だ確立されていないのは、この事が原因であると考えられる。

視対象としての顔の特徴は、大きく二つ挙げられる。まず第一点は、眼・鼻・口などの顔面構成要素を内在させている事であり、これによって視対象に輝度分布が生じる点である。視対象の見え方を決定するのは明視三要素であるが、顔のような複雑な視対象の場合、その見え方評価と対応する明視要素の特定においては注意が必要である。たとえば、輝度対比の特定においては、その輝度や輝度対比が視対象全体にわたって一様である文字視対象と異なり、人間の顔の輝度には大きな分布があるため、評価の内容によって、注目すべき部位が異なったり、あるいは部位の特定が困難なものもあり、見え方評価法の構築が困難である一因となっている。

第二点は、人の顔の見え方に対する評価に関して、多種多様な評価側面が存在するという点である。人の表情の見え方、モデリング評価、あるいは知人の同定など、その評価側面は実に多種であるが、いずれの場合においても、顔が内在させている眼や口、鼻などの各細部の状態を認識し、これらの情報を理解した上で、顔全体の総合認識から顔の見え方に対する評価を行っていることは共通であると考えられる。また、人の顔を見るという視作業は、日常生活において頻繁に行われる視作業の一つであり、その視作業条件も広範囲に渡っている。人の顔を見る際の視作業条件の良否によっても、見え方評価における着目点は異なっており、多様な評価側面が存在するといえる。

したがって、人の顔の包括的な見え方に対する評価法の確立に当たっては、このような視対象としての特徴に留意する必要がある。そこで、日常生活で用いられている人の顔の見え方に対する評価言語を抽出し、それらを用いて評価実験を行うことで、上記の二点についての考察を行う。

5.3 人の顔の見え方に対する評価言語

ある環境条件下の見え方に対する評価法を確立するためには、被験者に何らかの物理刺激を与え、この刺激に対して主観的に感覚・知覚を判断させ、それを計測する必要がある。計測手段には、視対

象物が持つ情報内容を正しく認識できるか否かという「情報取得の可否」と、その情報取得に要する時間及び苦勞の程度を表す「見え易さ」の二種の評価言語が存在するため、見え方に対する評価法を構築する際には、その目的に応じて適切な評価言語を設定する必要がある。

文字の読みやすさを評価する際、佐藤ら⁹⁾は文書視対象に対して「やっとなめる」「読みやすい」などの評価言語から成る5段階の言語評価尺度を用いている。これらの評価尺度は文字の大きさ、背景輝度、輝度対比といった明視三要素と対応関係にあり、その評価尺度の有用性は広く認められている。しかし、その輝度や輝度対比が、視対象全体にわたって一様である文書視対象と異なり、人の顔面の輝度には大きな分布があるため、評価言語の内容によって注目すべき部位が異なったり、あるいは部位の特定が困難なものもあるため、文書視対象に対する評価言語をそのまま適用することはできない。

人の顔を視対象とした場合においては、顔のモデリング評価に関して、村上ら¹⁰⁾が「顔の立体感はかなり物足りない」「全体としてややどぎつい感じである」などの評価言語から成る7段階の言語評価尺度を用いている。しかし、ここで取り扱う顔の見え方、即ち、顔が持つ細部情報（眼、口、鼻など）を正しく識別できる程度に関する評価言語は確立されていない。人の顔の包括的な見え方に対する評価法を構築するためには、評価尺度として選択されるべき情報内容を整理・集約する必要がある。

そこで、本章では、人の顔の見え方を、人の顔がもつ情報を認識できる程度と限定した上で、人の顔全体に対する顔の見え方の程度と、目・鼻・口などの顔が内在させている情報の取得の可否とに大別し、それぞれに応じた評価言語を抽出して、提示した視環境条件と評価結果との対応関係に基づいて、評価言語の序列や相互関係を検討することにした。

5.3.1 評価言語の設定

人の顔の見え方に対する評価言語の整理・集約を目的として、一般に日常生活で用いられている言語表現の中から、人の顔の見え方に対する評価言語を抽出した。人の顔全体に対する顔の見え方の程度については、人の存在、形状、形状の内容を表現する表5.1に示す6段階の言語表現を用いることにした。また、顔が内在させている細部情報の取得の可否については、顔の構成要素それぞれの位置・形・状態を表現するもの15項目に、それらを総合した表現3項目を加えた表5.2に示す計18項目を用いることにした。

5.3.2 実験装置及び設定条件

視対象の輝度や輝度対比を、実状に沿った状況での変化を可能にするため、各顔面構成要素の輝度比を保ったまま背景との対比を変化できるように、視作業者と視標との間にレースカーテンを設置して評価実験を行った。視標紙面照度とレースカーテン（綿製、平織り、白色布地）表面照度が独立して制御できる図5.1に示す実験装置を作成し、視標紙面照度を0～3500 lx、レースカーテン表面照度を0～1000 lxの範囲で、表5.3に示すようにそれぞれ5段階変化させ、計25種の照明条件を設定

表 5.1 人の顔全体の見え方の程度に関する評価言語

A 視対象の存在がわからない	D 視対象の形がわかる
B 視対象の存在のみがわかる	E 視対象が人の頭部だとわかる
C 視対象の形がおぼろげにわかる	F 視対象が人の顔面だとわかる

表 5.2 人の顔がもつ細部情報の取得の可否に関する評価言語

顔面構成要素の 見え方に関する 評価項目	髪の毛の長さ	髪形
	耳の位置	鼻の位置
	眉毛の位置	眉毛の形
	口の位置	口の形
	口の開閉	目の開閉
	目の位置	目の形
	目の向き(目線)	髭の有無
	眼鏡の有無	
顔面全体の見え方 に関する評価項目	男女の区別	表情の判別
	個体識別	

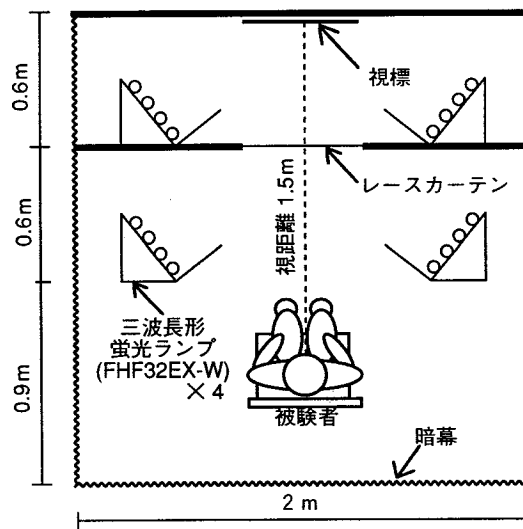


図 5.1 実験装置

表 5.3 照明条件

視標紙面鉛直照度 (lx)	0	350	700	1400	3500
元視対象物輝度 (cd/m ²)	0	6.4	12.8	26.2	65.5
カーテンを通した透過光輝度 (cd/m ²)	0	5.9	11.7	23.4	58.5
カーテン表面鉛直照度 (lx)	0	50	100	500	1000
カーテンを通した反射光輝度 (cd/m ²)	0	5.9	11.8	59.2	118.0

した。

視対象には、図 5.2 に示すような男子学生の顔をデジタルカメラで撮影したものを、これを N 9.5 の上質紙に頬の部分が N 5.5 になるようにモノクロで印刷したものを視標とし、間仕切り壁（黒色ペンキ仕上げ）に設けた開口部（350mm×350mm）に提示した。各部位の輝度分布は、背景（台紙面）の輝度を 1 とした場合の値で図中に示してある。また、室内外から人の頭部を見る際、その状況に応じて様々な視距離が考えられることを考慮して視角を 0.3°～7.2°まで変化させた。また、視標の種類として、顔の表情 3 種類と、顔に付属品（眼鏡）を付けたものの計 4 種類の視標を作成し、表 5.4 に示す顔の表情 4 種類、視角 4 種類の計 16 種類の視標を作成した。

以上のような設定の下、表 5.5 に示す大阪大学の男子学生 5 名を被験者として、レースカーテンを通して見る視対象の見え方を評価させた。その際、人の顔全体の見え方については、表 5.1 に示した 6 段階の評価言語より最も適切なものを回答させ、顔がもつ細部情報の取得の可否については、表 5.2 に示した 18 項目全てについて、「わかる」又は「わからない」の評価言語により回答させた。なお、被験者は全て、視対象の人物を知っている者であった。

5.3.3 顔全体の見え方の程度に関する評価言語

被験者 M の視角 2.9° の視対象に対する見え方評価と背景輝度との関係を示したものが図 5.3 であり、カーテン表面照度が同じであれば背景輝度が大きいほど、上位の評価が得られることを示している。なお、カーテン表面照度の上昇は対比の低下を引き起こすため、その違いが評価に影響を及ぼしていることがわかる。

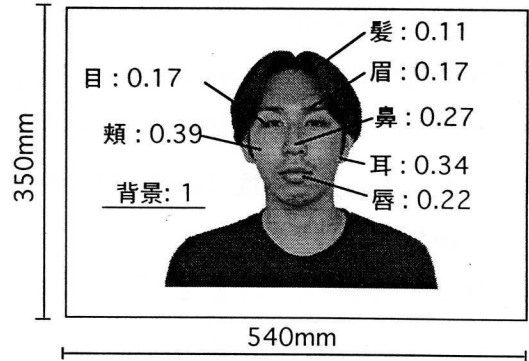


図 5.2 視対象の輝度分布

表 5.4 視対象条件

顔の表情	素, 笑, 怒, 眼鏡
視角	0.3, 1.4, 2.9, 7.2

表 5.5 被験者リスト

被験者	性別	年齢	視力
K	男	22	1.0
F	男	22	0.7
M	男	24	1.0
N	男	22	1.5
O	男	21	0.7

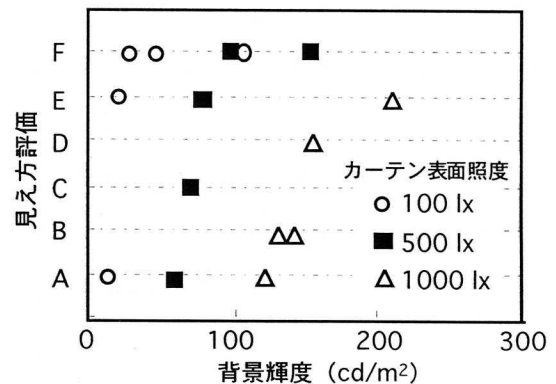


図 5.3 背景輝度と見え方評価との関係 (視角 2.9° / 被験者 M)

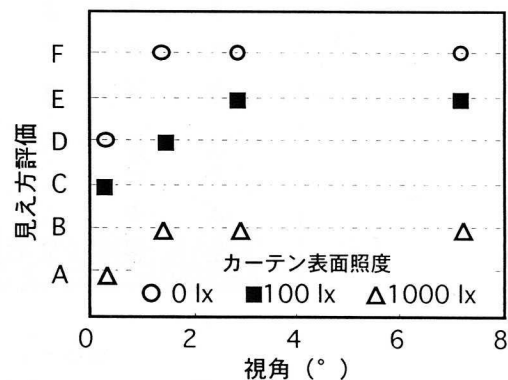


図 5.4 視角と見え方評価との関係 (視標紙面照度 350 lx / 被験者 M)

被験者Mの視標紙面照度が 350 lx の場合の見え方評価と視角との関係を示したものが図5.4であり、視角の増大により上位の評価が得られるものの、カーテン表面照度に評価が強く左右されることがわかる。

被験者Mの視角 2.9° の視対象に対する見え方評価と最大輝度対比との関係を示したものが図5.5である。最大輝度対比とは、視野内の最大輝度差を最大輝度で除した値であり、ここでは視標紙面輝度と視対象の頭髮部の輝度との対比に

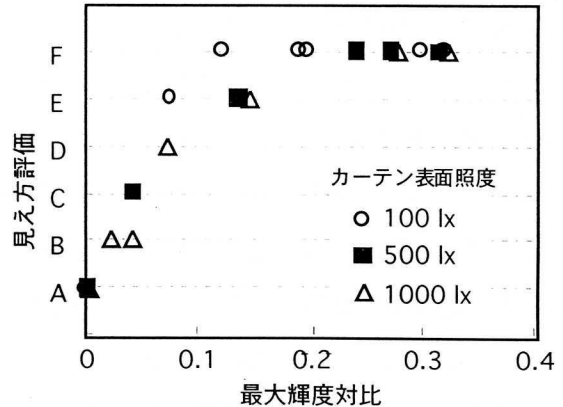


図 5.5 最大輝度対比と見え方評価との関係 (視角 2.9° / 被験者M)

相当する。これより、輝度対比の増大により上位の評価が得られることがわかる。

これらの明視要素と見え方評価との対応関係より、人の頭部の見え方を決定する主な物理要因は、文字視対象やランドルト環の場合と同様、背景輝度、輝度対比及び視角の明視三要素であるということが明らかであり、本実験で設定した評価言語がこれらの物理要因と対応していることが確認できた。

次に、図5.6に視角 2.9° の視対象に対する各被験者の言語評価と最大輝度対比との関係を示す。いずれの被験者においても評価言語の選択順序は同じであるが、同じ条件下であっても、個人により選択する評価言語は異なることがわかる。

以上の結果より、本実験で用いた6段階の評価言語は、各個人においてはその序列の正当性がほぼ確認できたといえる。ただし、これらのうち E、F の評価言語については、個人による差異が大きい。これは、E、F の評価判断において、被験者が人の顔が持つ細部情報を認識することが必要条件となっていることが考えられる。したがって、人の顔の見え方の程度に関する評価言語としては、「視対象の存在がわからない」「視対象の存在のみで形状はわからない」「視対象の形状がおぼろげにわかる」「視対象の形がわかる」「視対象が人の頭部だとわかる」「視対象が人の顔面だとわかる」

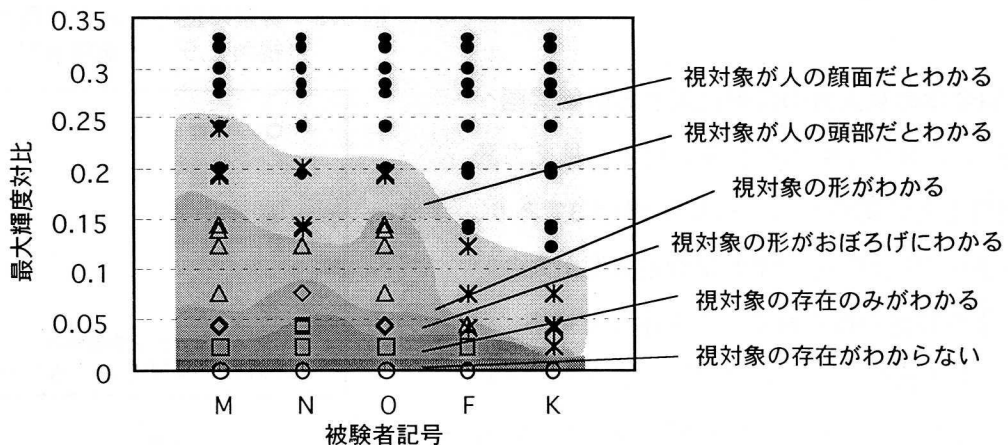


図 5.6 最大輝度対比と見え方評価との関係 (2.9°)

対象の形状がわかる」というような、視対象の存在、あるいは形状の程度を表す評価言語が適切であると考えられる。

5.3.4 顔がもつ情報の取得の可否に関する評価言語

図5.7に「口」に関連した評価項目について、カーテン表面照度と視標紙面照度の組み合わせ条件下における被験者Kの結果を示す。図中の網掛け部は、本実験において設定された条件の範囲内において、当該評価が得られた条件範囲であり、図中の実線は、この条件範囲の下限を線で結んだものである。カーテン表面照度が低く且つ視標紙面照度が高い条件、すなわち背景輝度が高く且つ輝度対比が大きい条件において、当該の評価が得られる点は全ての評価項目に共通しているが、その領域には差異のあることがわかる。当該評価が得られる条件範囲の下限を示す実線の位置が、条件範囲の大きさを意味することから、以下の結果は当該評価が得られた条件範囲の下限を表す実線でのみ示すこととする。

図5.8に「口」に関連した評価項目について、被験者K及びFの結果を示す。条件範囲が小さいほど上位の評価項目であるとする、いずれの被験者においても「口の形」及び「口の開閉」について「わかる」という評価が得られた条件範囲が等しいことか

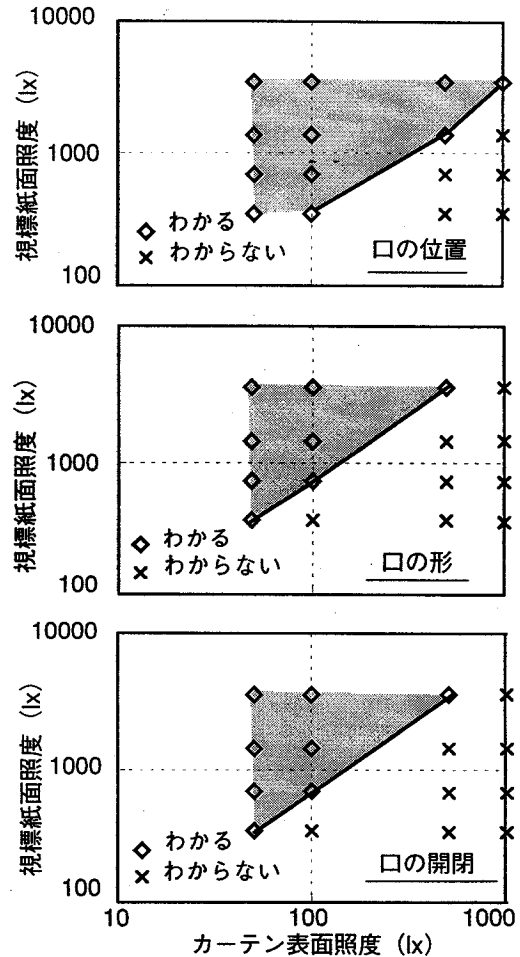


図5.7 口の見え方に関する評価項目における各照明条件下の結果（視角7.2° / 被験者K）

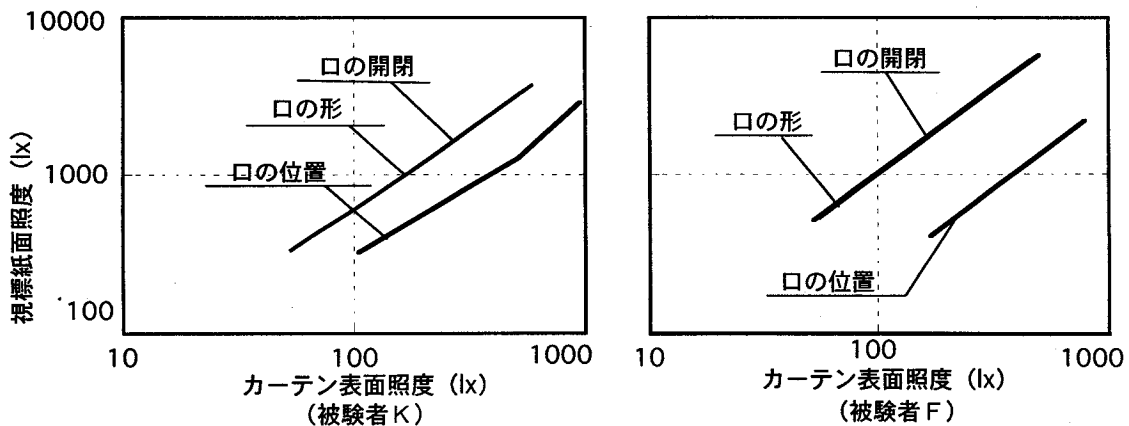


図5.8 口の見え方に関する評価項目の境界線（視角7.2°）

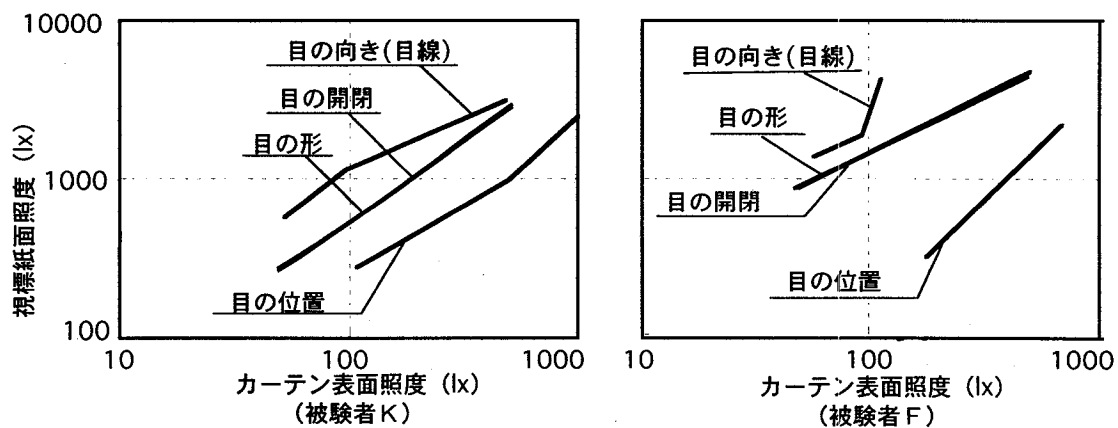


図 5.9 目の見え方に関する評価項目の境界線（視角 7.2°）

ら、これらの二つの評価項目は等位であるといえる。また、「口の位置」よりも「口の形」の方が、「わかる」という評価が得られる条件範囲が小さいことから、「口の形」が「口の位置」よりも上位の評価項目であることがわかる。

「目」に関連する見え方について、当該の評価が得られた条件範囲が異なる被験者K及びFの結果を、その下限を表す実線でのみ図 5.9 に示す。「目の形」と「目の開閉」の評価項目において「わかる」と回答された条件範囲が等しいことから、これらの二つの評価項目は等位であるといえる。また、目に関連した評価項目のうち、「目の位置」の評価項目において「わかる」と回答された条件範囲が最も大きく、「目の形」「目の向き(目線)」の順に条件範囲が小さくなることから、目に関連した評価項目においては、「目の向き(目線)」が最も上位の評価項目であり、次いで「目の形」「目の位置」の序列が存在することがわかる。

