

タスク・アンビエント照明システム
研究調査委員会報告書

1 9 9 5 年 3 月

社団法人 照明学会

タスク・アンビエント照明研究調査委員会

まえがき

「タスク・アンビエント照明」という用語が照明界で注目を集めたのは、1973年の第一次石油危機後のアメリカであった。アメリカにおいては建物で消費されるエネルギーのうち、照明の占める割合が40～50%と非常に大きいため、照明の省エネの観点から着目され普及が進んだものと考えられる。またローパーティションやシステムファニチャーのオフィスへの普及がタスク・アンビエント照明の普及をアシストしたと考えることもできる。

一方、イギリスにおいては、ワークステーション照明という呼称が使われたこともある。我国においては現在、「タスク・アンビエント照明」の用語が定着し、学会の「オフィス照明基準」においてもこの用語が使われている。

我国のオフィスにおけるタスク・アンビエント照明の導入は、アメリカと同じく第一次石油危機後の省エネが社会全体の大命題であった頃である。当時いくつかの省エネモデルビルが建設されたが、いずれも空調の省エネを主としたもので、照明の大幅な省エネ化は達成されなかった。このような状況下、大規模にタスク・アンビエント照明を導入し、従来の建物の1/4のエネルギー消費量を達成した建物が1982年に出現した。そしてこの事例以外にもタスク・アンビエント照明の導入が一部で進み、照明器具メーカーや家具メーカーなどから種々の商品が発売された。

しかしながらその後、原油安・円高などの要因によって我国の省エネマインドも低下し、これに合わせていつしか照明の省エネの熱意も薄れ、タスク・アンビエント照明の普及も挫折した感がある。その後このような局面を再び省エネマインドに向けさせたのは、地球温暖化という新しい国際的な問題である。西暦2000年における我国の二酸化炭素の排出量を、1990年と同等レベルに抑制するという国の目標を達成するため、各分野において省エネの努力が再び求められ、1993年には照明設備が新たに「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（略称：省エネ法）による「省エネ計画書」作成の対象設備に追加された。

このような省エネマインドの回復以外にも、オフィス環境のアメニティ指向・パーソナル化、オフィスオートメーションの進展などを背景に、タスク・アンビエント照明に再びスポットライトをあて、普及しようという提言がなされた。しかしながら、「オフィス照明基準」が照明学会によって示されているにもかかわらず、適切なタスク・アンビエント照明を設計するにあたって参考にできるマニュアル、基準などは未だ整備されていない状況である。これは前述のように、今日までタスク・アンビエント照明があまり普及しなかったこと、および、タスク・アンビエント照明には全般照明方式と比べて、

(1) 供給される光の総量が少ない

非作業域のためのアンビエント照明は、作業域の照度に比べて低く設定するため、タスク照明を含めても室内に供給される総光束量が全般照明方式より少ない。

(2) 室内と外部の明るさの違い

室内に供給される光の量が従来より少ないため、外部からオフィスに入っていくとき、目が順応するまでの時間が長くなり、順応するまでの間、内部の暗さを強く感じる。またこれによって、什器を含めた室内各面の輝度と窓の輝度との対比が全般照明方式の場合と比べて大きくなる。

(3) 作業領域と非作業領域の分離と必要照度の区別

タスク・アンビエント照明システムの基本的な考え方は、作業領域ではタスク照明によって作業に十分な照度を確保するが、非作業領域では、アンビエント照明によってある程度の照度を確保するものの、不必要に高い照度を与えない、というものである。したがって、室内空間を作業領域と非作業領域に分離していることになるが、全般照明方式では、基本的には空間内のあるゆる部分が作業領域であると考えてきた。

このような考え方は、局所照明と似ているが、局所照明では空間の局所的な領域のみで作業用の高照度照明が行われていたのに対し、タスク・アンビエント照明ではタスク照明を必要とする空間領域が室内空間全体にまんべんなく広がっているところに特徴がある。

(4) 天井の明るさのバリエーション

タスク・アンビエント照明システムでは、空間全般への照明をアンビエント照明と考え、タスク照明と併せて作業照度を確保するため、全般照明として供給しなければならない光束量が少なくなる。このためアンビエント照明方式は、間接照明方式や半間接照明方式なども選択肢の一つとなってバリエーションが広がり、その結果、天井の明るさにもさまざまなバリエーションができる。

(5) パーティションの設置

パーティションはタスク・アンビエント照明システムに必要不可欠というわけではないが、パーティションの高さがある程度以上になると、全般照明では作業面の照度を確保しにくくなる。このため、タスク・アンビエント照明は、パーティションが設けられるオフィスに採用される確率が高い。

などの特質を有するため、明確な設計基準が設けにくく、かつ、その努力もあまりなされなかったことなどによる。

当研究調査委員会は、このような隘路を埋めるべく1993年に設立され、最新の国内外の研究を精査しながら、タスク・アンビエント照明の設計基準などを確立しようとしたものである。タスク・アンビエント照明は什器とも密接な関連があるため、委員会のメンバーとして、照明器具メーカーだけでなく家具メーカーからの参加も要請した。またメンバーの公募も併せて行い、最終的には委員長を含めて16名のメンバーと1名のオブザーバー参加者で作業を進め、その約1年半に渡る活動成果がこの報告書で集大成されることになった。

実質的な委員会のスタートは1993年10月に開催された第1回委員会で、1995年3月までの10回の委員会で全ての活動を終えたが、委員各位の努力と協力により、つつがなく当報告書をまとめることができ感謝の念で一杯である。しかしながら、一部審議しきれなかった点も若干あり、とくに設計基準(案)については、今後新しい研究成果などが発表された時点で再度見直されるのが望ましい。また将来的には、現在の「オフィス照明基準」が見直される際には、当委員会の成果が反映されることが望まれる。

1995年3月

社団法人 照 明 学 会
タスク・アンビエント照明システム研究調査委員会
委員長 齋 藤 満

目 次

まえがき	
委員会の目的と構成・期間・審議項目	1
第1編 タスク・アンビエント照明システムの定義と方式	
1. 既存出版物・文献などによる照明の目的と「タスク・アンビエント照明」の定義	3
2. タスク・アンビエント照明の名称と定義	5
3. タスク・アンビエント照明の照明手法と事例	5
第2編 タスク・アンビエント照明方式導入事例の実態調査	
1. 調査の目的	12
2. 調査概要	12
3. 調査結果	13
第3編 タスク・アンビエント照明に関連する北米の状況	
1. タスク・アンビエント照明に関するIESNA（北米照明学会）の基準	22
2. NIST（National Institute of Standards and Technology）の調査	24
3. カナダにおける間接全般照明と什器一体型タスク照明の試験的導入例	30
第4編 在席率調査	
1. 調査の目的	35
2. 調査方法	35
3. 調査結果	35
第5編 タスク・アンビエント照明方式に関連するハードウェア・システムの動向	
1. 什器	38
2. タスク・アンビエント空調	41
3. 照明器具	44
第6編 タスク・アンビエント照明方式の設計基準（案）	
1. タスク・アンビエント照明システム導入の検討が望ましいオフィス	48
2. 照明方式	49
3. 照度	49
4. パーティション	52
5. 照明器具	52
6. その他	52

第7編 省エネ効果と経済性の評価

1. モデルオフィス -----	55
2. 省エネ効果と経済性の評価 -----	56
3. 地球環境への影響の試算 -----	59

第8編 タスク・アンビエント照明方式の評価

1. 光環境の一次評価と特徴量 -----	60
2. タスク・アンビエント照明の一次評価と特徴量 -----	61
3. タスク・アンビエント照明方式の総合評価 -----	63
4. まとめ -----	63

参考文献・資料

委員会の目的と構成・期間・審議項目

(目 的)

照明設備の省エネとパーソナル化に効果的に寄与するタスク・アンビエント照明システムの国内外の普及実態を調査し、併せてこれに関連する最新の研究成果を精査することによって、タスク・アンビエント照明システムの設計基準(案)・評価手法などを研究し実際の計画・設計に資する。

(活動期間) 1993年10月～1995年3月

(構 成) 委員会の構成は以下の通りである。

委員長	齋藤	満	(株大林組)
幹 事	反町	仁志	(東芝ライテック(株)、1993年5月～1994年8月)
〃	西村	修一	(東芝ライテック(株)、1994年9月～1995年3月)
〃	村上	和雄	(鹿島建設(株))
委 員	明石	泉	(松下電器産業(株))
〃	岩崎	正之	(株内田洋行、1993年5月～1994年8月)
〃	諏訪	敏之	(株内田洋行、1994年9月～1995年3月)
〃	岩田	利枝	(国立公衆衛生院)
〃	大谷	義彦	(日本大学生産工学部)
〃	桂	秀年	(三菱電機照明(株))
〃	鯨井	康志	(株岡村製作所)
〃	小杉	健一郎	(株イトーキ)
〃	小堀	一	(東京電力(株))
〃	滝澤	総	(株日建設計)
〃	中村	芳樹	(東京工業大学大学院総合理工学研究科)
〃	松島	公嗣	(松下電工(株))
〃	望月	菜穂子	(株竹中工務店)
〃	横山	光広	(クロイ電機(株))
参 加	宝田	裕美子	(早稲田大学)

(委員会の審議項目)

1. 「タスク・アンビエント照明」システムの用語定義
2. タスク・アンビエント照明システムの導入実態調査
3. 北米における事例調査
4. 在席率調査

オフィスにおける一時間間隔の在席率調査。省エネ効果計算のための基礎データ。

5. タスク・アンビエント照明に関連するハードウェア・システムの動向調査

6. 設計基準（案）の検討
7. モデルオフィスによる経済性と省エネ効果の評価
8. 評価手法の検討

第1編 タスク・アンビエント照明システムの定義と方式

オフィス照明は、一般には全般照明方式が用いられることが多いが、「まえがき」の項でも述べたように、1970年代のオイルショックを契機に省エネルギーが強く要請され、これに伴って1975年頃より照明の質と量の両面を満足させながら省エネルギーを図る照明手法の一つとしてタスク・アンビエント照明が提案されはじめた^{1) 2)}。我国においても幾つかの実施例も報告され^{3) - 7)}注目を集めたが、広範な普及には至らなかった。しかしながら現在我国が直面しているエネルギー・環境問題を考えれば、適切な設計基準や方式を探究した上で、再び「タスク・アンビエント照明」の普及が計られるべきであろう。

このような状況下にある現時点において、「タスク・アンビエント照明」の定義そのものが明確になされているとはいえないため、まずは本編で「タスク・アンビエント照明」の定義を明確にし、併せて「タスク・アンビエント照明」関連の用語内容、および、主なタスク・アンビエント照明方式と基本的な考え方などの概要を示すこととする。

1. 既存出版物・文献などによる照明の目的と「タスク・アンビエント照明」の定義

照明学会の「オフィス照明基準」では、照明の目的は

- (1) 見ようとするものが、すばやくはっきりと見えること
- (2) 環境が視覚的に快適になること

と述べている⁸⁾。

またタスクアンビエント照明の定義、および、照明方式の概要は、以下の各種のハンドブック、照明技術基準、照明学会公開研究会資料、辞典などから集約した。その結果を表1.1に示す。

- IES LIGHTING HANDBOOK 1984 Reference
- IES LIGHTING HANDBOOK 1987 Application
- IES LIGHTING HANDBOOK 1993
- 照明学会・技術基準「オフィス照明基準」JIEC-001(1992)
- 照明学会公開研究会資料 光環境研究会(1985)
- ランダムハウス英和辞典 パーソナル版全一卷(1981)
- American Heritage Dictionary(1982)
- 小西友七編：ジーニアス英和辞典、大修館書店(1988)

「オフィス照明基準」では、タスク・アンビエント照明は「室内全体を照明する全般照明（アンビエント照明）と、作業位置とその近傍を照明する局部照明（タスク照明）を組み合わせた照明方式をいう」と定義されている⁹⁾。

なお、「タスク(task)」とは、「課業、仕事」の意味であるが⁹⁾、照明では「ビジュ

表 1.1.1 タスク・アンビエント照明の定義一覧

出典	タスク照明	アンビエント照明	タスク・アンビエント照明
1 IES LIGHTING HANDBOOK 1984 Reference 1993 用語集	ビジュアルタスク(視作業対象)のための照明を供給する ため特定の面や領域に向ける照明	全般照明を生む領域全体の照明	タスクライティングを補足し、さらにタスクライティングより低い照明を与えるアンビエント照明と、タスクライティングの組合せ
2 IES LIGHTING HANDBOOK 1987 Application	タスクライティングは作業域に接近して配置される。	(タスク照明は)家具に組み込まれた光源からの間接もしくは天井からの直接(得られる)のアンビエント照明により増補される。	比較的新しい照明配置をタスク・アンビエントライティングと呼ぶ。オープンプランオフィスで、しばしば家具に組み込まれる。ほとんどごとく照明器具の無い、広大な天井によりその特性を示される。照明器具への電氣的供給は、ほとんど床を通して行われる。
3 IES LIGHTING HANDBOOK 1993	家具もしくは天井に取り付けられる。タスク照明には推奨値が与えられるべきである。この方式の利点は、タスクに最も高い照明が供給できることである。	全般、もしくはアンビエント照明は、直接、間接もしくはは直接/間接照明であり、タスク照明レベルよりも低い照明を供給するべきである。(タスクと周辺の照明は3対1の比を維持する)	均一もしくは不均一の全般照明レベルは、タスクに要求される照明より低く、タスクエリアには、さらに高い照明が供給される照明方法である。多くの異なるタイプの照明を含み、オープンプラン環境の照明として、きわめて効果的である。
4 照明学会・技術基準 オプティクス照明基準 J I E C - 0 0 1 (1992)	作業位置とその近傍を照明する局部照明(タスク照明)	室内全体を照明する全般照明(アンビエント照明)	アンビエント照明とタスク照明を組み合わせた照明方式 本文解説
5 総論および国内外に おけるTALの動向 (成定、金谷) 照明学会研究会資料 光環境研究会 (1985)	事務作業区画=Task Area 作業用の照明=Task Lighting	周辺照明=Ambient Lighting	照明のエネルギーを削減するために、「事務室のうち作業区画の照明すなわち作業用照明(task lighting)には、作業に必要な高いレベルの照明を確保するが、通行、応接、休憩などの事務以外の活動が行われる周辺照明(ambient lighting)には、それらの活動に必要な程度の相対的に低いレベルの照明を与える照明方式」のことはすべて含んでいるように思われる。したがってここでは「作業を行う作業区画には高い照明度を与える事務所照明の方式」
6 ランダムハウス英和 辞典 パーソナル版全一卷 (1981)	task 課せられた仕事、課業、任務、務め(duty) (一般に) 仕事、骨折り仕事	ambient 1)周囲の、取り囲んでいる、取り巻いている 2)よどみなく動く、循環する 例 ambient air	
7 American Heritage Dictionary (1982)	task : A piece of assigned work. 割当られた仕事 A difficult or tedious undertaking 困難な、もしくは長ったらしいいたいくつな企て	Ambient : Surrounding	
8 ジーニアス英和辞典 (1988)	task 仕事、課題	ambient 周囲を取り巻く、まわりの	

アルタスク (visual task) 」として使われることが多く、これは「所与の活動を実行するために見なくてはならない細部と直ぐ周辺の背景を含む対象」と定義されている¹⁰⁾。さらに「タスク照明 (task lighting) 」とは、「ビジュアルタスクのための照度を得るために特定の表面や領域に向けられた照明」と定義されている¹⁰⁾。一般にビジュアルタスクは個々の視対象を指しているが、タスク照明という場合のタスクは、実際上はタスク・アンビエント照明の実態に照らして、「オフィス照明基準」の定義のように、個々のビジュアルタスクを指すのではなく、室内全体のうち「作業位置とその近傍」という領域を指している、として扱う方が整合性がよい。

2. タスク・アンビエント照明の名称と定義

1章を踏まえ当委員会としては、タスク・アンビエント照明の名称、および、定義を以下のように定めた。

2. 1 名 称

タスク・アンビエント照明方式

2. 2 定 義

(1) タスク・アンビエント照明方式

「作業を行う領域には所要の照度を与え、その他の周辺領域には、これより低い照度を与える照明方式」

(2) タスク照明 (タスクライティング)

ビジュアルタスク (視作業対象) のための照度を供給するため、特定の面や領域に向ける照明

(3) アンビエント照明 (アンビエントライティング)

全般照度を生むビジュアルタスクが行われる領域全体の照明

3. タスク・アンビエント照明の照明手法と事例

3. 1 タスク・アンビエント照明の照明手法

タスク・アンビエント照明を具体化する照明手法の一覧を図 1.1に示す。

アンビエント照明には、一般的な直接照明方式に加え、直接・間接照明兼用方式や間接照明方式などもあり、建築化照明 (照明器具を構成する部分が建築の一部を兼ねるもの)、ウォールウォッシャー照明 (壁面を重点的に照明する照明)、植栽・絵画などのためのスポットライト照明などもアンビエント照明に含まれる。

一方タスク照明は、タスク照明専用の場合には、

(1) スタンド照明器具などによる局部照明方式

(2) 天井に取り付ける方式

(3) 什器に内蔵する方式

アンビエント照明	直接・間接兼用照明		間接照明	
	吊り下げ型	床置き型	吊り下げ型	床置き型
直接照明				
タスク照明	 ●天井付け オフィス・工場・店舗 (生産ライン) 受付・OAオフィス・レジ	 オフィス・受付・会議室 オフィス・店舗・レストラン オフィス・OAオフィス・レジ	 オフィス・OAオフィス・受付 展示物の展示コーナー オフィス・OAオフィス・店舗・レストラン オフィス・OAオフィス・受付 レストラン 受付・OAオフィス・レジ	 ●天井の上に置いた場合 オフィス・OAオフィス ●天井の上に置いた場合 オフィス・OAオフィス ●天井の上に置いた場合 オフィス・OAオフィス
アンビエント照明	 ●スタンド オフィス・工場・店舗 OAオフィス 展示物 受付コーナー	 オフィス・工場・店舗 受付・OAオフィス・レジ オフィス・OAオフィス 展示物の展示コーナー 銀行の営業室・OAオフィス	 オフィス・OAオフィス・受付 展示物の展示コーナー オフィス・OAオフィス・受付 展示物の展示コーナー 銀行の営業室	 ●バーション取付用 オフィス・OAオフィス・受付 展示物の展示コーナー 銀行の営業室・受付 展示物の展示コーナー オフィス・OAオフィス・受付 展示物の展示コーナー 銀行の営業室
アンビエント照明	 ●吊り下げ方式 (お好みです) バーションあり	 オフィス・OAオフィス・工場 展示物 病院・展示物のビルや工場 (展示) 展示コーナー 等の照明室	 オフィス・OAオフィス・工場 展示物 病院・展示物のビルや工場 (展示) 展示コーナー 等の照明室	 オフィス・OAオフィス・工場 展示物 病院・展示物のビルや工場 (展示) 展示コーナー 等の照明室

図 1.1 タスク・アンビエント照明を具体化する照明手法¹³⁾

などがあり、タスク照明とアンビエント照明を兼用する場合は、

(1) 什器に取り付ける方式

(2) 全般照明方式で、執務者の在、不在にともない、全般照明器具を個別に調光する方式

など、種々の方式がある。

3.2 タスク・アンビエント照明の事例

我国におけるタスク・アンビエント照明の事例を写真で示す。

(写真1) (株)大林組技術研究所本館³⁾

アンビエント照明：直接・間接兼用照明

タスク照明：パーティション取付アーム可動式

(写真2) 日本アイ・ビー・エム大和研究所⁴⁾

アンビエント照明：直接照明

タスク・アンビエント兼用照明：パーティション取付固定式

(写真3) コクヨ(株)東京オフィス⁵⁾

アンビエント照明：直接照明

タスク照明：アーム可動式

(写真4) K1ビル(鹿島建設本社第二ビル)⁶⁾⁷⁾

アンビエント照明：直接照明

タスク照明：パーティション取付アーム可動式

タスク照明：パーティション取付固定式

(写真5) 竹中技術研究所大阪支所¹¹⁾

アンビエント照明：什器取付直接・間接兼用照明

タスク照明：パーティション取付アーム可動式

(写真6) コクヨ(株)大阪本社ビル¹²⁾

タスク・アンビエント兼用照明：什器取付固定式

《参考文献》

1) Shellko, P. L. and Williams, H. G.: The integration of task and ambient lighting in office furniture, Light. Des. Appl., 6-9, pp. 14-23 (1976)

2) Shemitz, S. R.: Work station lighting, Internat. Light. Rev., 27-2, pp. 52-53 (1976)

3) 齊藤・野田・安倍：(株)大林組技術研究所本館における照明施設, 照学誌68-4, pp. 149-154 (1984)

4) 作業環境を人間的に配慮した日本アイ・ビー・エム大和研究所の照明, 照学誌71-7, 照明のデータシートNo. 861 (1987)

- 5) 岸本・桜本・広田：コクヨ(株)東京オフィスの照明, 照学誌71-11, 照明のデータシート No. 872 (1987)
- 6) 松下電工編：K I ビル (鹿島建設本社第二ビル), 電設レポートNo. 21, pp. 7-11 (1989)
- 7) 五十嵐・渡部・栃谷：T A L方式における可動式タスクライトの使用状況調査, 照学全大 156 (1991)
- 8) 照明学会編：照明学会技術基準「オフィス照明基準」JIEC-001 (1992)
- 9) 小西友七編：ジーニアス英和辞典, 大修館書店 (1988)
- 10) IES LIGHTING HANDBOOK (1981)
- 11) 竹中技術研究所大阪支所, National Lighting Photo Sheet, No. 454 (1985)
- 12) コクヨ(株)大阪本社ビルのタスク&アンビエント照明, National Lighting Photo Sheet, No. 460 (1985)
- 13) 松島・田淵：タスク・アンビエント照明の基本的な考え方, 松下電工技報, No. 47 (1994)



写真 1.1 (株)大林組技術研究所本館³⁾



写真 1.2 日本アイ・ビー・エム大和研究所⁴⁾

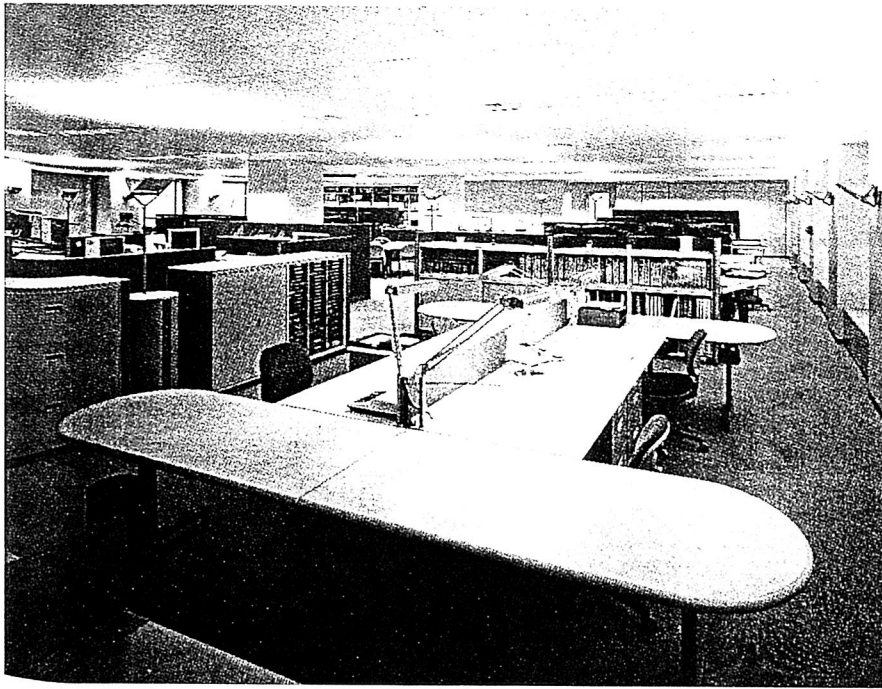


写真 1.3 コクヨ（株）東京オフィス⁶⁾



写真 1.4 K I ビル（鹿島建設本社第二ビル）^{6) 7)}



写真 1.5 竹中技術研究所大阪支所¹¹⁾



写真 1.6 コクヨ（株）大阪本社ビル¹²⁾

第2編 タスク・アンビエント照明方式導入事例の実態調査

1. 調査の目的

1992年に照明学会東京支部が行った「インテリジェントオフィスの照明実態調査」¹⁾によると、タスク・アンビエント照明を導入しているオフィスは、調査した全オフィスの5%程度であった。(表2.1) 本委員会では、こうした少ない事例の中で、タスク・アンビエント照明の設計基準、環境評価基準の作成などの一助とすることを目的に、現在我国においてタスク・アンビエント照明がどのような状況で導入されているかを把握するために実態調査を計画・実施した。

表 2.1 オフィス基準階の照明方式¹⁾

直接全般照明方式	195件
半間接全般照明方式	4件
間接全般照明方式	1件
直接照明+タスク照明	9件
間接照明+タスク照明	1件

(注) 調査対象オフィス 208(複数回答有り)

2. 調査概要

2.1 調査方法

実態調査には実測、ヒアリングなど調査員が現場で実施するものと、電話や郵送によるアンケート方式などがある。本調査では郵送によるアンケート調査方式を採用した。

アンケートはタスク・アンビエント照明の設備的な詳細を把握することが主たる目的のため、アンビエント照明とタスク照明それぞれに関する照明器具の特性や照明方式など、照明システムの構成を中心にたずねた。

2.2 調査期間

アンケート調査は1994年6月中旬に郵送し8月末までに回収した。

2.3 調査対象

本調査ではタスク・アンビエント照明の現状を把握する目的から、委員会メンバーから情報提供のあったタスク・アンビエント照明方式を採用しているオフィスビルを対象とした。アンケートは、オフィスの管理担当者、または設備設計者などによって回答された。配布数34、回収10で回収率は29%であった。

2.4 調査内容

アンケート用紙はA4版1ページのシートで、対象オフィスに関する「建築概要」と、「タスク・アンビエント照明概要」の設問から構成されている。照明概要にはタスク・ア

ンビエント照明を導入するに至った経緯に関する記述欄、および、自由回答欄を設けた。
 (アンケートに用いた調査票、記入要領は18～21ページ参照)

3. 調査結果

3.1 建築概要

アンケート回答数が10件と非常に少なかったため、結果の統計处理的な分析は不可能であった。このため、面積や業務内容などの概要をまとめた上で、机やパーティションなどオフィスの規模に左右されないいくつかの項目について個別に集計し分析した。

(1) 回答事例の概要

回答のあった10件の竣工年、タスク・アンビエント照明の対象面積、業務内容などを表2.2に示す。竣工年、規模ともに非常にばらつきの大きいサンプルとなっている。5番の事例のみ、1室に1、2名が執務する個室形式のオフィスであった。

表 2.2 アンケート回答事例の概要

事例番号	竣工年	タスク・アンビエント照明対象フロア面積 (m ²)	天井高 (複数回答有) (cm)	業務内容 (複数回答有)	ワークステーション個数 (個)	人員密度 (総面積/執務者) (m ² /人)
1	1982	171.6	無回答	一般事務	16	無回答
2	無回答	無回答	無回答	一般事務、OA	21	無回答
3	無回答	380	260	一般事務、OA	30	11.5
4	1974	119	254	研究開発	15	7.9
5	1993	371	300	一般事務	15	14~40
6	1991	10800	297	設計	無回答	10
7	1988	300	270	OA	20	15
8	1982	622	250	一般事務	80	7.8
9	1989	2700	268	設計	300	9
10	1993	2527	250、550	研究開発、OA	285	9.9

(2) 机のサイズ

部署などにより、複数サイズの机を使い分けている事例が多い。回答のあった机のサイズと業務内容の対応を表2.3に示す。個室は役職者の執務室であったため、一般の事務が行われるオフィスよりもサイズの大きい机が用いられていた。

(3) 室内の色、パーティション

床・壁・天井の色と、パーティションの色および高さを表2.4にまとめた。室内の色は白、淡いグレー、グレーなどの無彩色が圧倒的に多く、次いでブルーグレーやオフホワイト、ベージュ系が用いられており、極端に反射率が低いと思われる色彩を用いた事例はなかった。

パーティションの導入状況は、回答数が少ないために厳密なことはいえないが、前出のインテリジェントオフィスの実態調査結果による約60%に比べて、10件中9件と高い

表 2.3 机のサイズと業務内容

机のサイズ (cm)	業務内容	L字型机のサイズ (cm)
70 × 100	一般事務、OA	
70 × 120	一般事務、OA	
70 × 140	一般事務、OA	
70 × 180	設計 (設備、土木)	
80 × 160	OA	
80 × 200	設計	
80 × 240	設計	
90 × 140	事務 (個室)	
100 × 160	事務 (個室)	
100 × 180	事務 (個室)	
120 × 200 (L字)	研究開発*1	
140 × 165 (L字)	研究開発*2	
234 × 250 (L字)	研究開発*3	

表 2.4 室内の仕上げ色とパーティションの仕様

事例 番号	室内各部の色			パーティション	
	天井	壁	床	色	高さ (cm)
1	白	白	グレー	グレー	170
2	オフホワイト	オフホワイト	薄いパープル	無回答 (パーティション有)	無回答
3	白	薄いベージュ	薄いグレー	ベージュ	120
4	薄いグレー	薄いグレー	グレー	ベージュ、グリーン、ブルー、レッド、ブラウン	112、132、172
5	白	白	薄いグレー	ブルー	160
6	オフホワイト	グレー	グレー	パーティション無	—
7	白	白	グレー	グレー	120
8	白	白	グレー	グレー	140
9	白	白	ブルーグレー	ライトブルー	120、140
10	白	白	ブルーグレー	薄いグレー	113