以上の結果より、顔がもつ情報の取得の可否に関する評価項目においては、各々の構成要素の「形」が「位置」より上位の評価項目であるという序列が存在することがわかる。

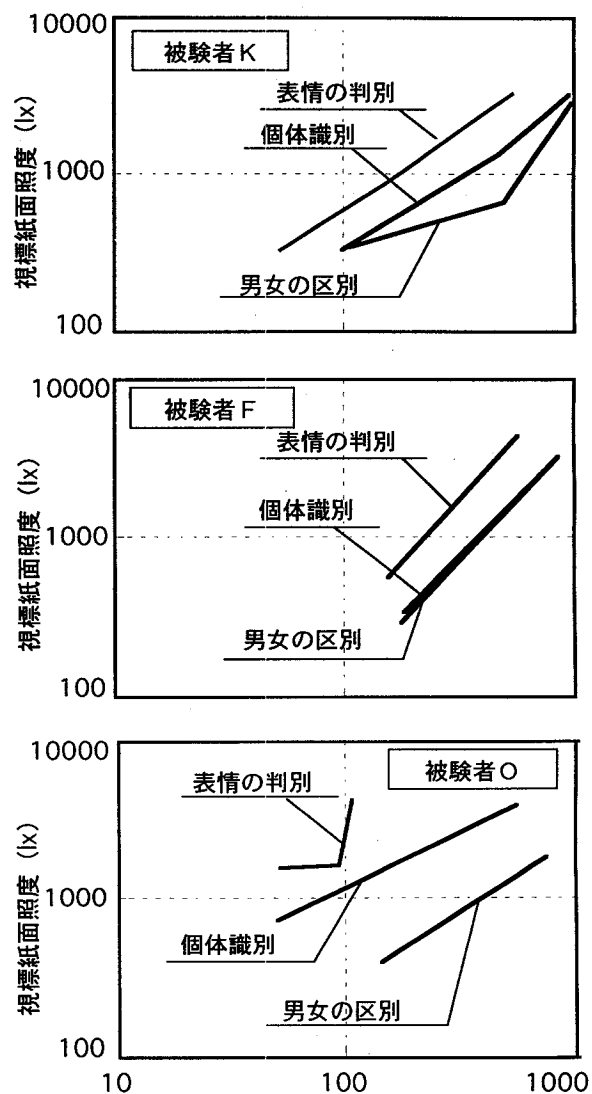


図 5.10 顔がもつ細部情報の総合評価に関する評価項目の境界線（視角 7.2°）

次に、顔がもつ情報の総合評価に関する項目について、当該の評価が得られた条件範囲の異なる被験者K、F及びOの結果をその下限を表す実線でのみ示したものが図5.10である。これより、顔がもつ情報の総合評価に関する評価項目のうち、「男女の区別」において「わかる」が回答された条件範囲が最も大きく、「個体識別」「表情の判別」の順に、その評価項目において「わかる」と回答した条件範囲が小さくなることがわかる。すなわち顔がもつ情報の総合評価

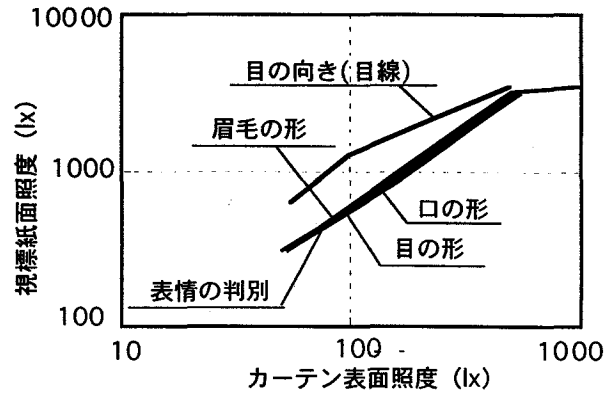


図 5.11 顔がもつ細部情報の取得の可否に関する評価項目の境界線 (視角 7.2°)

項目においては、「表情の判別」が最も上位の評価項目であり、次いで「個体識別」「男女の区別」の序列が存在することがわかる。

以上の結果より、顔がもつ情報の取得が可能であると回答された条件範囲の大きさに着目し、15項目に及ぶ各顔面構成要素の見え方に関する評価項目の中から、条件範囲の大きさが小さい5項目について、被験者Kの結果を図5.11に示す。これより「眉毛の形」「目の形」「口の形」「表情の判別」の4つの評価項目は等位であると考えられ、「目の向き(目線)」はこれらの4つの評価項目よりも上位の評価項目であると考えられる。

このように、各評価項目における条件範囲の大小によって、各評価項目を序列化することができると考えられるため、当該評価が得られた条件範囲の大小関係に基づいて、18項目全ての評価項目を付置したものを表5.6に示す。これより、「目の形」「口の形」といった評価項目は、「表情の判別」という評価項目と対応していると予測されることがその一例として挙げられる。

表 5.6 条件範囲の大きさに基づいた、顔がもつ細部情報の取得の可否に関する評価項目の序列

条件範囲	顔全体に関する評価項目	顔面構成要素に関する評価項目
小 ↑ ↓ 大	表情の判別	目目の向き(目線)
		眉毛の形
	個体識別	目の形 目の開閉
		口の形 口の開閉
男女の区別	眉毛の位置 目の位置	
	口の位置 鼻の位置	
		耳の位置
		髪形 髪の長さ

個人差が大きいもの：眼鏡の有無、髭の有無

5.4 人の顔の見え方の評価側面と言語評価尺度

人の顔の見え方に関する評価側面は多種多様であることは、5.2節でも述べた通りであり、人物の個体差を無視するとしても、その見え方の評価側面は条件によって異なる。例えば、遠・中距離で見ると、その存在や外形に着目し、近距離では頭髪や目鼻の状態や表情などに着目した評価がなされるのが一般的である。あるいは、例えば窓に何らかの窓装備が付加されており、窓装備の存在によってかぶり光が生じ、輝度対比が低下するような現象が生じた場合では、人の顔の細部の情報を認識することは不可能であり、その存在や外形に着目するのが普通である。一方、見え方を評価するための手段として、言語による評価尺度を用いる場合、ある評価側面における見え方を得るために要する時間・労力の程度を表現するような評価言語を用いることが、最終的に明視要素などの物理条件と対応する見え方評価法を構築するためには必要である。

人の顔は、輝度一定の文字で構成されている文書などの視対象とは異なり、頭髪や目・口など形も輝度も異なる多数の部位で構成されていること、さらに人の顔を取りわけ窓越しに見る視作業状況においては、室内外の両空間に視環境条件が異なっているため、それらの組み合わせにより広範囲な視環境条件が現実存在していること等により、単一の評価側面でその見え方を網羅することは困難であると考えられる。

そこで、5.2節の結果より人の顔の見え方の程度を表す評価言語においては、その存在や外形に着目したものが、共通の評価言語として適切であったこと、また人の顔がもつ細部情報の取得の可否が、人の顔の表情が視認できるかどうかと深く関連していたことから、明視性が劣る状況では人の顔の存在が、中庸の状況では人の顔の外形が、そして明視性が良好な状況では人の顔の細部が評価の主対象となるとの結論に達した。したがって、表5.7に示す3種の評価側面ごとに、その見え易さの程度に関する言語評価尺度を用いて、視環境条件と評価との関係を明らかにし、人の顔の見え方評価法を構築することにする。

表 5.7 人の顔の見え方に関する評価側面とその評価内容

評価側面	評価内容
存在	視対象が在ることがわかる
外形	頭髪や顔の輪郭がわかる
細部	目や口などの形状がわかる (表情がわかる)

5.5 本章のまとめ

本章では、人の顔の見え易さ評価法の構築を目的として、種々の言語表現から成る評価言語を用いて評価実験を行い、評価項目の序列や相違に基づいて、人の顔の見え方に対する評価言語を整理・集約した。

人の顔の全体に対する評価においては、輝度対比が低い等の視環境条件が悪い条件の場合、「視対象の存在がわからない」「視対象の存在のみがわかる」といった、視対象の存在に着目した評価言語が選択され、視環境条件が向上するにつれて「視対象の形がおぼろげにわかる」「視対象の形がわかる」といった、視対象の形状に着目した評価言語が選択された。さらに、視環境条件が向上すると、「視対象が人の頭部だとわかる」「視対象が人の顔面だとわかる」といった、視対象がもつ細部情報の認識が必要となる評価言語が選択された。

また、顔がもつ細部情報の取得の可否に関する評価言語については、目や口などの個々の細部情報の「位置」や「形」の取得の可否において、評価言語の序列が存在することが確認され、顔がもつ情報の総合評価に関する評価言語についても、「男女の区別」「個体識別」「表情の判別」の序列が存在することが確認された。

このように、人の顔の見え方を、人の顔がもつ情報を認識できる程度と限定したにも拘わらず、人の顔の見え方に対する評価言語は、視環境条件の良否によって多様であるため、窓を通して人の顔を見る視作業条件が広範囲に及ぶことを考慮すると、一つの評価側面のみで全範囲を網羅することは難しいと考えられる。

よって、本章で得られた知見を下に、人の顔を見る評価側面として「存在」「外形」「細部」の3つの評価側面を設定し、各々の評価側面ごとに見え易さを表す言語評価尺度を設定して、種々の視環境条件下における人の顔の見え易さ評価法を構築することが妥当であると考えられる。

参考文献

- 1) 岡田光正, 柏原士郎, 辻正矩, 森田孝夫, 吉村英祐: 建築計画 2, 鹿島出版会, p232, 1998(H.10)
- 2) 遠山静雄: 客席最遠距離の問題— 劇場技術 62号, pp.2-6, 1984(S.59)
- 3) Cuttle, C.: Lighting Patterns and the Flow of Light, Lighting Research and Technology, Vol.3, pp.171-189, 1971
- 4) 田淵義彦: 側窓採光の事務所照明における昼光と人工光の協調の要件, 照明学会誌, Vol.66, pp.483-489, 1982(S.57)
- 5) Vicki Bruce (訳: 吉川左紀子): 顔の認知と情報処理, サイエンス社, 1990
- 6) 吉川左紀子, 益谷真, 中村真: 顔と心—顔の心理学入門—, サイエンス社, 1993(H.5)
- 7) 池田進: 人の顔または表情の識別について (上), 関西大学出版部, 1987(S62)

- 8) 池田進：人の顔または表情の識別について（中），関西大学出版部，1995(H.7)
- 9) 佐藤隆二，伊藤克三，大野治代：見やすさに基づく明視照明設計に関する研究－照明の評価指標としての見やすさレベル(VEL)の有用性－，照明学会誌，64-10，pp.541-548，1980(S.55)
- 10) 村上康浩，小林朝人，矢野隆：窓際での人の顔のモデリングに関する研究その2－窓に対して異なる角度から見たモデリング評価実験－，日本建築学会計画系論文報告集 第515号，pp.33-39，1999(H.11)

関連発表文献

- ・ 奥田紫乃，佐藤隆二：人の顔の見え方に対する評価法の構築に関する基礎検討－評価法に組み込む明視要素の抽出と見え易さの評価尺度の構成－，照明学会誌 84-11,2000(H.12).11
- ・ 奥田紫乃，佐藤隆二：レースカーテンを通して見る人の見え方評価－人の頭部及び顔の見え方の言語評価尺度－，日本建築学会近畿支部研究報告集 第39号環境系，pp.273-276，1999(H.11).6.
- ・ 奥田紫乃，佐藤隆二：レースカーテンを通して見る人の見え方評価－人の頭部の見え方の言語評価尺度に関する研究－，照明学会全国大会講演論文集，pp.128-129，1999(H.11).9
- ・ 奥田紫乃，佐藤隆二：レースカーテンを通して見る人の顔の見え方に対する言語評価尺度，日本建築学会大会学術講演梗概集D - 1，pp.439-440,1999(H.11).7

第6章 人の顔の見え易さに関する評価側面と評価に対応する明視要素の抽出

6.1 本章の目的

窓を通して見る視対象の見え易さは、視対象の明視三要素で決定されることは第2章で既に述べた通りである。したがって、人の顔の見え易さは、視対象である人の顔の明視三要素で決定され、人の顔の見え易さと明視三要素との関係が明らかになれば、人の顔の見え易さを予測することが可能となる。しかし、視対象である人物をある一民族に固定し、人物の個体差を無視するとしても、その見え方の評価側面は条件によって異なり、例えば、遠・中距離で見える場合は、その存在や外形に着目し、近距離では頭髪や目鼻の状態や表情などに着目した評価がなされるのが一般的であるように、単一の評価側面で広範な実状を網羅することは困難である。これは、人物、特にその顔が、輝度一定の文字で構成されている文書などの視対象とは異なり、頭髪や目・口など形も輝度も異なる多数の部位で構成されていることによるものであり、評価側面ごとにその評価を規定する明視要素の特定部位が異なる可能性を否定できない。

人の顔を視対象とした見え方に関する研究として、Fischer¹⁾²⁾は顔の見え易さを、「顔を見るのに最適である」「顔の細部が苦勞せずに見える」「顔の細部がやっと見える」の3つの評価区分を設定し、それぞれの評価が得られる顔面輝度を明らかにしている。また、Cuttle³⁾⁴⁾は、人の顔のモデリング評価において、「顔の細部がやっとわかる」「好ましい」「照明が強すぎて不快」の3つの評価区分を設定している。これらの研究においては、顔の見え方に対する評価側面として、顔の細部に着目している。しかし、窓を通して人の顔を見る視作業状況においては、細部の見え易さが対象とならないような視作業条件も含まれており、そのような比較的厳しい条件下においては、他の評価側面における見え易さを対象とするべきである。

実務的な見地からは、単一の特定部位の明視要素と一つの評価尺度で構成される評価法が最善であるが、第5章の結果より、一つの評価尺度で人の顔の見え易さ評価法を構築することは難しく、各評価側面ごとに評価尺度を設定する必要があると考えられる。したがって、各評価側面ごとに、それぞれの評価を誘導する明視要素を特定するための部位の抽出を試みることにした。

本章では、人の顔の見え易さを決定する明視要素の特定法を明らかにすることを目的に、人の頭部写真を視対象とし主観評価実験の結果について報告する。その際、5章で設定した見え易さ評価側面ごとに、見え易さに対応する明視要素の特定に必要となる部位について考察を行う。

6.2 人の顔の見え易さに関する評価側面と明視要素

視対象の見え易さを決定するのは明視三要素であり、見え易さ評価法の構築に当たっては、視環境条件から明視三要素を導出し、さらに明視三要素から視対象の見え易さを予測するための資料が必要となる。しかし、人の顔を視対象とした場合、人の顔の見え易さは多種多様である事、さらに窓を通

して見る視環境条件が広範囲に及ぶ事より、人の顔の見え易さを一つの評価側面で表現することは不可能であると考えられるため、明視三要素から人の顔の見え易さを予測するための資料についても、各々の評価側面ごとに整備する必要があると考えられる。

図6.1に人の顔の見え易さを構成する各評価側面ごとに、視対象の明視三要素から見え易さを誘導するための枠組みを提示する。人の顔の見え易さは、第5章で設定した「存在」「外形」「細部」の3つの評価側面で構成されており、各評価側面における見え易さは人の顔の明視要素より決定されるものである。その際、全ての評価側面に共通する明視要素が各々の見え易さと一意的対応関係にあるとは考えにくい。人の顔に細部情報が内在し、且つ輝度分布が存在するという特性を考慮すると、各評価側面ごとに、明視要素の特定法について検討する必要があると考えられる。したがって、人の顔の見え易さを誘導するためには、各見え易さ評価側面ごとに明視要素の特定法について検討し、明視要素と見え易さとの関係より、評価側面ごとの見え易さ評価の予測資料を作成する必要がある。

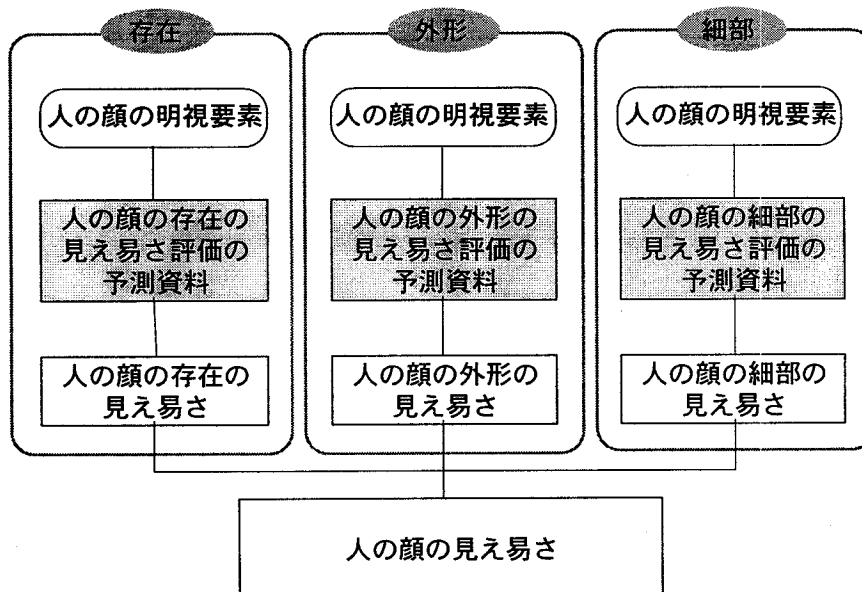


図6.1 人の顔の見え易さに関する評価側面と明視要素

6.3 人の顔の見え易さに関する主観評価実験

各種装備が付加された窓を介して人物の頭部を見る場合における、視対象の見え方を上述の3つの評価側面の観点で評価させ、それと視対象各部位の明視要素条件の関係を把握することに本実験の主眼点があり、そのためには、実状に沿った多様で広範囲な明視要素条件を実現し、提示する必要がある。

窓装備を介して見る視対象の輝度及び輝度対比は多様であるが、ここで着目すべき多様性は、人物の個性に基づく多様性ではなく、装備材質の特性を含んだ室内と室外の照明条件の組み合わせの多様性であるので、このことを踏まえて実験の諸条件を定めることにした。

6.3.1 実験装置及び設定条件

図 6.2 に示すように、窓装備としてレースカーテンを装着した開口面（黒色塗装、開口寸法 400mm × 400mm）の背後空間と被験者側の空間の照明が個別に調光できる、実状の窓を模擬した装置を暗室内に製作した。モノクロ印刷した人物頭部の視対象を視距離 3 m の位置に提示し、視標面とカーテン表面の照度をあらかじめ設定した値に調節して、人体頭部の見え方を前章で示した 3 種の評価側面に従って、それぞれの程度を表 6.1 に示す 5 段階の尺度に基づいて、表 6.2 に示す 10 名の被験者に一人三回ずつ評価させた。

また視標面とカーテン面の照度の組み合わせは、表 6.3 に示す計 12 種類であり、これらは第 4 章で提示した視対象物輝度算定法に基づいて算定した背景輝度と輝度対比の組み合わせ条件を等視力曲線上に付置して、その配置がほぼ均等に分散するように選定したものである。窓装備のレースカーテンは、綿製、平織りの白色の布地で、単位面積当たりの繊維部の面積が 90.4% のもの（75⁺ニール × 75⁺ニール・1 インチ当たり 123 本）を用いた。これは、第 4 章の輝度算定式の誘導に際して用いたものであり、輝度算定に必要な光学特性値も既知である。

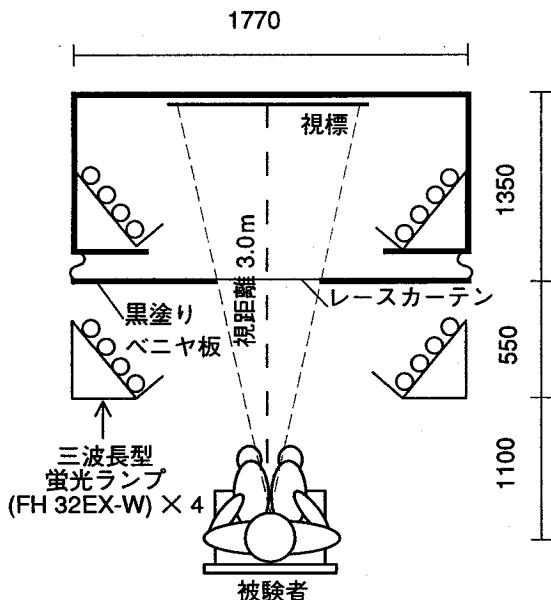


図 6.2 主観評価実験の実験装置

表 6.3 照明条件

		カーテン表面照度 (lx)				
		0	50	100	300	1000
面視 照標 度紙 (lx)	22	○	○	○	○	○
	110	○	△	○	○	○
	550	○	△	△	○	○

表 6.1 言語評価尺度

わかりやすい
苦勞せずわかる
多少わかりにくいかわかる
やっとわかる
全くわからない

表 6.2 被験者の年齢及び視力

被験者	年齢	視力
FJ	22	1.5
FT	23	0.8
HS	21	1.5
HT	21	2.0
KH	23	1.5
KI	26	2.0
KK	23	1.5
KM	22	1.5
TR	24	1.5
TT	24	1.5

6.3.2 視標の製作

視対象は、図6.3に示す男子学生の頭部のデジタルカメラ画像であり、日本人の肌の明度の平均値が頬部で5.5であることから⁹⁾、頬の部分がN5.5になる様に加工し、これを明度9.5、7.5、6.5の3種の台紙に貼付したものを視標とした。画像の大きさは、視距離が3 m～50 mに相当する頭頂から顎端の視角が0.3°～4.8°の5種類で、表6.4に示す計5種類である。なお、頭部画像内の輝度比は全ての視標において同一であり、台紙明度がN9.5の場合の台紙を1とした代表的な部位の輝度比を図6.3に示してある。また、顔の内部の各部位の輝度比については、実物の顔内部における各部位の輝度比が保たれていることを確認した。

以上のような方法で製作した視標が、人の顔の見え易さを評価するにあたって適切であるかどうかを確認するために、表6.2に示した被験者のうち、HT、KK、

KMの3名を被験者に対して、視標に用いた頭部写真のモデルである男子学生の頭部（肩から上の部分）を視対象とし、明度がN9.5の台紙を背景として、表6.3に示した12条件のうち代表的な8条件下における見え易さ評価実験を行った。写真視対象に対する評価結果と実物視対象に対する評価結果との関係について付図6.1に示す。これより、存在及び外形の見え易さについては、実物視対象に対する評価結果と写真視標に対する評価結果との間にはほとんど差は見られなかったが、細部の見え易さについては、実物視対象に対する評価結果の方が、写真視標に対する評価結果よりも約一段階、評価が高くなる傾向が見られた。これは、細部の評価、すなわち顔の表情の見え易さについては、目や唇などの顔がもつ細部情報の見え易さより判断されていることが、第5章の結果より明らかであり、実物視対象がもつ色情報によって顔の細部情報の見え易さの程度が高くなったものと考えられる。すなわち、モノクロの写真視標を用いることで、細部の見え易さに関しては、その評価結果が若干低下することが予測されるが、全ての被験者に共通の傾向である事、色情報及び立体情報を失しても若干の低下しか見られない事より、刺激として安定しているという利点をもつ写真視標を用いることが適切であると考えられる。

6.3.2 設定条件下における明視要素の条件

本実験では、実状を踏まえて、提示条件の制御変量として視標面とカーテン面の照度を採用したが、見え方の評価結果と対応させるべきものは、それらの量ではなく視対象各部位の輝度及び輝度対比で



図 6.3 視標及び視標の輝度分布

表 6.4 視対象条件

視角	0.3°, 0.6°, 1.2°, 2.4°, 4.8°
背景明度	N9.5, N7.5, N6.5

ある。窓装備として使用したレースカーテンの諸物性値を知れば、それを通して見る視対象の特定の部位の輝度が、次式で算定できることは第3章で示した通りであり、評価結果の考察に関しては、各提示条件ごとに算定した部位の輝度などと、これらを組み合わせた輝度対比を活用することにした。

$$L_a = L_t \cdot \bar{\phi} + E_b \cdot \bar{\tau} + E_f \cdot \bar{\rho}$$

L_a : カーテンを通して見る視対象物輝度 (cd/m²)

L_t : 視対象物輝度 (cd/m²)

E_b : カーテン裏面照度 (lx)

E_f : カーテン表面照度 (lx)

$\bar{\phi}$: 見かけの空隙率 (0.23)

$\bar{\tau}$: カーテンの透過特性値 (0.11)

$\bar{\rho}$: カーテンの反射特性値 (0.10)

上式で算定した輝度に基づいて、本実験で提示した各種条件を輝度と輝度対比の組み合わせ条件に変換したものを例示したものが、図6.4である。

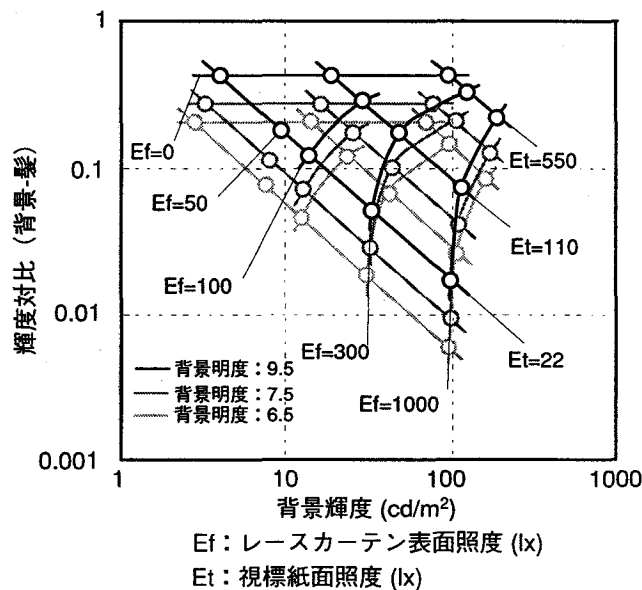


図6.4 設定条件下における視標紙面輝度と輝度対比（視標紙面 - 頭髮部）との関係

6.4 人の顔の明視要素と見え易さ評価

人の顔の見え易さに大きく影響を及ぼす明視要素のうち、視角については人の顔の大きさがほぼ固定値とみなせるため、視距離に支配されると考えて良いが、輝度対比については、前述の通り視対象に輝度分布が存在するため、その特定において注意が必要であると考えられる。

輝度対比は視標内の二点の輝度値を用いて算出される値であるため、本実験で用いた輝度分布が存在する視対象においては、算出に用いる輝度値の組み合わせが多数存在する。頭部画像内の輝度比は全ての視標において一定であるため、視対象（人の顔）の内部の二点の輝度値を用いて算出される輝度対比の値は、照明条件が同じであれば同値となることから、輝度対比の特定方法には、視対象内部の輝度値と視標背景の輝度値から算出する方法と、視対象内部の二点の輝度値を用いて算出する方法の二通りの方法が存在すると考えられる。

本論文では、前者の一例として、視標内での最大輝度差をもつ二点の輝度値である視標紙面輝度と頭髮部輝度より輝度対比を算出し、後者の一例として、視対象（人の顔）の内部において最大輝度差をもつ二点の輝度値である頬部輝度と眼部（黒目）輝度より輝度対比を算出して、人の顔の見え易さと対応関係にある輝度対比の特定方法を、各評価側面毎に検討する。なお、本実験で設定した条件下においては、視対象に対して背景部分の面積が十分大きいことから、視標紙面輝度に順応していると考え、順応輝度として視標紙面輝度を採用して考察を行う。

6.4.1 見え易さ評価結果の処理方法

主観評価により得られた見え易さ評価は、個人内においてもまた個人間においても、ばらつきが存在する。しかし、個人内、個人間ともに、そのばらつきの程度は一段階から二段階程度であったため、設定条件が評価に与える影響は共通していると考えられる。図6.5に視標背景明度9.5、視標紙面照度110 lx、視角1.2°、カーテン表面照度0 lxの場合の顔の細部の見え易さ評価結果の度数分布とパーセンタイル評価値を示す。パーセンタイル評価値とは、相対累積度数分布を基に、各%に対応する見え易さ評価を、評価カテゴリーの境界に1～5の数値を与えることにより数値化することで得られた値である。

図6.6に視標背景明度9.5、視標紙面照度110 lx、視角1.2°の場合のカーテン表面照度と顔の細部の見え易さとの関係を示す。図中の円の面積は、得られた見え易さ

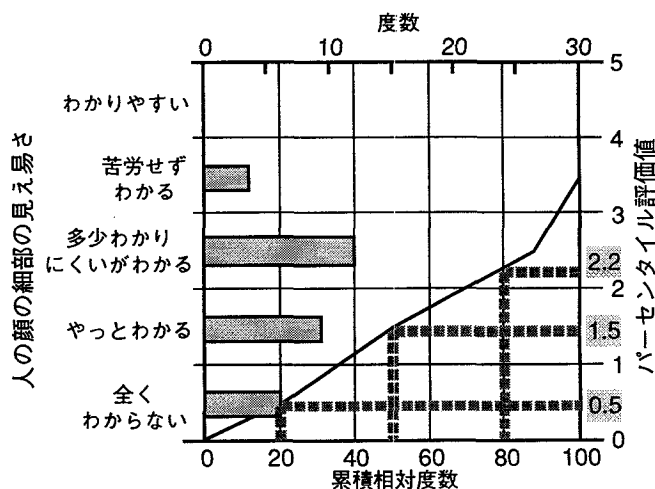


図6.5 見え易さ評価の度数分布とパーセンタイル評価値
(視標背景明度9.5、視角1.2°、視標紙面照度110 lx)

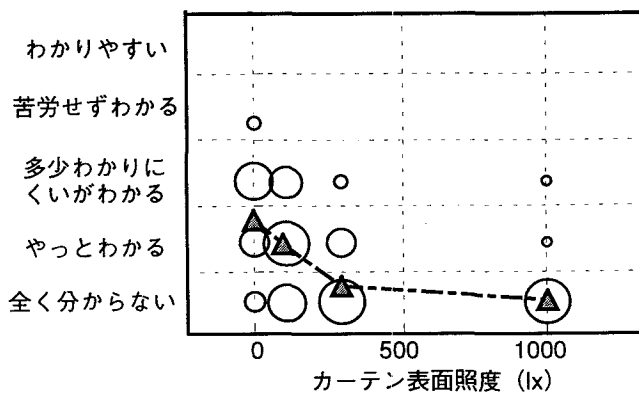


図6.6 カーテン表面照度と細部の見え易さとの関係
<度数分布と中央値>
(視標背景明度9.5、視角1.2°、視標紙面照度110 lx)

評価の相対度数を示しており、図中の三角記号は50パーセント値を示している。本章では以下の検討において、得られた評価の中央値を用いて物理量と見え易さとの関係を考察することにする。

6.4.2 設定条件と人の顔の見え易さとの関係

全ての設定条件下における見え易さ評価結果を付図6.2から6.4に示し、ここではそれらの一部について考察を行う。図6.7に、各設定条件と存在の見え易さとの関係を、全180条件のうちの一部について示す。視標紙面照度が高くなるほど、また視角が大きくなるほど、見え易さの程度はやや高くなっている。カーテン表面照度については、著しく大きなかぶり光を発生させるような条件において、見え易さの程度が低くなっている。また、背景明度が存在の見え易さに与える影響はあまり見られない。いずれの設定条件においても、得られた見え易さの程度は比較的高いものであることがわかる。

図6.8に、各設定条件と外形の見え易さとの関係を、全180条件のうちの一部について示す。視標紙面照度が高くなるほど、見え易さの程度はやや高くなっており、視角が大きくなるにつれて、見え易さの程度は著しく高くなっている。また、カーテン表面照度が高くなるにつれて、見え易さの程度が低くなっている。また、背景明度が存在の見え易さに与える影響はあまり見られない。これより、外形の見え易さは、同一条件における存在の見え易さよりも、見え易さの程度がやや低くなっていることがわかる。また、視角が小さい条件において、またかぶり光が生じるようなカーテン表面照度が高い条件において、見え易さの程度が低くなる傾向が読み取れる。

図6.9に、各設定条件と細部の見え易さとの関係を、全180条件のうちの一部について示す。視標紙面照度が高くなるほど、見え易さの程度はやや高く

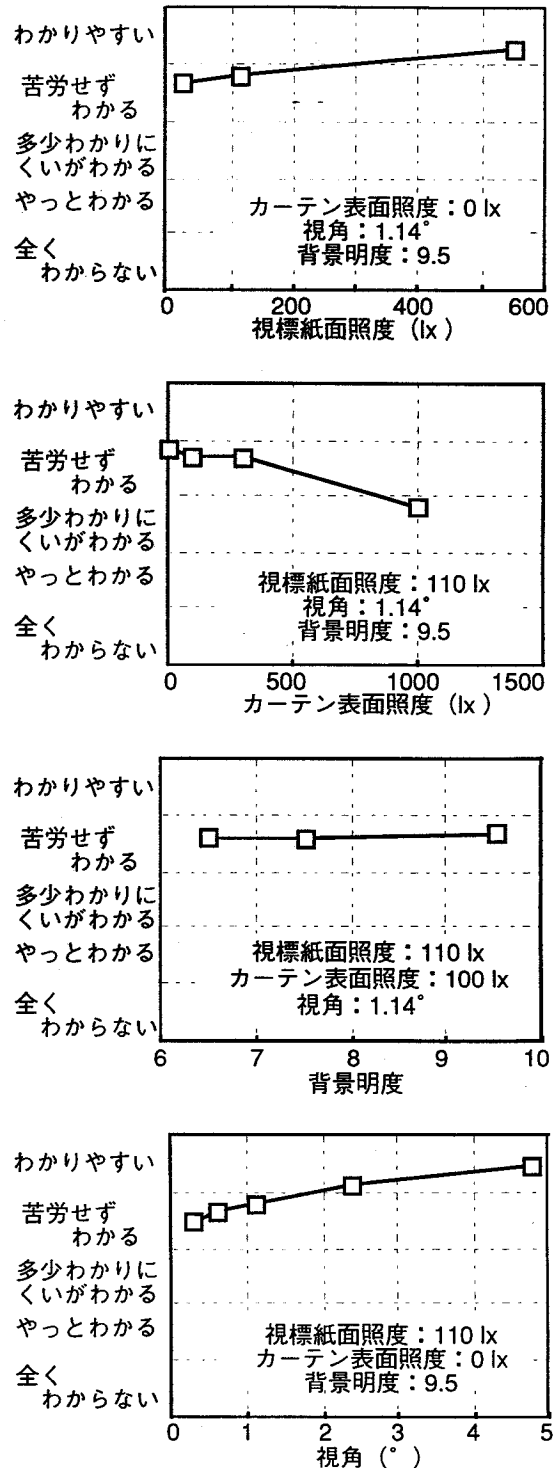


図 6.7 設定条件と存在の見え易さとの関係

なっており、視角が大きくなるにつれて、見え易さの程度は著しく高くなっている。また、カーテン表面照度が高くなるにつれて、見え易さの程度が低くなっている。また、背景明度が存在の見え易さに与える影響はあまり見られない。これより、細部の見え易さは、いずれの設定条件においても比較的低いものであり、前報で示した、同一条件における存在及び外形の見え易さよりも、見え易さの程

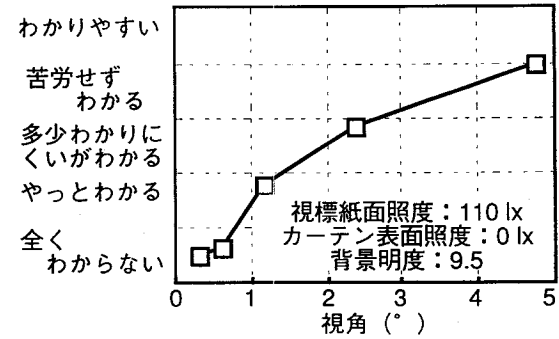
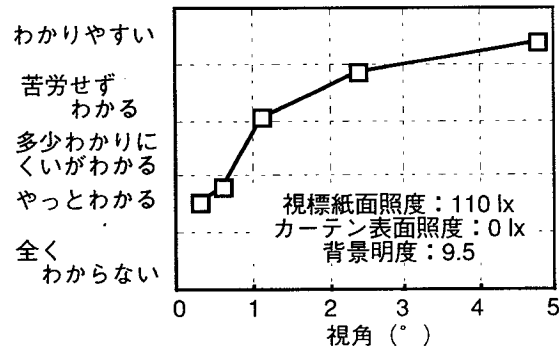
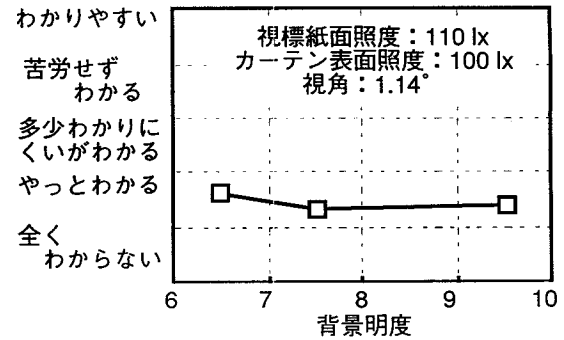
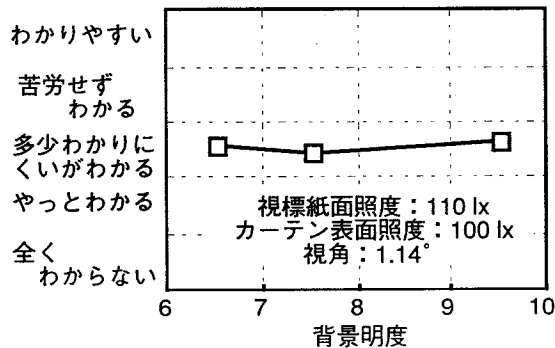
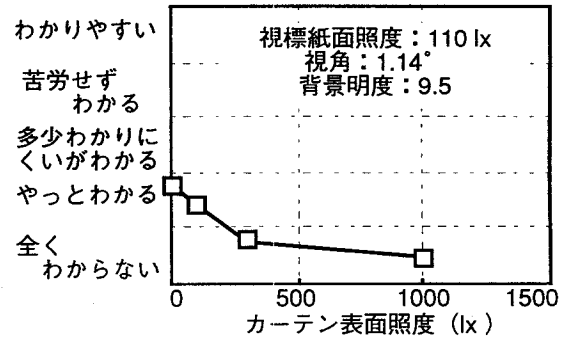
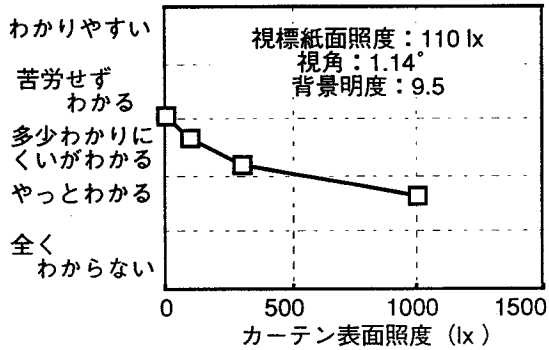
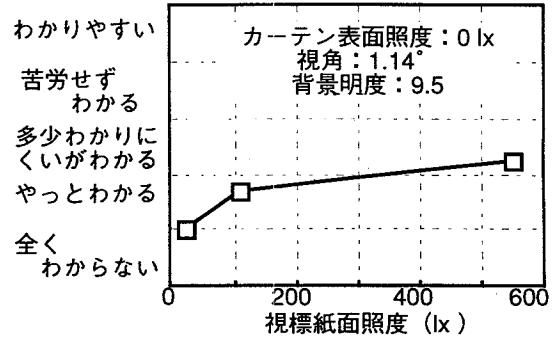
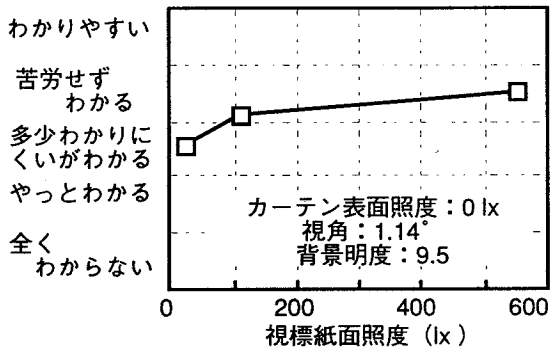


図 6.8 設定条件と外形の見え易さとの関係

図 6.9 設定条件と細部の見え易さとの関係

度は低いことがわかる。また、視角が小さい条件において、またかぶり光が生じるようなカーテン表面照度が高い条件において、「全くわからない」といったかなり低い見え易さの程度が得られている。

これらの設定条件より各々の評価側面の見え易さを予測するためには、設定条件の組み合わせより算出される明視三要素と見え易さとの関係について考察を進める必要があるが、本実験における設定条件、すなわち実状の条件範囲内においては、人の顔の見え易さに大きく影響を与える明視要素は、輝度対比と視角であると考えられる。

6.4.3 存在の見え易さに対応する明視要素

図6.10に、存在の見え易さにおける、視標紙面輝度と、視標紙面輝度と頭髮部輝度の輝度対比との関係を視角ごとに示す。視角0.3°の場合の図中においては、各々の見え易さ評価が得られた条件範囲を網掛けで示している。いずれの視角においても、視標紙面輝度が高く且つ輝度対比が大きい条件範囲において、見え易さの程度が上昇する傾向が見られる。同図においては、各々の見え易さ評価結果を示す条件範囲がほぼ連続であるため、存在の見え易さを予測するための資料として用いることが可

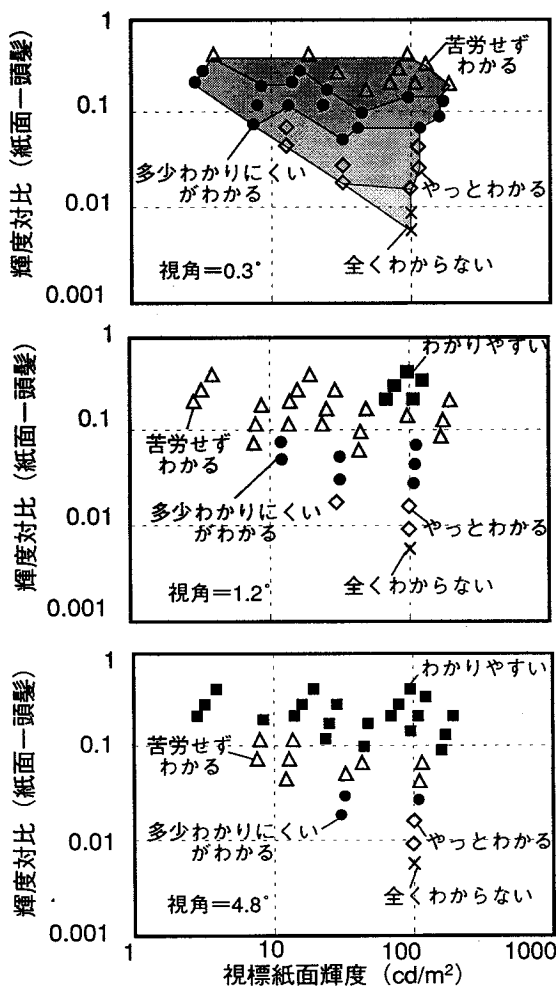


図 6.10 顔の存在の見え易さ評価結果の、視標紙面輝度—視標紙面輝度と頭髮部輝度の輝度対比の関係

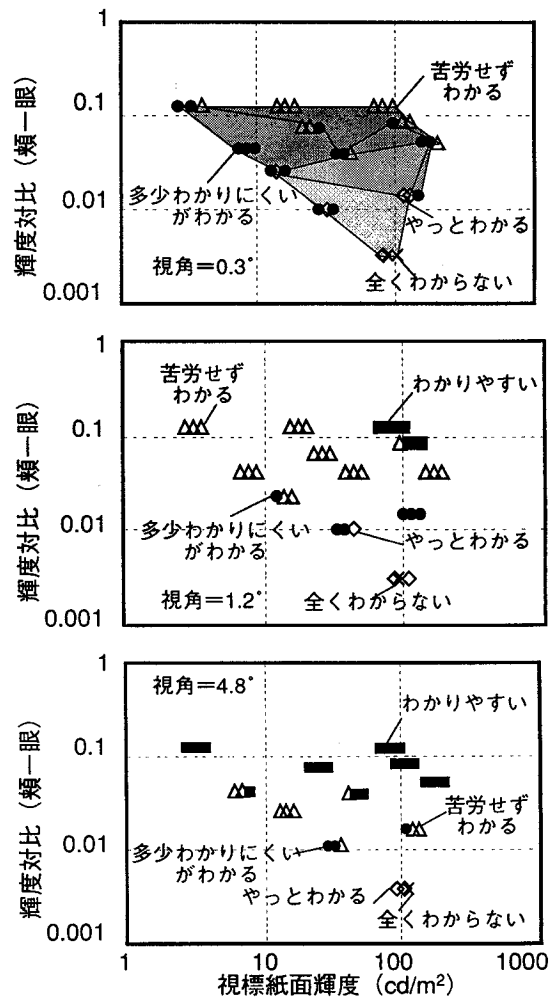


図 6.11 顔の存在の見え易さ評価結果の、視標紙面輝度—頬部輝度と眼部輝度の輝度対比の関係

能であると考えられる。したがって、存在の見え易さと対応する輝度対比の特定においては、視標紙面輝度と頭髪部輝度の輝度対比を用いることが適切であると考えられる。

図6.11に、存在の見え易さにおける、視標紙面輝度と、頬部輝度と眼部輝度の輝度対比との関係を視角ごとに示す。視角 0.3° の場合の図中においては、各々の見え易さ評価が得られた条件範囲を網掛けで示している。図6.10と同様に、いずれの視角においても、視標紙面輝度が高く且つ輝度対比が大きい条件範囲において、見え易さの程度が上昇する傾向が見られる。しかし、各々の見え易さ評価結果を示す条件範囲が不連続であるため、存在の見え易さを予測するための資料を作成する際に、頬部輝度と頭髪部輝度の輝度対比を用いることが適切であるとは言い難いと考えられる。

6.4.4 外形の見え易さに対応する明視要素

図6.12に、外形の見え易さにおける、視標紙面輝度と、視標紙面輝度と頭髪部輝度の輝度対比との関係を視角ごとに示す。視角 0.3° の場合の図中においては、各々の見え易さ評価が得られた条件範囲