導入率であった。色は室内の仕上げ色と同じものが用いられている事例が多いが、中にはいくつかの色を組み合わせるアクセント効果を狙った事例もあった。高さは、座ると隣の人の顔が見えなくなる112~113cm程度から、完全に隣どうしが区画された170cm程度のもので様々であった。

(4) 開口率

開口率とは周壁の面積に対する窓面積の割合である(記入要領参照)。各事例の開口率と開口方位を表2.5に示す。

開口率のばらつきは非常に大きい。方位に関しては複数の回答も見られる。個室を除いては1室で複数方位に開口しているものもあれば、室によって開口方位の異なる場合もあ

表 2.5 開口率と窓の方位

事例番号	開口率 (%)	方位
1	無回答	無回答
2	無回答	無回答
3	23	南西
4	5.5	西
5	4.7 (個室平均)	東、西、南、南西
6	27.5	北、南
7	20.8	南、西
8	25.9	南、北
9	45	北、南
10	17~20	北、南

り、今回の回答からはこれらを厳密に区別することはできなかったが、いずれにしても南が中心となっていることが分かる。

3.2 照明設備の概要

(1) タスク照明

タスク照明に関する調査結果を表2.6に示す。

使用光源は、27W形蛍光ランプが約半数（5事例）で最も多かった。1ワークステーション当りの使用灯数は、2事例以外はすべて1灯であり、1ワークステーション当りのタスク照明用電力は20~30Wであった。

照明器具は、大半が可動式であり、器具形式はランプ露出形やOALルーバーやパネル付きなど様々であった。固定式は3事例で、これらの器具にはすべて下面にパネルが取り付けられていた。

表 2.6 タスク照明の調査結果

事例番号	光源	ワット数 (W)	灯数/ワークステーション	ルーバー	器具	タスク+アバタメント 机上面照度(lx)	制御
1	蛍光ランプ	無回答	無回答	無回答	固定式 可動式	無回答	1段階調光
2	蛍光ランプ	20	1	ハ°礼	固定式	無回答	無回答
3	蛍光ランプ	27	1	露出	可動式	700	2段階調光
4	蛍光ランプ	20	1	ハ°礼	固定式	720	無回答
5	蛍光ランプ	27	1	OAL-ハ°	可動式	500	個別制御
6	蛍光ランプ	27	1	露出	可動式	1200	手動点滅
7	蛍光ランプ	20	1	露出	可動式	600	無回答
8	蛍光ランプ	15	2	ハ°礼	可動式	600	BA時間制御
9	蛍光ランプ	27~40	1	ハ°礼	固定式	800	2段階調光
10	蛍光ランプ	27	1	グリッドカットフィン	可動式	1100	無回答

BA:
ビルディングオートメーション

照明の制御は、BA（ビルディングオートメーション）によるタイムスケジュール制御が1事例あった他は、マニュアルによる数段階の調光、あるいは、点滅のみであった。

タスク照明とアンビエント照明の両方を点灯した机上面の照度は、8事例の実測値で500～1200lxの範囲にあり、平均約780lxであった。

(2) アンビエント照明

アンビエント照明に関する調査結果を表2.8に示す。

使用光源は、回答があった9事例全て40W形蛍光ランプであり、そのうちの4事例は36Wの低消費電力型であった。光色は白色が最も多く、白色以外では温白色の事例（北海道）があった。

照明器具と照明方式については、埋め込み型器具による直接照明方式が最も多く、そのうちOAルーバー付きが4事例、下面開放が2事例であった。吊り下げ型照明器具による半直接照明方式は2事例で、OAルーバーやパンチングメタルが組み合わされていた。

照明の制御は、個別制御方式が最も多く4事例あった。調光機能をもたせた事例は3件で、そのうちセンサと連動して自動制御されるものが2事例あった。またこの2事例の施設のみに、自動ブラインドが取り付けられていた。

アンビエント照明のみによる机上面の照度は、8事例の実測値で150～550lxの範囲にあり、平均で約390lxであった。

表 2.7 アンビエント照明の調査結果

事例番号	照明方式	設置方法	ルーバー	光源 光色	ワット数 (W)	アンビエント 照度(lx)	制御	自動ブラインド 制御
1	半直接	柱に設置	無し	蛍光ランプ 温白色	無回答	無回答	個別制御	無し
2	直接	天井埋込	露出	蛍光ランプ 無回答	36	無回答	その他	無し
3	直接	天井埋込	露出	蛍光ランプ 無回答	40	550	無回答	無し
4	直接	天井埋込	OAルーバー	蛍光ランプ 白色	36	320	個別制御	無し
5	間接	照明棚コブ	無し	蛍光ランプ 昼白色	40	200	個別制御	無し
6	直接	天井埋込	OAルーバー	蛍光ランプ 温白色	36	500	器械警備連動	無し
7	半直接	天井吊下	OAルーバー	蛍光ランプ 白色	40	400	連続調光	無し
8	半直接	天井吊下	パンチングメタル	蛍光ランプ 白色	40	150	センサ連続調光 BA時間制御	有り
9	直接	天井埋込	OAルーバー	蛍光ランプ 白色	36	500	センサ連続調光 個別制御	有り
10	直接	天井埋込	OAルーバー	蛍光ランプ 白色	40	520	個別制御	無し

BA：ビルディングオートメーション

3. 3 照明環境の評価

(1) 机上面と周辺の照度比

机上面照度（タスク照明とアンビエント照明の両方点灯の場合）と周辺照度（アンビエント照明のみ点灯の場合）の比を表2.8に示す。両者の比は2～2.5が最も多く（4事例）、全事例の平均は2.2であった。

(2) 照明環境全体の印象

事例番号6、8、10の3件については照明環境全体の印象を調査した。

- ・事例番号8（机上面照度と周辺照度の比：4、机上面照度：600lx）
半数が机上面と周辺の明るさの差を「気にしている」と答えている。また机上面の明るさについてはほとんどが「明るい」と評価している。
- ・事例番号6（机上面照度と周辺照度の比：2.4、机上面照度：1200lx）
室内全体の明るさと机上面の明るさに関する評価は、平均して「満足に感じている」と回答されている。
- ・事例番号10（机上面照度と周辺照度の比：2.1、机上面照度：1100lx）
室内全体の明るさと机上面の明るさに関する評価は、照度比、机上面照度とも事例6と大きな差はないが、平均して「不満」に感じていると回答されている。

表 2.8 机上面と周辺の照度比

事例番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
作業面照度(lx)	無回答	無回答	700	720	500	1200	600	600	800	1100
周辺照度(lx)	無回答	無回答	550	320	200	500	400	150	500	520
作業面／周辺	—	—	1.27	2.25	2.50	2.40	1.50	4.00	1.60	2.12

(注) 机上面照度：タスク照明による照度+アンビエント照明による照度
周辺照度：アンビエント照明による照度

《参考文献》

- 1) 照明学会東京支部インテリジェントオフィスの照明実態調査委員会編：インテリジェントオフィスの照明実態調査報告書(1993)

タスク・アンビエント照明（TAL）実態調査 調査用紙

記入日：平成6年 月 日

お名前：

所属：

電話番号：

建築概要	建築名称				
	所在地	都・道・府・県	市・区・郡		
	建築用途		竣工年月		
	建築設計者		建築施工者		
	TAL設備設計者		TAL設備施工者		
	什器設計者		什器施工者		
	TAL対象フロア	総面積	m2/天井高	cm/施設階床	フロア
	TALフロア業務内容	<input type="checkbox"/> 一般事務 <input type="checkbox"/> OA中心 <input type="checkbox"/> 設計 <input type="checkbox"/> その他 []			
ワークステーション	個数		色彩	天井	
	机サイズ	cm× cm		壁	
	占有面積	m2/ワークステーション		床	
	人員密度	m2/人	パーティション	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有 [高さ cm、色]	
開口率	[窓面積] / [室の周長×天井高] × 100 = [] % 開口方位 []				
タスク・アンビエント照明概要	タスクライト (机上などの作業面を集中して照らすスタンドなど)	光源	<input type="checkbox"/> 蛍光灯 <input type="checkbox"/> 白熱灯 <input type="checkbox"/> その他 []		
			W× 灯/ワークステーション		
		ルーバー	<input type="checkbox"/> 無(露出) <input type="checkbox"/> 下面パネル <input type="checkbox"/> OAルーバー <input type="checkbox"/> その他 []		
		器具	<input type="checkbox"/> 固定式 <input type="checkbox"/> 可動式		
		T+A照度*1	lx (主作業域) <input type="checkbox"/> 実測値 <input type="checkbox"/> 設計値		
	アンビエントライト (作業面以外の部分、または室内全体を照らしている照明)	制御	<input type="checkbox"/> 調光機能 [段階] <input type="checkbox"/> センサによる自動点滅・調光制御 <input type="checkbox"/> その他 []		
		照明方式	<input type="checkbox"/> 直接 <input type="checkbox"/> 半直接 <input type="checkbox"/> 半間接 <input type="checkbox"/> 間接		
		設置方式	<input type="checkbox"/> 天井直付け <input type="checkbox"/> 天井埋込 <input type="checkbox"/> 天井吊下げ <input type="checkbox"/> パーティション・什器組込み <input type="checkbox"/> 床置スタンド <input type="checkbox"/> その他 []		
		ルーバー	<input type="checkbox"/> 無(露出) <input type="checkbox"/> 下面パネル <input type="checkbox"/> OAルーバー <input type="checkbox"/> その他 []		
		光源	<input type="checkbox"/> HID (種類) <input type="checkbox"/> 白熱 <input type="checkbox"/> その他 [] <input type="checkbox"/> 蛍光灯 (光色：温白色・白色・昼白色・昼光色)		
自動ブライント制御		W× 灯			
	A照度*2	lx (主作業域) <input type="checkbox"/> 実測値 <input type="checkbox"/> 設計値			
	制御	<input type="checkbox"/> 調光機能 [段階] <input type="checkbox"/> センサによる自動点滅・調光制御 <input type="checkbox"/> 個別制御 <input type="checkbox"/> その他 []			
TAL導入の経緯	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無				
その他特記事項	増灯、改築、苦情などの評価等、現行方式に至る経緯				

*1タスク、アンビエント照明両方を点灯した状態での机上面照度

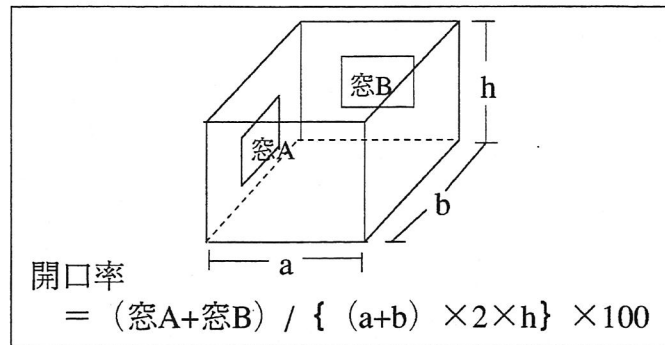
*2タスクを消したとき（アンビエント照明のみ）の状態での机上面照度

タスク・アンビエント照明（TAL）実態調査 記入要領

- | | |
|-----------------|---|
| 1. 建築名称 | 建物の正式な名称を記入してください。（他に呼称がある場合は、お書き添えください。） |
| 2. 所在地 | 建物のある住所を記入してください。 |
| 3. 建築用途 | オフィス、商業施設など、建物の主な用途を記入してください。 |
| 4. 竣工年月 | 建物が竣工した年（西暦で）、月を記入してください。 |
| 5. 建築設計者・施工者 | 建物の設計、施工者名をそれぞれ記入してください。 |
| 6. TAL設備設計者・施工者 | TALおよび、配線設備の設計、施工者名をそれぞれ記入してください。 |
| 7. 什器設計・施工者 | TALが組み込まれたキャビネット、机など室内の什器の設計、施工者名をそれぞれ記入してください。（既製品の場合はメーカー名で結構です。） |
| 8. TAL対象フロア | タスク・アンビエント照明を採用しているフロアのおおよその総面積*、床から天井までの高さ、フロアの数を入力してください。
* 階段、トイレ、湯沸室、区画されている廊下などは除きます。 |
| 9. TALフロア業務内容 | 「一般事務」「OA操作を中心とした業務」「設計」のいずれかを選んで□に印をつけてください。該当しない場合は、「その他」に印をつけ[]内に具体的な内容を記入してください。（以下同様） |
| 10. ワークステーション | |
| 1) 個数 | 対象フロアの中にある、代表的なフロアのワークステーション（ブースや机の並びなどで区別される、 <u>個人の作業区画</u> ）の数を記入してください。 |
| 2) 机サイズ | 標準として使われている机のサイズを記入してください。 |
| 3) 占有面積 | 8. で記入していただいた面積を、ワークステーション数で割った値を記入してください。 |
| 4) 人員密度 | 8. で記入していただいた面積を、フロアで働く執務者の数で割った値を記入してください。 |
| 11. 色彩 | 天井、壁、床の色について「薄いグレー」「濃い青」など <u>色の濃さと色の名前</u> で記入してください。 |
| 12. パーティション | パーティションの有無をチェックし、使用している場合には高さと色を記入してください。 |

13. 開口率

右図のようにして算出した値と、窓の開いている方位を記入してください。（窓が複数方位に面する場合は、その全方位を記入してください。）



14. タスクライト

1) 光源

「蛍光灯」 「白熱電球」 のいずれかに印をつけてください。
 1つのワークステーションで使用しているタスクライトの光源1個当たりの出力と、個数を記入してください。

2) ルーバー

光源が露出している場合は「無」、ルーバーがついている場合にはその種類の欄に印をつけてください。

3) 器具

アームを自由に動かすなどして、好きな位置から光を当てられる場合は「可動」に、家具に組み込まれるなど位置の調節ができない場合は「固定」に印をつけてください。

4) T+A照度

アンビエントライト、タスクライト両方を点灯した状態の照度を記入してください。（調光できる器具は、最も明るい状態にしてください。）その値が、実際に測ったものか、設計で定めた値かの区別を、□に記してください。（測定する場合には、夜間に室内の中央付近の執務者の机の上に照度計をおいて、測ってください。）

5) 制御

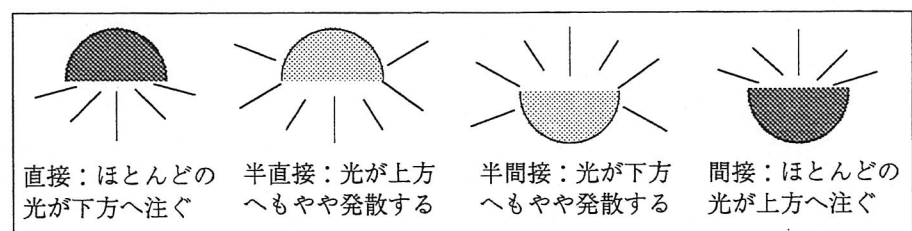
以下に説明する照明に関する制御を採用している場合には、該当する欄に印をつけてください。採用している制御がどれにも当てはまらない場合はその他の欄にチェックし、制御の内容を記述してください。

調光機能：明るさを調節する機能。段階的に調光する場合には段階数を、自由に明るさを調節できる場合には「無（段階）」と記入してください。
センによる自動点滅・調光装置：室内の明るさの変化や人の存在をセンサーが感知し、必要に応じて調光・点滅できる機能。

15. アンビエントライト

1) 照明方式

下図を参考にして、当てはまるものの□に印をつけてください。



2) 設置方式

当てはまるものの□に印をつけてください。

3) ルーバー

光源が露出している場合は「無」、ルーバーがついている場合にはその種類の欄に印をつけてください。

- 4) 光源
アンビエントライトに使用している光源の種類を「HID（高輝度放電灯）」「白熱電球」「蛍光灯」の中から選んで印をつけてください。「蛍光灯」を選んだ場合には光色の種類を（ ）から選んでください。（光色はワット数と共にランプに書いてあります。）
アンビエントライトの光源1個当たりの出力と、1室で使用している個数を記入してください。
- 5) A照度
アンビエントライトのみを点灯した状態（タスクライトは消灯）の照度を記入してください。（調光できる器具は、最も明るい状態にしてください。）その値が、実際に測ったものか、設計で定めた値かの区別を、□に記してください。（測定する場合には、夜間に室内の中央付近の執務者の机の上に照度計をおき、タスクライトの器具の影が落ちないようにして測ってください。）
- 6) 制御
タスクライトの場合と同様に、該当する欄に印をつけてください。採用している制御がどれにも当てはまらない場合はその他の欄にチェックし、制御の内容を記述してください。
調光機能：明るさを調節する機能。段階的に調光する場合には段階数を、自由に明るさを調節できる場合には「無（段階）」と記入してください。
センサによる自動点滅・調光装置：室内の明るさの変化や人の存在をセンサーが感知し、必要に応じて調光・点滅できる機能。
個別制御：全体を一つのスイッチで操作するのではなく、部屋をいくつかのゾーンに分けたり、個別に点滅できる機能。
16. 自動ブラインド制御
窓からの外光をセンサーが感知し、自動的にブラインドを昇降させる機能の有無を記入してください。
17. TAL導入の経緯
アンケート調査やその他の苦情などから照明を増灯したとか、改築やレイアウト変更を行った、など主に照明に関する現行方式への経緯をお書きください。
(例) ・パーティションを導入したため個別照明が必要になった。
・省エネ化を図るため。
18. その他特記事項
その他ご意見、現在の照明環境に対する不満などがありましたら、自由にお書きください。

*大変お手数ですが、できるだけ室内全体や机の周囲、照明の状態がわかるような写真を添えていただきますようお願い申し上げます。

また室内平面図、家具のレイアウト図などがありましたら、コピーを頂戴できれば幸いです。

以 上

第3編 タスク・アンビエント照明に関連する北米の状況

北米のオフィスは個室、あるいはオープンプランであってもパーティションで仕切られている場合が多く、一人当りの占有面積、レイアウトなど日本のオフィスとは異なる点が多い。そのためオフィス照明に関しても北米と日本ではやや事情が異なり、北米の事例を照明だけに関して直接比較することは難しい。タスク・アンビエント照明は元々北米型のオフィスで発達したものであり、そのメリットについては「VDTグレアの軽減、省エネルギー、個人制御による満足感」（アメリカのオフィスデザイン事務所スタッフに対するアンケート調査の結果¹⁾による）といったものが挙げられている。オフィスの形式が異なるとはいえこれらの点に関しては日本で期待されるものとほぼ同じである。適切なタスク・アンビエント照明の導入にあたっては、オフィス形態の相違を考慮にいたした上で北米の状況を参考にすることも必要であると考え、以下にその事例を示す。

1. タスク・アンビエント照明に関するIESNA（北米照明学会）の基準^{2)、3)、4)}

1993年版ハンドブック²⁾には以下のように記述されている。

「オフィス照明には基本的に二つの方法があり、一つは全般照明によって必要照度を得るもので、これはプライベートオフィスやタスク照明が不適当な特別な場合に適している。もう一つは作業照度の大部分をタスク照明で供給し、低い全般照度とするものである。オープンプランではこの方法が望ましく、必要となる場合が多い。机の上部のパーティションやキャビネットが影を作る場合、局部照明は適切な机上面照度をもたらし影を減ずるために重要である。

局部照明が用いられる場合は全般照明は作業面の必要照度を与えなくてもよい。全般照明は時折見渡す周囲に適した低めの照度で作業面と視野内の他の部分との輝度対比の推奨値となるように計画されるべきである。さらに、（タスク・アンビエント照明では）照度に気を遣わずにインテリアデザインや建築計画にあった全般照明を計画することができる。」

上記のうちアンダーラインを引いたところが1987年版³⁾から追加された部分である。

また、北米のタスク・アンビエント照明普及の背景としてVDTの普及を無視することができないが、IESの「オフィス照明委員会VDT小委員会」が取りまとめた“VDT LIGHTING RP-24 IES Recommended Practice for Lighting Offices Containing Computer Visual Display Terminals”ではタスク照明について以下のように記述している⁴⁾。

（1）概説：見たいものの近くに照明を持ってくるといって最も基本的な照明のコンセプトを今日タスク照明と呼んでいる。これは特に、パーティション、棚、キャビネットなどが作る影によって全般照明からの光が十分に届かないことが多いシステム家具の作業面の照明に有効である。

タスク照明は低い電力で快適な照明を得るのに有効であろう。タスク照明と低照度の全般照明の組み合わせは省エネルギーであると報告されている。VDTを用いるオフィスではたいがい全般照明からの低い照度は好ましいものである。タスク照明は全般照明を低く押さえながらペーパーワークに必要な照度を与えることができることで有用だろう。

タスク照明には3つのタイプがある。固定型、可動型、それに（書類用スタンドに用いられる）垂直面型である。

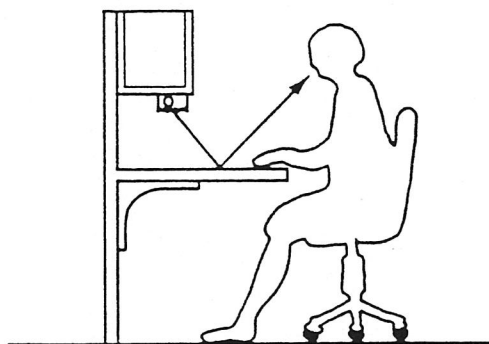
（2）固定型タスク照明

固定型タスク照明の合理的な位置は、キャビネットや棚の下部あるいはワークステーションのすぐ上である（図3.1）。これらの位置は作業面のある位置に光幕反射を起こしやすい範囲にあることが多い。この影響は垂直光線を妨げ光幕反射を起こさない角度に変える光学的制御（処理）によって減らしたりなくしたりすることができるであろう。

作業面の一方の端からだけの、均齊のとれない照度分布となるタスク照明か、あるいは作業面の両端からのタスク照明を使うことができる。どちらの場合でも視作業は作業面の中央に限られる。

タスク照明は、VDTスクリーンに直接グレア、あるいは、反射グレアを起こさないように設計されるべきである。全般照明からの作業面照度が200から300lxと仮定して、タスク照明は作業面に300から450lx程度を与えるのがよい。

作業者がVDTスクリーン上の輝度と作業面上の輝度のバランスをとれるように、調光装置を設備すると快適な輝度比が作られる。



A logical place for task lighting is under a cabinet or shelf; however, this location may cause veiling reflections. These may be partially eliminated by using a special lens that blocks the downward light and reinforces the side-light.

図 3.1 固定型タスク照明器具

（3）可動型タスク照明

小さいタスク照明器具は調節可能なアームに取り付けることができ、作業者は光源を手元の仕事に合うような位置における。可動型照明は片手で簡単に動かしてかつ作業人や付近の人が直接グレアやVDTの反射グレアにさらされないように動きを制限すべきである。

全般照明からの作業面照度が200から300lxと仮定して、タスク照明は照明器具の中央から下380mmのところでは300から450lx程度を与えるのがよい。このタイプの器具は作業面の片側で使えるように計画される。均斉のよい光線の分布によって、光をタスクエリアに向けることができる。横に設置すれば光幕反射を防ぐことができる。ランプの角度を制限することによって、付近のワークステーションにおける直接グレアやVDT上の反射グレアを防ぐことができる。

(4) 書類立て

書類立て（垂直の文書立て）は、情報の入力のためにVDTスクリーンの近くで用いられる。この視作業のために特別にデザインされた小さいタスク照明器具は非常に役に立つ。全般照明はこの垂直面を適切に照明できないであろう。タスク照明器具はこのスタンドと独立した付属物かスタンドと一体になったものである。どちらの場合でも1対5以下の均斉度となるように書類面に一様な照度を与えるようにしなければならない。

平均的なノートの反射率が75%であるとして、ノートの輝度がVDTスクリーンの3倍を超えないようにすべきである。

中央のレンジにおけるVDTの輝度を50cd/m²と仮定すると、紙面の輝度は150cd/m²を超えないようにしなければならない。古いスクリーンであつたらもっと小さく、新しければもっと大きい。書類立てはVDTスクリーンの近くで用いられるため3対1の輝度比が重要である。書類立てのランプを調光することは作業者が輝度バランスを快適に調節する上で有効である。

2. N I S T (National Institute of Standards and Technology) の調査⁵⁾

1984年から1986年にかけてアメリカのN I S Tによって13のオフィス建物、912のワークステーションにおける照明環境の調査が行われた。調査対象となった建物を表3.1に示す。13建物のうち、個室のみが3、オープンオフィス（パーティション有り）が6、個室とオープンオフィスの併用が4となっている。これら912のワークステーションの照明方式を分類した結果を表3.2に示す。間接照明を行っているところではタスク照明を有する率が高くなっている。

これらの照明設備電力は0.37W/ft² (3.4W/m²) ~ 7.41W/ft² (79.7W/m²) で、平均値が2.48W/ft² (26.7W/m²)、中央値2.36W/ft² (25.4W/m²) で、最頻度値は2.0W/ft² (21.5W/m²) であつたと報告されている。

これ以外のアメリカにおけるタスク・アンビエント照明の事例を写真3.1~3.6に示す。これらの中には日本ではあまり見られない間接照明による全般照明が用いられている事例もある。

表 3.1 N I S T によって照明環境の調査が行われた建物

場所	オフィスタイプ	数	階数	アンビエント照明		タスク照明		
				照明方式	型	ランプ	タイプ	ランプ
タンパ (フロリダ)	オープン+個室	149	8	直接 (PaLo)	吊り下げ	WW	什器一体	CW
リッチモンド (ヴァージニア)	オープン+個室	149	3	直接間接兼用	ペンダント	WW	可動型	*
シンシナティ (オハイオ)	オープン	149	11	直接 (PaLo)	吊り下げ	WW	可動型	*
アッシュビル (ニューヨーク)	オープン	46	8	直接間接兼用	ペンダント	WW	什器一体	CW
ワシントンDC	オープン	49	2	間接	什器利用	WW	可動型	*
アップルトン (ウィスコン)	オープン	48	11	間接	ペンダント	MH	可動型	*
ガイザールバーグ (メリーランド)	個室	26	高層	間接	ペンダント	W	可動型	白熱灯
ニューヨーク (ニューヨーク)	個室	50	4	直接 (EggLo)	直付け	CW	可動型	*
アンアーバー (ミシガン)	個室	51	高層	直接 (PrLe)	吊り下げ	W	可動型	CW
ニューヨーク (ニューヨーク)	オープン	50	21	直接 (PrLe)	吊り下げ	CW	可動型	白熱灯
ニューヨーク (ニューヨーク)	オープン	49	高層	直接 (PaLo)	吊り下げ	WW	什器一体	CW
ホープウェル (ニュージャージー)	オープン	49	低層	直接 (PaLo)	吊り下げ	WW	什器一体	CW
							可動型	*

PaLo: パラボリックルーバー
 PrLe: プリズムティックレンズ
 EggLo: エッグクレートルルーバー
 WW: 蛍光灯 warm white
 CW: 蛍光灯 cool white
 W: 蛍光灯 white
 MH: メタルハライド
 *: 複数の種類のランプ使用

表 3.2 調査建物の照明方式の分類

アンビエント照明			タスク照明				計
			無し	什器一体	可動型	他	
直接	吊り下げ	蛍光灯パラボリックルーバー	108	163	35	7	313
直接	吊り下げ	蛍光灯プリズムティックレンズ	121	13	22	6	162
直接	直付け	蛍光灯エッグクレートルルーバー	38	1	5	1	45
間接	什器一体	蛍光灯	2	146	17	1	166
間接	ペンダント	蛍光灯	30	14	26	3	73
直接間接兼用	ペンダント	蛍光灯	34	30	11	3	78
間接	ペンダント	メタルハライド	22	9	5	1	37
他							38