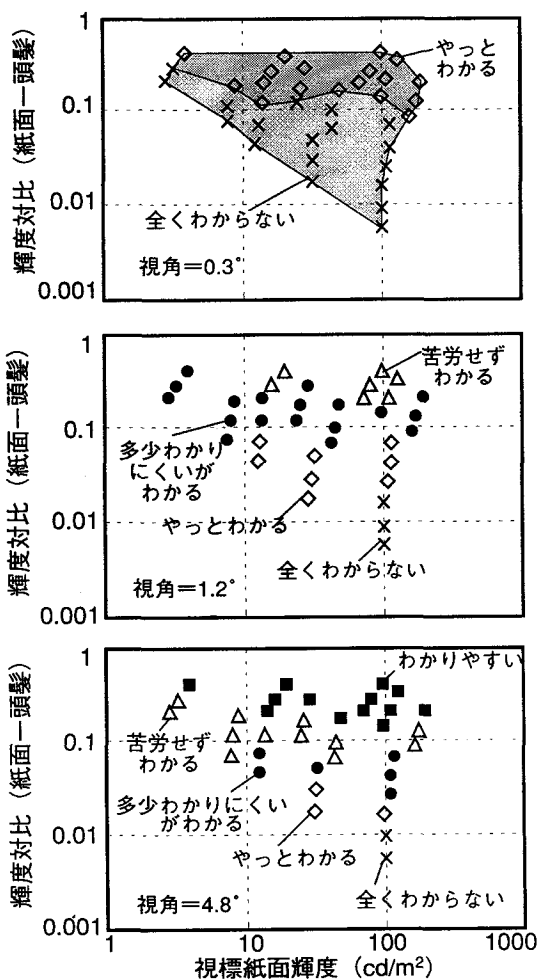


図 6.12 顔の外形の見え易さ評価結果の、視標紙面輝度—視標紙面輝度と頭髪部輝度の輝度対比の関係

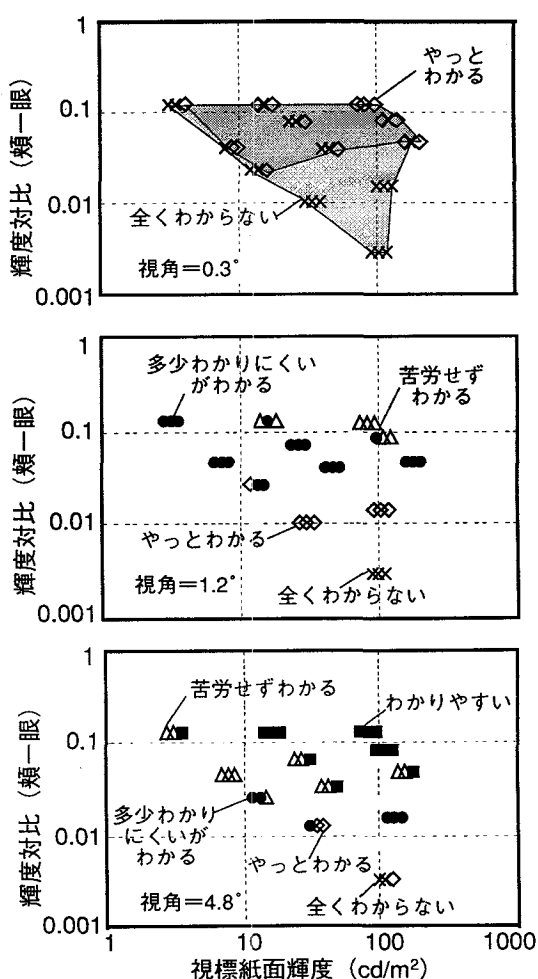


図 6.13 顔の外形の見え易さ評価結果の、視標紙面輝度—頬部輝度と眼部輝度の輝度対比の関係

を網掛けで示している。視角0.3°の場合では、「全くわからない」「やっとわかる」の低い評価が得られているが、視角1.2°、4.8°の場合においては、視標紙面輝度が高く且つ輝度対比が大きい条件範囲において、見え易さの程度が上昇する傾向が見られる。同図においては、各々の見え易さ評価結果を示す条件範囲がほぼ連続であるため、外形の見え易さを予測するための資料として用いることが可能であると考えられる。したがって、外形の見え易さと対応する輝度対比の特定においては、視標紙面輝度と頭髪部輝度の輝度対比を用いることが適切であると考えられる。

図6.13に、外形の見え易さにおける、視標紙面輝度と、頬部輝度と眼部輝度の輝度対比との関係を視角ごとに示す。視角0.3°の場合の図中においては、各々の見え易さ評価が得られた条件範囲を網掛けで示している。図6.12と同様に、視角0.3°の場合では、「全くわからない」「やっとわかる」の低い評価が得られているが、視角1.2°、4.8°の場合においては、視標紙面輝度が高く且つ輝度対比が大きい条件範囲において、見え易さの程度が上昇する傾向が見られる。しかし、各々の見え易さ評価結果を示す条件範囲が不連続であるため、外形の見え易さを予測するための資料を作成する際に、頬部輝

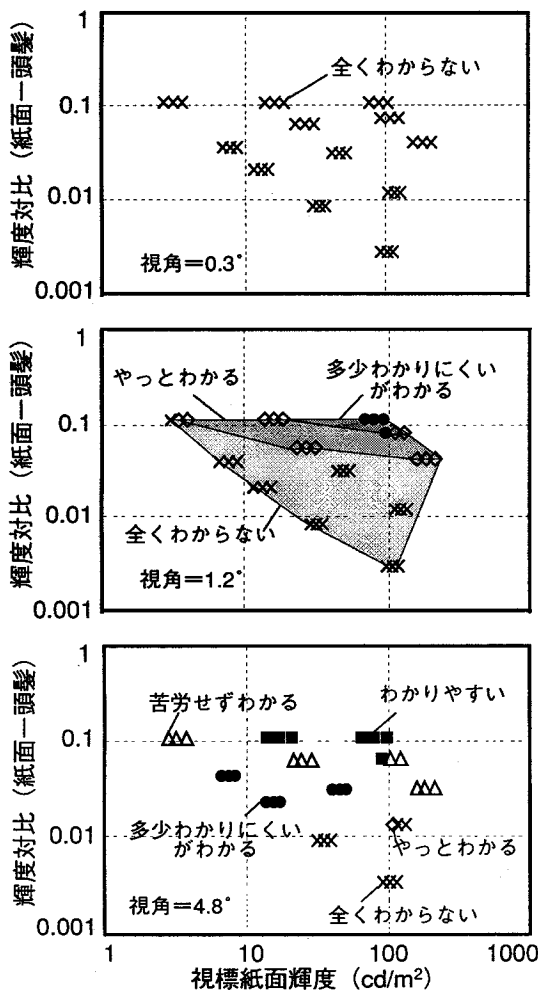


図6.14 顔の細部の見え易さ評価結果の、視標紙面輝度—視標紙面輝度と頭髪部輝度の輝度対比の関係

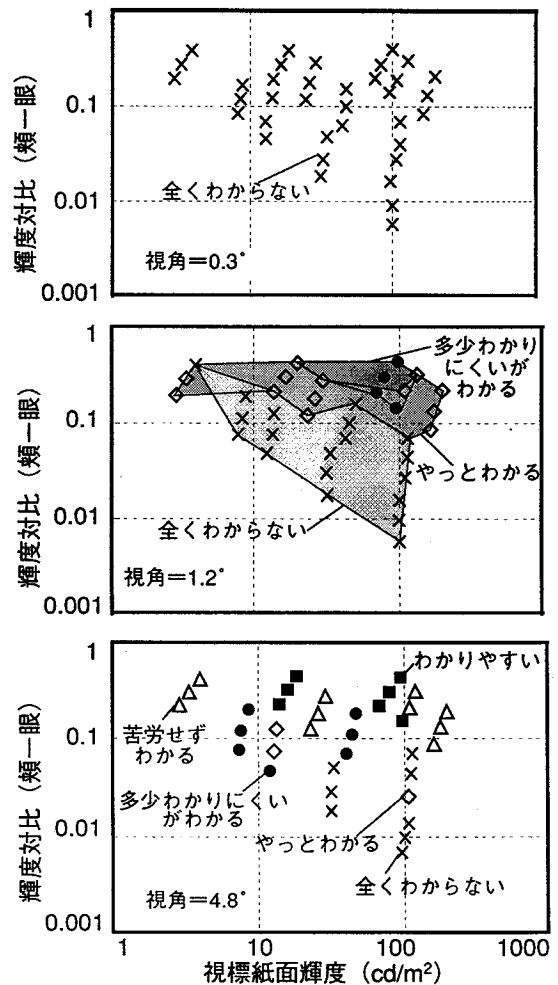


図6.15 顔の細部の見え易さ評価結果の、視標紙面輝度—頬部輝度と眼部輝度の輝度対比の関係

度と頭髪部輝度の輝度対比を用いることが適切であるとは言い難いと考えられる。

6.4.5 細部の見え易さに対応する明視要素

図6.14に、細部の見え易さにおける、視標紙面輝度と、視標紙面輝度と頭髪部輝度の輝度対比との関係を視角ごとに示す。視角1.2°の場合の図中においては、各々の見え易さ評価が得られた条件範囲を網掛けで示している。視角0.3°の場合では、いずれの条件下においても「全くわからない」の評価が得られているが、視角1.2°、4.8°の場合においては、視標紙面輝度が高く且つ輝度対比が大きい条件範囲において、見え易さの程度が上昇する傾向が見られる。しかし、各々の見え易さ評価結果を示す条件範囲が不連続であるため、細部の見え易さを予測するための資料を作成する際に、視標紙面輝度と頭髪部輝度の輝度対比を用いることが適切であるとは言い難いと考えられる。

図6.15に、細部の見え易さにおける、視標紙面輝度と、頬部輝度と眼部(黒目)輝度の輝度対比との関係を視角ごとに示す。視角1.2°の場合の図中においては、各々の見え易さ評価が得られた条件範囲を網掛けで示している。図6.14と同様に、視角0.3°の場合では、いずれの条件下においても「全くわからない」の評価が得られているが、視角1.2°、4.8°の場合においては、視標紙面輝度が高く且つ輝度対比が大きい条件範囲において、見え易さの程度が上昇する傾向が見られる。同図においては、各々の見え易さ評価結果を示す条件範囲がほぼ連続であるため、細部の見え易さを予測するための資料として用いることが可能であると考えられる。したがって、細部の見え易さに対応する輝度対比の特定においては、頬部輝度と眼部輝度の輝度対比を用いることが適切であると考えられる。

6.5 本章のまとめ

本章では、第5章で設定した、人の顔の見え易さに関する3つの評価側面ごとに、明視三要素から人の顔の見え易さを誘導するための予測資料が必要であると考え、各評価側面ごとに見え易さ評価と対応関係にある明視三要素の特定法を明らかにすることを目的に、主観評価実験を行った。とりわけ、窓を通して人の顔を見る視作業条件下において、影響が大きい輝度対比に着目し、輝度対比の特定法についての考察を行った。

輝度対比は視野内の二点の輝度値より算出される値であるが、人の顔のように、輝度分布が存在する視対象においては、その組み合わせが多数存在している。しかし、ある人の顔に限定すると、照明条件が変わっても視対象内部の輝度比は保たれたままであることから、輝度対比の特定方法には、視対象内部の輝度値と視標背景の輝度値から算出する方法と、視対象内部の二点の輝度値を用いて算出する方法の二通りの方法が存在すると考えられる。

そこで、人の顔の見え易さに関する3つの評価側面ごとに、これらの二種の輝度対比のうち、どちらの対比を採用すれば見え易さとの対応関係が得られるかについて検討した。その結果、存在及び外形の見え易さについては、視対象内部の輝度値と視標背景の輝度値から算出する方法で算出された輝

度対比が、細部の見え易さについては、視対象内部の二点の輝度値を用いて算出する方法を用いて算出された輝度対比が、それぞれ見え易さと対応関係にあることが明らかとなった。

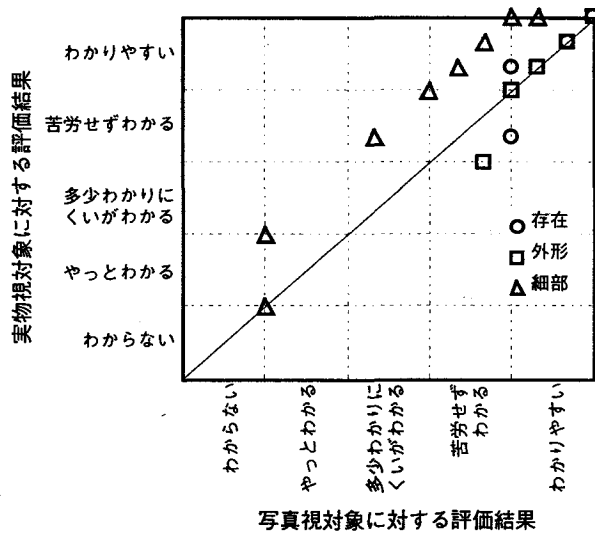
したがって、各見え易さ評価側面ごとに、見え易さの予測資料を作成する際には、各々の見え易さに対応する輝度対比より、見え易さを誘導する資料を作成する必要がある。

参考文献

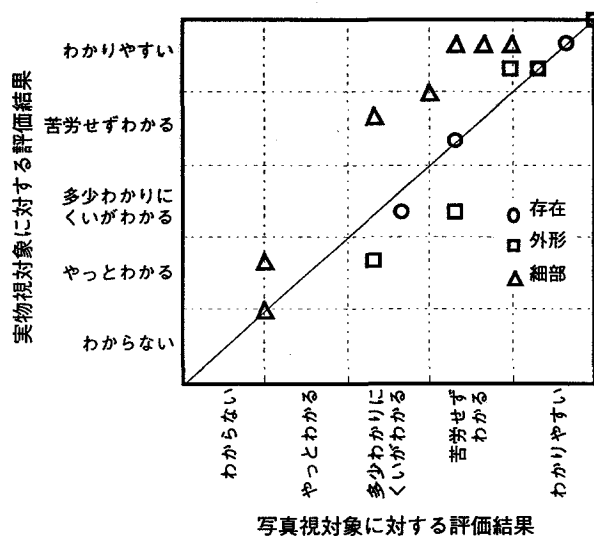
- 1) Fischer,D. : Beleuchtungsstaerken in Arbeitsraeumen, Lichttechnik 24-8, pp.411-416, 1972
- 2) Fischer,D. : A Luminance Concept for Working Interioes, Journal of Illumination Engineering Society, 2-2, pp.92-98, 1973
- 3) Cuttle C. et al. : Beyond the working plane, Proceeding of the CIE Conference, P.67-12, pp.471-482, 1967
- 4) Cuttle C. : Lighting Patterns and the Flow of Light, Lighting Research and Technology Vol.3, pp.171-189, 1971
- 5) 日本色彩学会編：新編 色彩科学ハンドブック第2版，東京大学出版会，pp.1302-1304

関連発表文献

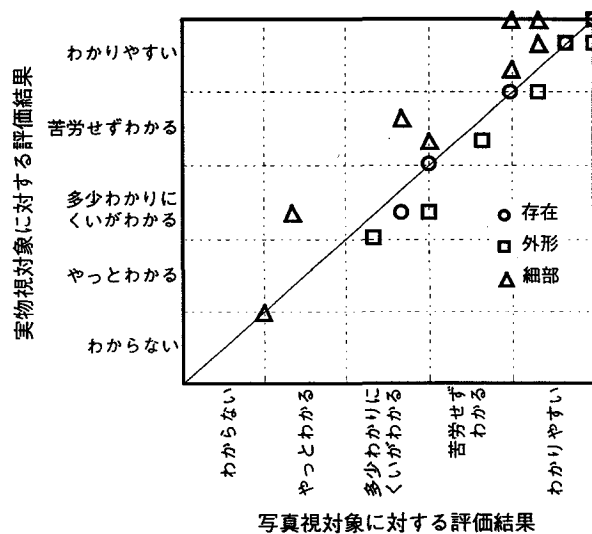
- ・ 奥田 紫乃、佐藤 隆二、山中 俊夫：レースカーテンを通した人の顔の評価側面と見え易さに対応する明視要素についての検討，日本建築学会計画系論文集 542号，2001(H.13).4
- ・ 奥田 紫乃、佐藤 隆二、山中 俊夫、甲谷寿史：レースカーテンを通して見る人の顔の見え方に対する評価法の構築－その1.人の顔の存在及び外形の見え易さ－，照明学会全国大会講演論文集，pp.127-128, 2000(H.12).8
- ・ 佐藤 隆二、奥田 紫乃、山中 俊夫、甲谷寿史：レースカーテンを通して見る人の顔の見え方に対する評価法の構築－その2.人の顔の細部の見え易さ－，照明学会全国大会講演論文集，p.129, 2000(H.12).8
- ・ 奥田 紫乃、佐藤 隆二、山中 俊夫、甲谷寿史：レースカーテンを通した人の顔の表情の見え易さ，日本建築学会大会学術講演梗概集D - 1，pp.439-440, 2000(H.12).9



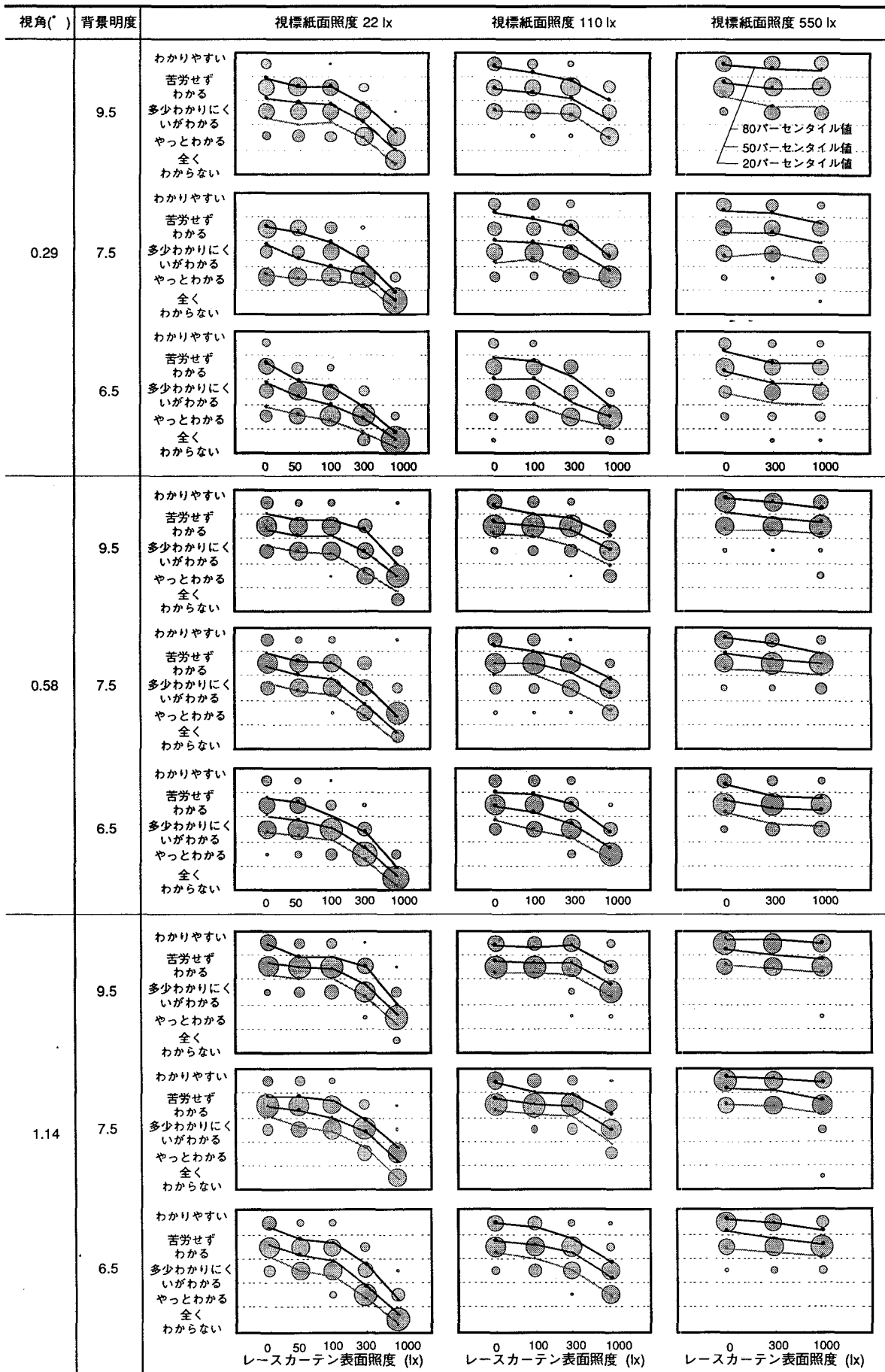
付図 6.1.a 写真視対象に対する評価結果と実物視対象に対する評価結果との比較 (被験者 KM)



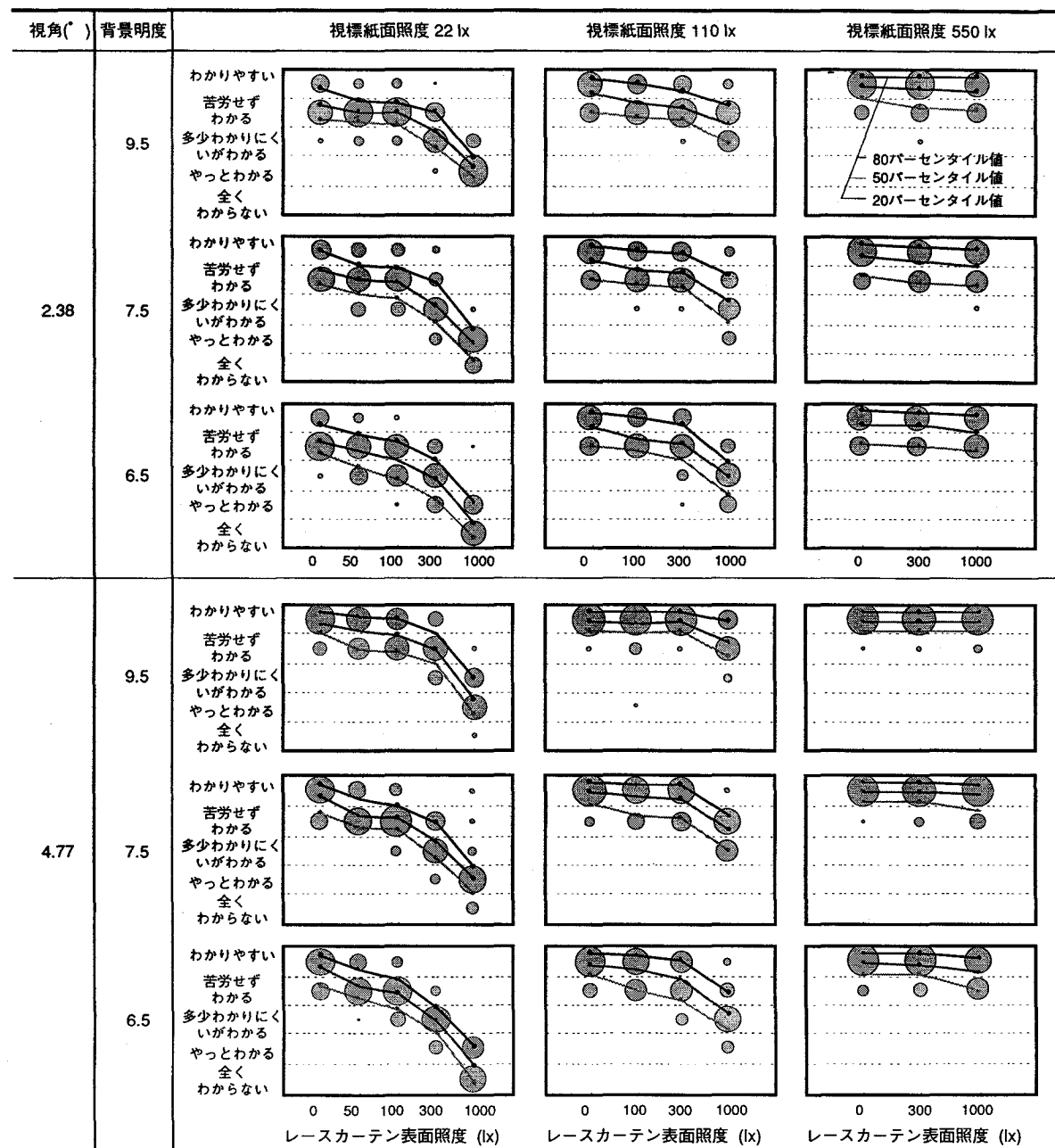
付図 6.1.b 写真視対象に対する評価結果と実物視対象に対する評価結果との比較 (被験者 KM)



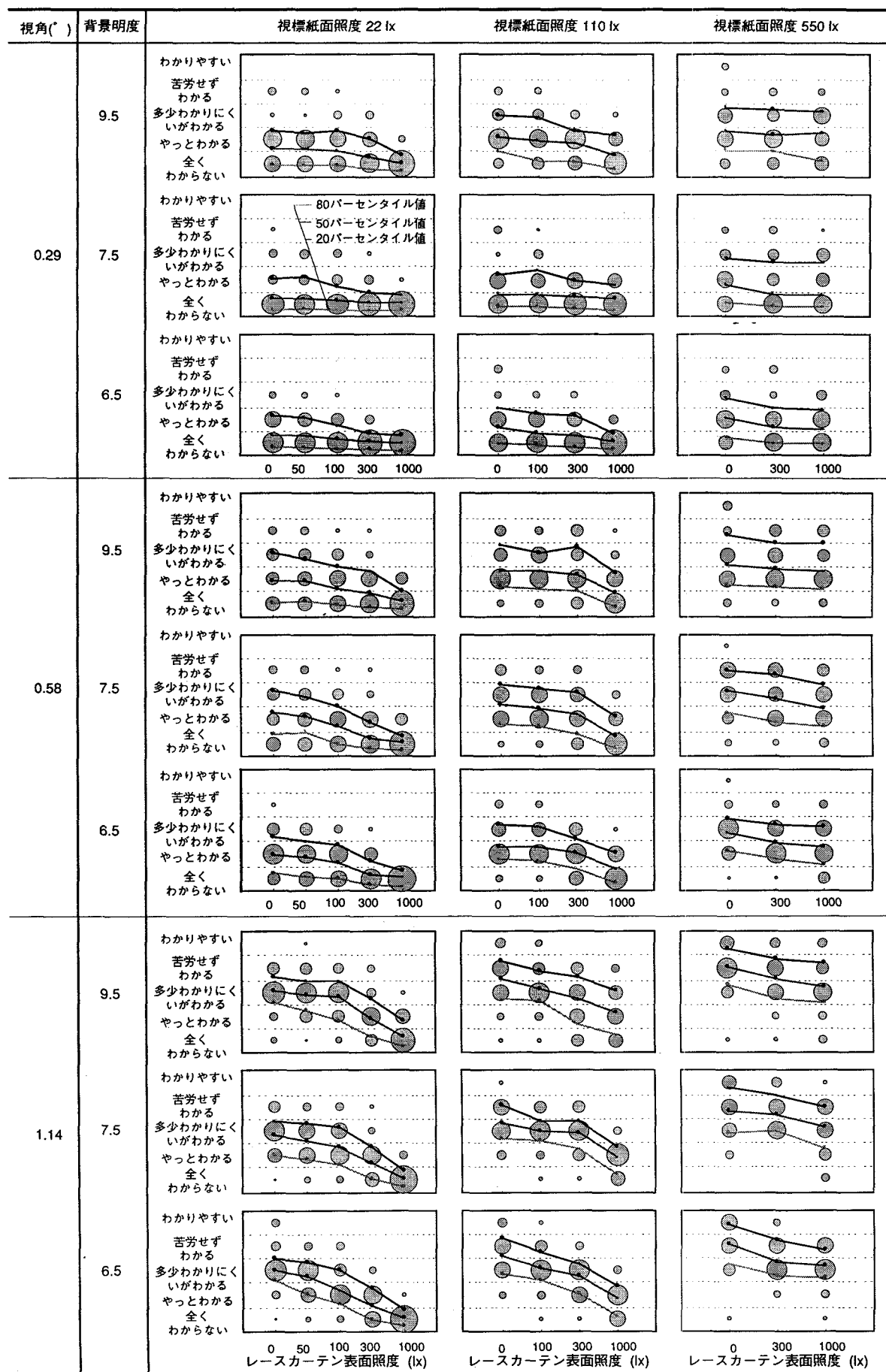
付図 6.1.c 写真視対象に対する評価結果と実物視対象に対する評価結果との比較 (被験者 KM)



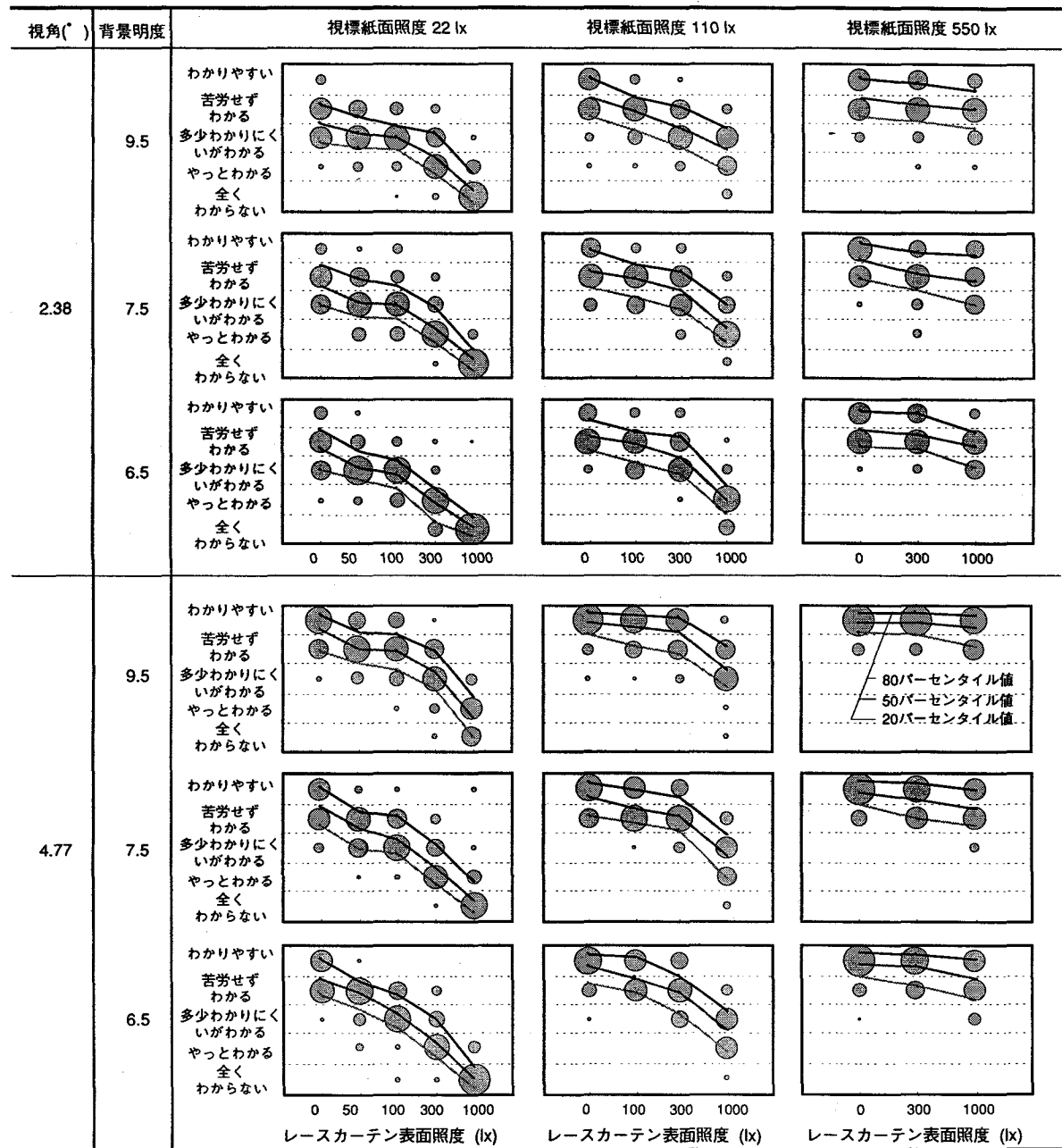
付図 6.2.a レースカーテン表面照度と存在の見え易さとの関係 (度数分布とパーセンタイル評価値)



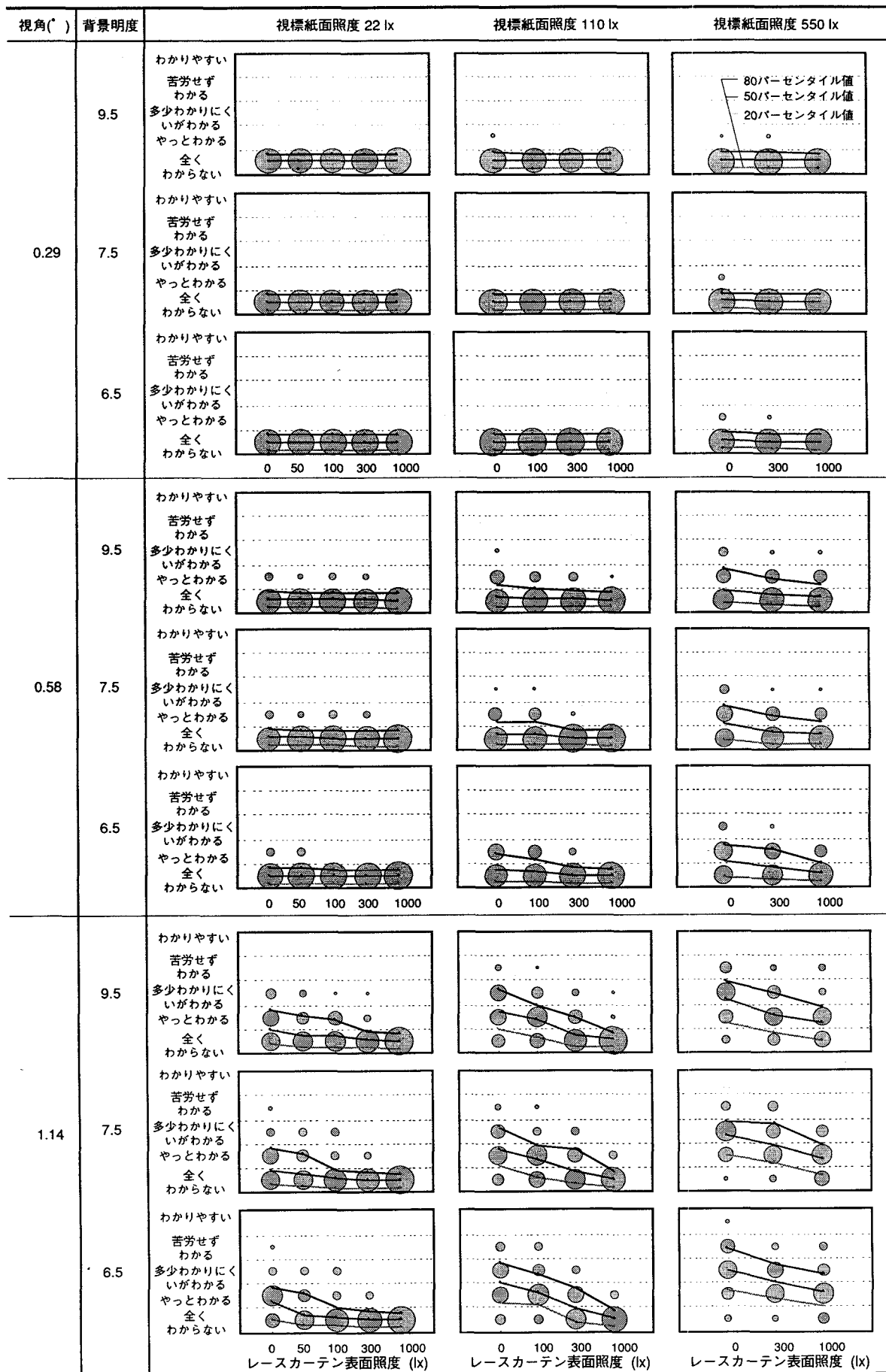
付図 6.2.b レースカーテン表面照度と存在の見え易さとの関係 (度数分布とパーセントイル評価値)



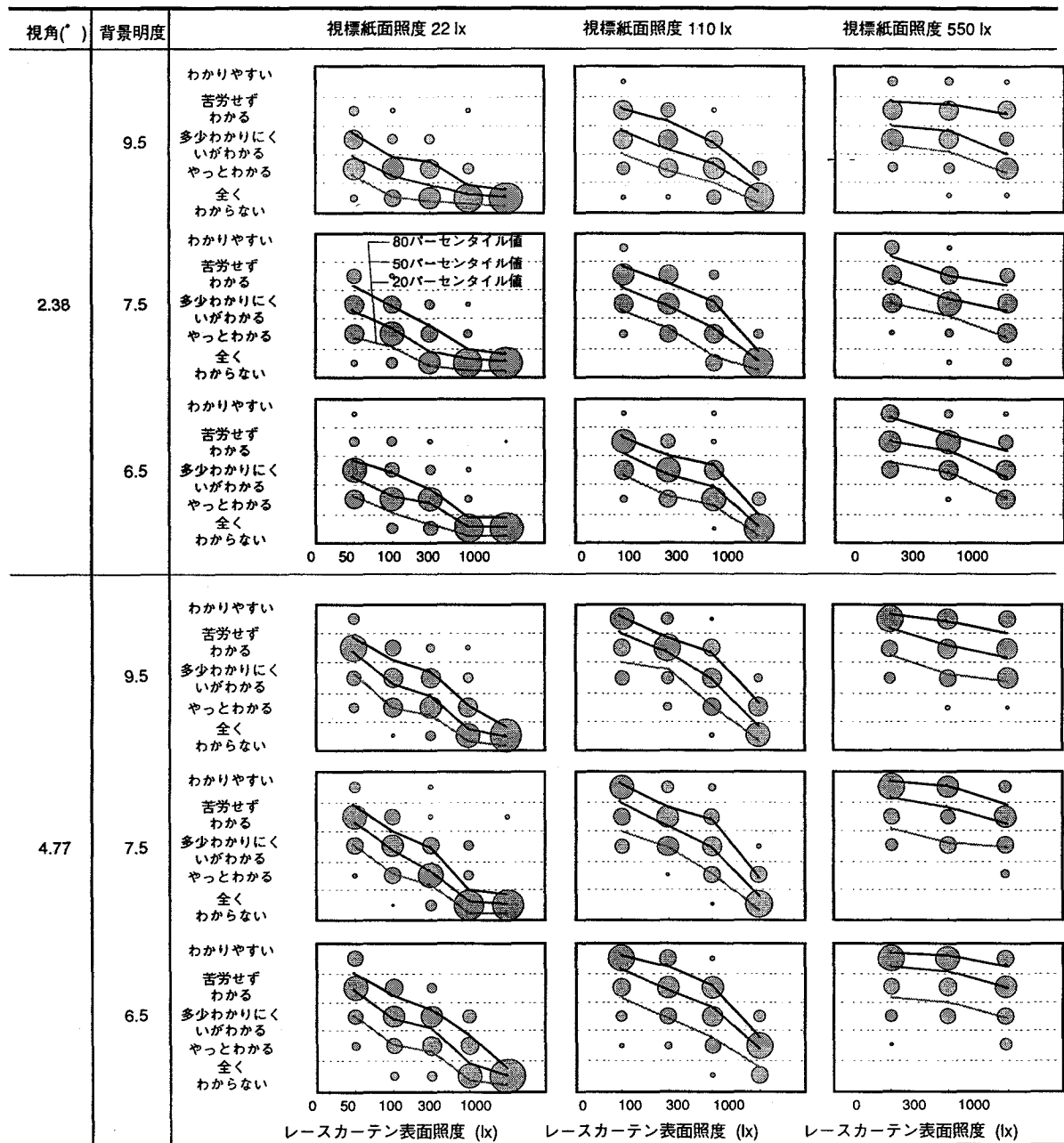
付図 6.3.a レースカーテン表面照度と外形の見え易さとの関係 (度数分布とパーセンタイル評価値)



付図 6.3.b レースカーテン表面照度と外形の見え易さとの関係 (度数分布とパーセンタイル評価値)



付図 6.4.a レースカーテン表面照度と細部の見え易さとの関係 (度数分布とパーセンタイル評価値)



付図 6.4.b レースカーテン表面照度と細部の見え易さとの関係 (度数分布とパーセントイル評価値)

第7章 窓を通して見る人の顔の見え易さの予測資料

7.1. 本章の目的

窓を通して室内外に居る人の顔を見る視作業は、日常生活において頻繁に行われる視作業の一つであり、とりわけ住宅の窓においては、在室者のプライバシーに纏わる諸問題から、視覚的情報の流入出のバランスを適正に保つ窓が理想的である。しかし、情報の流入出を調整・制御するための窓材及び窓装備の性能を客観的に表示する指標は現存せず、これらの装備の選定や使用法についての指針も存在しないのが現状である。

窓を介しての視覚情報の流入出を、居住者の要求に応じて調整可能とするための指針を誘導するためには、まず諸装備の透視及び遮蔽に関する性能評価を可能にすることが必要である。そのためには、共通の視対象物である人の顔を室の内外から見る実情の条件範囲において、その見え易さについての主観評価と視対象の物理条件との関係を明らかにする必要がある。

窓の向こうからの視線に関する研究としては、大野ら²³⁾によって提案された「視線輻射量」を算定するプログラムに関するものがあり、これより居住者の防犯性の評価やプライバシー感を説明することができる²³⁾とされている。また、吉田ら²⁴⁾は、この概念を発展させて、在室者の在・不在や窓のカーテンの遮蔽状態の別などを加味したモデルにより、プライバシーの感受意識及び被害意識と窓の外の物理的環境要因との関係を明らかにしている。しかし、これらの研究は物理刺激に対する視覚反応ではなく、在室者の心理構造に着目したものであるため、窓を通して見る視対象の見え方を明らかにする必要がある。

人の顔の見え易さを予測するためには、人の顔の見え易さと一意的対応関係にある明視三要素を明らかにする必要がある、その明視要素の特定法に関する検討は第6章で行った。本章では、6章で行った主観評価実験で得られた結果を基に、明視三要素と見え易さ評価との関係を明らかにし、人の顔の見え易さを予測するための資料を提案する。

7.2. 人の顔の見え易さに関する等見え易さ曲面

図7.1に明視三要素の組み合わせと見え易さ評価との関係の模式図を示す。図に示すように、明視三要素を三軸として表現された空間内に、各々の見え易さに対応する明視三要素の組み合わせ条件が示す空間を示すことで、明視三要素と見え易さとの関係を表現する

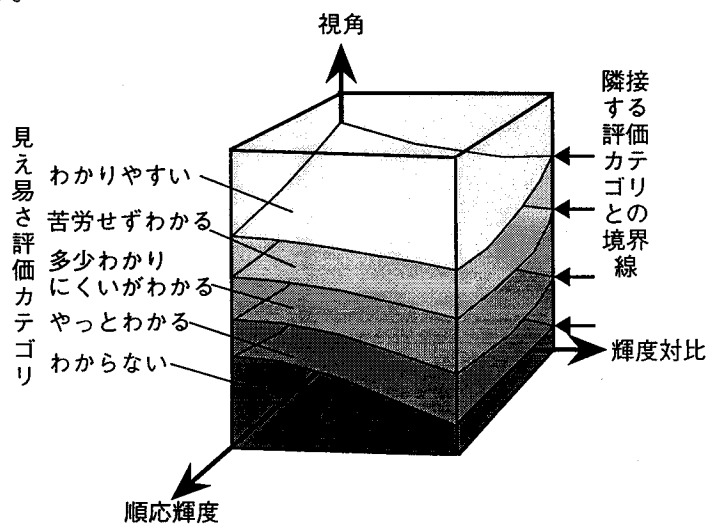


図 7.1 明視三要素と見え易さ評価との関係

ことができる。したがって、設計水準として、目標となる見え易さが得られる確率ごとに、明視三要素と見え易さとの関係を図示できれば、目標となる見え易さが得られるために必要な明視三要素の条件が、隣接する評価カテゴリの境界面として表現される。

本実験で設定した背景輝度、輝度対比及び視角の組み合わせ条件は、実際の視環境条件により即した条件を再現することを目的に設定したために離散値となっており、このような図を作成しても曲面にはならない。しかし、本来は曲面を構成するべきものであることから、見え易さが等価な条件を示している面を等見え易さ曲面と称することとする。

目標とする人の顔の見え易さを予測するために必要な資料とは、与えられた視作業条件より算定される明視三要素の組み合わせから、人の顔の見え易さ評価が読み取れることが必要条件である。しかし、図7.1に示したような、三次元空間内に示された等見え易さ曲面では、読みとりが非常に困難である。明視三要素のうち、順応輝度及び輝度対比は照明条件に依存する値であり、実空間において個別に変化することはあり得ないが、視角は視対象条件に依存するものであり、他の二者とは独立に変化する値である。また、人の顔を視対象として視対象の大きさを固定すれば、視角は視距離に置き換えることが可能である。そこで本論では、等見え易さ曲面を順応輝度と輝度対比を二軸とした平面に投影して表現することがより適切であると考え、等見え易さ曲面を背景輝度と輝度対比を二軸とした平面上に投影し、視距離ごとに図示したものを人の顔の見え易さの予測資料として提示する。