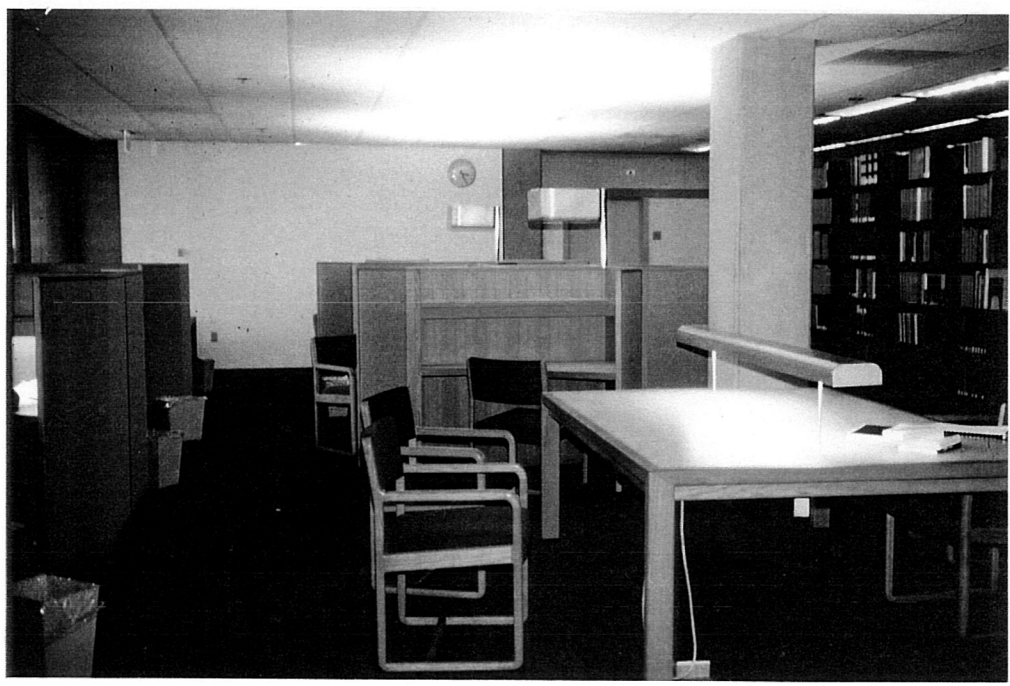
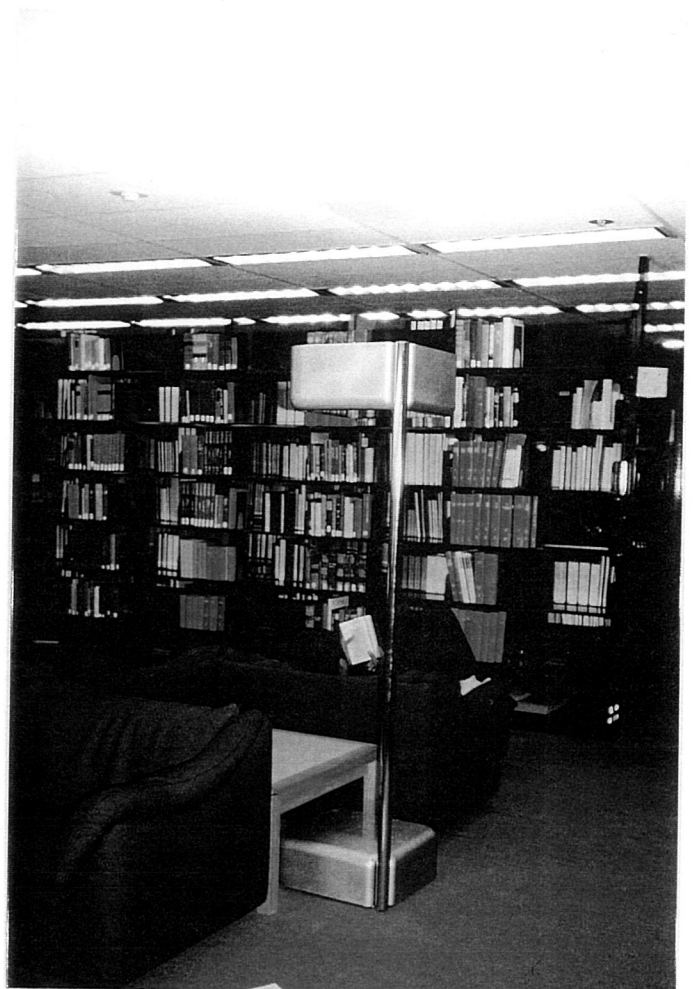
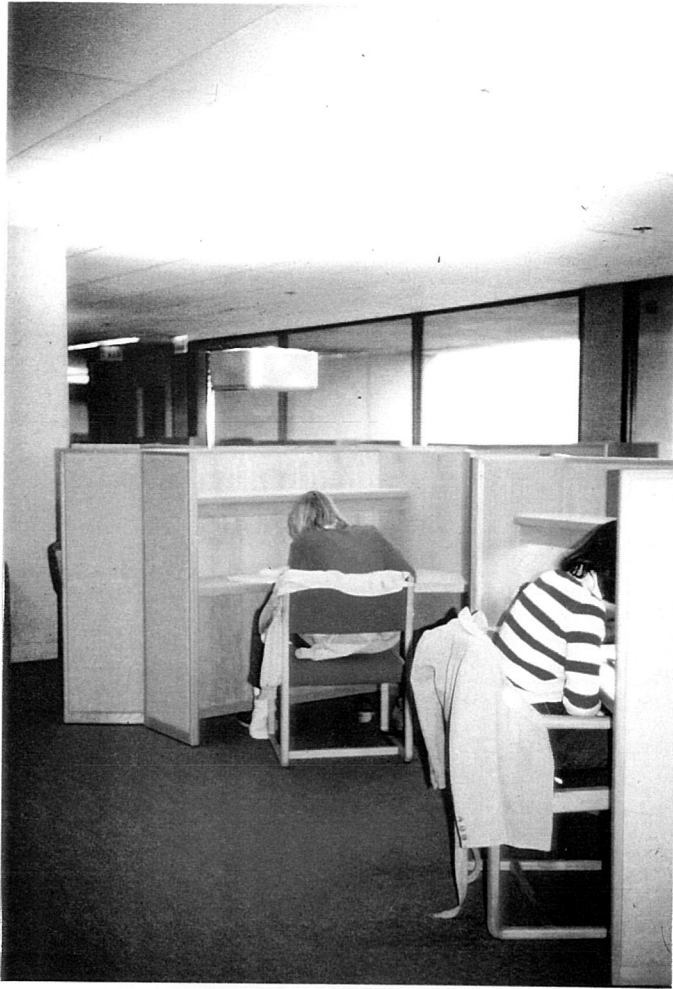


写真 3.1 スタンフォード大学図書館

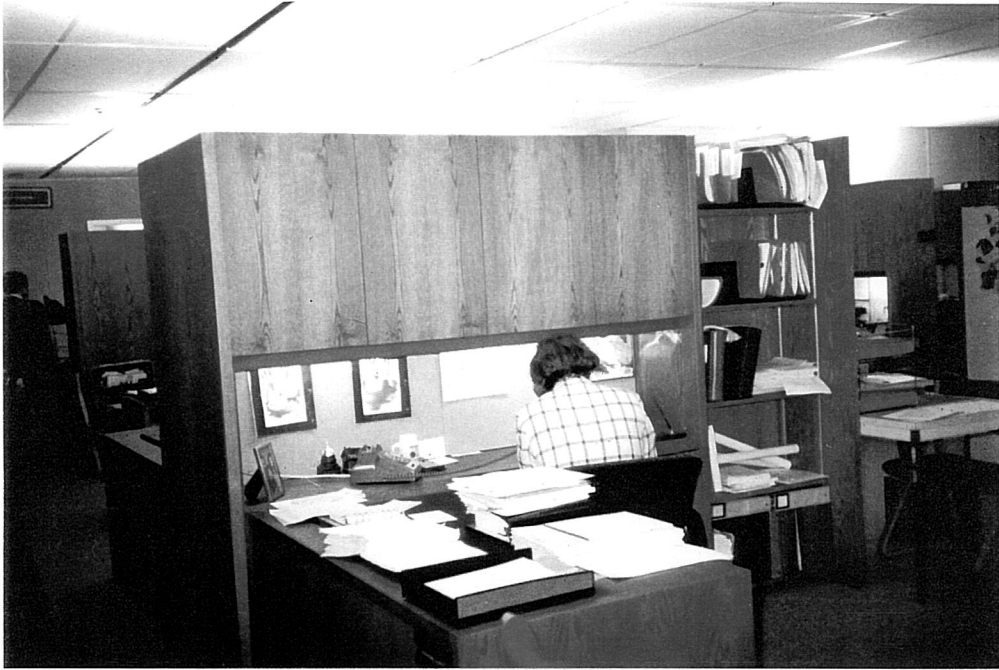


写真 3.2 マンチェスタービル



写真 3.3 フッカケミカルビル



写真 3.4 ウェスタン生命保険ビル



写真 3.5 アルゴン研究所

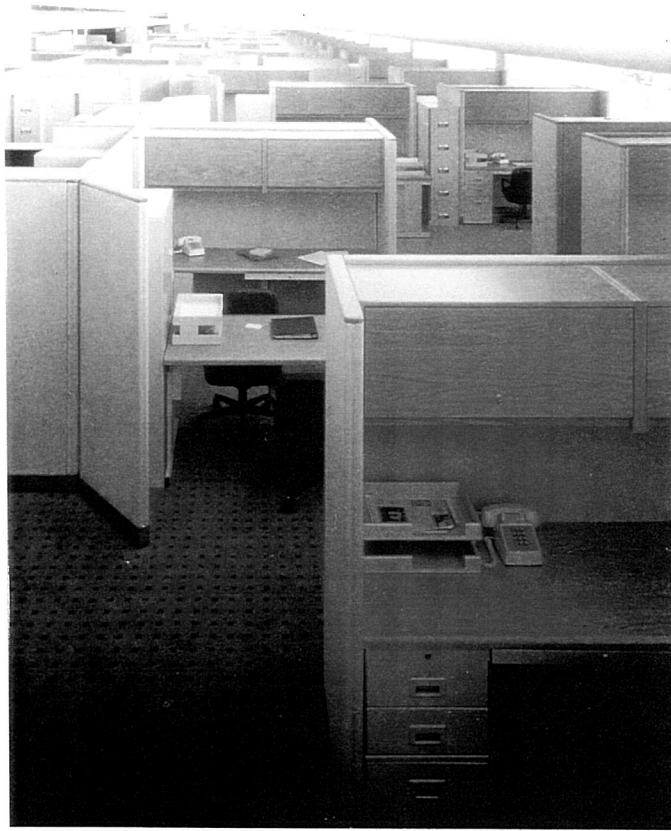


写真 3.6 ロッキードビル

3. カナダにおける間接全般照明と什器一体型タスク照明の試験的導入例^{6), 7)}

省エネルギーを目的として、オタワ（カナダ）のPublic Workオフィス（国の機関の一つ）に試験的に導入された、キャビネット上部に置かれた間接全般照明と棚下に設けられたタスク照明を併用したタスク・アンビエント照明の事例を紹介する。

3. 1 オフィスとタスク・アンビエント照明の概要

タスク・アンビエント照明が導入されたオフィスの概略平面図と写真を図3.2、写真3.7に示す。アンビエント照明は写真3.8のような間接照明で図3.2に示すように配置されて

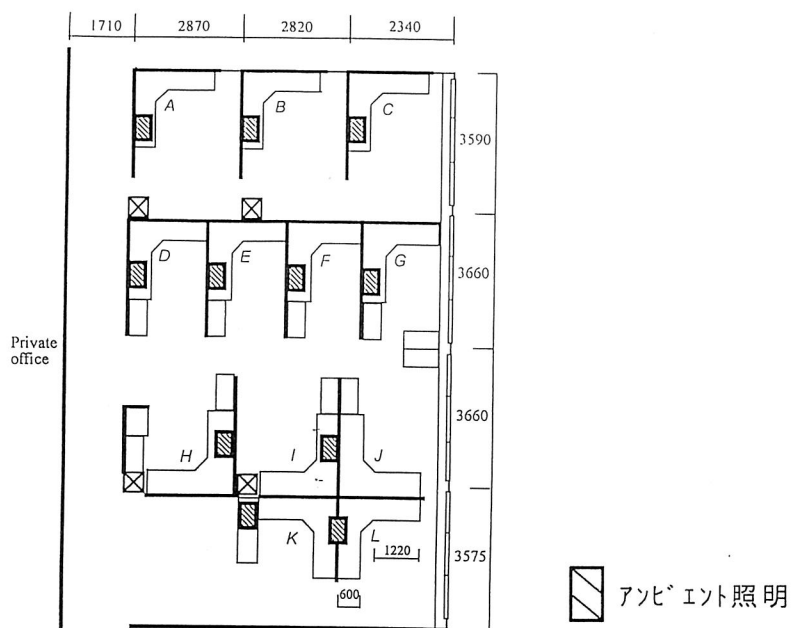


図 3.2 オフィスのレイアウト



写真 3.7

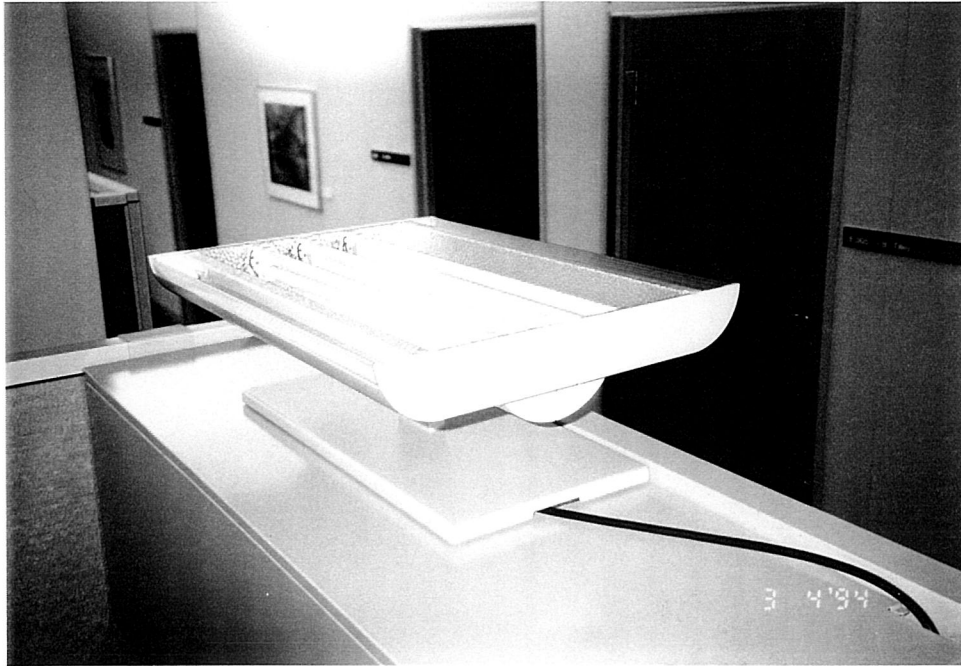


写真 3.8 アンビエント照明器具

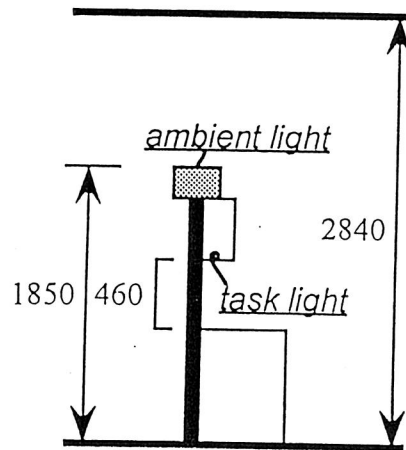


図 3.3 ワークステーションの断面

いる。タスク照明は各ワークステーションの机の前の棚下部に取り付けられており調光が可能である。図3.3に各ワークステーションの断面の概略を示す。アンビエント照明、タスク照明のランプは直接目に入らないようになっている。

3. 2 光環境の調査と結果

机上の照度分布と視野内および天井面の輝度分布が測定された。輝度分布の測定にはビデオを用いた。アンビエント照明のみによる机上面照度の分布、タスク照明のみによる机上面照度分布、アンビエント照明とタスク照明両方による照度分布を図3.4～3.6に示す。

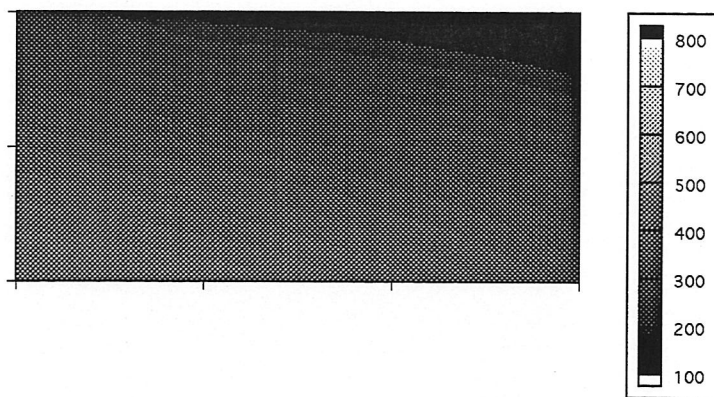


図 3.4 アンビエント照明のみによる照度分布

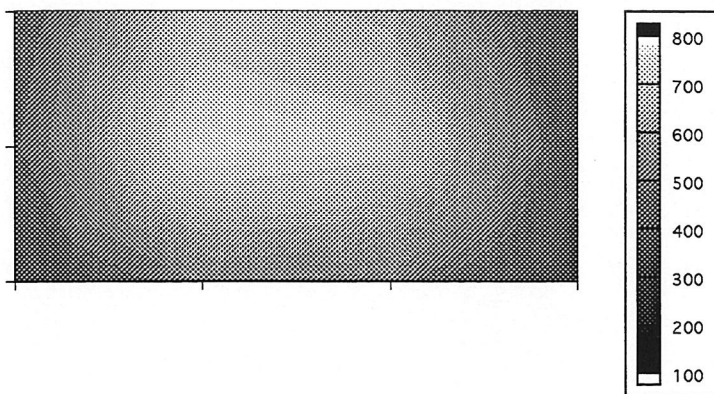


図 3.5 タスク照明のみによる照度分布

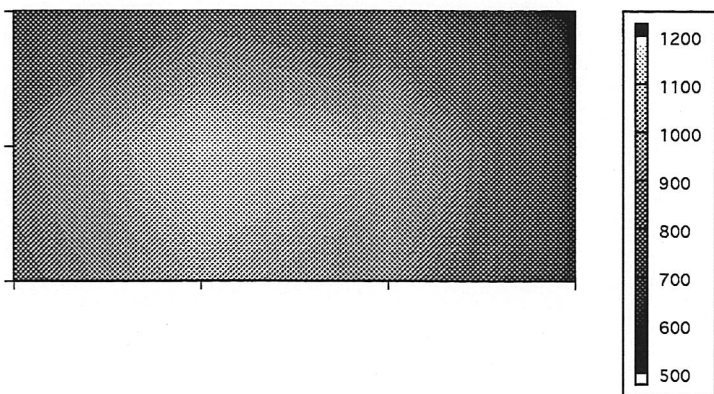


図 3.6 (タスク照明+アンビエント照明) の照度分布

各図とも図3.2のワークステーションDにおける、机の中央部の横90cm、奥行き40cmの範囲を示しており、図の下側が机の手前になる。

アンビエント照明のみの場合は、机の手前側は400lxを超える程度となっているが、パーティションの影になる奥側は暗くなり、全体としては平均300lx程度である。タスク照明からの光は、机の奥部および中央部を明るくするが、左右の端では照度が落ちる。このように机上面の位置によって“タスク照明による照度/アンビエント照明による照度”比が異なるが、机上面全体の平均値を用いると、12のワークステーションで1.4~3.0の値となっており平均で2.0である。また、VDTスクリーンの鉛直面照度は380lxである。

輝度分布の測定結果を表3.3に推奨値²⁾とともに示す。天井の輝度については推奨範囲となっているが、他の輝度比については推奨値を超えた値となっている。しかしながら、輝度の測定にあたっては位置の決定が難しいため、この結果だけからこのタスク・アンビエント照明方式が適切でないとは即断することはできない。

照明設備電力は、タスク・アンビエント照明方式が導入される前は、2フィート×2フィートおよび1フィート×4フィートの蛍光ランプを用いたK12レンズ照明器具による全般照明で2.0W/ft²(21.5W/m²)であったが、導入後は1.85W/ft²(19.9W/m²)に低減された。また年間の照明消費電力量は、7kWh/ft²/年(75.2kWh/m²/年)から1.55kWh/ft²/年(16.7kWh/m²/年)に低減された。照明消費電力量に比べて照明設備電力の低減効果が少ないのは、アンビエント照明が間接照明のためである。なお在室者による評価はよいと報告されている。

表 3.3 輝度分布の測定結果

	ポイント	測定値 (cd/m ²)	推奨値
(a)	VDT	6	(a):(b)=1:3
(b)	机上の紙	88	
(c)	近接した暗い部分 (VDTの後ろのパーティション)	13	(b):(c)=3:1 あるいは(a):(c)=3:1
(d)	近接した明るい部分 (机上面)	57	(b):(d)=1:3 あるいは(a):(d)=1:3
(e)	やや離れた暗い部分 (棚の本)	6	(b):(e)=10:1 あるいは(a):(e)=10:1
(f)	やや離れた明るい部分 (天井)	537	(b):(f)=1:10 あるいは(a):(f)=1:10
(g)	天井(照明の直上)	600	<850cd/m ² (0.6*0.6m平均)
(h)	天井(照明の間)	92	(g)/(k)<4/1(望ましい) (g)/(k)<8/1(必ず)

《参考文献》

- 1) 岩崎正之、稲餅正幸：「アメリカにおけるTALシステム」の現状、本委員会資料
- 2) IES LIGHTING HANDBOOK, REFERENCE & APPLICATION 8th Edition, Chapter 15 Office Lighting, pp. 517-540, Illuminating Engineering Society of North America (1993)
- 3) IES LIGHTING HANDBOOK, 1987 APPLICATION VOLUME Section 5 Office Lighting, Illuminating Engineering Society of North America (1987)
- 4) VDT LIGHTING RP-24 IES Recommended Practice for Lighting Offices Containing Computer Visual Display Terminals, Illuminating Engineering Society of North America (1989)
- 5) Collins, B.L. et al.: Evaluation Office Lighting Environments: Second Level Analysis, NIST IR 89-4069 (1989)
- 6) Tiller D.K. et al.: Furniture Mounted Lighting System Performance, 1 Lighting Energy Consumption, 23rd Session of the CIE
- 7) Iwata, T. et al.: Furniture Mounted Lighting System Performance, 2 Illuminance distribution on task area and luminance distribution in a visual field, 23rd Session of the CIE

第4編 在席率調査

1. 調査の目的

タスク・アンビエント照明方式の経済性の評価は、導入・運用していくうえで非常に重要である。このためには、事前にエネルギー消費量などをシミュレーションによって求めなければならないが、この際必要となるオフィスの在席率を把握するために調査を行った。

2. 調査方法

調査は、当委員会のメンバーが属している部署において、調査時刻に何人着席しているかをカウントし、これを全所属員数で除して在席率とした。調査時間は午前8時30分から午後6時まで30分もしくは1時間間隔で実施した。

これらのデータを時刻別在席率と曜日別在席率に集計するとともに、最近普及してきているフレックスタイムの適用、非適用別にも分類し、その傾向を調べた。

なお本調査では、前述のように、当委員会メンバーのみのオフィスにおける調査のため、部署がスタッフ部門（設計・研究・開発など）のみとなっている。

3. 調査結果

3. 1 時刻別在席率

調査結果を、表4.1、図4.1に示す。これらから、フレックスタイムを適用しているオフィスの方が、非適用オフィスに比べ在席率は多少低くなっているが、双方とも同じような傾向であることがわかる。また、昼食時間（12:00～13:00）を除いた平均在席率は、47.7%となった。

3. 2 曜日別在席率

調査結果を、表4.2、図4.2に示す。これらから、時刻別在席率と同じように、フレックスタイムを適用しているオフィスの方が、非適用オフィスに比べ在席率は多少低めとなっている。曜日による顕著な差はみられないが、木曜日の在席率がどちらも比較的低いことがわかる。

本調査の結果によって、時刻および曜日によるばらつきはあるものの、平均在席率が50%前後であることがわかった。これにより、タスク照明器具の点灯率の目安を知ることができる。

表 4.1 時刻別在席率（スタッフ部門）

単位：％

時刻 データ	9:00		10:00		11:00		12:00		13:00		14:00		15:00		16:00		17:00		18:00		
	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30											
フレックスタイム適用	①	59.0	53.0	59.0	35.0	59.0	41.0	53.0	41.0	29.0	41.0	59.0	35.0	65.0	53.0	53.0	59.0	53.0	41.0	47.0	35.0
	②	47.0	29.0	41.0	35.0	41.0	41.0	24.0	13.0	47.0	41.0	35.0	41.0	41.0	47.0	47.0	53.0	41.0	41.0	29.0	35.0
	③	23.0	27.0	42.0	35.0	35.0	42.0	46.0	38.0	12.0	15.0	35.0	31.0	23.0	27.0	19.0	23.0	31.0	23.0	50.0	50.0
	④	4.0	12.0	12.0	27.0	19.0	27.0	12.0	8.0	8.0	23.0	23.0	27.0	38.0	27.0	27.0	38.0	31.0	23.0	35.0	35.0
	⑤	22.0	30.0	35.0	48.0	39.0	39.0	43.0	17.0	26.0	17.0	26.0	26.0	26.0	39.0	26.0	43.0	35.0	39.0	13.0	17.0
	⑥	30.0	48.0	52.0	35.0	39.0	39.0	39.0	39.0	52.0	35.0	30.0	30.0	30.0	22.0	35.0	35.0	39.0	48.0	17.0	9.0
	⑦	38.0	43.0	60.0	63.0	60.0	58.0	58.0	53.0	33.0	33.0	33.0	38.0	38.0	43.0	45.0	60.0	63.0	68.0	58.0	58.0
	⑧	55.0	63.0	75.0	78.0	80.0	80.0	80.0	78.0	30.0	75.0	78.0	85.0	80.0	80.0	83.0	85.0	85.0	85.0	60.0	55.0
	⑨	57.6	-	53.1	-	48.2	-	47.0	-	-	-	49.0	-	46.0	-	42.3	-	42.7	-	45.9	-
	平均 ----	37.3	38.1	47.7	44.5	46.7	45.9	44.7	35.9	29.6	35.0	40.9	39.1	43.0	42.3	41.9	49.5	46.7	46.0	39.4	36.8
フレックスタイム非適用	①	45.0	45.0	64.0	64.0	73.0	55.0	73.0	36.0	18.0	73.0	55.0	55.0	36.0	73.0	64.0	64.0	73.0	73.0	82.0	45.0
	②	64.0	64.0	79.0	45.0	82.0	82.0	82.0	45.0	27.0	91.0	27.0	36.0	45.0	45.0	45.0	45.0	36.0	55.0	18.0	36.0
	③	55.0	27.0	27.0	27.0	64.0	73.0	82.0	18.0	27.0	55.0	64.0	82.0	64.0	64.0	55.0	45.0	55.0	73.0	55.0	55.0
	④	32.9	40.7	57.9	62.1	58.6	59.3	54.3	25.0	35.0	53.6	61.9	57.9	52.9	55.7	51.4	51.4	46.4	57.1	52.1	44.3
	⑤	-	-	46.7	-	40.0	-	36.0	-	-	-	38.7	-	36.0	-	45.3	-	41.3	-	42.7	-
	⑥	-	26.6	-	25.0	-	40.6	-	34.4	-	37.5	-	37.5	-	34.4	-	42.2	-	43.3	-	-
平均 ----	49.2	40.7	54.9	44.6	63.5	62.0	65.5	31.7	26.8	62.0	49.3	53.7	46.8	54.4	52.1	49.5	50.3	60.3	50.0	45.1	
合計平均	43.3	39.4	51.3	44.6	55.1	54.0	55.1	33.8	28.2	48.5	45.1	46.4	44.9	48.4	47.0	49.5	48.5	53.2	44.7	41.0	

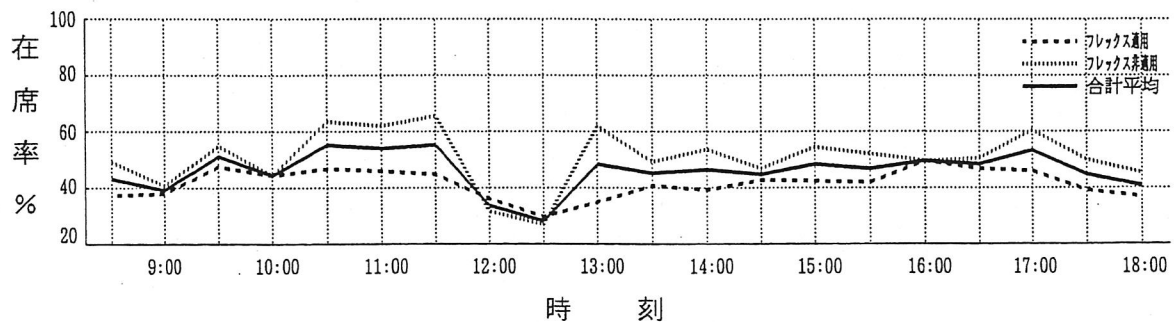


図 4.1 時刻別在席率（スタッフ部門）

表 4.2 曜日別在席率（スタッフ部門）

単位：％

曜日	月		火		水		木		金		
	フレックスタイム 適用	非適用	適用	非適用	適用	非適用	適用	非適用	適用	非適用	
デ タ	①	41.8	58.5	59.2	41.0	51.0	59.6	44.9	51.5	43.9	57.2
	②	54.3	52.9	72.0	49.3	50.0	55.7	23.0	47.6	46.9	47.9
	③	47.8	48.2	38.0	—	49.0	50.4	51.6	39.3	—	61.8
	④	23.0	—	41.8	—	31.0	—	36.9	—	—	—
	⑤	—	—	25.0	—	55.9	—	—	—	—	—
平 均		41.7	53.2	47.2	45.2	47.4	55.2	39.1	46.1	45.4	55.6
		47.5		46.2		51.3		42.6		50.5	
		合計平均=47.6		フレックスタイム適用=44.6		フレックスタイム非適用=51.1					