7.2.1 人の顔の見え易さ予測資料の作成方法

上述の見え易さ予測資料を得るためには、各々の評価カテゴリの境界における設定条件値を知ることが必要となる。そこで、第6章で示した付図6.1から6.3より見え易さ予測資料を作成する手順を以下に示す。

図7.2は、視標紙面照度が110 lx、視角4.8°、背景明度9.5の場合のカーテン表面照度と存在の見え易さに関する評価との関係を示したものである。カーテン表面照度が300 lxの場合においては「わかりやすい」の評価が、またカーテン表面照度が1000 lxの場合においては「苦勞せずわかる」の評価が得られていることがわかる。また、図より「わかりやすい」の評価カテゴリと「苦勞せずわかる」の評価カテゴリとの境界におけるカーテン表面照度の値は800 lxであることが読み取れる。このようにして得られた各見え易さ評価カテゴリの境界条件値より、境界条件下における明視三要素の値を算出し、その値を順応輝度と輝度対比を二軸とした平面上に視距離ごとに示したものの一例が図7.3である。さらにその際、図7.4に示す実際の設定条

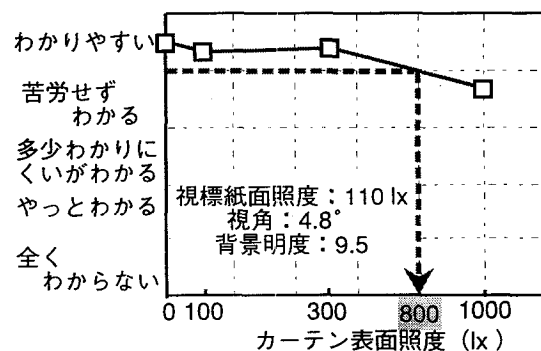


図7.2 カーテン表面照度と存在の見え易さとの関係 (50パーセントイル値)

件下において得られた評価結果を損なうことなく、境界条件値を結んだ線が各見え易さ評価カテゴリの境界線となることから、図 7.5 に示す視距離ごとの見え易さ予測資料を作成することができる。

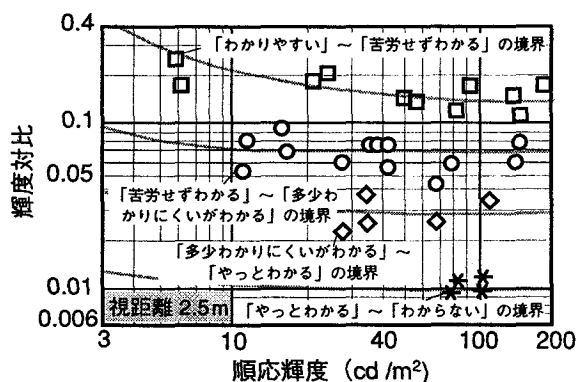


図 7.3 各評価カテゴリの境界条件値 (50 パーセントイル値)

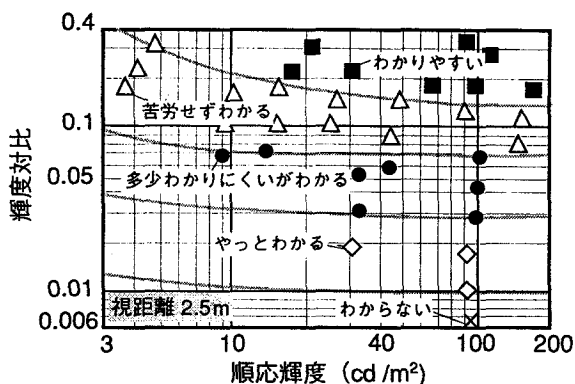


図 7.4 設定条件下における存在の見え易さ評価結果 (50 パーセントイル値)

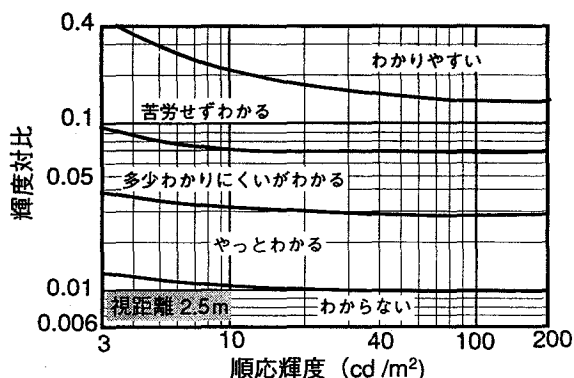


図 7.5 存在の見え易さの予測資料 (視距離 : 2.5m / 50 パーセントイル値)

7.2.2 存在の見え易さ予測資料

図 7.6 は、評価の中央値を基にして作成した、50%の確率で見え易さ評価が得られる、人の顔の存在の見え易さ予測資料であり、視距離ごとに、背景輝度と輝度対比を二軸とする平面に顔の見え易さの各評価カテゴリの境界線で示している。これより、輝度対比が高くなるほど見え易さの程度も高くなるのがわかる。また、視距離ごとに示された図を比較すると、視距離が大きくなるにしたがって、背景輝度と輝度対比との組み合わせが同値であっても、見え易さの程度は低くなるのがわかる。また、視距離 40 m の場合の等見え易さ曲面では、「わかりやすい」の評価が得られる条件範囲が出現していないが、より背景輝度が高く、且つ順応輝度が高い条件において出現することが予測される。これらの図より、視距離に応じて図を選択し、順応輝度及び輝度対比の組み合わせより、人の顔の存在の見え易さの程度を予測することが可能である。

7.2.3 外形の見え易さ予測資料

図7.7は、評価の中央値を基にして作成した、50%の確率で見え易さ評価が得られる、人の顔の外形の見え易さ予測資料であり、視距離ごとに、背景輝度と輝度対比を二軸とする平面に顔の見え易さの各評価カテゴリの境界線で示している。これより、輝度対比が高くなるほど見え易さの程度も高くなることがわかる。また、視距離ごとに示された図を比較すると、視距離が大きくなるにしたがって、背景輝度と輝度対比との組み合わせが同値であっても、見え易さの程度は低くなることがわかる。また、視距離が大きい場合の見え易さ予測資料では、「わかりやすい」「苦勞せずわかる」などの上位の見え易さ評価が得られる条件範囲が出現していないが、より背景輝度が高く、且つ順応輝度が高い条件において出現することが予測されるが、一方で、視距離による限界も存在するのではないかと考えられる。また、視距離が異なると、同じ見え易さ評価が得られる条件範囲が大きく異なることから、視距離が見え易さの程度に大きな影響を与えることがわかる。またいずれの視距離においても、順応輝度が低い場合を除いて、順応輝度よりも輝度対比が見え易さの程度に影響を与えることがわかる。これらの図より、視距離に応じて図を選択し、順応輝度及び輝度対比の組み合わせより、人の顔の外形の見え易さの程度を予測することが可能である。

7.2.4 細部の見え易さ予測資料

図7.8は、評価の中央値を基にして作成した、50%の確率で見え易さ評価が得られる、人の顔の細部の見え易さ予測資料であり、視距離ごとに、背景輝度と輝度対比を二軸とする平面に顔の見え易

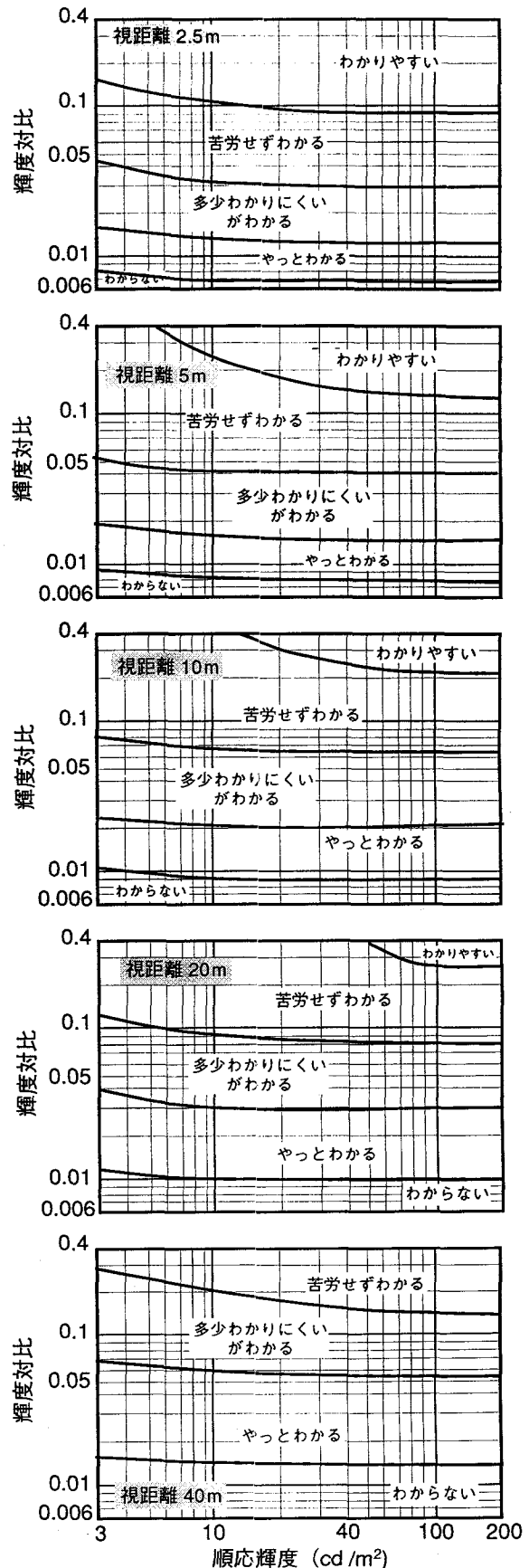


図7.6 存在の見え易さ予測資料 (確率50%)

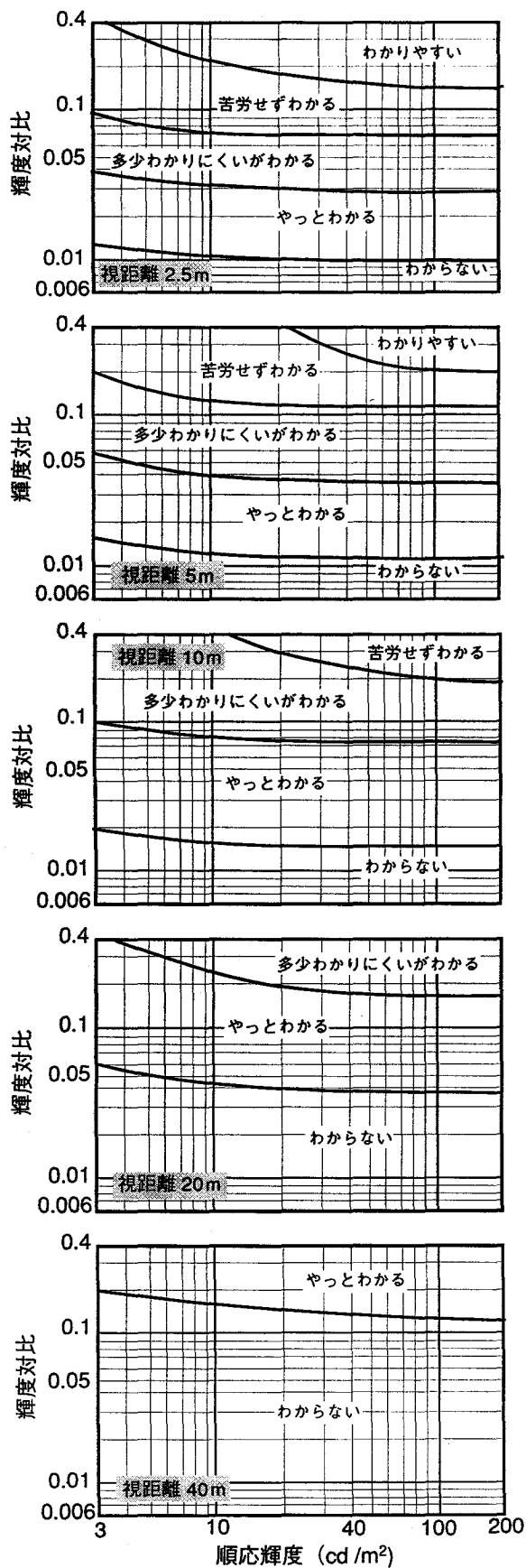


図 7.7 外形の見え易さ予測資料 (確率 50%)

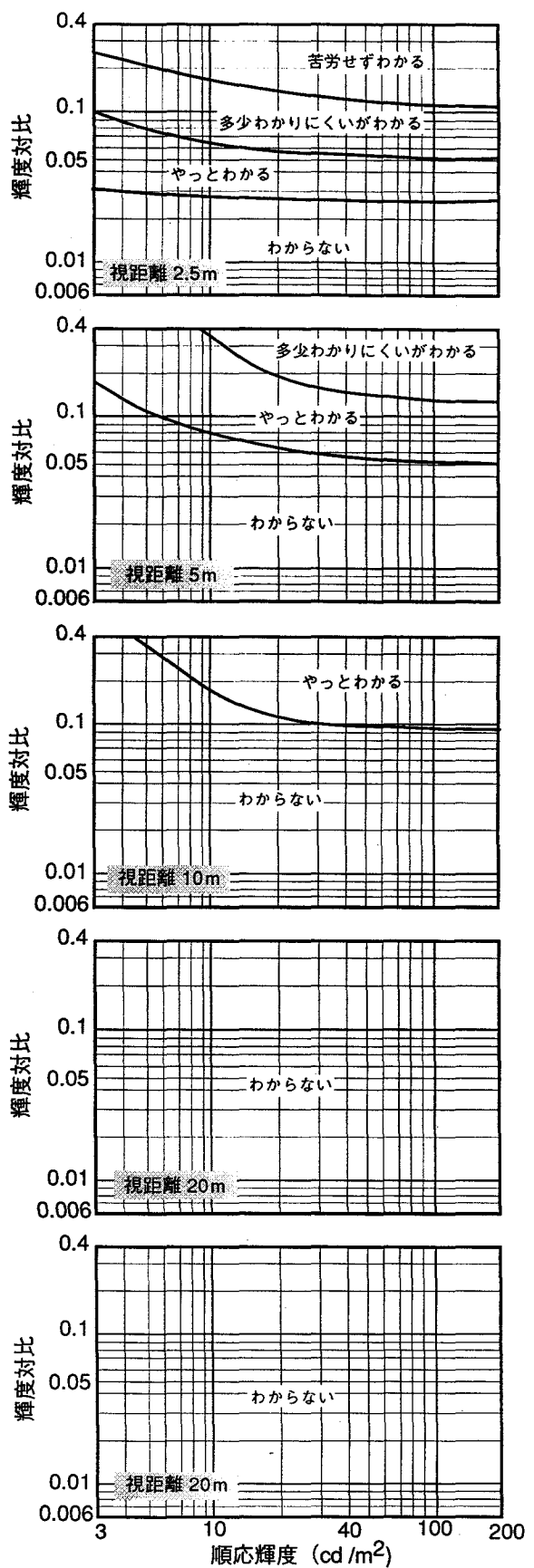


図 7.8 細部の見え易さ予測資料 (確率 50%)

さの各評価カテゴリの境界線で示している。これより、輝度対比が高くなるほど見え易さの程度も高くなることがわかる。また、視距離ごとに示された図を比較すると、視距離が大きくなるにしたがって、背景輝度と輝度対比との組み合わせが同値であっても、見え易さの程度は低くなることがわかる。また、視距離が大きい場合の見え易さ予測資料では、「わかりやすい」「苦勞せずわかる」などの上位の見え易さ評価が得られる条件範囲が出現しておらず、視距離40mでは、設定された全条件範囲において「わからない」の評価が得られており、視距離による限界も存在することが予測される。視距離が異なると、同じ見え易さ評価が得られる条件範囲が大きく異なることから、視距離が見え易さの程度に大きな影響を与えることがわかる。またいずれの視距離においても、順応輝度が低い場合を除いて、順応輝度よりも輝度対比が見え易さの程度に影響を与えることがわかる。これらの図より、視距離に応じて図を選択し、順応輝度及び輝度対比の組み合わせより、人の顔の細部の見え易さの程度を予測することが可能である。

7.3 窓を通して見る人の顔の見え易さの予測

7.2節では、得られた評価の50パーセンタイル値を基にして作成した、50%の確率で見え易さが得られる、人の顔の見え易さ予測資料を示したが、目標とする人の顔の見え易さが得られる確率が50%であることは、逆に見え易さが得られない確率もまた50%であることを意味している。したがって、確率50%で見え易さの程度を予測することは理不尽であり、将来的に見え易さ評価法を基に視環境設計法を構築する際にも不

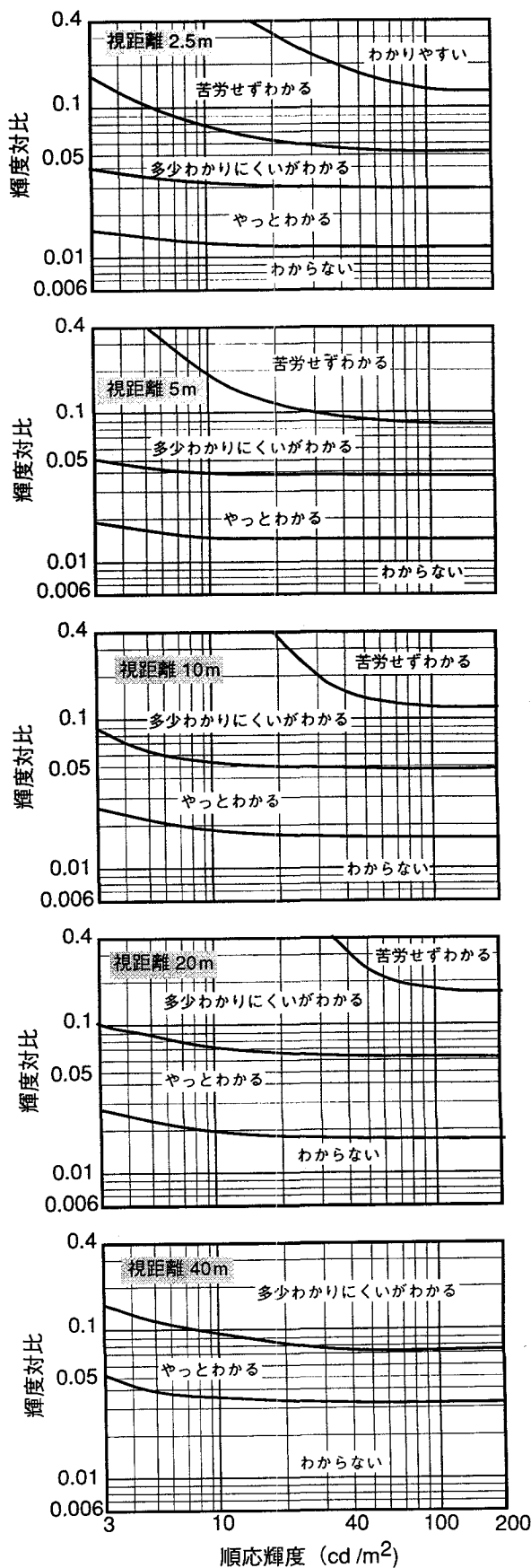


図 7.9 存在の見え易さ予測資料 (確率 80%)

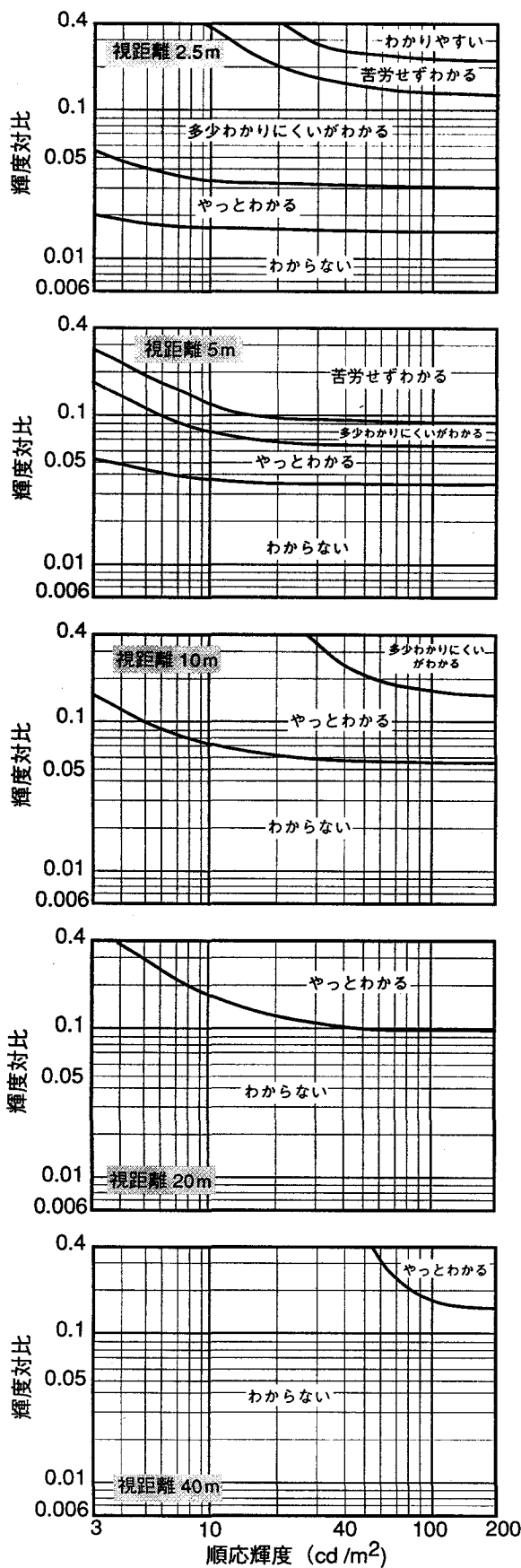


図 7.10 外形の見え易さの予測資料
(確率 80%)

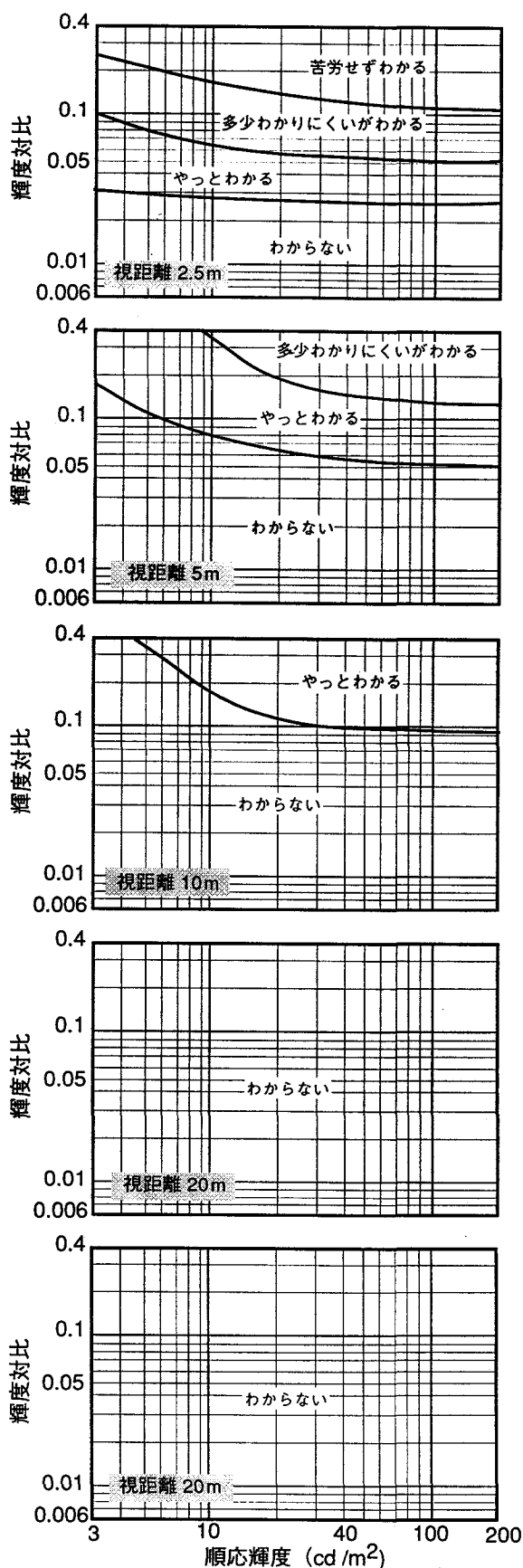


図 7.11 細部の見え易さの予測資料
(確率 80%)

十分である。与えられた視環境条件より人の顔の見え易さの程度の予測をする際には、その見え易さの程度が達成される確率が高い方が、より正しい予測が可能となると考えられる。

そこで、20パーセンタイル値を基に作成した、80%の確率で見え易さ評価が得られる、人の顔の見え易さ予測資料を、図7.9から7.11に各評価側面ごとに示す。視距離ごとに図を見てみると、視距離が大きくなるにしたがって、背景輝度と輝度対比との組み合わせが同値であっても、見え易さの程度は低くなることがわかる。また、視距離が大きい場合の見え易さ予測資料では、「わかりやすい」「苦勞せずわかる」などの上位の見え易さ評価が得られる条件範囲が出現しておらず、視距離20m及び40mでは、設定された全条件範囲において「わからない」の評価が得られており、視距離による限界も存在することが予測される。また、図7.6から7.8の各図と比較してみると、順応輝度と輝度対比との組み合わせが同値であっても、確率80%の場合の方が得られる見え易さの程度は低くなっていることがわかる。

このように、レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さを予測する際には、視作業条件や在室者の要求に応じて、確率50%、80%の中で、視作業状況や在室者の要求に応じて図を選択することが望ましい。したがって、本章で示した図を用いれば、視環境条件から人の顔の見え易さの予測が容易にできる。

7.4 本章のまとめ

本章では、第6章で得られた知見を基に、人の顔の見え易さを予測するための資料として、明視三要素と人の顔の見え易さとの関係を表す見え易さ予測資料を提示した。順応輝度、輝度対比及び視角を三軸とする空間内に、人の顔の見え易さ評価が得られた条件範囲を空間で示すことで、隣接する見え易さ評価カテゴリの境界面が形成されるが、空間内に示された境界面より、明視三要素の値を読みとることが困難であるため、順応輝度、及び輝度対比を二軸とする平面上に投影し、視距離ごとに提示したものを予測資料とした。

また、見え易さ予測資料の提示において、第6章で行った主観評価実験結果の中央値を用いて作成した資料では不十分であることから、20パーセンタイル値を基に作成した、80%の確率で予測可能な見え易さ予測資料を提示した。

これらの資料を作成したことにより、窓を通して人の顔を見る視作業状況において、順応輝度、輝度対比及び視角の明視三要素の値がわかれば、存在、外形、及び細部の評価側面ごとに、人の顔の見え易さ評価が予測可能となった。

参考文献

- 1) 大野隆造, 近藤美紀: 視線輻射量と防犯性の評価—住民の視覚的相互作用を考慮した集合住宅の配置計画に関する研究(その1)—, 日本建築学会計画系論文集, 第467号, pp.145-151, 1995(H.7)

- 2) 吉田哲, 宗本順三: 視線によるプライバシー加害・被害意識と窓のカーテンの遮蔽状態との関係—公営建替集合住宅と木賃アパート建替集合住宅の比較—, 日本建築学会計画系論文集, 第521号 pp.103-110, 1999(H.11). 7
- 3) 吉田哲, 宗本順三: 窓の対面環境による視線の感受意識とプライバシーの被害意識の相違—木賃アパート建替集合住宅を事例として—, 日本建築学会計画系論文集, 第529号, pp.125-131, 2000 (H.12). 3

第8章 レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測

8.1. 本章の目的

実生活において、窓に設置されたレースカーテンを通して人の顔を見る視作業は、しばしば行われる視作業の一つである。とりわけ、住宅においては、窓装備としてレースカーテンが用いられていることが多く、プライバシーなどの諸問題から、在室者は、視覚的情報の流入出に関して、室の使用目的などに応じて透過・遮断の要求を窓に課している。在室者は一般に、室外の視覚的情報は透過させたいと要求することが多いが、室内の視覚的情報は遮断したいと要求することが多く、両者の適切なバランスをとることが難しいのが実状である。

本論文では、窓を通して見る人の顔の見え易さ評価法の構築を目的として、窓材としてレースカーテンに着目し、視対象として人の顔を抽出して、明視三要素の算定、及び明視三要素から見え易さを予測するための資料に関する検討を行った。本章では、現実の場において、レースカーテンを通して人の顔を見る場を想定し、これまでに提示した算定式や予測資料を用いて、人の顔の見え易さを予測する手法を例示する。その際、窓に設置されたレースカーテンを通して、室外から在室者の顔を見る状況を想定し、この状況に応じた視作業条件を入力因子として、人の顔の見え易さを予測する手法について概説する。なお、現実の場においては、レースカーテンが設置されている場合には、同時に窓材として透明ガラスが使用されている場合が大多数であり、窓材及び窓装備としては、透明ガラス及びレースカーテンの二種の材質のものを通して視対象を見ることになるが、本章では、本研究で取り扱ったレースカーテンの介在による効果を示すため、レースカーテンのみを通して人の顔を見るものとする。

8.2 レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測の手順

図8.1に、レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測の手順について示す。視作業条件には、視作業空間の光環境に関わるもの、視対象物空間の光環境に関わるもの、視対象物に関わるもの、視作業者と視対象物との位置関係に関わるものがあり、視対象を人の顔とすることで、視対象物に関わる視作業条件は固定値とみなせる。視対象の背景に順応していると仮定すれば、見え易さを決定する明視三要素は、視対象物の背景輝度、視対象物輝度、大きさ、視距離より算定が可能である。しかし、これらの条件要素のうち、視対象物の背景輝度、及び視対象物輝度は、レースカーテンの介在により値が変化する。そこで、第4章で提示したレースカーテンの光学特性を組み込んだ、視対象物輝度の算定法を用いることにより、視作業空間の光環境として視作業側窓面鉛直面照度、視対象物空間の光環境として視対象物側窓面鉛直面照度、視対象物空間の任意の点における輝度を入力因子とし、視対象物空間の任意の点における輝度値の算定が可能となる。

一方、視作業条件要素より算定された明視三要素より、人の顔の見え易さ評価の誘導が可能となる

が、人の顔の見え易さは多種多様であるため、3つの評価側面を用いて評価される必要があり、これらの評価側面ごとに、見え易さと一意的対応関係にある明視三要素が異なっている。順応輝度、及び視角については、いずれの評価側面においても共通の値を用いても支障ないが、輝度対比については評価側面ごとにその特定方法が異なることが、第6章で行った検討より明らかとなっている。すなわち、存在、及び外形の見え易さに関しては、視対象物輝度とその背景の輝度から算定される輝度対比の値を用い、細部の見え易さに関しては、視対象物内部の二点の輝度から算定される輝度対比の値を用いる必要がある。

このようにして得られた明視三要素より、第7章で提案した見え易さ予測資料を用いることにより、各評価側面ごとの見え易さの程度予測が可能となっている。

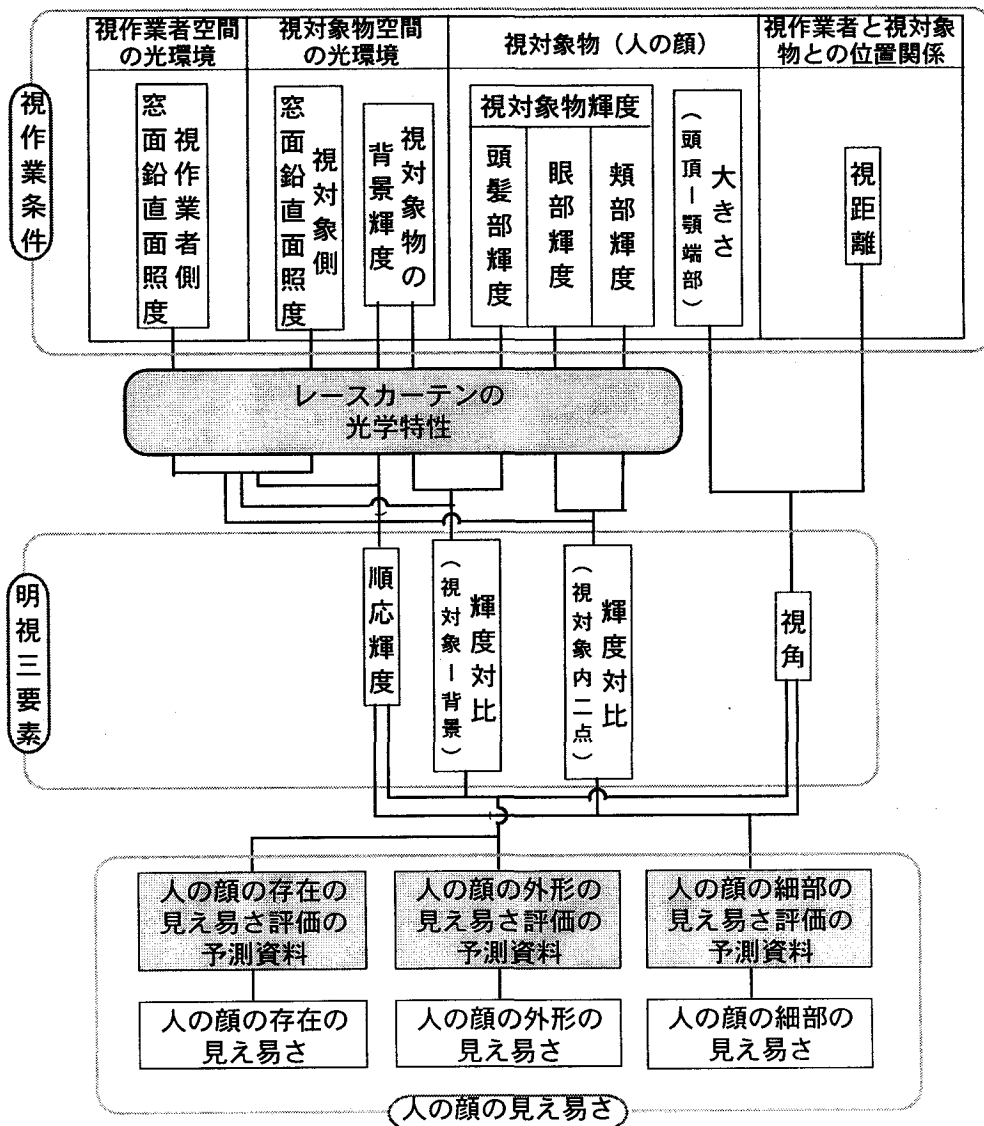


図 8.1 レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測の流れ

8.3 レースカーテンを通して見る在室者の見え易さの予測例

8.2節では、本論で得られた知見を基に、レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測流れについて概説した。ここで、具体的な見え易さ予測手法を示すことを目的に、実際の場に適応した視作業条件を入力し、これらの算定式及び予測資料を用いて、見え易さを誘導する手順を示すことにする。視作業状況として、住宅における居間空間に在室者があり、室外空間の視距離10mの位置から通行人がその在室者を見る状況を想定した。

8.3.1 屋外空間の光環境の変化による人の顔の見え易さの変化の予測例

窓を通して屋外から在室者を見る状況では、視作業者が居る屋外空間の光環境と、視対象である在室者が居る室内空間の光環境との、二つの空間の光環境によって視作業条件が決定される。とりわけ屋外の光環境は、主として昼光によって左右されるためその変動が非常に大きく、その照明条件の範囲が大きくなる。したがって、視距離やレースカーテンの材質など、屋外の光環境以外の視作業条件が同一であっても、昼光の変動に伴って人の顔の見え易さも変化することが予測される。そこで、屋外空間の光環境の変化による人の顔の見え易さの変化の程度を、本論で示した算定法及び予測資料を用いて予測する。予測においては、表8.1に示す形態特性及び光学特性をもつレースカーテンを用い、照明条件としては、昼光の変動を考慮して表8.2に示す2条件を設定して、昼光の変動に伴う人の顔の見え易さの変動の予測を行うことにした。

まず、表8.2に示した視作業条件要素を入力因子とし、第4章で示した輝度算定法を用いて明視三

表 8.1 レースカーテンBの形態特性及び光学特性

レースカーテンの種類	糸の太さ (デニール)	1インチ当りの本数	織物組織	繊維面積率 (%)	光学特性値		
					見かけの空隙率	透過特性値	反射特性値
カーテンB	75	123	平織り	90.4	0.23	0.11	0.097

表 8.2 屋外の光環境の変動を考慮した視作業条件

		視作業条件要素	条件①	条件②
屋外空間の光環境		視作業側窓面鉛直照度	1000 lx	10 lx
室内空間の光環境		視対象物側窓面鉛直照度	200 lx	200 lx
		視対象の背景の輝度	75 cd/m ²	75 cd/m ²
視対象物条件	視対象物輝度	頬部輝度	18.4 cd/m ²	18.4 cd/m ²
		頭髪部輝度	4.4 cd/m ²	4.4 cd/m ²
		眼部(黒目)輝度	4.2 cd/m ²	4.2 cd/m ²

表 8.3 屋外の光環境の変動を考慮した二条件下の明視要素

	順応輝度	輝度対比 (背景-頭髪)	輝度対比 (頬-眼)
条件①	136 cd/m ²	0.12	0.03
条件②	40 cd/m ²	0.40	0.12

要素の算定を行った。表8.3に、各視作業条件下における明視要素の算定値を示す。視距離やレースカーテンの材質などの条件が同じであっても、屋外の光環境が変動するだけで、明視要素の値が大きく異なることがわかる。これらの明視要素の値より、予測資料を用いて人の顔の見え易さを予測する。

図8.2に、視距離10mの場合の人の顔の存在の見え易さ予測資料を示す。存在の見え易さと一意的対応関係にある輝度対比は、視対象とその背景とから算出される輝度対比であるため、背景輝度と頭髮部輝度より算出された輝度対比の値と、順応輝度の値をそれぞれ図中に記入し、見え易さ評価を読みとればよい。条件①、条件②ともに「苦勞せずわかる」の見え易さ評価が得られることがわかる。したがって、設定した屋外の光環境の変動によって、人の顔の存在の見え易さは変化しないことがわかる。

図8.3に、視距離10mの場合の人の顔の外形の見え易さ予測資料を示す。外形の見え易さと一意的対応関係にある輝度対比は、視対象とその背景とから算出される輝度対比であるため、背景輝度と頭髮部輝度より算出された輝度対比の値と、順応輝度の値をそれぞれ図中に記入し、見え易さ評価を読みとればよい。条件①の場合では「やっとわかる」の見え易さ評価が得られるのに対し、条件②の場合では「多少わかりにくいかわかる」の見え易さ

評価が得られることがわかる。したがって、設定した屋外の照度が室内の照度より低いとき、人の顔の外形の見え易さの程度は高くなることがわかる。屋外の照度が低くなる夜間においては、昼間よりも室内の視覚的情報が流出しやすい現象が生じているといえる。

図8.4に、視距離10mの場合の人の顔の細部の見え易さ予測資料を示す。細部の見え易さと一意的対応関係にある輝度対比は、視対象内部の二点の輝度値から算出される輝度対比であるため、頬部輝度と眼部輝度より算出された輝度対比の値と、順応輝度の値をそれぞれ図中に記入し、見え易さ評価

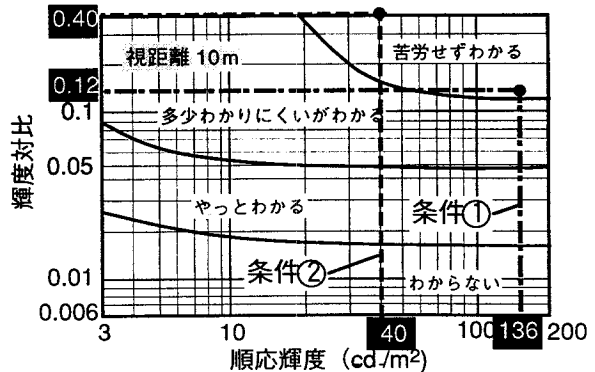


図 8.2 存在の見え易さの予測資料
(視距離 10 m・確率 80%)

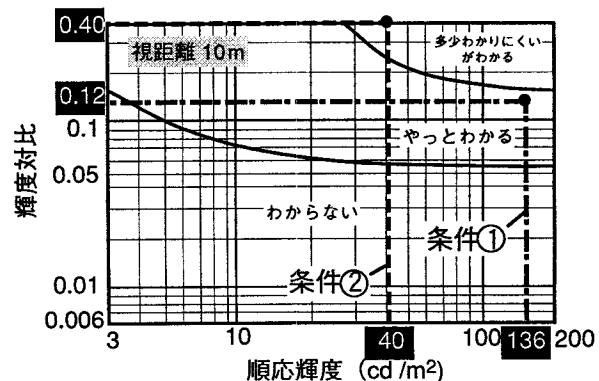


図 8.3 外形の見え易さの予測資料
(視距離 10 m・確率 80%)

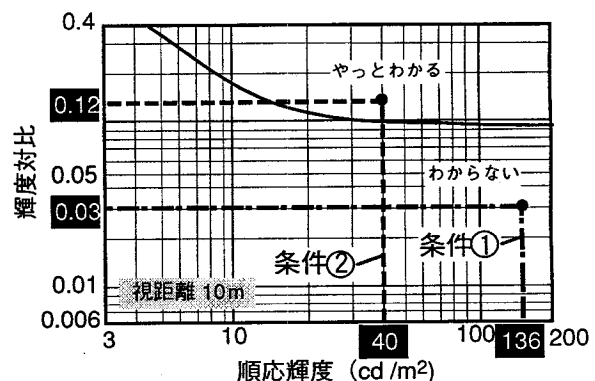


図 8.4 細部の見え易さの予測資料
(視距離 10 m・確率 80%)

を読みとればよい。条件①の場合では「わからない」の見え易さ評価が得られるのに対し、条件②の場合では「やっとわかる」の見え易さ評価が得られることがわかる。したがって、設定した屋外の照度が室内の照度より低いとき、人の顔の細部の見え易さの程度は高くなることがわかる。屋外の照度が低くなる夜間においては、昼間よりも室内の視覚的情報が流出しやすい現象が生じているといえる。

8.3.2 レースカーテンの種類の変化による人の顔の見え易さの変化の予測例

窓を通して屋外から在室者を見る状況では、窓に設置されたレースカーテンの介在により、在室者の顔の明視要素が、直接見る場合の明視要素とは異なる値となる。レースカーテンの種類が異なれば、その光学特性も異なるため、視距離や室内外の光環境など、レースカーテンの種類以外の視作業条件が同一であっても、レースカーテンの光学特性の違いによって人の顔の見え易さも変化することが予測される。そこで、レースカーテンの種類の変化による人の顔の見え易さの変化の程度を、本論で示した算定法及び予測資料を用いて予測する。予測においては、表 8.4 に示す形態特性及び光学特性をもつ二種類のレースカーテンを用い、照明条件には表 8.5 に示す条件を設定して、レースカーテンの種類の変化による人の顔の見え易さの変動の予測を行うことにした。

まず、表 8.5 に示した視作業条件要素を入力因子とし、第 4 章で示した輝度算定法を用いて明視三要素の算定を行った。表 8.6 に、各視作業条件下における明視要素の算定値を示す。光環境条件が同一であるため、順応輝度はほぼ変化はないといえるが、輝度対比の値は大きく異なっている。これらの明視要素の値より、予測資料を用いて人の顔の見え易さを予測する。

表 8.4 レースカーテン B 及び D の形態特性及び光学特性

レースカーテンの種類	糸の太さ (デニール)	1インチ当りの本数	織物組織	織維面積率 (%)	光学特性値		
					見かけの空隙率	透過特性値	反射特性値
カーテン B	75	123	平織り	90.4	0.23	0.11	0.097
カーテン D	30	65	変り織り	35.5	0.65	0.037	0.088

表 8.5 屋外及び室内の光環境条件

	視作業条件要素	設定条件	
屋外空間の光環境	視作業側窓面鉛直面照度	200 lx	
室内空間の光環境	視対象物側窓面鉛直面照度	100 lx	
	視対象の背景の輝度	37.5 cd/m ²	
視対象物条件	視対象物輝度	頬部輝度	9.2 cd/m ²
		頭髪部輝度	2.2 cd/m ²
		眼部(黒目)輝度	2.1 cd/m ²

表 8.6 二種類のレースカーテンを通して見た人の顔の明視要素

	順応輝度	輝度対比 (背景-頭髪)	輝度対比 (頬-眼)
レースカーテン B	39 cd/m ²	0.21	0.05
レースカーテン D	46 cd/m ²	0.50	0.17

図 8.5 に、視距離 10 m の場合の人の顔の存在の見え易さ予測資料を示す。存在の見え易さと一意的対応関係にある輝度対比は、視対象とその背景とから算出される輝度対比であるため、背景輝度と頭髪部輝度より算出された輝度対比の値と、順応輝度の値をそれぞれ図中に記入して、見え易さ評価を読みとればよい。示された予測資料は、レースカーテン B を用いて行った実験より得られた資料であるため、レースカーテン D の場合の輝度対比の値が、図に示された条件範囲外にあるが、図よりレースカーテン D の順応輝度と輝度対比との組み合わせより得られる見え易さ評価は「苦勞せずわかる」または「わかりやすい」と予測される。またレースカーテン B の場合においては「苦勞せずわかる」の見え易さ評価が得られることがわかる。したがって、設定したレースカーテンの種類の変化によって、人の顔の存在の見え易さはほぼ変化しないことがわかる。