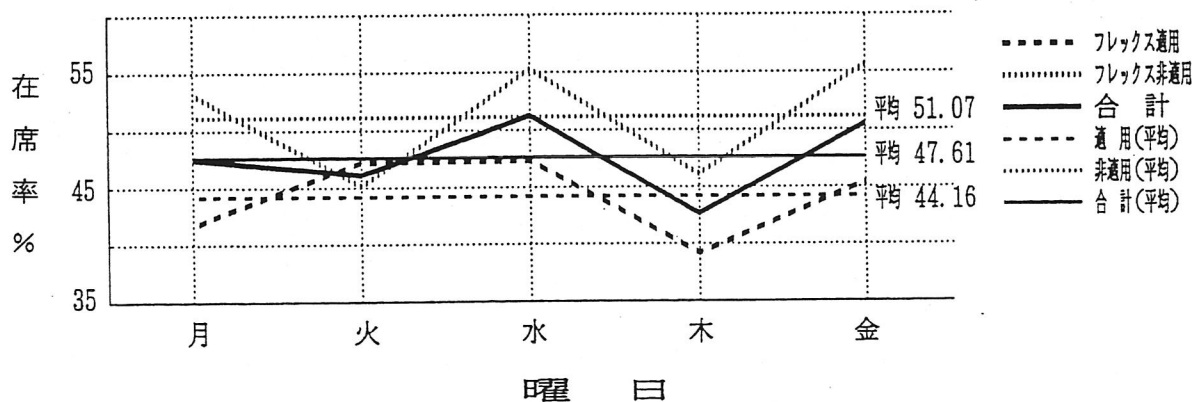


図 4.2 曜日別在席率（スタッフ部門）

1. 什器

1980年代の前半、オフィスへのOA機器の導入が盛んになり、オフィスワーカーの仕事の形態は大きく変化した。家具メーカーはこのような状況に対応するため、システムデスクやローパーティションと呼ばれる什器を開発・製造・販売しはじめ、以降各メーカーとも主力製品として扱い現在に至っている。タスク・アンビエント照明はこれら新しい什器類の1アイテムとして取り込まれてきた。以下にシステムデスク、ローパーティションおよび什器の一部としてのタスク・アンビエント照明の機能と動向について触れる。

1. 1 デスク

デスクはオフィス什器の中でも中心的存在であり、オフィスワークの効率性やワーカーの快適性に大きな影響を及ぼすものである。それだけに、オフィス家具メーカーはその時代の仕事の形態に応じた機能性や使い勝手のよさを追及した製品の開発を続けてきた。そして、現在はOA化に伴って多用化したワーカーニーズに追随すべく開発されたシステムデスクが、従来の単体デスクに代わって主流を占めるようになった。システムデスクには統一された定義があるわけではないが、各家具メーカーの考え方や実際の製品の特性を踏まえると「デスクを中心に、さまざまな連結アイテムやオプションパーツで構成され、OA化対応のワークステーション（執務空間）を構築できるシステムを持つ什器群」といったところになる。

タスク照明器具はシステムデスクのオプションパーツの1つとして存在する。メーカー

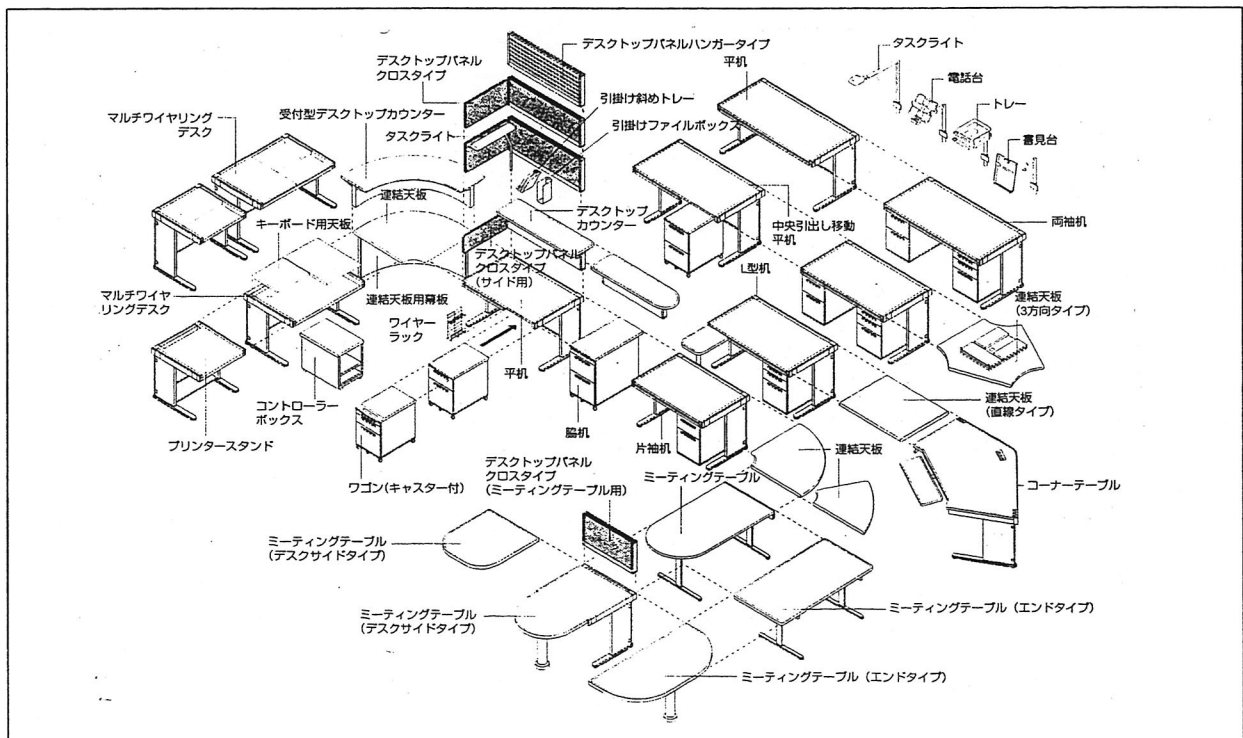


図 5.1 システムデスクの構成

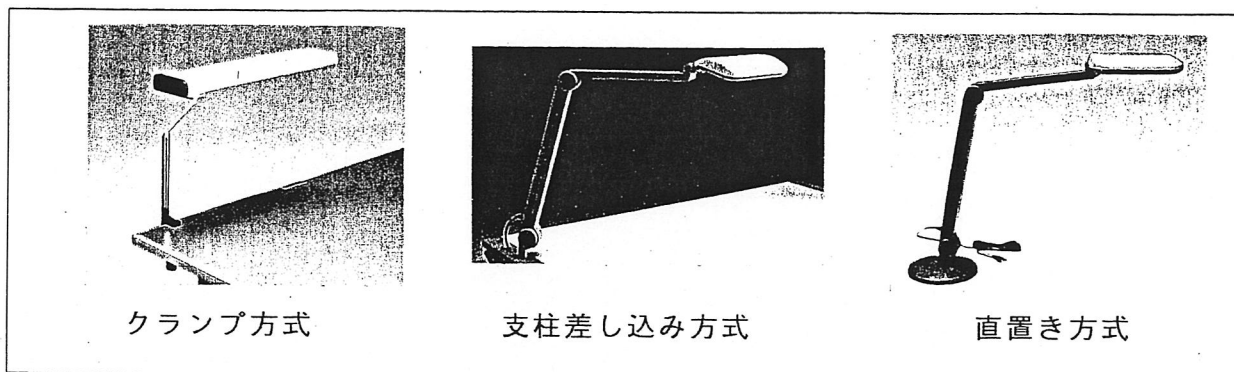


図 5.2 デスクへのタスク照明器具の取付け方式

によって多少の違いはあるが、概ね15~30Wの蛍光灯またはコンパクト型蛍光灯が一般的であり、デスクへの取り付けは、タスク照明器具の支柱の端部に、デスクの天板を挟みこんで固定するための金具がついている〔クランプ方式〕から、デスクの天板面にタスク照明器具の支柱を差し込む穴が設けられ、支柱を差し込んだ後にボルトなどで固定する〔支柱差し込み方式〕へと推移している。また、単に置くだけの〔直置き方式〕のものも依然として存在する。

システムデスクの中心であるデスクそのものは、各メーカーとも売り上げを伸ばしており、従来の単体デスクを上回り、我国のオフィスの主流となって4~5年が経過している。その意味で、タスク照明器具を装備するための土壌は既に出来上がっていることになるが、現時点でのタスク照明器具の導入率は低く、広く普及していない。この理由は、日本におけるオフィスレイアウトの9割が田の字型のデスク配置であり、天井照明からの光を遮るものがなく、十分な机上面照度が得られているため、タスク照明器具によって机上面照度を補う必要がないためであろう。デスクトップパネルの使用が増加すれば、それに伴ってタスク照明器具の導入も増えると予測される。

1. 2 ローパーティション

ローパーティションは、ワーカーの執務環境に適度なプライバシーをもたらすこととOA機器の配線処理、騒音や熱の遮断などに対応することなどを目的に開発された「高さ900~2,000mm程度の自立型、簡易組立式間仕切り」で、こちらにもワークトップ（天板）や収納など豊富なオプションパーツを構成部材に持っている。オフィスでの使い方としては、パーティション本体と天板を組合わせてワークステーションを構成する場合と、空間を仕切るために用いられる場合とがある。

システムデスクと同様にローパーティションも、そのオプションパーツの1つとしてタスク照明器具を持っており、その中にはアンビエント照明の機能をも兼ね備えたものも存在する。取り付け方式には、タスク照明器具単独の場合は、パーティションの支柱に切られたスリット（棚板などを掛けるためのもの）に取り付ける方式のもの、パーティションの棚板の下に取り付ける方式のものがある。またアンビエント照明兼用のものには、

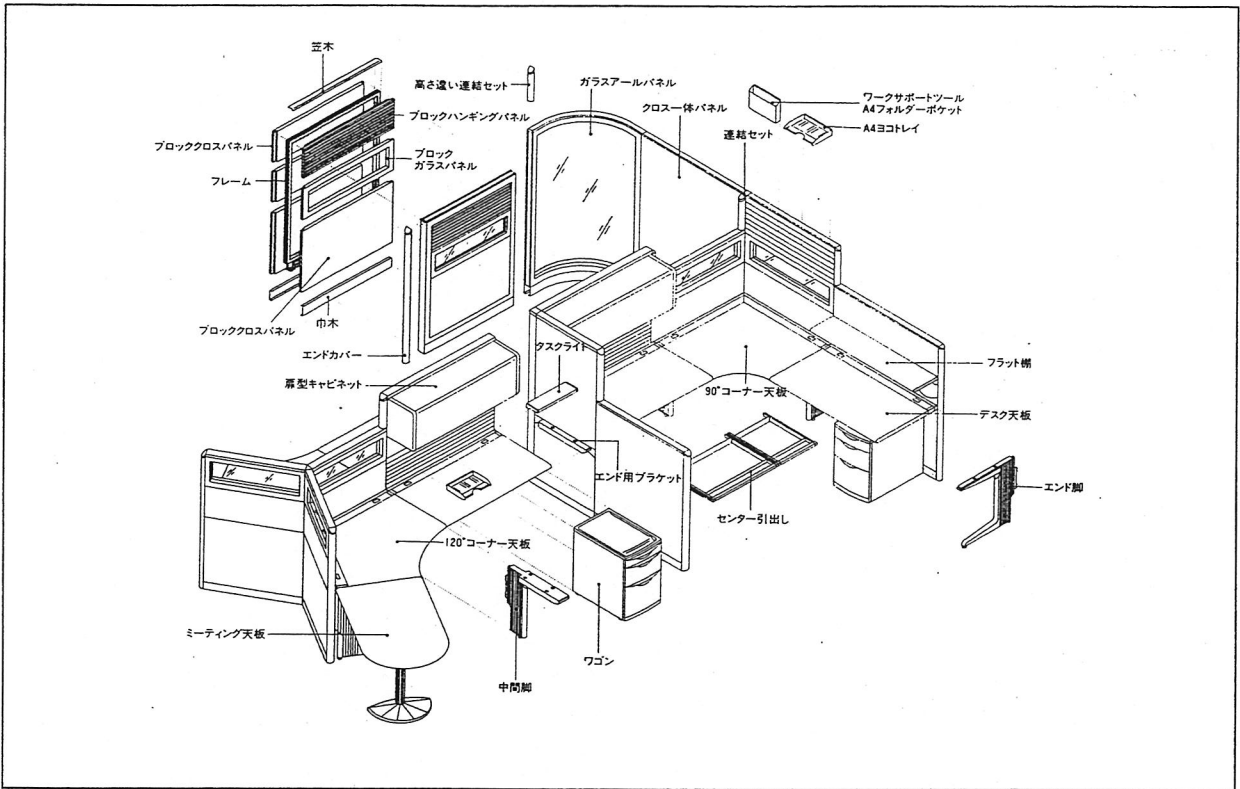


図 5.3 ローパーティションの構成図

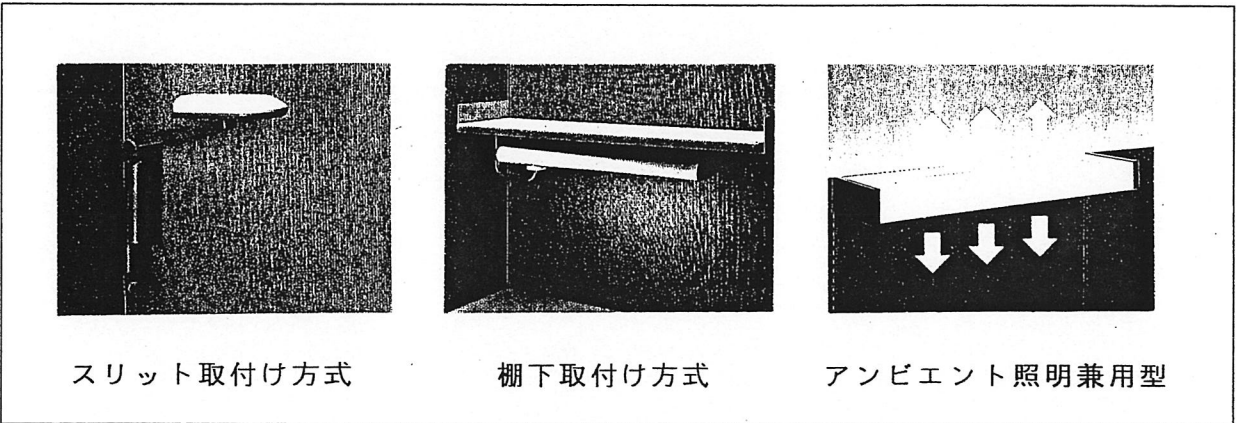


図 5.4 ローパーティションへのタスク照明器具の取付方式

上下に配光を有する器具をスリットに掛けて使用するものがある。

ローパーティションはバブル崩壊以降も生産数、販売額とも2桁成長を続けている。しかし、その用いられ方はミーティングコーナーやコピーコーナーなどオフィス内の空間を仕切るケースが多く、ワーカー1人1人の執務スペースを仕切るような方式はまだ少ない。タスク照明器具を必要とするのは後者の方であるが、ローパーティションの1アイテムとして用意されているにもかかわらず、タスク照明器具の販売実績は伸びていない。今後一人々を仕切るタイプのオフィスが増えれば、タスク照明器具の普及が進むものと思われる。

2. タスク・アンビエント空調

空調における熱的快適性に対する個人差の存在と、OA化に伴う発熱負荷源の偏在化がタスク空調の合理性を強調しているといわれている¹⁾。このため、執務者一人々の周囲空間をタスク空調によって空調し、非作業域空間は、アンビエント系統の空調によって所定の目標温熱条件に維持する、タスク・アンビエント空調方式が実用化され、実施例も増えつつある。

またタスク・アンビエント空調は、アンビエント空調の空調条件を、タスク空調より緩和できる（縦方向の不均一な温度分布の発生）とか、不在者のタスク空調は停止できる、などの理由により、タスク・アンビエント照明と同じように省エネ化が可能と期待されている。

2. 1 タスク・アンビエント空調の方式

現在実用化されている主なタスク・アンビエント空調方式には以下のようなものがある。これら以外にもタスク空調用に放射冷暖房パネルを使う方式もある。

(1) 床吹出し空気をタスク空調として利用する方式

図5.5のように床から吹出される空調空気をタスク空調用として使う方式である。タスク空調用の熱源としては、床下に専用の熱源機（たとえばペルチェ効果を利用した小型ヒートポンプ¹⁾・²⁾）を設けるとか、別途離れた場所に専用の空調機を設備し床下を空調空気のサプライプレナムとして利用する方式などが考えられる。

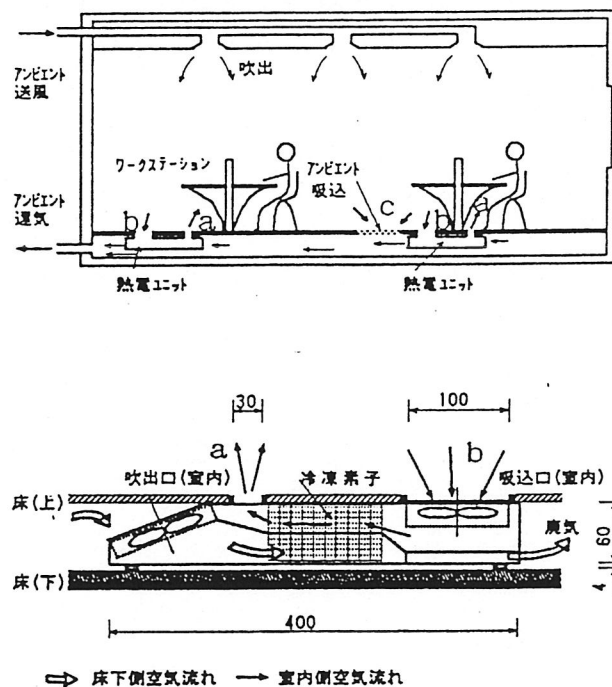


図 5.5 床吹出し口をタスク空調として利用する方式の構成²⁾

(2) パーティションからの吹出しをタスク空調として利用する方式

図5.6のようにフリーアクセス床の中にタスク空調用のダクトを設けるか、床下を空調空気のサプライプレナムとして利用し、パーティションの上部もしくは下部から空調空気を吹出す方式である。夏期は上部吹出し口から冷風を、冬期は下部吹出し口から温風を吹出す。吹出し口には水平翼と垂直翼が設けられ、これによって風向を調節することができる。また吹出し温度・風量も調節できるようになっている。

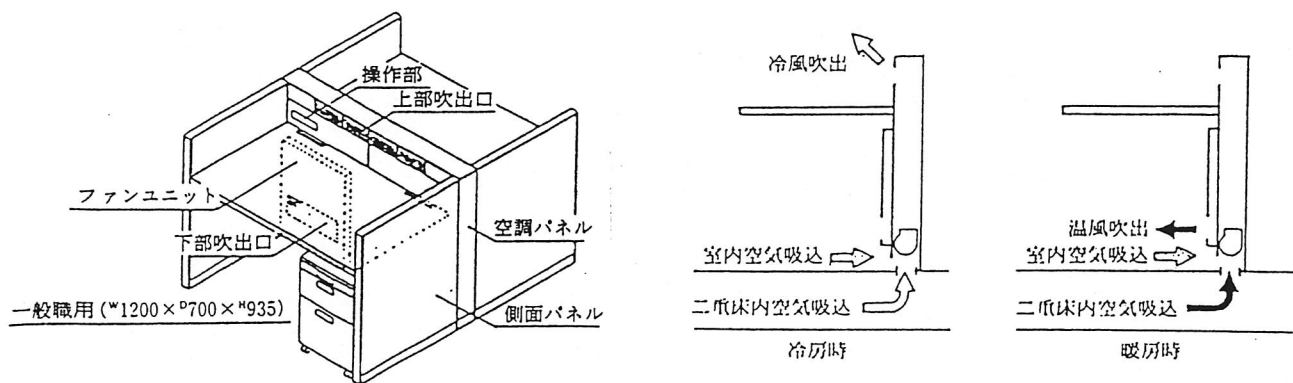


図 5.6 パーティションからの吹出しをタスク空調として利用する方式の構成³⁾

2. 2 タスク・アンビエント空調の課題

タスク・アンビエント空調は、実建物への導入後まだ日が浅いため、現時点において以下のような設計・評価上の種々の課題を有している¹⁾。

- 最適なタスク空調の風量、風速、吹出し温度は？
- タスク空調とアンビエント空調の熱負荷分担は？
- 熱負荷計算上の取扱い方法は？
- 不均一な熱環境の生理・心理的な影響は？
- 局所的な環境（温度、気流など）の計算・評価手法は？
- 最適な吹き出し口の大きさ、形状は？
- コストダウン

2. 3 タスク・アンビエント空調とタスク・アンビエント照明の接点

タスク・アンビエント空調とタスク・アンビエント照明とは、ともに環境のパーソナリゼーションを目指したシステムである。しかしながらタスク・アンビエント空調は、環境（空調）条件が年間を通して変化する点がタスク・アンビエント照明と大きく異なる点である。またタスク・アンビエント照明の場合は、タスク照明用の器具を可動式とすることが多いのに対し、タスク・アンビエント空調の吹出し口は固定とするのが一般的である。

このような両者の特質を考慮すると、タスク・アンビエント空調とタスク・アンビエント照明の間にはあまり接点がないといえる。しかしながら、コストダウンの点からいえ

ば、たとえば固定式のタスク照明器具と空調の吹出し口を一体化するようなことも考えられ、また離席時の空調停止、タスク照明の消灯などの制御は共通のシステムで行うことも可能となる。

いずれにしても環境の形成・制御・運転のパーソナル化は時代の要請でもあり、両者の接点を探りながら、今後さらなる研究・開発が進められることが望まれる。

《参考文献》

- 1) 伊藤尚寛：床吹出し空調システムとタスク空調，第2回床吹出し空調システムシンポジウム(1994)
- 2) 李・伊藤・中原：床設置型個別冷暖房ユニットを用いたタスク・アンビエント空調システムの室内温熱環境の実験解析，日本建築学会計画系論文集，第463号，29-37(1994)
- 3) 今川・美馬・大森：パーソナル空調システムの開発，フジタ技術研究所報，第29号(1993)

3. 照明器具

照明の質と量の両面を満足させながら省エネルギーを図るというタスク・アンビエント照明の目的から、照明器具はその照明方式と合わせて照明効率がよく、照明の質も維持できるものでなければならない。従ってそこに使用される光源も効率の良いものを選ぶ必要がある。これに対応するものとして、白熱電球に代替するコンパクト形蛍光ランプやさらに効率を追求した結果生まれたHf蛍光ランプなどが挙げられるが、全ての照明方式、照明器具に適用できるものではなく、それぞれ適材適所に使いこなすことが必要である。以下にタスク照明器具とアンビエント照明器具に分けてその動向を紹介する。

3. 1 タスク照明器具

照明器具の取付形態から分類すると以下のようなになる。

- ① スタンド型
- ② パーティション取付け型
- ③ 吊り下げ型
- ④ 天井取付け型

①のスタンド型は古くから作業用の照明器具として存在していたもので、あえてここで改めて説明するまでもないが、ローパーティションの普及に伴い、①の進化した形として②のパーティション取付け型が現れ定着している。照射方向が自由に換えられるものがほとんどであるが、発光部をコンパクトにまとめなければならないため、現在のところ光源としてはHf蛍光ランプよりコンパクト形蛍光ランプが主体となっている。

③の吊り下げ型は、カウンターライトとして商品化されているものもあるが、多くの照明器具を吊り下げるとは目障りでもあり、一般的なオフィス執務空間には普及していない。

④の天井取り付け型は、省エネルギーの面から、従来からの全般照明との差異をどのように実現するかについて一部発表もされているが、今後に期待するところが大きい。

それぞれの取付け形態に属する照明器具の例と、そのメリット、使用上の留意点などを表5.1に示す。

3. 2 アンビエント照明器具

アンビエント照明器具も照明器具の取付け形態から分類すると以下のようなになる。

- ① 天井取り付け型
- ② 吊り下げ型
- ③ 床置き型
- ④ 什器利用型

①の天井取付け型については、当初とくにアンビエント照明として意識せず、全般照明として設置されたものが、パーティションが導入されることにより全般照明としては照度が不十分となり、これに伴ってタスク照明器具が導入され、結果的に天井取付の照明器具

表 5.1 タスク照明器具の取付け形態別分類

取付け形態	メリット	使用上の留意点
<p>① スタンド型</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・可動アームによって必要な部分のみに高照度が得られる ・パーソナルな使用が可能 ・レイアウト変更に対応できる ・高演色性を要求される作業にはランブル交換（三波長域発光ランプなど）に対応しやしない 	<ul style="list-style-type: none"> ・器具が移動する範囲の空間スペースと机上面スペースの確保が必要 ・チラツキの防止のため高周波点灯型の器具にするこ ・望ましい視作業の場合は反射の防止のため、光源の位置や台数の間接光利用の器具などの検討が必要
<p>② パーティション取付け型</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・パーティションとの一体化や取付けにより机上面のワークスペースが広がる ・レイアウト変更に対応しやすい ・VDT作業、パーソナル化への対応がしやすい ・高演色性を要求される作業にはランブル交換（三波長域発光ランプなど）に対応しやしない ・固定型の棚下取付などに比べて遮光が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・器具が移動する範囲の空間スペースの確保が必要 ・チラツキの防止のため高周波点灯型の器具にするこ ・望ましい視作業の場合は反射の防止のため、光源の位置や台数の間接光利用の器具などの検討が必要
<p>③ 吊り下げ型</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・机上の取り付けスペースが不要 ・パイプ吊り、ワイヤ吊りなどにより手元の照度がとれる ・天井面への間接照明と作業面への直接照明が可能 ・器具を使えばアンビエント照明を兼用できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・レイアウト変更に対応しにくい ・多灯使用すると天井空間が雑然とした状態になる
<p>④ 天井取付け型</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・可動スポットライトを使うことによりパーソナル化への対応が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・レイアウト変更への対応が比較的むづかしい ・パーティション等によって遮光される可能性がある

がアンビエント照明と位置付けされるようになったものが多い。アンビエント照明の役割は、主として視野内の明るさ感を与えることであるが、天井取付けの方式、とくに水平に近い方向への遮光機能を持たせた器具などの場合には天井面が暗くなり、明るさ感が不足する恐れがある。このような場合においては、視野内で大きな占有比率を占める壁を明るくするウォールウォッシャー照明が有効であり、併用している例も多い。

一方②の吊り下げ型については、天井面を明るくすることにより視野の明るさ感は得られるが、吊り下げ長さを長くしないと天井面の明るさのムラが大きくなり、吊り下げ長さが長いとうっとうしく感じられるということで、設置には微妙な配慮が必要となる。照明器具も大きいと、より目障りに感じられるため、コンパクト性が要求され、配光制御がしやすい小形メタルハライドランプなどが光源として使用されることもある。

③の床置き型は、タスク・アンビエント照明が普及している欧米では、一人あたりの床面積が広いうえに、居住習慣としてフロアスタンドに馴染んでいる側面もあって一般化しているが、フロアコスト（賃貸料）の格段に高い我国においては、試験的に採用した例はあるものの普及するまでには至っていない。

④の什器利用型は、家具メーカー、照明器具メーカーの協力の下にまとめ上げていく型式として今後展開の余地があろう。

アンビエント照明器具の種類とそのメリット、使用上の留意点などを表5.2に示す。

3. 3 タスク・アンビエント照明の制御

タスク照明は、離席時に確実に消灯されれば省エネルギー効果も高くなる。このため消灯をマニュアルではなく、センサによって自動的に行う試みも進められている。

またアンビエント照明は、昼光センサ、人感センサなどによって自動的に調光したり、時刻によって点灯状態を自動制御することもできる。

これらの制御システムは、メーカーによって種々用意されているが、過去の実施例などを参考にしながら、費用対効果の評価などを含めて綿密に計画する必要がある。

表 5.2 アンビエント照明器具の取付け形態別分類

取付け形態	メリット	使用上の留意点
<p>①天井取付型</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • V D T 作業には O A ルーバ付き器具などで O C R T への映込み防止が可能 • 間接照明手法と併用などで視野内の明るさの確保が可能 • 大部屋の全般照明の場合、レイアウト変更に対応可能 	<ul style="list-style-type: none"> • クラス V 1、V 2、V 3 の中から適切な器具を選択する • 省エネ（高周波安定器）が望ましい • 器具の組み合わせ（防虫ラシ、専用蛍光灯の組合せ）など、人体感知センサーとの組み合わせを検討する
<p>②吊り下げ型</p>  	<ul style="list-style-type: none"> • 天井面への直交照明により作業可能タスク照明を兼ねることができる • 天井高が低くなる感がある 	<ul style="list-style-type: none"> • 将来の器具の更新も考慮する • 照明器具の配置（圧迫感、目障り）や高さ（器具の反射）など、レイアウト変更時の対応が比較的困難
<p>③床置き型</p>  	<ul style="list-style-type: none"> • ユーザーのレイアウトに合わせた器具の移動が可能 • コーナーなどへの配置によってアクセント照明が可能 	<ul style="list-style-type: none"> • 人の移動に障害にならない器具の設置スペースと配光の配慮が必要
<p>④什器利用型</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • 器具と什器の一体化がすすめば器具や配線の収納処理が比較的容易 	<ul style="list-style-type: none"> • 什器と器具が一体となるため、配光を考慮したレイアウトが必要 • レイアウト変更時の対応が比較的困難

第6編 タスク・アンビエント照明方式の設計基準（案）

ここで言及するタスク・アンビエント照明方式の設計基準（案）は、大部屋におけるタスク・アンビエント照明を主たる対象とする。

1. タスク・アンビエント照明方式導入の検討が望ましいオフィス

タスク・アンビエント照明方式は以下のような性格のオフィスに適している。

- (1) 執務者個々の作業（仕事）の性格が独立性の高いオフィス
- (2) 執務者一人あたりの占有床面積（㎡/人）が大きいオフィス
- (3) 1,000 lx以上のような高いタスク照度を必要とする作業があるオフィス
- (4) ビジネスアワーの在席率が低いオフィス
- (5) フレックスタイムを採用しているオフィス
- (6) 24時間対応が必要なオフィス

（追 補）¹⁾

オフィスにおける一人あたりの占有面積と全般照明方式と比べた場合のタスク・アンビエント照明方式の省電力効果を簡単に比較してみる。いま、

S : タスク・アンビエント照明を採用するオフィスの面積 [㎡]

S_p : 執務者一人あたりの占有面積 [㎡]

W_t : 執務者一人あたりのタスク照明設備電力 [W/人]

W_a : アンビエント照明設備電力 [W/㎡]

W_g : 全般照明の場合の照明設備電力 [W/㎡]

とすると、タスク・アンビエント照明方式及び全般照明方式各々の総照明用電力 L_{at} 、 L_{ag} は以下ようになる。

$$L_{at} = \frac{S}{S_p} W_t + W_a \cdot S \quad [W] \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$L_{ag} = W_g \cdot S \quad [W] \quad \text{-----} \quad (2)$$

タスク・アンビエント照明方式の方が省電力的となるためには $L_{at} < L_{ag}$ が成立すればよく、この条件を使って(1)、(2)式を整理すると、

$$\frac{W_t}{S_p} + W_a < W_g$$
$$S_p > \frac{W_t}{W_g - W_a} \quad \text{-----} \quad (3)$$

となる。したがって、一人当りの占有面積が上式を満足するようなオフィスであれば、タスク・アンビエント照明方式の方が省エネ的といえる。

たとえば、 $W_t = 40$ [W]、 $W_a = 24$ [W/m²]、 $W_b = 12$ [W/m²]とすれば、 $S_p > 3.3$ [m²/人]となる。また(3)式は、タスク照明の点灯率（実際に点灯されているタスク照明の数/設備されているタスク照明の数）を100%としたものであるが、実際のオフィスでは打ち合せ、出張、休暇などにより100%より小さくなる。したがって、たとえば執務時間中のタスク照明の平均点灯率を70%とすると、タスク・アンビエント照明方式が省電力的となる S_p は2.3 [m²/人]となる。

我国の一般オフィスにおける最近の一人当たりの占有面積は8~10m²程度であり、今後この値が小さくなることは考えられないため、ほとんどの場合でタスク・アンビエント照明方式の方が総照明電力が小さくなる。このことはまた空調冷房熱負荷の面でも優位性を発揮できることになる。ただし一人当たりのタスク・ライト設備電力が大きくなりすぎるとタスク・アンビエント照明方式のメリットが少なくなる。

2. 照明方式

タスク・アンビエント照明の方式には種々の方式があり、設計対象となる空間の特性を考慮して決定するのが望ましいが、アンビエント照明、タスク照明は各々独立とし、その照明方式は以下のようにするのが望ましい。

2. 1 アンビエント照明

直接照明方式もしくは半直接照明方式とする。

(追 補)

H I Dランプを使った間接照明方式は、天井の輝度及びアンビエント照度の分布が良くないなどの欠点がある。このためこのような照明方式はなるべく採用しないのが望ましいが、採用せざるをえないような場合には、天井の60cm四方の平均輝度が850cd/m²以内、最大輝度と最小輝度の比が10:1以内、となるようにするべきであるとする指針もある²⁾。

2. 2 タスク照明

直接照明方式とする。

3. 照 度

3. 1 アンビエント照度

アンビエント照度は250~600lxの間で選択する。

(追 補)

望月らの研究³⁾では、望ましいアンビエント照度が以下のように行動の種類によって変化すると報告されている。

- | | |
|---------------------|--------------|
| ・机上作業、V D T作業、打ち合わせ | 500 ~ 800 lx |
| ・思考的作業 | 200 lx |

また田淵らの研究結果⁴⁾によれば、机上面照度と壁面の反射率によって必要な周辺照度が下表のように変化すると報告されている。

作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度

作業机上面照度	壁面反射率	カテゴリー	最適	下限	下限
		累積出現率	50%		90%
300	0.3		300	180	210
	0.8		300	90	200
500	0.3		500	180	240
	0.8		500	140	230
700	0.3		530	210	280
	0.8		580	190	260
1000	0.3		570	255	330
	0.8		740	220	330

(単位：lx)

3. 2 タスク照度

作業域（机上面）の平均タスク照度（アンビエント照度＋タスク照度）は、照明学会のオフィス照明基準（JIEC-001(1992)）の推奨基準に従うものとする。

3. 3 照度の均斉度

思考的作業の場合を除き、平均タスク照度と平均アンビエント照度の比は2：1以内、作業域の最低照度／最大照度は0.6以上が望ましい。

(追 補)

各種基準、最近の研究における均斉度の推奨値を示す。

- 照明学会オフィス照明基準⁵⁾ 最大照度／平均照度 ≤ 3
- 小堀・岩田らの研究⁶⁾ タスク照度：アンビエント照度 = 2：1（アンビエント照明が直接照明方式の場合）
- D. Fischer, 1980⁷⁾ 周辺照度／作業面照度 ≥ 0.35
- イギリスCIBS CODE⁸⁾ 作業域の最小照度／平均照度 ≥ 0.8
作業域照度／作業域近傍照度 ≤ 3
- 松島らの研究⁹⁾ 作業域の最大照度／最小照度 ≥ 1.7（最小照度750lxの場合）
- A. Slater, 1994¹⁰⁾ ワークステーション 0.8（最小／平均）
ワークステーション間 0.6

表 6.1 オフィス照明の推奨基準⁵⁾

区 分	室 の 種 類	水平面照度 (lx) 以上	鉛直面照度 (lx)	照明器具の グレア規制	平均演色評価数 (Ra) 以上
執務エリア	事務室 (a)	1500	150 以上	V2, V3(G0, G1)	80
	事務室 (b)	750	150 以上	V2, V3(G0, G1)	80
	設計室、製図室	1500	150 以上	V2, V3(G0, G1)	80
	VDT 専用室、CAD 室	750	100~500	V1, V2(G0, G1)	80
	研修室、資料室	750	-	G1, G2	80
	集中監視室、制御室	750	100~500	V1, V2 (G1)	80
	診察室	750	200 以上	V3 (G1, G2)	80
	調理室	750	-	G1, G2	80
	守衛室	500	-	G2	80
役員エリア	役員室、役員会議室	750	150 以上	V2, V3(G0, G1)	80
	役員応接室	500	150 以上	G0, G1	80
	役員食堂	500	-	G0, G1	80
	役員階廊下	200	-	G1	80
コミュニケーションエリア	応接室	500	150 以上	G0, G1, G2	80
	会議室、打合せコーナー	750	150 以上	G1, G2	80
	TV 会議室	750	750 以上	V1, V2, V3(G0, G1)	80
	プレゼンテーションルーム	500	200 以上	V1, V2, V3 (G1)	80
	大会議室、講堂	750	300 以上	G0, G1, G2	60
	受付ロビー	750	200 以上	G1	60
	ラウンジ	500	-	G1, G2	80
	玄関ホール (昼)	1500	150 以上	G1, G2	60
	玄関ホール (夜)	500	150 以上	G1, G2	60
リフレッシュ エリア	食堂、カフェテリア	500	-	G1	80
	喫茶室、休憩コーナー	150	-	G1	80
	リフレッシュルーム	500	-	G0, G1	80
	アスレチックルーム	500	-	G1, G2	80
	アトリウム	500	-	G1	60
ユーティリティ エリア	化粧室	500	150 以上	G0, G1	80
	書庫	500	150 以上	G1, G2	80
	便所、洗面所	300	150 以上	G1, G2	80
	エレベータ、階段、廊下	300	-	G1, G2	80
	エレベータホール	500	-	G1	80
	電気室、機械室	300	-	G1, G2	60
	湯沸室、オフィスラウンジ	300	-	G1, G2	60
	更衣室	200	-	G2	60
	倉庫	200	-	G2, G3	60
	宿直室	300	-	G1, G2	60
	玄関 (車寄せ)	150	-	G1, G2	60
	屋内非常階段、車庫	75	-	G2, G3	60

(注)

- ① 本表は主として蛍光灯器具による全般照明に適用する。但し、事務室、製図室の水平面照度は、局部照明の併用によって得てもよい。
- ② 水平面照度は、作業区画内の作業面の平均値を示し、40歳代前半以下の人を対象とした基準値である。
- ③ 鉛直面照度は、顔の表情の見えるの重要性を考慮して推奨値を示す。VDT 作業や TV 会議室では、目の順応と TV 撮影のことを考慮している。大会議室、講堂、プレゼンテーションルームおよび受付ロビーでは特に顔の見えるが重要なので、高い値になっている。
- ④ 照明器具のグレア規制は VDT 作業が行われる室の場合は、G 分類よりも V 分類の使用を優先する。
- ⑤ 事務室は細かい視作業を伴う場合、および昼光の影響により窓外が明るく室内が暗く感じる場合は (a) を選ぶ。

3. 4 鉛直面照度

顔の鉛直面照度は150 lx以上とする⁵⁾。また壁面照度は100 lx以上が望ましい。(壁面反射率：50%の場合)

4. パーティション

反射率があまり低くないものを使用する。高さは作業の種類に適切なものを選択する。

(追 補)

- ・ 執務者相互間のコミュニケーションが常時必要な作業 1,100～1,200mm程度
- ・ 独立性の強い作業 1,300mm 以上

5. 照明器具

5. 1 アンビエント照明

固定式で高演色ランプ ($Ra \geq 80$)、高効率の蛍光灯器具とし、吊り下げタイプの場合は上向き配光を有するものが望ましい。またできるだけ調光可能な器具とする。

5. 2 タスク照明

可動式で高演色ランプ ($Ra \geq 80$)、高周波点灯方式の器具とする。またグレアが十分制御されたものが望ましい。

6. その他

6. 1 照明の制御

- (1) タスク照明は在席センサによって無駄な点灯を防止するのが望ましい。
- (2) アンビエント照明は、在席センサの信号を利用してブロックごとに無駄な点灯が防止できるようにするのが望ましい。

(追 補)

在席センサはワークステーションに人がいるかどうかを検知するもので、赤外線や超音波が使われることが多い。最近ではこのようなセンサが、色々な用途に利用されているが、タスク・アンビエント照明に使用する場合は、これをパーティションや什器の棚の下などに設置することになる。

6. 2 窓の輝度コントロール

窓の輝度が室内の最大輝度の1/10程度まで下げられるように、ガラスやブラインドなどの選択を綿密に行う。

(追 補)

- ・タスク・アンビエント照明においては、アンビエント照度が全般照明方式に比べて低いため、直射日光が入射している状態では室内の輝度バランスが非常に悪くなり、生理・心理的に悪い視環境となる。これを改善するためには、ブラインドの適切な操作や庇、建物の外皮をダブルスキン構造にするなどの配慮が望まれる。
- ・最近のオフィスにおいては、窓近傍の空調環境を改善するために、ペアガラスの間にブラインドを設置し、このサンドイッチ空間に空調空気を循環させるベンチレーションウインドウなども開発・実用化されている。

6. 3 昼 光

アンビエント照度が低いタスク・アンビエント照明においては、アトリウム、ボイド、ライトシェルフなどのように、拡散された昼光の入射が積極的に期待できるような建築計画とするべきである。またアンビエント照明の昼光利用による制御を検討する場合は調光方式とする。

(追 補)

アトリウム、ボイドは建物内に設けられる吹き抜け空間のことで、前者は商業施設やオフィスなどに、後者は超高層集合住宅に設けられることが多い。両者とも同じ吹き抜け空間であるが、アトリウムには屋根（天井）があるのに対し、ボイドにはこれがないのが一般的である。ライトシェルフは階高の高い建物において、窓の中間にシェルフ（棚）を設け、これによって日射の遮蔽とシェルフの上面で直射日光を反射させて室内に昼光を導入しようとするものである。

6. 4 チェックリスト

前節までによってタスク・アンビエント照明の主要な仕様が決まった後は、以下のような点についてもよくチェックしておく。

- タスク照明器具のランプが直接執務者から見えず、光が作業域に十分拡散され、安定器の騒音が少ないか
- 安定器と照明器具からの熱放射が少ないか
- 光膜反射が強くないか
- 作業域と周辺の輝度対比が適切な範囲に入っているか
- 照明器具は清掃と保守（ランプ、安定器の交換など）が容易か
- タスク照明器具は少々の振動ではガタつかないか
- タスク照明器具への電源供給が容易か

《参考文献》

- 1) 齊藤：建築照明システムと空調, 空気調和と冷凍10 (1984)

- 2) IESNA RP-24 VDT Lighting : IES Recommended Practice for Lighting Office
Containing Computer Visual Display Terminals, IES New York (1989)
- 3) 望月・山川・平手・安岡 : オフィスを想定したタスク・アンビエント照明に関する実証的研究, 建築学会大会学術講演梗概集 (1994)
- 4) 田淵・中村・松島・別府 : 事務所で局部照明を併用する場合の好ましい照度バランスに関する研究, 照明学会誌, Vol. 75, No. 6 (1991)
- 5) オフィス照明基準 : 照明学会・技術基準 JIEC-001 (1992)
- 6) 藤田・水谷・小堀・岩田・宿谷 : オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験, 建築学会大会学術講演梗概集 (1993)
- 7) D. Fischer : General LIGHTING versus local-lighting in office, International Lighting Review, Vol. 31 (1980)
- 8) CIBS (The Chartered Institution OF Building Services) : Code for Interior Lighting 1984
- 9) 松島・田淵 : 机上面の書類の視作業における照度均斉度の評価実験, 電気関連学会関西支部連合大会, G13-13 (1982)
- 10) A. Slater : Subjective Studies Office Lighting, 1994 国際シホ°ジウム (1994)
- 11) 岩崎 : 什器と T A L, 照明学会研究会資料 (1985)

第7編 省エネ効果と経済性の評価

タスク・アンビエント照明方式の有効性を、省エネ効果と経済性の両面から評価してみる。

1. モデルオフィス

評価対象とするモデルオフィスと照明設備の概要を表7.1に示す。

表 7.1 モデルオフィスと照明設備の概要

項 目	仕 様	備 考
モデルオフィス	対象オフィスの平面図を図7.1に示す。3.2 mの廊下を挟み、両側に奥行12.8 m、間口51.2 mのオフィスが配置されている。	
対 象 面 積	1,311m ² (12.8m×51.2m×2)	上記より廊下部分を除く
執 務 者	100人	
在 席 率	50% (第4編の結果を使う)	タスク照明点灯率として使用
照 明 設 備	タスク・アンビエント照明	器具配置は最大照度/室内平均照度が3以下となるように台数、間隔を調整するものとする
	全 般 照 明	
	照明器具の仕様	備 考
アンビエント照明	天井埋込型下面白色ルーバ付 Hf 蛍光灯32W×2灯用器具 消費電力：98W ランプ°単価：1,400円/灯 ランプ°寿命：12,000時間	図7.2参照 M社NHF42760程度 (@35,500) 45W点灯で使用
タスク照明	卓上取付、可動型 ツイン蛍光灯27W 1灯用器具 消費電力：32W ランプ°単価：1,400円/灯 ランプ°寿命：6,000時間	図7.2参照 M社SQ937程度 (@13,700)

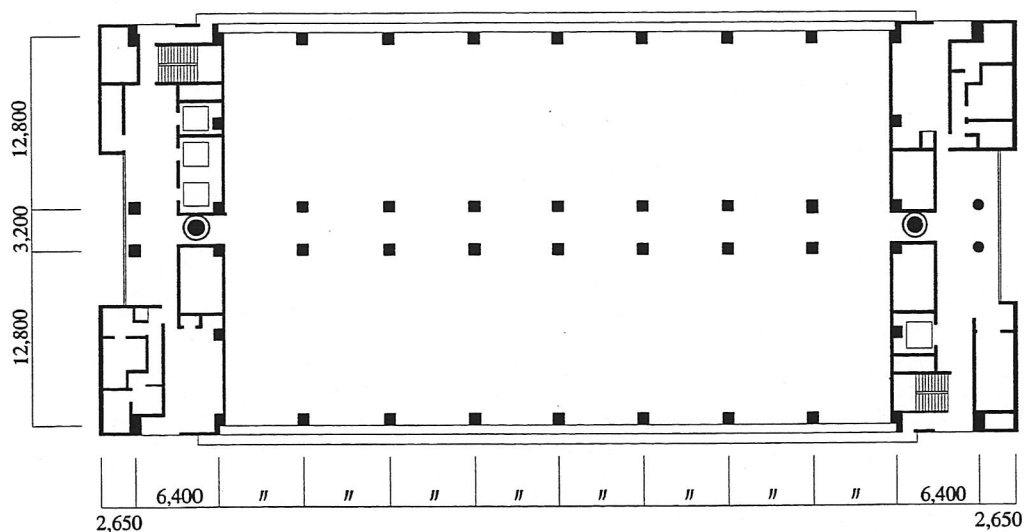


図 7.1 モデルオフィスの平面図

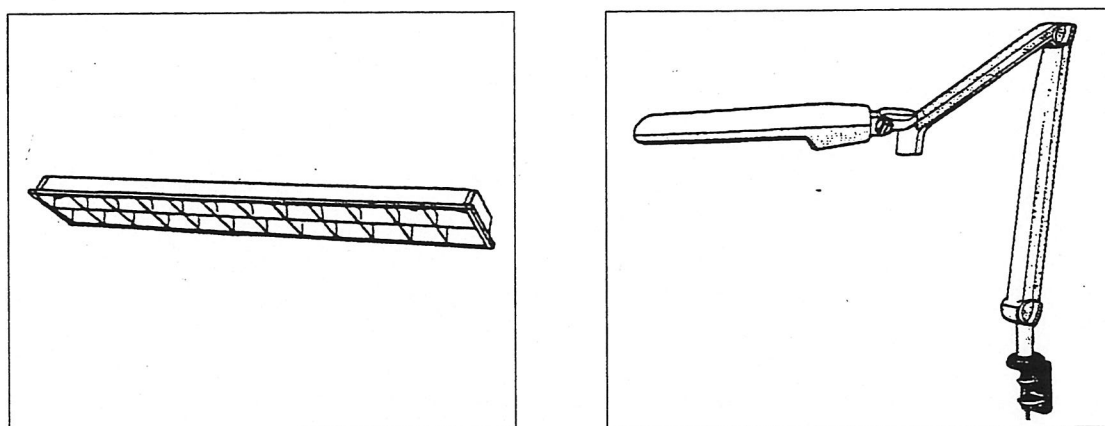


図 7.2 使用照明器具（左：アンビエント照明用、右：タスク照明用）

2. 省エネ効果と経済性の評価

2. 1 計算条件

- アンビエント照明は年間2,160時間点灯
- 電力料金はフラットレートで20円/kWh
- コスト計算にあたっては器具、ランプ、電力料金のみを計算対象とし、照明制御、タスク照明用コンセント、配線、分電盤および器具の取付工事費などは含まない。
- 照明器具の単価はメーカーの定価とする
- エネルギー料金の計算にあたっては照明エネルギーのみを計算対象とし、空調負荷減少に伴う空調エネルギー費の削減効果は含まない。

2. 2 評価結果

評価結果を表7.2に示す。

表 7.2 タスク・アンビエント照明方式と全般照明方式の比較試算結果

		全般照明方式	タスク・アンビエント照明方式					
計算条件		対象面積1,311㎡, 人員100人, 在席率50% (=タスク照明点灯率) 年間2,160時間点灯, 電力料金フラットレート: 20円/kWh						
設定照度		750lx	750lx	<table border="1"> <tr> <td><アンビエント分></td> <td><タスク分></td> </tr> <tr> <td><350lx></td> <td><400lx></td> </tr> </table>	<アンビエント分>	<タスク分>	<350lx>	<400lx>
<アンビエント分>	<タスク分>							
<350lx>	<400lx>							
照明器具		Hf32W2灯 × 252台	—————	<table border="1"> <tr> <td>Hf32W2灯 × 128台</td> <td>FDL27W1灯 × 100台</td> </tr> </table>	Hf32W2灯 × 128台	FDL27W1灯 × 100台		
Hf32W2灯 × 128台	FDL27W1灯 × 100台							
消費電力量	設備電力	24.7kW ^{a)} (18.8W/㎡) ^{b)}	15.7kW (12.0W/㎡)	<table border="1"> <tr> <td>12.5kW (9.6W/㎡)</td> <td>3.2kW^{c)} (2.4W/㎡)</td> </tr> </table>	12.5kW (9.6W/㎡)	3.2kW ^{c)} (2.4W/㎡)		
	12.5kW (9.6W/㎡)	3.2kW ^{c)} (2.4W/㎡)						
	消費電力量	53,343kWh/年 ^{d)} (40.7kWh/㎡/年)	30,551kWh/年 (23.3kWh/㎡/年)	<table border="1"> <tr> <td>27,095kWh</td> <td>3,456kWh^{e)}</td> </tr> </table>	27,095kWh	3,456kWh ^{e)}		
27,095kWh	3,456kWh ^{e)}							
	100% (基準)	57%	<table border="1"> <tr> <td>51%</td> <td>6%</td> </tr> </table>	51%	6%			
51%	6%							
省エネルギー率		—————	43%					
イニシャルコスト		8,946千円 ^{f)} (6,825円/㎡)	5,914千円 (4,512円/㎡)	<table border="1"> <tr> <td>4,544千円 (3,467円/㎡)</td> <td>1,370千円 (1,045円/㎡)</td> </tr> </table>	4,544千円 (3,467円/㎡)	1,370千円 (1,045円/㎡)		
4,544千円 (3,467円/㎡)	1,370千円 (1,045円/㎡)							
		100% (基準)	66%	<table border="1"> <tr> <td>51%</td> <td>15%</td> </tr> </table>	51%	15%		
51%	15%							
コスト低減率 (1)		—————	34%					
ランニングコスト	ランニング電力	127千円/年 ^{g)} 1,067千円/年 ^{h)}	90千円/年 611千円/年	<table border="1"> <tr> <td>65千円/年 542千円/年</td> <td>25千円/年ⁱ⁾ 69千円/年</td> </tr> </table>	65千円/年 542千円/年	25千円/年 ⁱ⁾ 69千円/年		
	65千円/年 542千円/年	25千円/年 ⁱ⁾ 69千円/年						
	小計	1,194千円/年 (911円/㎡/年)	701千円/年 (535円/㎡/年)	<table border="1"> <tr> <td>606千円/年 (463円/㎡/年)</td> <td>94千円/年 (72円/㎡/年)</td> </tr> </table>	606千円/年 (463円/㎡/年)	94千円/年 (72円/㎡/年)		
606千円/年 (463円/㎡/年)	94千円/年 (72円/㎡/年)							
	100% (基準)	59%	<table border="1"> <tr> <td>51%</td> <td>8%</td> </tr> </table>	51%	8%			
51%	8%							
コスト低減率 (2)		—————	41%					
建設 修繕 廃棄 運用 [ランニング] 運用 [電力]		0.30 kg-C/㎡/年 ^{j)} 0.12 kg-C/㎡/年 ^{k)} 0.06 kg-C/㎡/年 ^{l)} 0.08 kg-C/㎡/年 ^{m)} 5.29 kg-C/㎡/年 ⁿ⁾	0.20 kg-C/㎡/年 0.08 kg-C/㎡/年 0.04 kg-C/㎡/年 0.06 kg-C/㎡/年 3.02 kg-C/㎡/年					
LCCO ₂ 発生量合計		5.85 kg-C/㎡/年	3.40 kg-C/㎡/年					
		100% (基準量)	58%					
LCCO ₂ 削減量		—————	42%					

(注) 表中の()内値は単位面積あたりの値を示す。また右肩のアルファベットのサフィックスは次ページのアルファベットを示す。

[表中の値の計算根拠]

- a) = $98W \times 252$ 台, b) = a) / $1,311m^2$, c) = $32W \times 100$ 人,
 d) = a) $\times 2,160$ 時間, e) = $32W \times 100$ 人 \times 在席率50% $\times 2,160$ 時間, f) = $@35,500 \times 252$ 台,
 g) = $2,160$ 時間 / ランプ° 寿命12,000時間 $\times 2$ 灯 $\times 252$ 台 \times ランプ° 単価@1,400
 h) = $2,160$ 時間 / ランプ° 寿命6,000時間 \times 在席率50% $\times 100$ 台 \times ランプ° 単価@1,400
 i) = d) \times 電力料金フラットレート20円/kWh,
 j) ~ n) は参考文献1) の試算例などを参考に以下のように設定(20年間償却と仮定)。ただし生産者価格はメーカー一定価を準用した。
 j) 照明器具の生産者価格当たりのCO₂原単位0.88kg-C/千円²⁾ $\times 6,825$ 円/m² / 償却20年
 k) 仕上コストの2%が毎年修繕にかかるとした。0.88kg-C/千円 $\times 6,825$ 円/m² $\times 0.02$
 l) j) の20%
 m) 電球類の生産者価格当たりのCO₂原単位0.83kg-C/千円²⁾ $\times 127$ 千円 / $1,311m^2$
 n) 需要端電力CO₂排出原単位0.13kg-C/kWh $\times 40.7$ kWh/m²

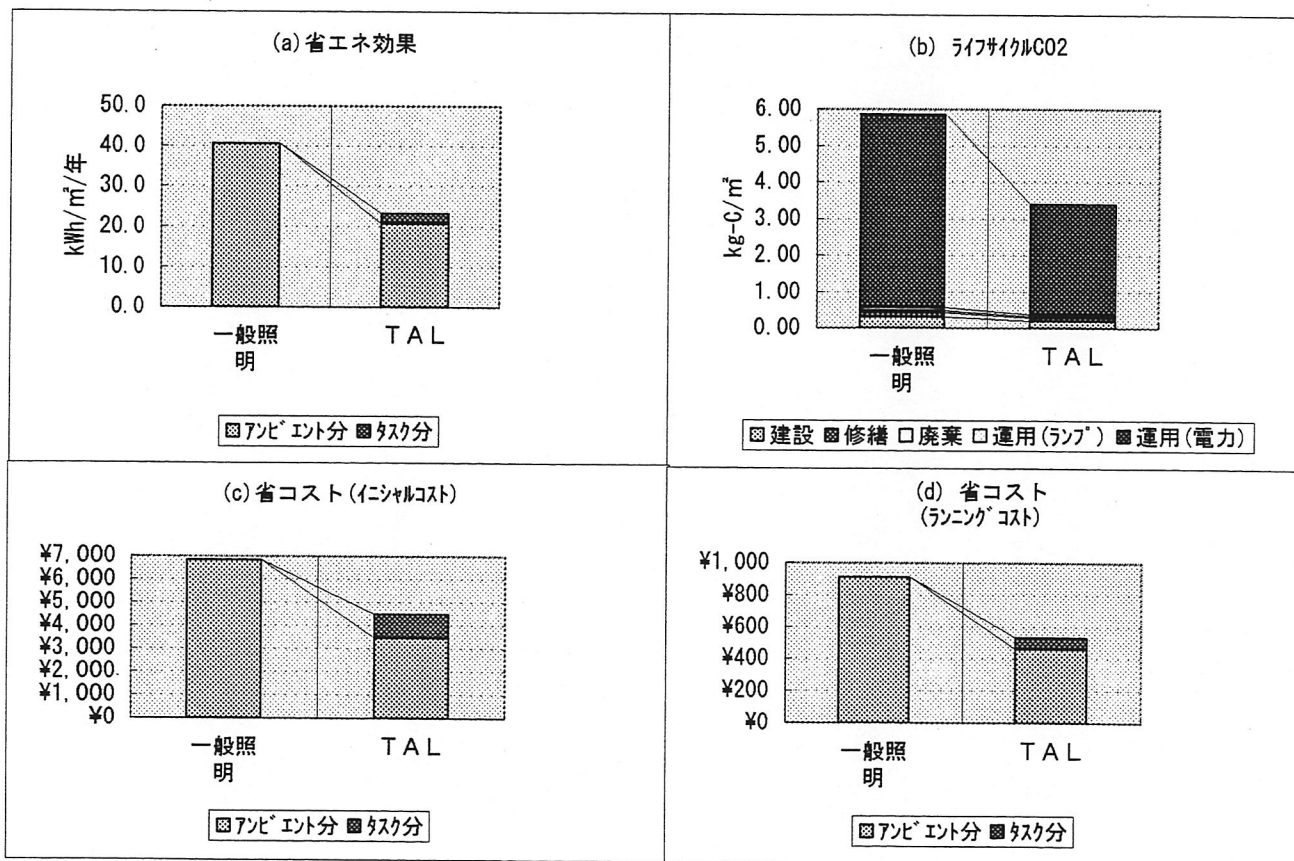


図 7.3 タスク・アンビエント照明方式と全般照明方式の比較試算結果

2. 3 考 察

(1) 省エネ効果 (図7.3(a))

タスク・アンビエント照明方式を採用した場合の年間消費電力量は23.3kWh/m²で、全般照明方式の40.7kWh/m²に比べ57%となっており、43%の省エネ効果が期待できる。さらに空調負荷減少に伴う空調エネルギーの削減効果により、一層の省エネ効果が期待できる。

(2) 経済性 (図7.3(c)(d))