図 8.6 に、視距離 10 m の場合の人の顔の外形の見え易さ予測資料を示す。外形の見え易さと一意的対応関係にある輝度対比は、視対象とその背景とから算出される輝度対比であるため、背景輝度と頭髪部輝度より算出された輝度対比の値と、順応輝度の値をそれぞれ図中に記入し、見え易さ評価を読みとればよい。示された予測資料は、レースカーテン B を用いて行った実験より得られた資料であるため、レースカーテン D の場合の輝度対比

の値が、図に示された条件範囲外にあるが、図よりレースカーテン D の順応輝度と輝度対比との組み合わせより得られる見え易さ評価は「多少わかりにくい」または「苦勞せずわかる」と予測される。レースカーテン B の場合においては「やっとなわかる」の見え易さ評価が得られることがわかる。したがって、レースカーテン B よりもレースカーテン D の方が、人の顔の外形の見え易さの程度は高くなることがわかる。レースカーテン D は繊維面積率が小さいため、レースカーテン B よりも室内の視覚的情報が流出しやすい現象が生じているといえる。

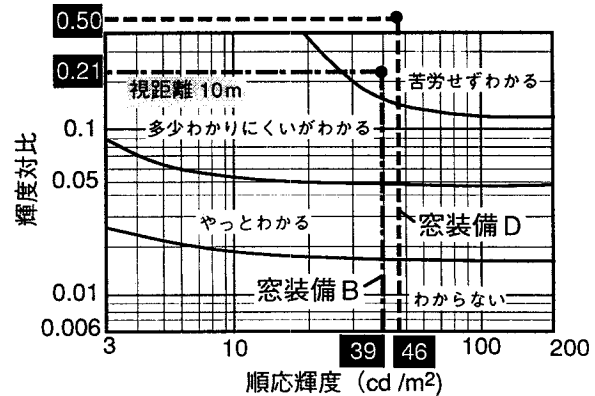


図 8.5 存在の見え易さの予測資料
(視距離 10 m ・ 確率 80%)

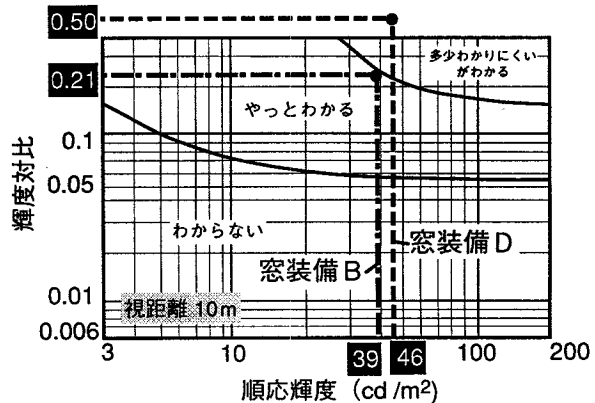


図 8.6 外形の見え易さの予測資料
(視距離 10 m ・ 確率 80%)

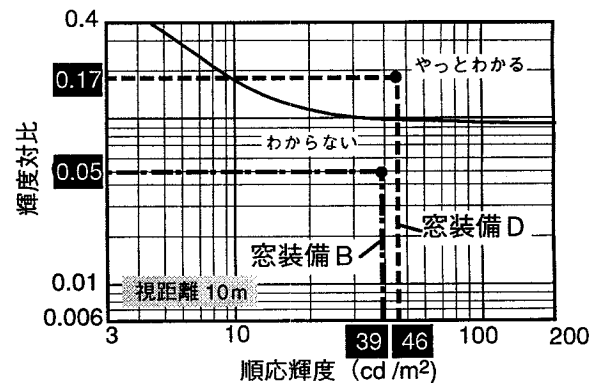


図 8.7 細部の見え易さの予測資料
(視距離 10 m ・ 確率 80%)

図8.7に、視距離10mの場合の人の顔の細部の見え易さ予測資料を示す。細部の見え易さと一意的対応関係にある輝度対比は、視対象内部の二点の輝度値から算出される輝度対比であるため、頬部輝度と眼部輝度より算出された輝度対比の値と、順応輝度の値をそれぞれ図中に記入し、見え易さ評価を読みればよい。レースカーテンBの場合では「わからない」の見え易さ評価が得られるのに対し、レースカーテンDの場合では「やっとわかる」の見え易さ評価が得られることがわかる。したがって、レースカーテンBよりもレースカーテンDの方が、人の顔の細部の見え易さの程度は高くなることがわかる。レースカーテンDは繊維面積率が小さいため、レースカーテンBよりも室内の視覚的情報が流出しやすい現象が生じているといえる。

8.3 本章のまとめ

本章では、本論で得られた知見を基に、レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測の手順について概説した。また、具体的な見え易さ予測手法を示すために、実際の場に適応した視作業条件を設定し、視対象物の輝度算定式及び見え易さ評価の予測資料を用いて、人の顔の見え易さを誘導する手順を示した。その際、屋外空間の光環境の変化と、レースカーテンの種類の変化に着目し、それぞれの視作業条件の変化による見え易さの変化の程度の予測を行った。

参考文献

- 1) 住宅の居間空間における窓の実態と居住者の窓に対する意識に関する調査研究, 佐藤 隆二, 2000 (H.12).6.16, 日本建築学会近畿支部研究報告集、第40号環境系, pp.321-324

結語

本研究は、室の用途や在室者の要求内容に応じて、情報の流出入の適正なバランスを持つ窓の設計・計画法を構築することを最終目標とし、その第一段階として、窓を通して見る視対象の見え方評価法を構築したものである。

窓を通して室内外を見る視作業においては、(1) 視作業者がいる空間と視対象物が在る空間との二つの空間における照明条件が、それぞれ別個に制御されている点、(2) 視作業者と視対象物との間に、窓材あるいは窓装備などの介在物が存在する点、(3) 窓を通して見る視対象が多岐に渡っていて、且つそのいずれを選択したとしても複雑な視対象物である点、(4) 複雑な視対象物であるために、見え易さ評価と対応させるべき明視要素の特定方法について検討が必要である点の4つの案件が存在するため、これらの案件を踏まえて、窓を通して見る視対象の枠組みを提示した。また、明視要素を決定する、視作業条件項目を抽出し、多種多様な視対象の中から、室内外の両空間に存在する共通視対象として人の顔を選定した。(第2章)

窓がその定義どおり、孔のままであることは稀であることから、建築物の窓に用いられている窓材及び、窓材について概観し、視対象の見え方を左右するのは明視要素であるとの概念の下、明視要素に与える影響の観点から、種々の窓材及び窓装備を分類した。また、分類された3種の窓材及び窓装備の中から、それぞれ代表的な窓材及び窓装備である、透明ガラス、磨りガラス、レースカーテンに着目し、それぞれの窓材及び窓装備を通して見る視対象の明視三要素について考察を行った。(第3章)

これらの窓材及び窓装備の中で、視対象の輪郭をほかさず部分的に隠すという性質をもつレースカーテンに着目し、レースカーテンを通して見る視対象の見え易さを決定する明視三要素のうち、レースカーテンの介在によって、変化が生じる輝度対比及び順応輝度を得ることが可能となる、レースカーテンを通して見る視対象の任意の点における視対象物輝度の算定法を提示した。また、算定法において必要となるレースカーテンの光学特性値を得るために、種々のレースカーテンを用いて、視対象物輝度を構成する個々の輝度成分を実測により求めた。その結果、レースカーテンを通して視対象を見る際の視環境条件より、視対象物の明視要素である順応輝度及び輝度対比を得ることが可能となった。(第4章)

一方、窓を通して見る視対象として選定した人の顔には、多種多様な評価側面があり、且つ輝度分布が存在するため、種々の言語表現から成る評価言語を用いて評価実験を行い、評価項目の序列や相違に基づいて、人の顔の見え方に対する評価言語を整理・集約した。得られた結果より、人の顔を見る評価側面として「存在」「外形」「細部」の3つの評価側面を設定し、各々の評価側面ごとに見え易さを表す言語評価尺度を設定した。(第5章)

人の顔の見え易さに関する3つの評価側面ごとに、明視三要素から人の顔の見え易さを誘導するた

めの予測資料が必要であると考え、各評価側面ごとに見え易さ評価と対応関係にある明視三要素の特定法を明らかにすることを目的に、主観評価実験を行った。とりわけ、窓を通して人の顔を見る視作業条件下において、影響が大きい輝度対比に着目し、輝度対比の特定法についての考察を行った。その結果、存在及び外形の見え易さについては、視対象内部の輝度値と視標背景の輝度値から算出する方法で算出された輝度対比が、細部の見え易さについては、視対象内部の二点の輝度値を用いて算出する方法を用いて算出された輝度対比が、それぞれ見え易さと対応関係にあることが明らかとなった。したがって、各見え易さ評価側面ごとに、見え易さの予測資料を作成する際には、各々の見え易さに対応する輝度対比より、見え易さを誘導する資料を作成する必要があることが判明した。(第6章)

人の顔の見え易さを予測するための資料として、明視三要素と人の顔の見え易さとの関係を表す等見え易さ曲面を示すにあたり、順応輝度、及び輝度対比を二軸とする平面上に投影した等見え易さ曲線の形で、視距離ごとに提示した。また、見え易さ評価予測資料として、より精度が高いと考えられる20パーセントイル値を基に作成した、80%の確率で予測可能な等見え易さ曲面を予測資料として提示した。(第7章)

これらの資料を作成したことにより、窓を通して人の顔を見る視作業状況において、順応輝度、輝度対比及び視角の明視三要素の値がわかれば、存在、外形、及び細部の評価側面ごとに、人の顔の見え易さ評価が予測可能となった。そこで、レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さの予測の手順について概説した。また、具体的な見え易さ予測手法を示すために、実際の場に適応した視作業条件を設定し、視対象物の輝度算定式及び見え易さ評価の予測資料を用いて、人の顔の見え易さを誘導する手順を示した。その際、屋外空間の光環境の変化と、レースカーテンの種類の変化に着目し、それぞれの視作業条件の変化による見え易さの変化の程度の予測を行った。(第8章)

以上のような研究成果により、窓を通して見る視対象の見え方評価法の枠組みが提示され、レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さ評価の予測に必要な、明視要素の算定法や、評価の予測資料が整備されたことより、レースカーテンを通して見る人の顔の見え易さ評価法が確立されたといえる。

しかしながら、実際にはレースカーテン以外の窓材及び窓装備も数多く存在し、また、窓を通して見る視対象も多々存在しているため、窓を通して視対象を見る視作業状況は千差万別である。本研究は、種々の視作業状況を網羅する見え易さ評価法には至っていないものの、評価法の構築の各段階において必要な枠組みを提示しており、本研究で対象としたレースカーテンを通して人の顔を見る視作業以外の視作業状況においても、同様の手順を踏むことで、見え易さ評価の予測が可能である。今後は、その他の視作業状況を対象とした検討を加えることで、より広範囲に適用可能な見え易さ評価法を構築し、室における窓の設計・計画法に発展させることが課題であると考えられる。

参考文献

第1章

- 1) 佐藤隆二、伊藤克三、大野治代：見やすさに基づく明視照明設計に関する研究－照明の評価指標としての見やすさレベル(VEL)の有用性－，照明学会誌，64-10，pp.541-548，1980(S.55).10
- 2) 中根芳一：読みやすさ評価に基づく質的照明設計法に関する研究，照明学会誌，65-10，pp.534-540，1981(S.56).10
- 3) 渡辺圭子，乾正雄，宮田紀元：最適な窓の形と大きさ，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.105-106，1973(S.48). 9
- 4) 曹育祺，下川裕一，高橋祥雄，高松幸雄，五関直一，岩田利枝，木村建一：事務室における光環境の快適性評価に関する実験的研究－その1.窓の大きさ・天井高さが光環境評価に与える影響－，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1，pp.477-478，1995(H.7). 8
- 5) 高橋祥雄，下川裕一，曹育祺，高松幸雄，五関直一，岩田利枝，木村建一：事務室における光環境の快適性評価に関する実験的研究－その2.窓の大きさ・天井高さ・照度比と明るさ感との関係－，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1，pp.479-480，1995(H.7). 8
- 6) 河本武士，佐藤隆二，西木雅幸：窓が事務室の視覚的な雰囲気を与える影響に関する研究－雰囲気評価における窓の大きさ・位置の影響度の予測－，日本建築学会近畿支部研究報告集 第38号 環境系，pp.13-16，1998(H.10). 7
- 7) 西木雅幸，佐藤隆二，山中俊夫，甲谷寿史，富田武志：事務室における窓に対する満足度とその評価構造に関する研究－その1.窓に対する満足感と窓の役割評価－，日本建築学会近畿支部研究報告集 第40号 環境系，pp.309-312，2000(H.12). 6
- 8) 富田武志，佐藤隆二，山中俊夫，甲谷寿史，西木雅幸：事務室における窓に対する満足度とその評価構造に関する研究－その2.室の印象評価と窓に対する諸評価の簡易予測法－，日本建築学会近畿支部研究報告集 第40号 環境系，pp.313-316，2000(H.12). 6
- 9) 乾正雄，宮田紀元，渡辺圭子：開放感に関する研究1，日本建築学会論文集第192号，pp.49-53，1972(S.47).
- 10) 佐藤仁人：室内の窓や植栽・絵画が脳波等に及ぼす影響，日本建築学会計画系論文集第461号，pp.87-95，1994(H.6). 7
- 11) 松原斎樹，藏澄美仁，西田優花，磯野千都，下村孝：京都市内の大学の学生を対象とした窓の心理的効果に関する調査研究，日本建築学会技術報告集第10号，pp.169-172，2000(H.12). 6
- 12) 昼光照明の計算法，日本建築学会編，1993(H.5). 9
- 13) 大島直文，宿谷昌則：昼光照明のための窓面積と室形状の簡易計画法の開発，日本建築学会計画系論文集第504号，pp.33-38，1998(H.10). 2

- 14) 中川久美子, 野部達男, 横尾昇剛, 岡建雄: 建築室内の光環境制御に関する研究—その2. 昼光利用における採光ブラインドの検討—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.405-406, 1997(H.9). 9
- 15) 山田浩嗣, 山本耕三, : 外付けロールスクリーンの室内光環境評価に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.381-382, 1998(H.10).9
- 16) 大橋清文, 宿谷昌則: ライトシェルフのある窓からの昼光による室内照度の計算, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D, pp.165-166, 1990(H.2). 10
- 17) 例えば、真鍋恒博: 建築構法計画講義, 彰国社, 1999(H.11). 9
- 18) 北浦かほる: 透かしにおける2つの視知覚タイプ—透かしの視覚的心理効果の研究(その1)—, 日本建築学会計画系論文集第470号, pp.105-110, 1995(H.7). 4
- 19) 中村芳樹, 小林茂雄, 乾正雄, 近藤友洋, 大沢政嗣: 窓面に装着するスクリーンの輝度抑制性能と景観透視性能, 日本建築学会計画系論文集第484号, pp.9-12, 1996(H.8). 6
- 20) 建築大辞典, 彰国社, 1976(S.51). 3

第2章

- 1) 例えば、昼光照明の計算法 第5章 直射日光を含む計算法, 日本建築学会編, 丸善

第3章

- 1) 松浦邦男: 各種窓ガラスの透過特性について, 日本建築学会論文報告集63号, pp.173-176, 1959(S.34)
- 2) 松本宜孝, 佐藤隆二: すりガラスに映る視対象の輝度分布の算定法, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.497-498, 1999(H.11).9
- 3) 松本宜孝, 佐藤隆二: すりガラスを通してみる視対象の輝度分布算定法に関する研究—輝度算定に要するすりガラスの光学特性値—, 照明学会全国大会講演論文集, pp.242-243, 2000(H.12).8
- 4) 旭硝子板ガラス建材総合カタログ, 旭硝子株式会社, 1996(H.8)
- 5) ガラス建材総合カタログ, 日本板硝子株式会社, 1997(H.9)
- 6) 総合カタログ 板ガラス・関連商品, セントラル硝子株式会社, 1996(H.8)

第4章

- 1) 中谷明男: 市販板ガラスの光拡散特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D, pp.45-46, 1988(S.63). 10
- 2) 中谷明男, 関野哲: 熱線反射烏の研究(その2)—遮像用窓材としての適用性—, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D, pp.205-206, 1989(H.1). 10
- 3) 中村芳樹, 小林茂雄, 乾正雄, 近藤友洋, 大沢政嗣: 窓面に装着するスクリーンの輝度抑制性能

第 5 章

- 1) 岡田光正, 柏原士郎, 辻正矩, 森田孝夫, 吉村英祐: 建築計画 2, 鹿島出版会, p232, 1998(H.10)
- 2) 遠山静雄: 客席最遠距離の問題— 劇場技術 62 号, pp.2-6, 1984(H.6)
- 3) Cuttle, C.: Lighting Patterns and the Flow of Light, Lighting Research and Technology, Vol.3, pp.171-189, 1971
- 4) 田淵義彦: 側窓採光の事務所照明における昼光と人工光の協調の要件, 照明学会誌, Vol.66, pp.483-489, 1982(H.57)
- 5) Vicki Bruce (訳: 吉川左紀子): 顔の認知と情報処理, サイエンス社, 1990
- 6) 吉川左紀子, 益谷真, 中村真: 顔と心— 顔の心理学入門—, サイエンス社, 1993(H.5)
- 7) 池田進: 人の顔または表情の識別について (上), 関西大学出版部, 1987(S.63)
- 8) 池田進: 人の顔または表情の識別について (中), 関西大学出版部, 1995(H.7)
- 9) 佐藤隆二, 伊藤克三, 大野治代: 見やすさに基づく明視照明設計に関する研究— 照明の評価指標としての見やすさレベル(VEL)の有用性—, 照明学会誌, 64-10, pp.541-548, 1980(S.56)
- 10) 村上康浩, 小林朝人, 矢野隆: 窓際での人の顔のモデリングに関する研究その 2— 窓に対して異なる角度から見たモデリング評価実験—, 日本建築学会計画系論文報告集 第 515 号, pp.33-39, 1999(H.11)

第 6 章

- 1) Fischer, D.: Beleuchtungsstaerken in Arbeitsraeumen, Lichttechnik 24-8, pp.411-416, 1972
- 2) Fischer, D.: A Luminance Concept for Working Interioes, Journal of Illumination Engineering Society, 2-2, pp.92-98, 1973
- 3) Cuttle C. et al.: Beyond the working plane, Proceeding of the CIE Conference, P.67-12, pp.471-482, 1967
- 4) Cuttle C.: Lighting Patterns and the Flow of Light, Lighting Research and Technology Vol.3, pp.171-189, 1971
- 5) 日本色彩学会編: 新編 色彩科学ハンドブック第 2 版, 東京大学出版会, pp.1302-1304

第 7 章

- 1) 大野隆造, 近藤美紀: 視線輻射量と防犯性の評価— 住民の視覚的相互作用を考慮した集合住宅の配置計画に関する研究 (その 1) —, 日本建築学会計画系論文集 第 467 号, pp.145-151, 1995(H.7)
- 2) 吉田哲, 宗本順三: 視線によるプライバシー加害・被害意識と窓のカーテンの遮蔽状態との関係

—公営建替集合住宅と木賃アパート建替集合住宅の比較—, 日本建築学会計画系論文集 第 521 号
pp.103-110, 1999(H.11). 7

- 3) 吉田哲, 宗本順三: 窓の対面環境による視線の感受意識とプライバシーの被害意識の相違—木賃
アパート建替集合住宅を事例として—, 日本建築学会計画系論文集 第 529 号, pp.125-131, 2000
(H.12). 3

第 8 章

- 1) 住宅の居間空間における窓の実態と居住者の窓に対する意識に関する調査研究, 佐藤 隆二, 2000
(H.12).6, 日本建築学会近畿支部研究報告集、第 40 号環境系, pp.321-324

関連発表文献

日本建築学会論文集

1. 奥田 紫乃, 松本 宜孝, 佐藤 隆二: レースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法と算定に用いるレースカーテンの光学特性, 第 529 号, pp.17-22, 2000(H.12).3
2. 奥田 紫乃, 佐藤 隆二, 山中 俊夫: レースカーテンを通じた人の顔の評価側面と見え易さに対応する明視要素についての検討, 第 542 号, 2001(H.13).4

照明学会誌

1. 奥田 紫乃, 佐藤 隆二: 人の顔の見え方に対する評価法の構築に関する基礎検討—評価法に組み込む明視要素の抽出と見え易さの評価尺度の構成—, 84-11, 2000(H.12).11

国際学会

1. Shino OKUDA, Noritaka MATSUMOTO and Ryuji SATOH: Recognition of Inside and Outside of Room through Shading Window Materials -Luminance and Recognition of Visual Object seen through Lace Curtain-, Proceedings of 24th Session of the CIE, Vol.1, Part 2, pp.71-73, 1999.6

日本建築学会近畿支部 研究報告集

1. 奥田 紫乃, 松本 宜孝, 佐藤 隆二: 窓を通して見る室内及び室外の見え方に関する研究 —レースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法と算定に要する光学特性値—, 第38号環境系, pp.17-20, 1998(H.10).7
2. 奥田 紫乃, 佐藤 隆二: レースカーテンを通して見る人の見え方評価 —人の頭部及び顔の見え方の言語評価尺度—, 第 39 号環境系, pp.273-276, 1999(H.11).6.

日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1

1. 奥田 紫乃, 佐藤 隆二: レースカーテンを通して見る人の顔の見え方に対する言語評価尺度, pp.439-440, 1999(H.11).7
2. 奥田 紫乃, 佐藤 隆二, 山中 俊夫, 甲谷 寿史: レースカーテンを通じた人の顔の表情の見え易さ, pp.439-440, 2000(H.12).9

照明学会全国大会講演論文集

1. 奥田 紫乃, 松本 宜孝, 佐藤 隆二: 窓を通して見る室内及び室外の見え方に関する研究 - その1. レースカーテンを通して見る視対象物の輝度算定法 -, p.119, 1998(H10).7
2. 松本 宜孝, 奥田 紫乃, 佐藤 隆二: 窓を通して見る室内及び室外の見え方に関する研究 - その2. 視対象物の輝度算定に要する各種レースカーテンの光学特性値 -, pp.121-122, 1998(H.10).7
3. 奥田 紫乃, 佐藤 隆二: レースカーテンを通して見る人の見え方評価 - 人の頭部の見え方の言語評価尺度に関する研究 -, pp.128-129, 1999(H.11).9
4. 奥田 紫乃, 佐藤 隆二, 山中 俊夫, 甲谷寿史: レースカーテンを通して見る人の顔の見え方に対する評価法の構築 - その1. 人の顔の存在及び外形の見え易さ -, pp.127-128, 2000(H.12).8
5. 佐藤 隆二, 奥田 紫乃, 山中 俊夫, 甲谷寿史: レースカーテンを通して見る人の顔の見え方に対する評価法の構築 - その2. 人の顔の細部の見え易さ -, p.129, 2000(H.12).8