タスク・アンビエント照明方式を採用した場合、全般照明方式に比べイニシャルコストで約2/3、ランニングコストで約6割となった。

一般にアンビエント照明器具はタスク照明器具より高価であり、またタスク照明器具の取付工事費が発生しないため、工事費等を含めた比較の場合にはイニシャルコストの低減傾向がより顕著になると考えられる。ランニングコストは人員密度と在席率によって変化するが、アンビエント照明の電力費の削減効果が大きい。いずれにしても、今回の試算では、イニシャルコスト、ランニングコスト両面で低減効果が得られた。

3. 地球環境への影響の試算¹⁾

ライフサイクルCO₂ (LCCO₂) は、地球温暖化防止の観点から建物の生涯をはかる物差しで、建設、運用、修繕、廃棄とつながる建物のライフサイクルの間に排出されるCO₂の量を、年間・単位床面積当たりの値として評価するものである。今回の試算では、タスク・アンビエント照明方式のLCCO₂は全般照明方式の約6割となった(図7.3(b)参照)。同図から、LCCO₂は消費電力量(運用時におけるエネルギー消費量)の影響が大きいことが分かる。したがってこの結果は、省エネ化することが、LCCO₂の観点からも非常に重要であることを示唆しており、今回の試算においてもタスク照明をさらに細かく点滅制御することでCO₂の一層の削減をはかることが可能となる。さらに前述のように照明のエネルギーを削減することにより、空調用の消費エネルギーも削減できるため、なお一層LCCO₂が削減されることになる。

《参考文献》

- 1) 石福・伊香賀：大気環境の問題と対策(4) CO₂削減対策, 空気調和・衛生工学, Vol. 68, No. 9, pp. 43-49 (1994)
- 2) 吉岡・早見・池田・菅：環境分析用産業連関表の応用(生産活動に伴うCO₂の排出量とその要因), イノベーション&I-Oテクニク, 環太平洋産業連関分析学会, Vol. 3, No. 4, pp. 31-47 (1992)

第8編 タスク・アンビエント照明方式の評価

光環境の評価とは、簡単に言えば、よい照明とは何かという問いかけに対して解答を与えること、と言ってよいだろう。どのような照明がよい照明であるかというのは古くて新しい問題で、これまでも頻繁に議論されてきた。そのような中で一つの合意として、光環境を機能と雰囲気という二つの面から、あるいはもう少し細かく、良好な視機能、不快でない視環境、用途に適した室内の雰囲気という三つの面からとらえ、よい照明計画とはそれらを実現させるものであるとされてきた(図8.1)¹⁾。現在においても、光環境をこのような面から評価して総合評価に至るといった考え方が変化しているわけではない。

しかしながらこのような概念は、非常に抽象的であり、実際の物件の評価に具体的に適用できるわけではない。したがってここでは、評価という行為が持つさまざまな側面を整理し、現在一般的に行われている光環境の評価方法の意味を考え、タスク・アンビエント照明の光環境を評価する際に考慮すべき観点を整理するにとどめる。

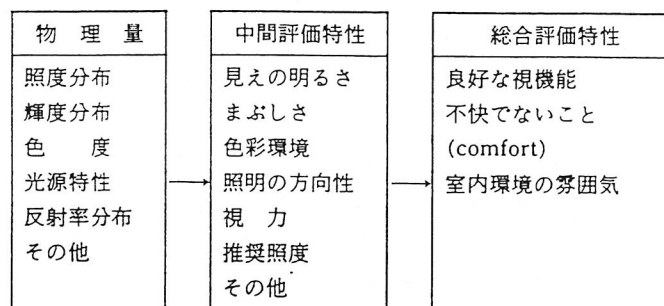


図 8.1 照明設計における評価特性と物理特性

1. 光環境の一次評価と特徴量

現在、全般照明方式を採用したオフィスの光環境を評価する場合、我々はまず、その空間の用途に応じた適切なグレア分類の照明器具が使われているかどうかをチェックし、次いで、平均照度が推奨値を満足しているか、照度均斉度はどうか、など、光環境のある側面の調査・計測を行い、これらが満足されていれば、とりあえずよい光(照明)環境であると評価している。このようなグレア分類、平均照度、照度均斉度などは、図8.1の物理量に相当するもので、それぞれに光環境のある特徴を表す量(特徴量)である。そしてこのような評価は、総合評価に至る初期の段階での評価であり、特徴量に直接結びついた一次的な評価といえる(図8.2)。

広辞苑第4版によると、評価とは「(1)品物の価格を定めること。また評定した価格。(2)善悪・美醜・優劣などの価値を判じ定めること。」とある。本編で問題としている評価とは、(2)の物事に優劣などをつけること、といってよい。優劣をつけるためには何らか

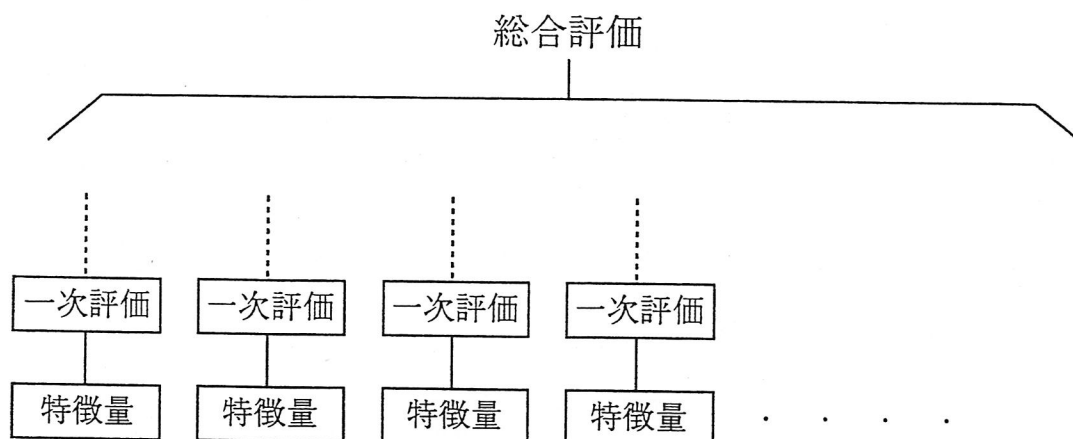


図 8.2 光環境の評価システム

の比較の尺度が必要となるが、その尺度が「善さ」であったり「美しさ」であったりした場合、ここで言う善悪、美醜の価値を判じ定めるとい意味となると考えることができる。すなわち評価には何らかの視点が必要であり、具体的な判断のためにはある尺度が必要となる。

なお光環境を評価する際の特徴量は、必ずしも前述の三つである必要はない。光環境はさまざまな見方で見ることができるが、その見方の数だけの一次評価とそれに対応した特徴量が存在しえる。一般に特徴量は、その一次評価に当たる評価の視点は明示されないで単独で使われることが多いが、現実にはどのような特徴量であっても、その背景には必ずある評価の視点や評価の状況が想定されている。そして特徴量の有効性は、そのような評価の視点を理解することによってはじめて判断できる。したがって特徴量は、全く客観的な所与のものではなく、光環境に対する見方、言い換えれば光環境に対する何らかの価値観を反映したものになっている^{2)・3)}。

最終的な総合的な評価の段階では、さまざまな価値観によって評価が変わり得ることは理解しやすいが、評価の最も基本となる特徴量に、光環境に対する価値観が含まれているということは一般には認識されていない。評価とは、有形、無形の価値観が反映した結果であり、さまざまな環境の評価を行う場合、従来取り上げられてきた特徴量が果たして適切かどうかという考察は必ず必要で、そのためには、それぞれの特徴量が持つ価値観を明確に理解しなければならない。

2. タスク・アンビエント照明の一次評価と特徴量

ここでは、タスク・アンビエント照明方式を、どのような特徴量として表現すればよいかという問題を考えてみる。既に述べたように、特徴量の表現は評価の姿勢によって大きく変化するため、まず評価の視点の違いを見てみたい。

タスク・アンビエント照明方式と全般照明方式の最も大きな違いは、照明の均一性に対

する視点の違いである。全般照明方式は、「照明は均一の方が好ましい。均一に照明するよう努力する。」という思想があった。タスク・アンビエント照明方式ではそれが、「作業域と非作業域の明るさの差（分布）は許容する。ただしその差（分布）は適当な範囲に調整する。」という考え方に变化している。そういう意味でタスク・アンビエント照明が持つ評価の視点は、全般照明方式と本質的に異なる。

次にこのような一次評価の視点と特徴量との関係を整理してみる。

（１）照度均斉度からタスク／アンビエント照度比へ

全般照明方式の照度均斉度という特徴量は、タスク・アンビエント照明においては、適正照度比、すなわち、適正なタスク／アンビエント照度比という表現となる。本報告書では、タスク・アンビエント照明方式の設計基準（案）として、その比を2：1以内としている（第6編参照）。

（２）照度分布と輝度分布

タスク・アンビエント照明では均一な照明ではなく明るさの分布が存在することを認めているため、まず平均値のもつ意味が異なる。照度がほとんど均一ならば、どの部分の照度を平均してもそれほど値に違いがないが、不均一な状態ならば、平均をとる範囲によってその値は大きく変化する。このような問題は測定解像度の問題に帰着でき、考慮の対象とする変化の粗さに応じて測定解像度を決定しなければならなくなる⁴⁾。

またタスク・アンビエント照明方式が導入されたオフィスでは、前述のように作業域と非作業域との間に明るさの差があると同時に、間接照明を併用したりローパーティションが設置されているような場合もあるため、作業面と正面のパーティション、周辺、あるいは天井や壁といった、さまざまな面との間に照度差が生ずる。このようにさまざまな方向の面を評価する場合には、照度よりは輝度分布の方が適切である。またOA化の進展により、VDTの画面の輝度との関係も考慮する必要が出てきているため、さらに輝度分布を考慮することの重要性が増している。

なおこのような分布を考慮する場合には、分布が適正であるかどうかをチェックするための指標が必要となる。そこでまず考えられるのは、全体的なばらつきを把握できるような量、たとえば分散のような量を特徴量として使うことである⁴⁾。

しかしこれでは、特定の部分の変化の強さを表現することはできない。特定の部分の変化を考えるためには、変化の強度の定量的な考え方を確立することがまず必要となる。一般的に変化は、変化の粗さと変化の強さで表現できるが、特定の变化の粗さだけを抽出するという操作を用いることによって特定の部分の変化の強さを表現することができる⁵⁾。このような操作は輝度分布を用いた方が一般的には処理しやすい。

また、変化の特徴量としては、このような輝度変化の強さだけでなく、輝度変化境界線の特性がある⁶⁾。輝度変化境界線の特性とは、輝度変化が生じている部分がどの程度ぼんやりしているかを表現するものであるが、上記の特定の粗さの輝度変化の強さを抽出する

操作を幾つか組み合わせることで表現することができる。

しかしこのようなさまざまな分布の物理量は研究がはじまったばかりであり、現時点においてはまだ十分なコンセンサスが得られた特徴量ではない。

3. タスク・アンビエント照明方式の総合評価

総合評価を考える時、評価者と評価の状況を設定しなければならない。だれが、何時、どこで、何を、どのようにして、評価するかという設定である。基本的には、オフィスイーカーが、オフィス作業を行う際に、作業性の高いことが総合的に高い評価が与えられる条件であると考えられる。

オフィスで行われる作業は非常に多様であるが、最近ではOA機器を使った作業が増えている。OA機器を使った作業においては、その視線は書類ではなくVDTに向けられ、その視線方向は従来の筆記作業よりも水平に近くなるため、パーティションが設置されることが多くなり、これに伴ってタスク・アンビエント照明方式が採用される可能性も高くなると予測される。

しかしながら、このようにタスク・アンビエント照明方式が採用されても、現在のところ、その総合的な評価は簡単に行うことができない。まず、前述の特徴量の確立が必要であり、それにはまず、一次評価としてどのような視点が必要かという点が問題となる。

そして適切な総合評価システムの確立は、今後の研究に待つとしても、おそらく大きくは、視機能性、視覚的な快適性、心理的な快適性という三つの点から、この順の重要度で評価されるのではないかと考えられる。ただし、タスク・アンビエント照明が定着した段階においては、心理的な快適性のウエイトが増すのではないかと考えられる。その理由の一つは、タスク・アンビエント照明は光による演出機能が期待できると考えられるからである。

4. まとめ

光環境の評価は、光環境を物理的に表現する特徴量、一次評価、総合評価というシステムの中で考えなければならない。そして最も注意しなければならない点は、評価システムの最も基本的な要素である特徴量自体に価値観が含まれているという事実である。したがって、従来からの特徴量である、平均照度、照度均斉度といった指標のみでタスク・アンビエント照明方式の光環境を評価するのではなく、特徴量自体に対する考慮も必要となる。

タスク・アンビエント照明方式と全般照明方式との大きな違いは、タスク・アンビエント照明では明るさの変化を許容した点にある。この姿勢は、どのような明るさの変化が適切であるかを考えることにつながる。

タスク・アンビエント照明方式自体は現時点において、それほど新しい照明方式ではないが、アンビエント照明とタスク照明を分けて考えるということ、設計の基本に据えた

ところに、タスク・アンビエント照明の重要な意味がある。

全般照明方式の設計は、作業面のほとんどにおいて、一定範囲の均斉度を維持しながら設計照度（平均照度）を確保するという設計思想から、天井に規則的に照明器具が配置される場合が多い。しかしこのような設計では、照明器具のラインをどちら側に流すかや、口の字に組むか程度のバリエーションしか考えられない。しかしながらタスク・アンビエント照明は、少ないエネルギーで多様な光環境を作り出す手法として、照明設計に大きな自由度を与える。したがって本編で示したような点に十分留意することによって、タスク・アンビエント照明は、質の高い光環境を実現する原動力となる可能性を持っていると考えられる。

《参考文献》

- 1) 納谷嘉信：照明環境と色彩，照学誌，Vol. 55, No. 3, pp. 155 (1971)
- 2) R. L. キニー・H. ライファー著、高原他訳：多目標問題解決の理論と実例，構造計画研究所 (1980)
- 3) 建築計画教科書研究会編：建築計画教科書，彰国社 (1989)
- 4) 住宅、オフィスのエネルギー低減型照明特別研究委員会編：住宅、オフィスのエネルギー低減型照明に関するフィージビリティスタディ，照明学会報告書 (1994)
- 5) 中村芳樹・乾正雄：輝度変化の強さの検出法，照明学会全国大会講演論文集，pp. 193-194 (1994)
- 6) 中村芳樹・乾正雄：視環境の輝度分布特性に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集，No. 438, pp. 1-8 (1992)

参 考 文 献 ・ 資 料

- (1) 机上面の書類の視作業における照度均斉度の評価実験 ----- 参- 1
- (2) インテリジェントビルとオフィス環境 ----- 参- 2
- (3) タスク照明の心理・生理的影響に関するフィールド実験 ----- 参- 6
- (4) T A L方式における可動式タスクライトの使用状況調査 ----- 参- 8
- (5) 事務所で局部照明を併用する場合の好ましい照度バランスに関する研究 -- 参-10
- (6) オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験 その1 ----- 参-17
- (7) オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験 その2 ----- 参-19
- (8) オフィスの光環境のSD法を用いた心理評価に関する検討 ----- 参-21
- (9) オフィスにおけるタスク・アンビエント照明の最適性に関する検討 ----- 参-23
- (10) オフィスを想定したタスク・アンビエント照明に関する実証的研究 ----- 参-25
- (11) 輝度分布の表現法に関する研究 ----- 参-27
- (12) 視環境の輝度分布特性に関する研究 ----- 参-35
- (13) オフィスの輝度分布特性とその心理的効果 ----- 参-43
- (14) アメリカにおける「T A Lシステム」の現状 ----- 参-50
- (15) 側窓光を含むタスク・アンビエント照明方式に関する実験的研究 ----- 参-52

G13-9 机上面の書類の視作業における
照度均斉度の評価実験

○松島 公嗣 田淵 義彦
(松 下 電 工 株 式 会 社)

1. まえがき

机上面に想定した書類の視作業における照度均斉度(最大照度/最小照度)の限界値についてすでに報告した¹⁾。今回は、その主観評価実験について、好ましい値も含め報告する。

2. 実験設備

図1に概略を示す。

寸法、形状がJISで定められた鋼製事務用机を使用した。

観察者に対して反射グレアが生じない位置にアンビエントライトとタスクライトを設置した。

3. 実験方法

次の2種類の実験により照度均斉度を求めた。

実験1: 視作業域内の最大照度を固定。

実験2: 視作業域内の最小照度を固定。

観察者は、アンビエントライトを下記のカテゴリに対応するよう調光した。なお、最大もしくは最小照度が常に所定の照度に保たれるように、実験者がタスクライトを調光した。そして各カテゴリの調整値の幾何平均値を求めた。各カテゴリの()内は実験2。

カテゴリⅠ: 明るさのバランスはちょうどよい。〔よい〕

カテゴリⅡ: 向かって右(左)側の明るさがこの程度なら許容できる。〔ややよい〕

カテゴリⅢ: 向かって右(左)側がこれ以上暗く(明るく)てはいけない。〔限界〕

照度設定値を以下に示す。

実験1: 500lx, 700lx, 1000lx, 1300lx

実験2: 300lx, 500lx, 750lx

視作業域は、北アメリカIESハンドブック²⁾を参考に以下の2種類に決めた。

第一エリア: 360mm×310mm(約A3サイズ)

第二エリア: 810mm×550mm(新聞紙見開きサイズ)

観察者は6名(一部20名)で繰り返し3回。

4. 結果

視作業域内の照度均斉度(最大照度/最小照度)は実験2の方が小さかった。

表1、表2に各カテゴリに対応する最大照度、最小照度および照度均斉度を示す。

5. 結論

(1) 側方から照明する方式のタスクライトでは好ましい照度均斉度は1.0にはならない。

(2) 最小照度が750lxの場合、第一エリアの照度均斉度の限界は1.9である。

〔参考文献〕

1) 田淵、松島: 昭和58年照学全大 90

2) IES Lighting Handbook, Application Volume. (1981) IES of North America

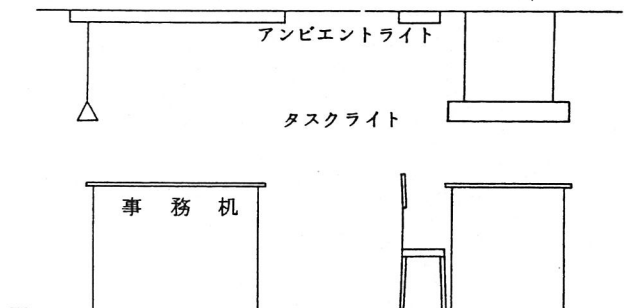


図1 実験設備概要

表1 第一エリアの照度均斉度(最小照度固定)

最小照度 (lx)	カテゴリ別最大照度(lx)			照度均斉度(最大照度/最小照度)		
	よい	ややよい	限界	よい	ややよい	限界
300	430	590	835	1.4	2.0	2.8
500	685	910	1200	1.4	1.8	2.4
750	1020	1270	1405	1.4	1.7	1.9

表2 第二エリアの照度均斉度(最小照度固定)

最小照度 (lx)	カテゴリ別最大照度(lx)			照度均斉度(最大照度/最小照度)		
	よい	ややよい	限界	よい	ややよい	限界
300	570	900	1300	1.9	3.0	4.3
500	975	1350	1720	2.0	2.7	3.4
750	1270	1720	1950	1.7	2.3	2.6

—1990年5月31日、6月1日—

インテリジェントビルとオフィス環境

—光と香り環境を中心として—

その1 オフィスの光環境

藤田 茂 明

鹿島建設株式会社

Office Environment in Intelligent Building
Part 1. Luminous Environment in New Office
Shigeaki FUJITA
Kajima Corporation

1. はじめに

現在、インテリジェントビルのオフィスでは、執務空間を中心に、ワーカの快適性向上のための様々な試みが行われており、それらの効果の実証的検討などが

なされている。

本報では、弊社のインテリジェントビルの具体化・研究の活動を通して把握された執務空間を中心とした光環境の要求機能を紹介するとともに、これらを実現

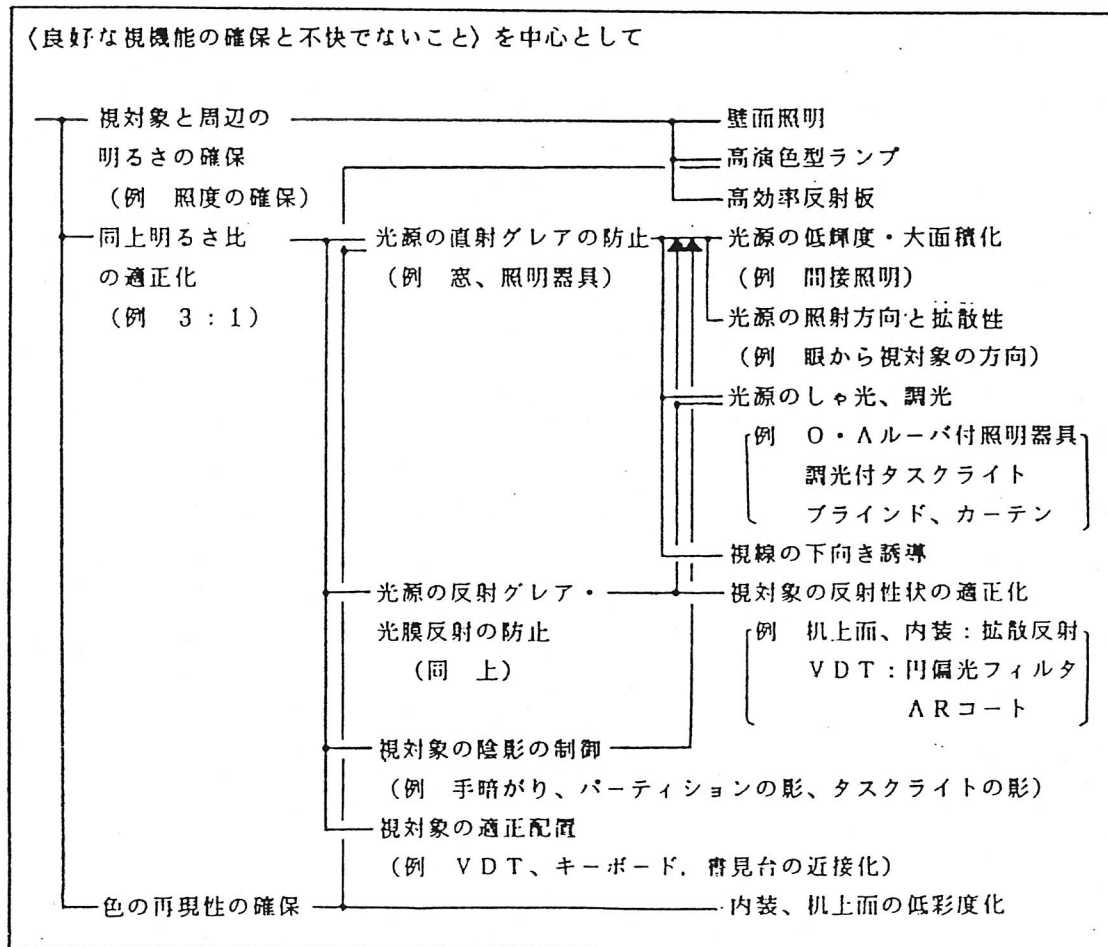


図-1 執務空間を中心とした光環境の要求機能

・検討するために開発された以下のTOOLを紹介し、今後の参考に供したい。

①光環境予測TOOLとしてのコンピュータ・グラフィックス (以下C・Gと呼ぶ)

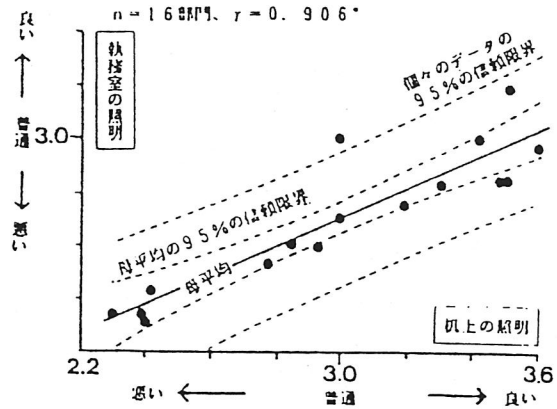
②光環境実測TOOLとしての画像処理利用の輝度分布写真測光法

③室内明るさ感・開放感向上と眼精疲労回復のTOOLとしての新しい透視型ブラインド

2. 執務空間を中心とした光環境の要求機能

図-1に、現在までに把握できた要求機能を示す。

なお、執務空間の照明方式の一つに、タスク・アンビエント照明方式と言われるものがあるが、図-2に示すように、タスク照明は、アンビエント照明の評価に影響を及ぼす程の効果を与える場合があるので、特にタスク照明の設計に留意が肝要である。



データ：部門の平均値（アンケートの回答数：560）
（尺度：5段階（悪い：1、普通：3、良い：5））

図-2 「机上の照明」の評価と「執務室の照明」の評価

3. 光環境予測TOOLとしてのC・G

図-3～6に、既存のO. Aルーム改修のために行ったC・Gの検討例を示す。この例は、既存のワー

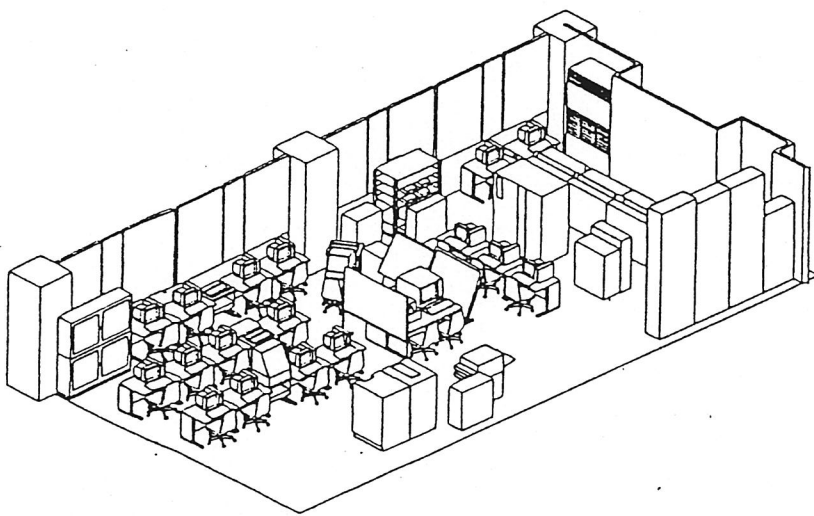


図-3 改修前のO. Aルームのレイアウト

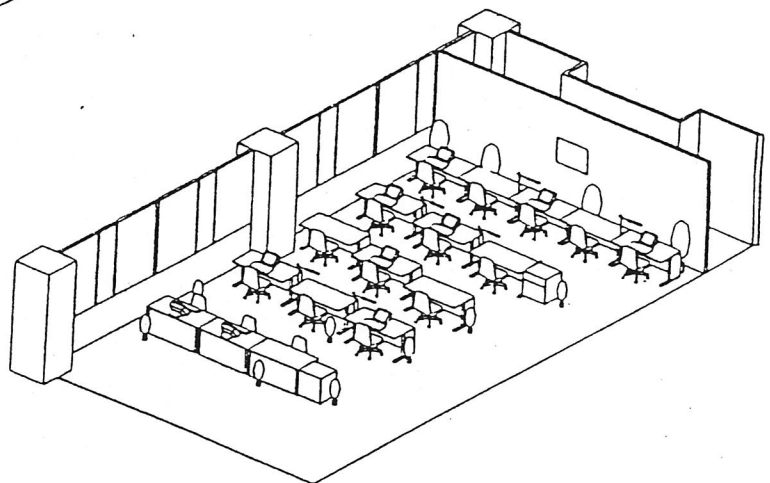


図-4 改修後のO. Aルームのレイアウト

クステーションを、台数を減らさずに机内（昇降式）に納める事により、室内の開放感・美観の向上とVDT作業時の視線を積極的に下向きに誘導させる事を目指したものであり、さらに後述の透視型ブラインドを設置する事により視野内に入りがちな窓の輝度を制御する事を目指した例である。 図-7、8に夜の atrium（レイ・トレーシング法）とワークエリア（パス・トレーシング法、研究例^{文1)}のC・Gの検討例

を示す。アトリウムは周知のように眼精疲労回復、また自然のリズムを屋内に導入するためのTOOLとして効果が期待されている。

以上、これらのC・Gを行う事により光環境の事前の検討ができるようになった。



図-5 改修前のO. AルームのC. G

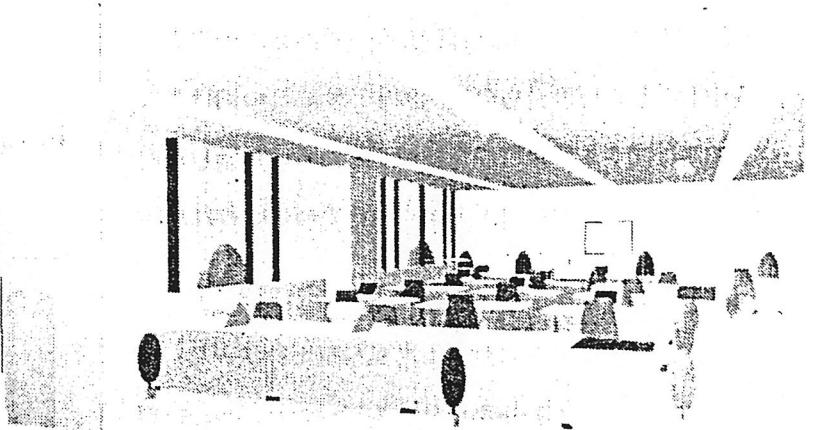


図-6 改修後のO. AルームのC. G

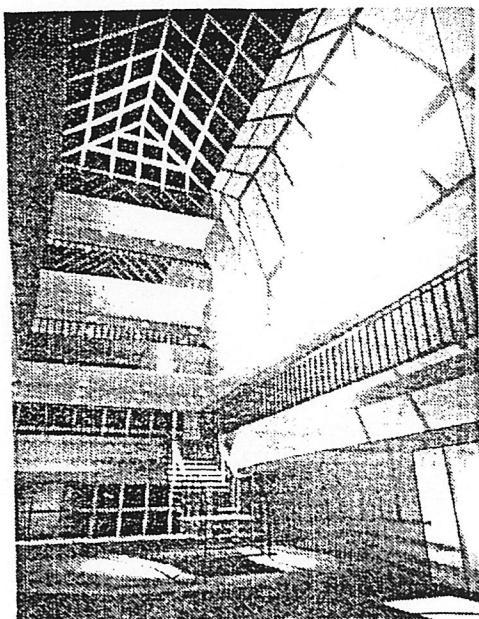


図-7 夜のアトリウムのC. G
(レイ・トレーシング法)

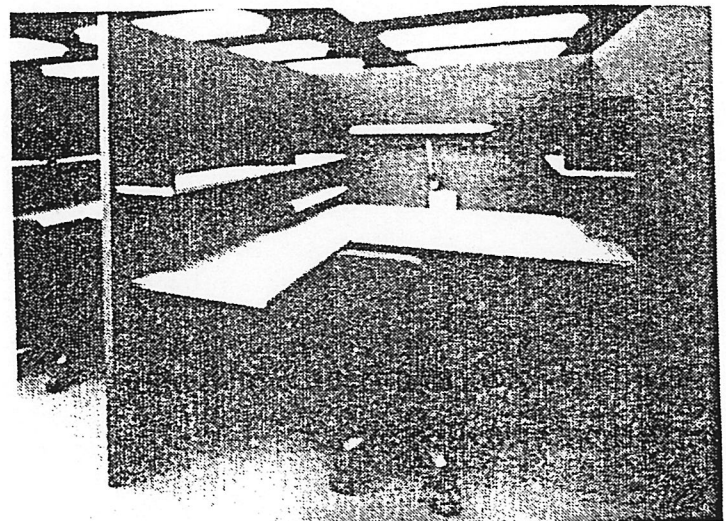


図-8 ワークエリアのC. G
(パス・トレーシング法)

4. 光環境実測T00Lとしての画像処理利用の輝度分布 写真測光法

標記の方法は、図-9に示すように、正射影レンズ（魚眼レンズ）を用いて撮影されたフィルム（1シーンをシャッタ速度を変えて4カット撮影、ネオパンF使用）の濃淡をビデオカメラで入力の後、画像合成して1枚の輝度分布図として表現する^{文2)}もので、必要に応じ、輝度のカラーコンタ、ヒストグラム、エッジライン抽出などの画像処理を行う事ができる。

図-10にワーカ（h=1200）からみた自席の机上面を中心とした輝度分布の実測例を示す。この例はタスク照明に関する要求機能を把握するために実験した例である。この例では机上面中心部に光源（直管FL40W）が映り込み反射グレアが生じており、このような場合には、机上面の反射性状として拡散反射性状とし、反射率を押さえたグレー系の仕上を用いたり、また直射グレア防止もかねて照明器具に乳白カバーを設置する事が望ましいと判断された例である。

5. 室内明るさ感・開放感向上、眼精疲労回復のT00Lとしての新しい透視型ブラインド

写真-1に標記ブラインド^{資1)}（透過率約10%）を示す。これにより熱的なほてりが少なく、視野内に入る事の多い窓の輝度制御が可能となり、VDT作業の小休止時に、遠方視^{文3)}を容易に行う事が可能となった。

6. おわりに

以上、オフィスの光環境向上のためのT00Lを紹介した。今後の参考になれば幸いである。

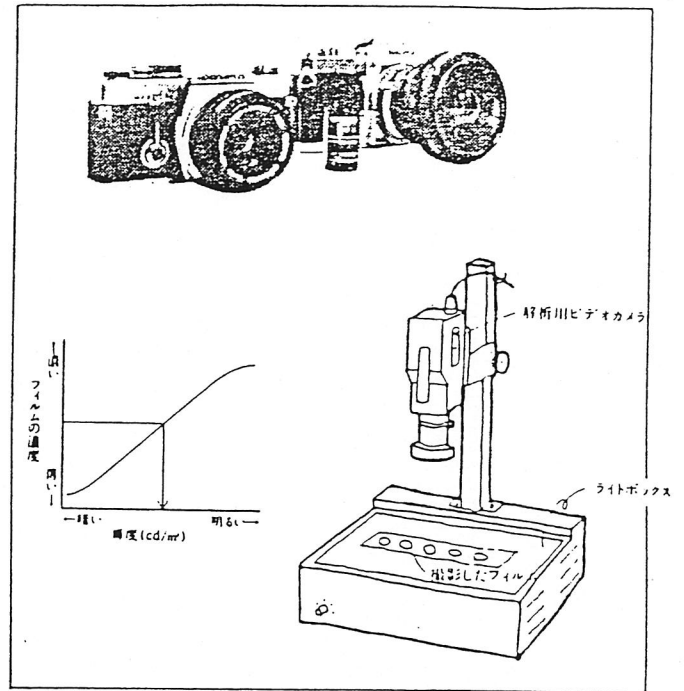


図-9 画像処理利用の輝度分布写真測光法

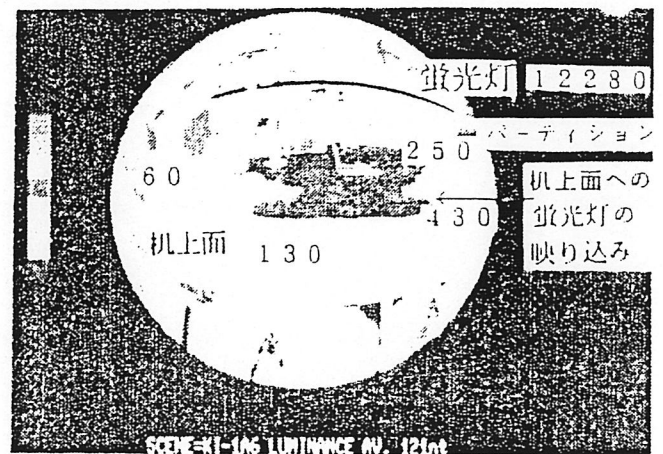


図-10 ワーカから見た自席の机上面を中心とした輝度分布

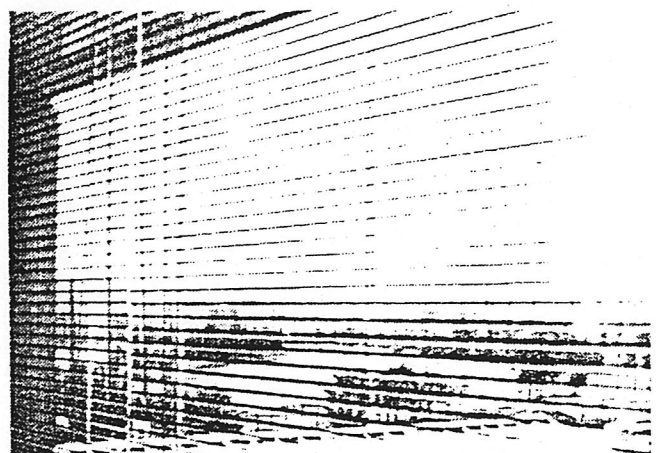


写真-1 透視型ブラインド

タスク照明の心理・生理的影響に関するフィールド実験

正会員○藤田 茂明*1)

木俣 信行*2)

渡部 耕次*3)

高橋 誠*4)

前原 直樹*5)

タスク照明 心理 生理

正会員 中村 仁*6)

1. はじめに

タスク・アンビエント照明方式の事務所ビル(設計・製図作業中心、アンビエント照明: OALルーバ付埋込下面開放FL40W×1、約500lx、12.3W/m²)において光環境評価のアンケート調査を実施した。その結果、事務所内のアンビエント照明が同一であるにもかかわらず、アンビエント照明、タスク照明に関する評価項目間に有意水準5%で相関(n=560、r=0.906)が認められ、タスク照明はアンビエント照明の評価に少なからぬ影響を与える事が認められた。このため、同事務所内において2種類のタスク照明(後述)を用いてフィールド実験を実施した。この結果、タスク照明の心理・生理的影響が認められ、タスク照明が具備すべき照明要件等を把握したので報告する。

2. 実験概要

■方法等 実験条件を表-1に示す。タスク照明は、自席の机(h=715、白色系)の奥に設置されたパーティション(h=1200、淡青色の布張)の最上部に光源の位置が固定された直接照明方式のもの(直管FL40W、1台、h=机上面+435、照射方向:机上面中心に設定)(以下「直接照明式」と呼ぶ)と、光源の位置・照射方向が可動の間接照明方式(アーム可動型ツインチューブFL27W、2台、間接照明反射板付既

製器具改良品、h=机上面+約670、照射方向:机上面中心に設定)(以下「間接照明式」と呼ぶ)の2種である。被験者は眼科スクリーニング検査によって選定された12名(24~37才、平均年齢29.2才、男性11名、女性1名)で、6名ずつA、Bの2つにグループ別けた。被験者にはタスク照明2種を各々1日間使用してデスクワーク(設計素案製図、図面チェック、資料調べ、書類書字等)を行なわせ、図-1に示すスケジュールにより1日6回測定・検査を実施した。なお、被験者席は、日光(直達光)が入射しない部屋中央付近に分布し、窓面に直角に配置されていた。また、「間接照明式」の光源は、実験当日の朝に実験員によって所定の位置・照射方向に設定され、被験者の要望がある場合に実験員により設定し直され、半固定状態とした。

■実験手続き 各被験者は所定時刻になると、検査室に約7分間隔に到着し、一連の検査(所用時間約15分)を受ける他は自席でタスク照明を点灯し、デスクワークを行い、夕方に光環境評価を行った。

表-1 実験条件

タスク照明	Aグループ(6名)		Bグループ(6名)	
	第1日(水)	第2日(木)	第1日(水)	第2日(木)
直接照明式	○			○
間接照明式		○	○	

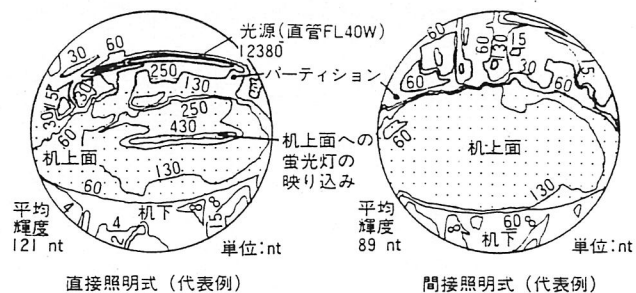


図-2 被験者からみた机上面を中心とした輝度分布(写真測光法)

時刻	測定・評価・検査時点	光環境物理量測定項目	視覚機能検査項目
8:00			
9:00	← 第1回	■照度 [TOPCON IM-3] 机上面(9点)、屋外全天(1点)	■視覚疲労自覚症状(図-4参照)
10:00	← 第2回	■輝度 ・写真測光(OPレンズ、画像処理合成)	■グレイティング視力
11:00	← 第3回	・輝度計 [TOPCON BM-3] (机上面、光源のスポット測光)	臨界空間周波数(Cycle/degree)測定後、視力換算。 視距離2.5m。モニタースコープTektronix608Moni. 10cm中に縞模様表示(明部:50nt、暗部:8nt)
12:00	(昼休み)	■CRF (夜間時) □ B&K (DENMARK), TYPE1100 Luminance Contrast Meter	■屈折、調節、瞳孔(面積)反応
13:00	← 第4回	■等価光幕輝度 机上面 約20点 □ PHOTO RESEARCH □ グレアレンズ使用	近点、遠点、ステップ応答、ランプ応答 オートレフラトメータ、ニデックMODEL AR3-SV14、瞳孔面積測定用イリスコー ダ付
14:00			
15:00	← 第5回		
16:00	← 第6回	光環境評価	被験者が自席にて調査紙に記入(図-3参照)
17:00			

図-1 光環境物理量測定・光環境評価・視覚機能検査スケジュール

3. 実験結果

■光環境物理量 机上面の平均照度は「直接照明式」の場合は約1600lx (最低約1400lx)、「間接照明式」の場合は約1200lx (最低1000lx)であり、各々の平均照度は日内ではほぼ一定であった。図-2に被験者 (h=1200) からみた机上面を中心とした輝度分布(代表例)を示す。机上面の輝度分布は、「直接照明式」の時には机上面中央部に光源が映り込み、輝度むらがある場合が多いのに対して、「間接照明式」の時には一様な場合が多かった。机上面のCRF (夜間時)は、「直接照明式」の場合には光源の映り込み部分で0.71~0.81、その他の部分で0.95~1.03であるのに対して、「間接照明式」の場合は机上面全体を通して0.92~1.05でありCIEの基準 (≥ 0.85)を満足していた。

■光環境評価 図-3に評価項目と評価結果を示す。図に示すように、「間接照明式」に比較し「直接照明式」の方が、「光源」「パーティション (机の奥)」「机上面 (全体)」「机上面の書類」「机上面への光源の映り込み」のまぶしさに関する不具合 (定義は同図参照)の訴えが多く、また「机上面手元部の暗さ」ならびに「自席の光環境 (総合)」に関する不具合の訴えが多い事が有意水準5%で認められた。(なお不具合率の差の検定は逆正弦変換法により、有意差がある場合、同図に*印付加。)また、「直接照明式」に比較し「間接照明式」の方が、「手暗がり」「机上面の明るさのむら」に関する不具合の訴えが多い事が有意水準5%で認められた。これは「間接照明式」の光源の位置や照射方向に係るものであった。

■視覚疲労自覚症状 図-4に検査項目を示す。検査の結果、「眼がしょぼしょぼする」「目がかれる」の訴えが多かったが、「目がしょぼしょぼする」は始業時から訴えが多く、作業に伴う視覚疲労徴候を表しているとはいえない。それに対し、「目がかれる」は、昼休みの回復効果が認められるものの、いずれのタスク照明でも時間とともに徐々に訴えが増加した。16:30の時点で見れば「直接照明式」では12名中11名、「間接照明式」では12名中8名が目の疲れを訴えており、「直接照明式」の負担が軽微でない傾向がうかがえた。

■グレイティング視力・屈折・瞳孔 (面積) 反応 図-5にグレイティング視力の検査結果を示す。始業時8:30の測定値を除き、いずれの検査時点でも「直接照明式」の方が視力の低下を招いていた。特に終業時16:30の視力は始業時より約0.1低下していた。分散分析の結果タスク照明の主効果は危険率6.9%で認められ、t検定の結果では11:30、13:00の時点において有意水準1%、5%でタスク照明両者間に有意差が出現した。

図-6に調節ランプ応答時の瞳孔 (面積) 反応を示す。始業時を除き、「直接照明式」の方が縮瞳の程度 (調節指標の接近開始時の瞳孔面積から離反時のものを引いた値)が大きく散瞳が不十分である傾向を示した。

4. 考察・まとめ

以上よりタスク照明として、光環境物理量、光環境評価、視覚疲労自覚症状、また視覚生理・心理機能上「間接照明式」の方が好ましく、使用者の心身負担軽減のために好ましいことが示唆された。さらにこれらタスク照明両者間の光環境、照明要件上の差異は●輝度分布 (机上面の一様性) ●光の方向性と拡散性に起因する、支障となる影、反射グレア●発光面の直射グレア (不快グレア)に関するものであり、これらが当フィールドにおけるタスク照明の重要な照明要件と考えられた。なお、今後、さらに、視覚機能・視覚疲労自覚症状・光環境評価・光環境物理量の相互関連の検討を行う予定であり、また、明暗感受性と光強度 L_v の検討が必要と考えられた。

<謝辞>光環境測定、分析にご協力いただきました(株)環境計画研究所 大屋信彦氏に感謝の意を表します。

1. 目がいたい	9. まぶたがピクピクする	15. ものをじっと見つめるのがきつい
2. 目が圧迫される感じがする	10. まばたきが多い	16. ものがまぶしく見える
3. 目がしょぼしょぼする	11. 遠くのものに焦点が合わせにくい	17. 目をあけているのがつらい
4. 目がチカチカする	12. 近くのものに焦点が合わせにくい	18. 壁などの色がかわって見える
5. 目が熱い	6. 涙が出る	13. ものがすぐにははっきりと見えない
7. 目が乾く	8. 目が充血する	14. 動くものに視線を合わせにくい
		20. 頭がいたい、重苦しい

図-4 視覚疲労自覚症状検査項目

(引用文献) 文1) 視覚作業エラー発生源としての、視覚系時間応答特性の作用
浜松医科大学心理学教室 佐藤愛子、日本人間工学会関東支部大会報文集57-58, 1988

文2) 使用者優先のデザインを：視覚障害を防止するために、
同佐藤愛子他 照明学会雑誌74(3), 1990

*1) 鹿島建設 (株) 技研第三研究部主任研究員 *2) 同設備設計部次長 *3) 同設備設計部
*4) (財) 労働科学研究所主任研究員 *5) 同左 医博 *6) 東京工業大学研究生

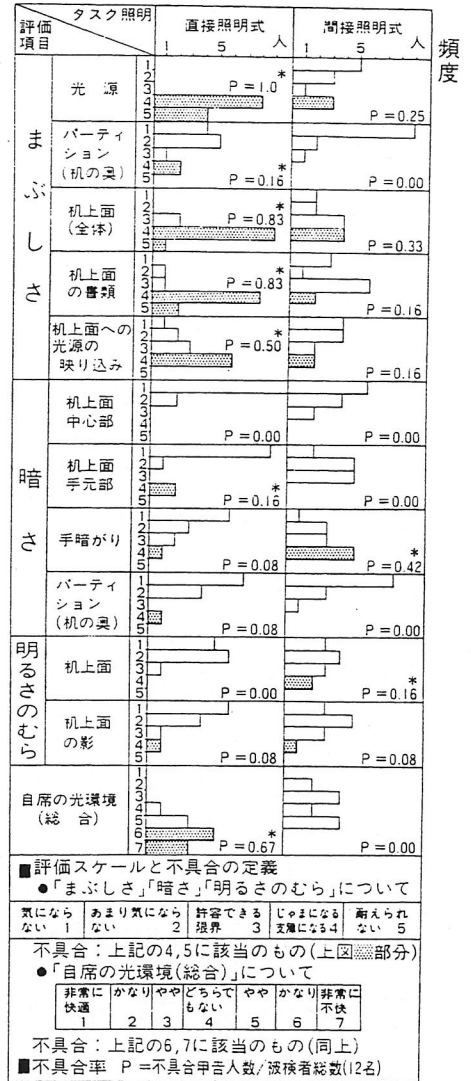


図-3 光環境評価結果 (ヒストグラム)

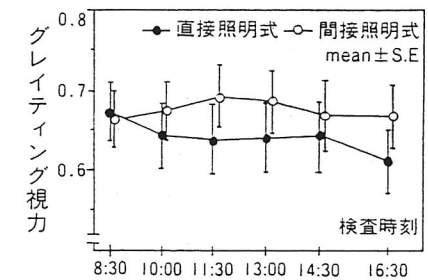


図-5 グレイティング視力測定結果

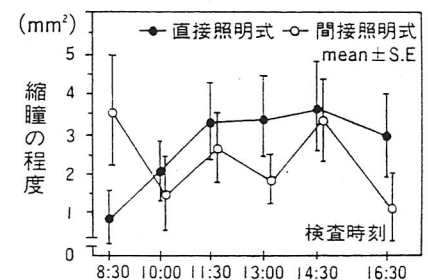


図-6 瞳孔 (面積) 反応の測定結果

111 TAL方式における可動式タスクライトの使用状況調査

五十嵐直治・渡部耕次・栃谷奈美江
(鹿島建設株式会社)

1. はじめに：オフィスのインテリジェント化に伴い、個人の執務スペースがローパーティションで区切られる例が多くなり、執務空間の照明方式として、タスク&アンビエント(TAL)方式が採用されるケースが増えてきている。この方式は、オフィスのOA化に伴う個人の作業内容の変化にも対応可能であり注目されている。アンビエント照明については様々な研究開発が行われ、ルーバ式照明器具が主流になりつつあるが、タスクライトについてはまだ十分に検討されていないのが現状である。今回TAL方式を採用した事務所ビルにおいて、可動式タスクライト(FPL-27W インバータ点灯 図-1、写真-1)の有効性の確認ならびにタスクライト選定の指標を探るため、使用状況を調査したので報告する。

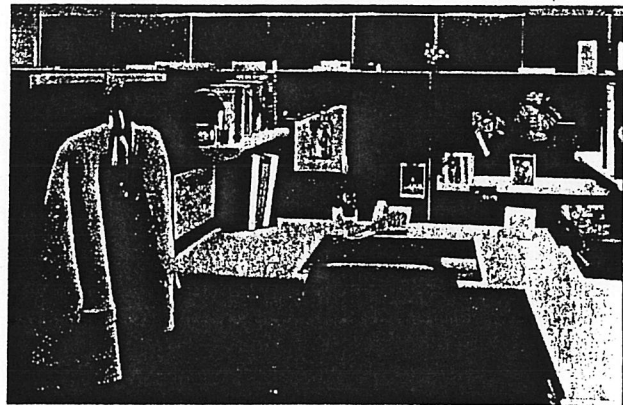
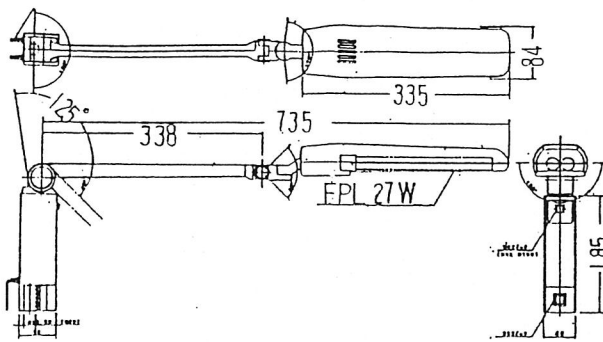


図-1 可動式タスクライトの仕様

写真-1 タスクライト取り付け状況

2. 調査内容：個人の作業内容、タスクライトの光源部分設定位置変更（以降、位置変更とする）回数のアンケート調査ならびに設定位置、高さ、照度、CRF等の実測調査を行った。なお、タスクライトの設定位置、台数の選定については特に教示を与えていない。

(1) アンケートによる調査結果（調査対象者150名中113名の回答結果）

- ① 個人の作業内容：「書類の読み書き」 88.5%、「スケッチ図面の作成」 45%、
(複数回答) 「図面チェック」 42%、「製図」 23%、「VDT作業」 12%
- ② タスクライトの：「変更する」が55名(48.7%)、そのうち1日2~3回以上が
位置変更回数 半数以上に達し、比較的多くの人が一日数回タスクライトを動かして使用している。(図-2)
- ③ 位置変更理由：「作業内容が変化するとき」が約60%と圧倒的に多い。その他
(複数回答) 「明るさが増えるとき」 11%、「昼と夜」 10%

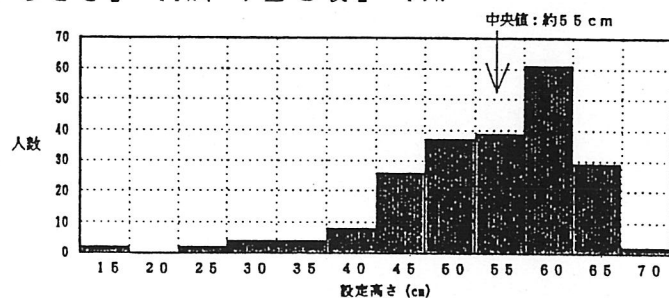
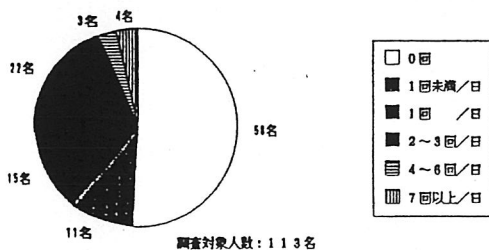


図-2 タスクライトの位置変更回数

図-3 タスクライトの設定高さの分布

Investigation how to use a movable task light in an office, which used task & ambient lighting system. Naoharu Igarashi, Koji Watabe, Namie Tochlya

(2) 実測調査による結果 (調査日時'90-9-18 PM13:00~17:00)

- ① 使用台数 : 1台 86名、2台 64名 であり、窓あるいはアトリウム近傍で屋光の影響により水平面照度が高い場所ほど、使用台数1台の人数が多い傾向にある。
- ② タスクライト : 図-3に設定高さの分布を示す。中央値が約55cmであるが、の設定高さ 15cmから70cmまで(70cm超過は不可)幅広く分布している。
- ③ 設定位置の : 図-4~図-5に代表的な設定位置をパターン化したものを示す。パターン化 さまざまなパターンがあり、通常左斜め前方または真横からの光が好ましいといわれているものの必ずしもそうではなく、個人の仕事の内容、好み等によって使い分けられているようである。
- ④ 照度ならびに : 執務室の水平面照度は昼間 400ルクス~800ルクス C R F 夜間400ルクス~700ルクスであり、机上面の平均水平面照度はタスクライトの設定位置によっても異なるが、1台の場合には約800ルクス、2台の場合約1200ルクスである。C R Fは約0.8~0.9、器具直下付近では約0.4~0.5の範囲にある。

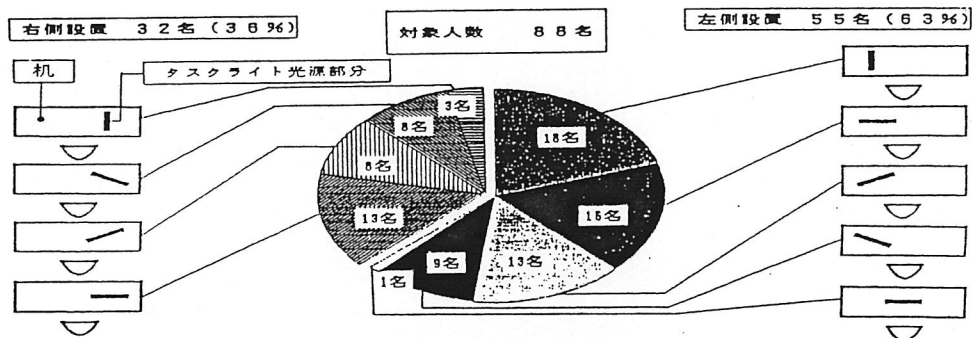


図-4 タスクライト1台の場合の代表的な設定位置のパターン

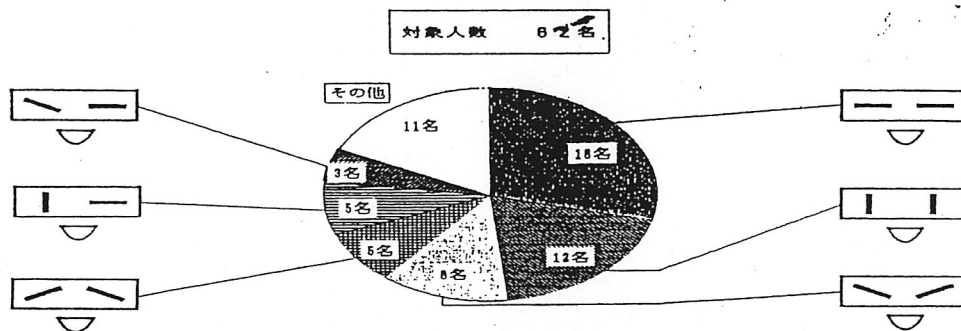


図-5 タスクライト2台の場合の代表的な設定位置のパターン

3. ま と め : 今回の調査の結果、タスクライトを可動式としたことで、使用者は実にさまざまな使い方をしていることが実証できた。従来よく使われてきた前面固定式と同等のパターンを除けば、約70%もの人がさまざまな位置に設定し使用している。これは裏返せば、タスクライトには「執務スペースの明るさを十分確保でき、しかも、個人の作業内容の違い、変化に対応可能」な機能が必要であると言える。アンケート調査結果の改善要求(自由意見の記述)の中にも「アームの自由度の向上」をあげる人が20%以上いて、この事を裏付けている。また、今回調査したタスクライトについてはデザイン上光源部分が比較的コンパクトになっているため、光源および机上面からの光の照り返しによる「まぶしさ」を訴える人が多く、今後の改善課題と言える。作業内容、執務空間の広さ、使われ方等を十分検討し、最適なタスクライトを選定することが必要であると思われる。分析に当たって、鹿島建設株式会社 鹿島信行氏に御指導を頂きましたことに感謝の意を表します。

事務所で局部照明を併用する場合の 好ましい照度バランスに関する研究

専門会員 田淵義彦* 専門会員 中村 肇* 正会員 松島公嗣* 別府秀紀**

Experimental study on preferable luminous balances in an office room using with the local lighting

Yoshihiko Tabuchi (Fellow Member) Hajimu Nakamura (Fellow Member) Koji Matsushima (Member)
Hideki Beppu (Engineering Center, Matsushita Electric Works, Ltd.)

ABSTRACT

It is important to create the proper luminous balance between main surfaces such as visual tasks and other room surfaces, as well as to satisfy visibility requirements for visual tasks on a personal working plane such as desk tops. The overall effects create comfortable office lighting.

Recently task and background lighting techniques are often used. This system consists of general lighting providing low standard illuminance, and local lighting providing higher level illuminance on the desk to satisfy the visibility requirements for visual tasks.

A series of experiments with subjective appraisals were carried out to clarify a preferable range of luminous balance in the office room, that is recommendable illuminance of the front wall and the surrounding desks, comparing to the illuminance of the visual task area on a desk.

The experiments' results are as follows:

(1) As a guideline for a typical lighting design, permissible illuminance range of the surrounding desks should be 270~500 lx, and the wall illuminance should be 260~540 lx, when illuminance of the visual desk is 700 lx, and wall reflectance is chosen freely between 0.3 and 0.8.

Here 'permissible illuminance range' doesn't mean optimum but between upper limit and lower limit of recommended condition.

(2) When illuminance on the desk is chosen 500 and 1000 lx freely or illuminance varies locally in the room, permissible illuminance range of the surrounding desks should be 270~500 lx, and the wall illuminance should be 260~540 lx.

These results may be widely applicable to a comfortable task and background lighting design of a typical office room.

1. は し が き

快適な事務所照明環境を形成するためには、視作業対象の見え方の向上とともに、好ましい雰囲気環境を形成することが必要であり、このためには、視野内の視作業対象および環境の各面の間の照度と輝度の好ましいバランスを得ることが望ましい。

事務所作業において主要な視作業対象である、作業員自身の机上面に所与の照度の照明を行なった場合に、作業員の周辺の各面に与えるべき照度を明らかにする必要がある。

ここで周辺の各面とは、作業員自身の机上面以外の周辺の机上面と部屋の壁面、および副次的な視作業対象である在室者の顔である。既に前報¹⁾で、全般照明を用いて作業面照度が室内でほぼ均一である場合について、作業面照度に対して必要な正面壁の照度と輝度について報告した。

ところで最近、視作業対象の見え方の向上と、好ましい雰囲気環境を得ることを目的として、視作業対象と環境のそれぞれに対して、専用の照明手法を最も効果的に設計して組み合わせられている。タスクアンドアンビエント照明の考え方が提唱されている。しかし、この照明所要条件が十分に明らかにされているとはいえない。

ところで、タスクアンドアンビエント照明は、特定の技法に限定されるものではなく種々の照明技法が可能であるが、最も基本

* 松下電工株式会社 中央エンジニアリングセンター
〒571 門真市門真1048

** 松下電工株式会社 大阪エンジニアリングセンター
〒540 大阪市城見2-1-3

本論文の一部は、平成元年度照明学会東京支部大会で発表した。

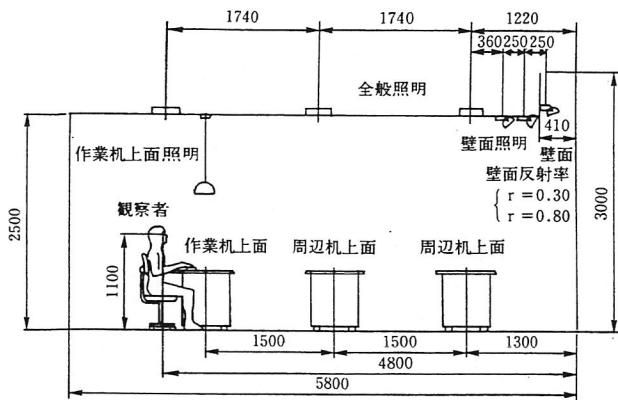


図1 実験設備 断面図

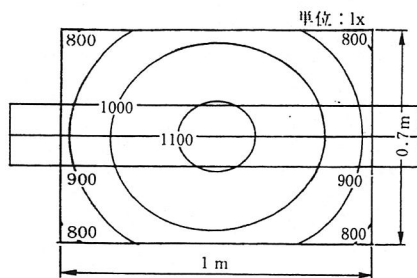


図2 作業机上面照明による机上面の照度分布

的な方式は、室内全般に全般照明で基準的な照度を得るとともに、視作業対象には視作業性の向上をはかるために、局部照明を併用して高照度を得る方式である。この場合に全般照明の照度は視作業対象照度と適切にバランスさせる必要があるとともに、壁面も適切な照明を行うことが望ましい。本報では、この基本的な方式に関して照度の好ましいバランスの条件を明らかにする、一連の実験研究を行った。今回は

- (1) 作業者自身の机上面を作業机上面、周辺の不在者の机上面を周辺机上面ということにして、作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度を明らかにする実験(実験II)
- (2) 上記(1)の状態において作業机上面照度に対して必要な正面の壁面照度を明らかにするための実験(実験III)

について報告する。

なお、本文中で用いる「壁面」は「正面の壁面」をいうことにする。

2. 作業机上面に対して必要な周辺机上面の照度(実験II)

2.1 実験設備

前報で報告したのと同じ事務室を採用した。

照明設備は多少異なっている。周辺机上面の照度は全般照明で得られているが、作業机上面に周辺机上面よりも多くの照度を得るために、作業机上面照明用光源として40W蛍光灯1灯吊下げ形照明器具2台を用いた。取付高さは床上1.6mとした。この照明設備は調光装置に接続した。実験設備を図1に示す。

この照明設備だけによる作業机上面の照度分布を図2に示す。作業机上面照度の最大値は約1200lxである。また照度均斉度は比較的良好である。なお参考のために、図中に照明器具を併記してある。

2.2 実験方法

2.2.1 評価法

作業机上面に全般照明および作業机上面用照明の両方で、所与の作業机上面照度を与えた場合に、評価者は作業机上面照度を基準と考えて、周辺机上面の照度に対する印象が、下記のカテゴリーに相当すると感じられる状態になるまで、全般照明を調光する調整法を採用した。

なおこの場合、周辺机上面用照明の調光中に作業机上面の照度が変わらないように、実験者は作業机上面用照明の調光を行った。

作業机上面と周辺机上面を見比べる場合の手元側の簡単な視作業として、反射率約0.7の雑誌の誌面の読書を行った。

2.2.2 評価カテゴリー

(1) 最適: 最も快適

(2) 下限: これ以下では、暗すぎる

の2種類とした。なお: 以下は実際に呈示したインストラクションである。また「上限: これ以上では、明るすぎる」というカテゴリーは、実際の照明設計で、周辺机上面照度が作業机上面より高くなることは、特殊な設計をしない限り少ないので省略した。

本報では「下限」はカテゴリーの意味で、後述の「下限値」は下限に相当する照度値の意味で用いることにする。

2.2.3 評価者

前報、実験Iと同じメンバー8名(内女子2名)である。

なお評価者の年齢の範囲は男子は23歳から41歳、女子は21歳と23歳で、眼鏡を必要とする評価者は、眼鏡を使用して視力矯正をしている。評価者はなるべく多い方が望ましいが、定性的な傾向を早く明らかにし、実用上の設計参考値を得るために今回はこの人数とした。

2.2.4 作業机上面照度の設定値

300, 500, 700, 1000lxの4段階とした。

2.2.5 壁面照度についての予備実験

評価時に設定すべき壁面照度については、最初、実験I(前報、その1)で求めた、全般照明に対して必要な壁面照度の結果を採用した。しかし、周辺机上面の値を求める実験の際に、壁面がやや明るく感じられて、周辺机上面を作業机上面に対して下げてもよいと感じられているのにも関わらず、壁面照度に比較して、下げ難いと感じられることがあることがわかったので、壁面照明用は消灯した。

この実験における全般照明だけによる壁面の照度は観察者が水平に見ている観測点付近において最大値は約290lxであり、この場合に作業机上面照度の最大値は約1300lxである。

前報の机上面照度のカーブに基づいて、この作業机上面照度に対する壁面照度を求めると、反射率が0.3の場合は約620lx、0.8の場合は約530lxである。したがって、今回の正面壁の照度の最大値はそれに比べて約1/2であり、かつ前報の下限値ぐらいいになっているので、ほぼ妥当な値と考えた。

2.3 実験結果

2.3.1 照度調整結果

それぞれ照度の4段階における周辺作業面照度の、8名の評価者の各2回の繰り返しの16の調整値データを、小さいものからそれぞれの出現率を6.25%として、それぞれ横軸に照度調整値の対数、縦軸に累積出現率をとりプロットした。このうちの1例として、作業机上面照度が700lxで、壁面反射率が0.8の場合(これを高反射率壁面とよぶことにする)の結果を図3に示す。

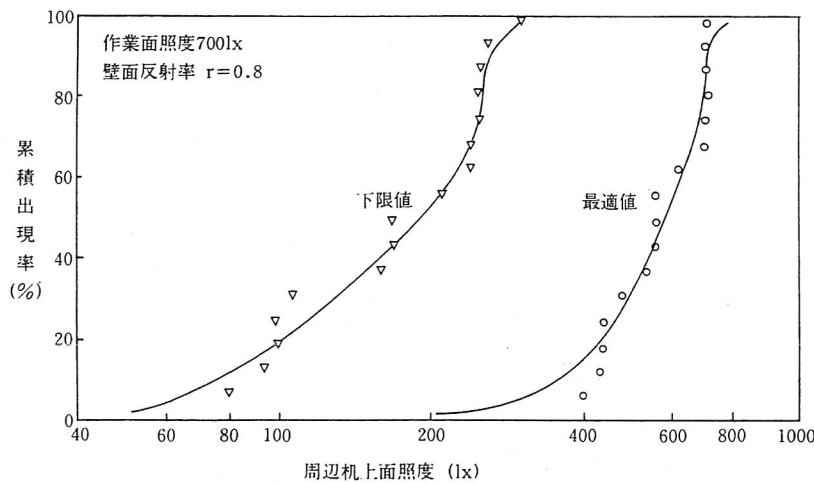


図3 周辺机上面照度の調整値の累積出現率

表1 作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度

作業机上面照度	壁面反射率	カテゴリー 累積出現率	最適	下限	
			50%	50%	90%
300	0.3		300	180	210
	0.8		300	90	200
500	0.3		500	180	240
	0.8		500	140	230
700	0.3		530	210	280
	0.8		580	190	260
1000	0.3		570	255	330
	0.8		740	220	330

(単位: lx)

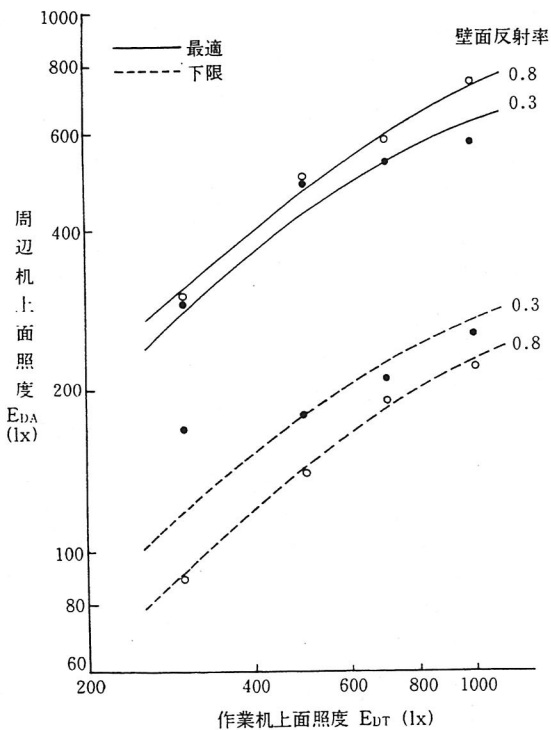


図4 作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度

この図からわかることは

- (1) 下限値の調整値は、一般的に作業机上面の照度よりも低いので、全体的になだらかに分布している。
- (2) しかし最適値の調整値は、ほぼ同じかやや小さい値となっており、一般的に作業机上面の照度よりも高くなることは好まれないと想定されるので、作業机上面の照度と同じ値で飽和した分布となっている。しかし作業机上面の照度と同じ値を好ましいとする比率が約20%あり、やや大きな比率であり、比較的好まれていることもわかる。

2.3.2 作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度

図3および同様の図から、作業机上面照度、壁面反射率、カテゴリーごとに、各調整値の累積出現率50%の値、および参考のために下限値の累積出現率90%値を求めて、纏めて表1に示す。

次に、作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度を、最適値および下限値について、それぞれ累積出現率50%値をプロットすれば図4のようになる。ただし、それぞれ最適値を実線で、下限値を破線で、かつ低反射率壁面（壁面反射率が0.3）の場合を黒丸で、高反射率壁面（壁面反射率が0.8）の場合を白丸で示す。

この図より以下のことが明らかである。

- (1) 最適値に関して、作業机上面照度が低い場合は、周辺机上面も作業机上面照度とほぼ同じ程度の照度が必要であるが、作業机上面照度が高くなるのに対して、周辺机上面照度は比例して上るのではなく、作業机上面照度に対するこれらの比はやや低下していく。
- (2) 下限値は最適値の約1/3である。
- (3) 周辺机上面照度に対する壁面反射率の影響はあまり大きくないが、最適値においては壁面反射率が高いほうが、壁面輝度が高いために周辺机上面を明るくしたほうが輝度バランス的に好ましいと判断されたためか、周辺机上面照度が高くなっている。一方、下限値においては壁面反射率が高いほうが、壁面輝度が高いために周辺机上面は少しくらいは暗くても、周辺全体としては許容できると判断されたためか周辺机上面照度は低くなっている。

2.4 実験式の導出

以下に基本的な手順を略述した方法により、作業机上面照度に対する周辺机上面照度の実験式を求めた。

作業机上面照度を E_{Dt} 、周辺机上面照度を E_{Da} 、壁面反射率を

rとする。

まず周辺机上面照度に及ぼす壁面反射率の影響を知るために、一例として、最適値の場合について横軸に壁面反射率、縦軸に周辺机上面照度を取り、作業机上面照度をパラメータとしてプロットして図5に示す。なお簡単のために、壁面反射率の周辺机上面照度に及ぼす影響は両対数グラフ上で直線性があるとした。この図より、いろいろな壁面反射率の場合に対する周辺机上面照度が補間できる。

図5において、 r_0 をrのある値、 E_{DA0} をこの場合の E_{DA} の値として、点(r_0, E_{DA0})を通る勾配fの直線の一般式は、

$$\frac{\log E_{DA} - \log E_{DA0}(E_{DT})}{\log r - \log r_0} = f(E_{DT}) \dots \dots \dots (1)$$

で与えられる。

なお E_{DA0} はパラメータ E_{DT} によって変わるので $E_{DA0}(E_{DT})$ 、またfは E_{DT} の関数であるので、 $f(E_{DT})$ と表した。

r_0 は計算の精度を上げるため、0.3と0.8のほぼ幾何平均値となる0.5とした。この場合の E_{DA0} をもとに、 $E_{DA0}(E_{DT})$ と $f(E_{DT})$ を数式化する。

(1) $r=0.5$ に対する E_{DA0} の値を図5より読み取り、 E_{DT} に対して必要な E_{DA0} を図6に示す。

図6の曲線は横軸に平行な軸を有する放物線とみなし、
 $\log E_{DT} = a(\log E_{DA0})^2 + b \log E_{DA0} + c \dots \dots \dots (2)$
 で表わす。

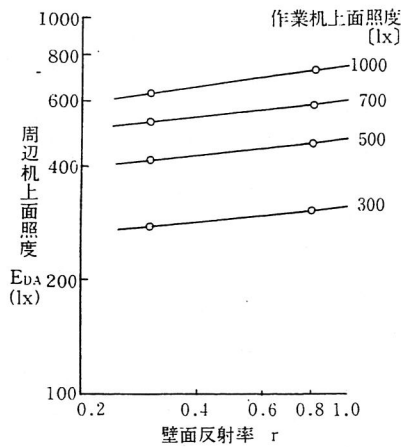


図5 周辺机上面照度に及ぼす壁面反射率の影響 (最適値)

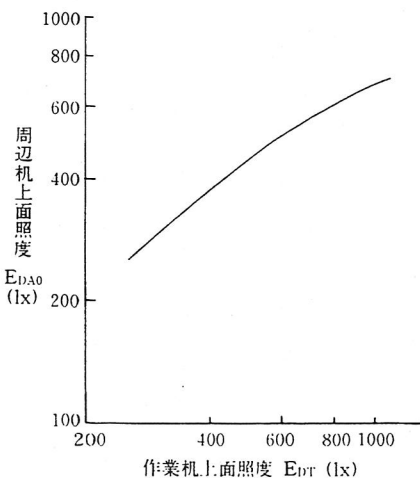


図6 作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度 (壁面反射率0.5)

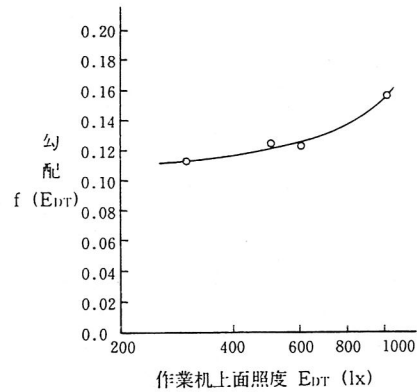


図7 直線の勾配f(EDT)の作業机上面照度に対する変化 (カテゴリー:最適)

E_{DA0} は下記のような E_{DT} の関数として求められる。

$$\log E_{DA0} = \left\{ \frac{b^2}{4a^2} - \frac{1}{a}(c - \log E_{DT}) \right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{b}{2a} \dots \dots \dots (3)$$

ここで、例えば E_{DT} がほぼ等比数列である300, 500, 1000lxの場合について E_{DA0} を読み取り、上式に代入すれば、3元連立1次方程式が得られ、これを解けば係数a, b, cが求まる。

(2) 次に図5を元に作成した、 $f(E_{DT})$ と E_{DT} に対する変化を図7に示す。

この関係は簡単のために2次式

$$f(E_{DT}) = i(\log E_{DT})^2 + j \log E_{DT} + k \dots \dots \dots (4)$$

で与えられるとする。これによって前述の(1)と同様に3元連立1次方程式が得られ、これを解くことによって係数i, j, kが求められる。

(3) 以上で E_{DA0} が E_{DT} 、fも E_{DT} の関数で表わされるので、これらを直線の一般式(1)に代入すれば、実験式の一般式として下記のように E_{DA} がrと E_{DT} の関数で表わされる。

$$\log E_{DA} = (\log r - \log 0.500) \{ i(\log E_{DT})^2 + j \log E_{DT} + k \} + \left\{ \frac{b^2}{4a^2} - \frac{1}{a}(c - \log E_{DT}) \right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{b}{2a} \dots \dots \dots (5)$$

これに以上の定数を代入して各カテゴリーごとの実験式を以下に示す。

最適:

$$\log E_{DA} = (\log r - \log 0.500) \times \{ 0.206(\log E_{DT})^2 - 1.04 \log E_{DT} + 1.44 \} + \{ 4.01 - 0.896(6.71 - \log E_{DT}) \}^{1/2} + 2.00 \dots \dots \dots (6)$$

下限:

$$\log E_{DA} = (\log r - \log 0.500) \times \{ -0.164(\log E_{DT})^2 + 1.05 \log E_{DT} - 1.85 \} + \{ 2.72 - 0.793(5.74 - \log E_{DT}) \}^{1/2} + 1.65 \dots \dots \dots (7)$$

これらによる計算値の、実験値に対する誤差を検討した結果、今回の実験範囲では、実験値の回帰曲線に対して約5%以下であり、実験式の子測精度はかなり高いので両者を比較するための図示は省略した。

3. 作業机上面照度に対して必要な壁面照度(実験Ⅲ)

3.1 実験条件

前報の、作業面照度が均一である場合とほぼ同じ手順で行っ

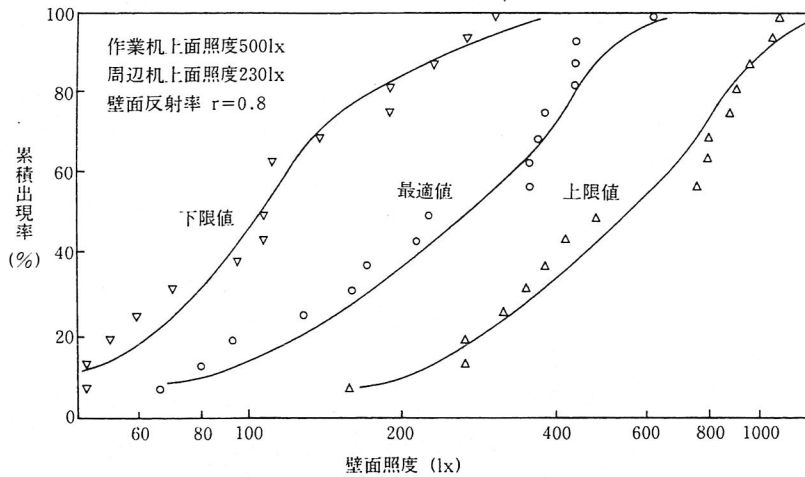


図 8 壁面照度の調整値の累積出現率

た。主な相違点は、作業面照度が室内全体にわたって均一ではなく作業机上面照度と周辺机上面照度が異なっていることである。

所与の作業机上面照度に対して、適当な周辺机上面照度を設定して、その場合の好ましい壁面照度を調整法により求めた。

設定した周辺机上面照度は、下限値の累積出現率 90% 値とした。この値は実際には、最適値と下限値のそれぞれ累積出現率 50% 値の幾何平均値にほぼ等しかった。

なお周辺机上面照度の設定に関して、本報では、壁面照度の調整値のカテゴリーの違いによる相違を明らかにすることを大きな目的としたので周辺机上面照度は、最適値と下限値のほぼ中間の同じに保ったまま壁面照度の調整値を求めた。しかし厳密に考えると、照明設計の際に各面を通じて照度の設計カテゴリーを一致させるためには、壁面照度の最適値の累積出現率 50% 値を求める場合は、周辺机上面照度も最適値の累積出現率 50% 値、壁面照度の下限値の累積出現率 50% 値を求める場合は、周辺机上面照度も下限値の累積出現率 50% 値に設定した場合の、調整値も得られているほうが望ましいが、快適性と省エネルギーの両面を生かすために、ほぼ中間の値を採用した。

3.2 実験方法

作業机上面照度をそれぞれ 300, 500, 700, 1000 lx の 4 段階に変化させて周辺机上面照度はそれぞれ上記のように設定した。

評価者は、壁面照度を主として作業机上面照度と比較して見比べながら、壁面用照明器具を調光してそれぞれ次のカテゴリーに相当すると感じられるように、壁面照度を調整した。用いたカテ

ゴリーは

- (A) 下限：これ以下では暗すぎる
- (B) 最適：最も快適
- (C) 上限：これ以上では明る過ぎる

とした。

なお：以下は実際に提示したインストラクションである。評価者は上記実験Ⅱと同じである。

3.3 実験結果

3.3.1 作業机上面照度に対して必要な壁面照度

実験Ⅱの場合と同様に、周辺机上面照度の、評価者 8 名の 2 回の繰り返しの 16 の調整値を、小さいものから順にそれぞれの出現率を 6.25% として、それぞれ横軸に照度調整値の対数、縦軸に累積出現率をとり、小さい調整値から順にプロットした。

このうちの 1 例として、作業机上面照度 500 lx、壁面反射率 0.8 の場合の結果を図 8 に示す。

図 8 および同様の図から、作業机上面照度、壁面反射率、カテゴリーごとに、各調整値の累積出現率 50% 値を読み取って、表 2 に示す。

この結果より、作業面照度が均一の場合と同様に、作業机上面照度に対して必要な壁面照度をプロットして図 9 に示す。それぞれ高反射率壁面（壁面反射率が 0.8）の場合を白丸で、低反射率壁面（壁面反射率が 0.3）の場合を黒丸で示す。

図中にはそれぞれ上限、最適、下限の場合の結果を併せて示す。

この図より以下のことがわかる。

- (1) 作業机上面照度に対して必要な壁面照度は、両対数グラフ上で直線にならず、作業机上面照度の向上とともに、やや飽和している。前報の実験Ⅰでは、壁面照度は作業机上面照度に対して、両対数グラフ上で直線になっていたの、少し異なる。この理由は、周辺机上面の照度が作業机上面の照度に対して、実験Ⅱ（図 4）で示したように、両対数グラフ上で直線にならず、作業机上面照度の向上とともに、やや飽和していることも影響していると考えられる。
- (2) 壁面照度に対する、壁面反射率の影響は評価カテゴリーの上限値の場合が最も小さく、以下最適値、下限値の順に大きくなっていく。
- (3) 上限値、最適値、下限値の相互の関係をみると、低反射率壁面の場合で、上限値、下限値はそれぞれ最適値の約 3 倍、約 1/2.5 となっている。

表 2 作業机上面照度に対して必要な壁面照度（累積出現率 50%）

作業机上面照度	カテゴリー	上限	最適	下限
	壁面反射率			
300	0.3	450	235	100
	0.8	320	180	75
500	0.3	620	320	205
	0.8	550	270	110
700	0.3	690	400	215
	0.8	660	330	130
1000	0.3	780	485	260
	0.8	780	360	150

(単位：lx)

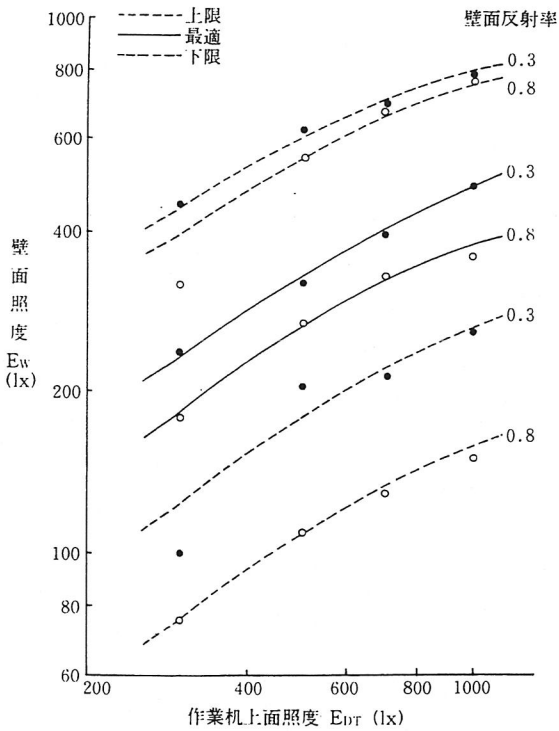


図 9 作業机上面照度に対して必要な壁面照度

次に壁面照度に及ぼす壁面反射率の影響を知るために、最適値の場合を例にとり、横軸に壁面反射率、縦軸に壁面照度を取り、作業机上面照度をパラメータとしてプロットして図 10 に示す。ただし、簡単のために、壁面反射率の周辺作業面照度に及ぼす影響は両対数グラフ上で直線性があるとした。この図よりいろいろな壁面反射率の場合に対して、壁面照度が補間できる。

この図 10 から壁面反射率の影響をみると、前報の実験 I の場合とほぼ同様に、壁面反射率の高いほうが、壁面照度は低くなっ

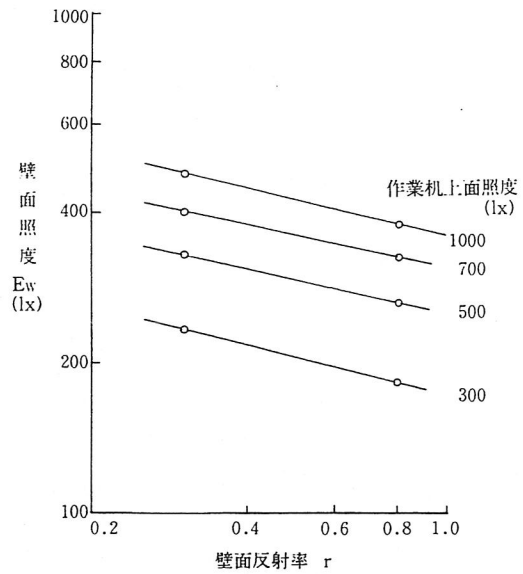


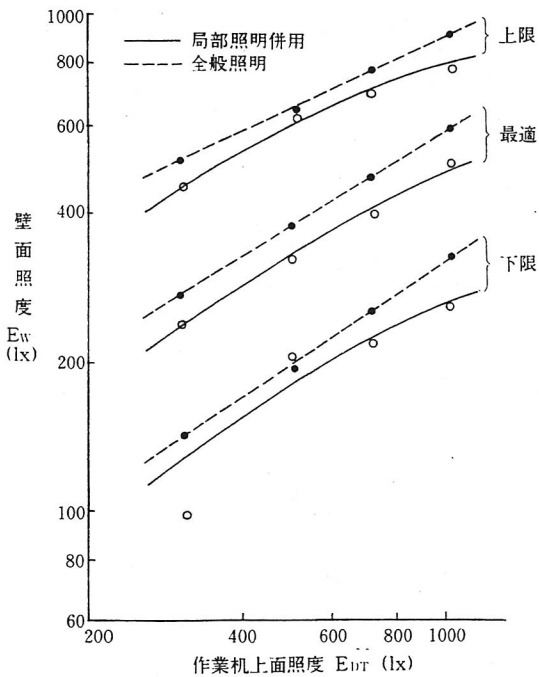
図 10 壁面照度に及ぼす壁面反射率の影響(最適値)

ているが、壁面照度は壁面反射率に反比例してしているとはいえない。このことは、壁面反射率が異なる場合に、好ましい壁面輝度が一定になるとはいえないことを示している。

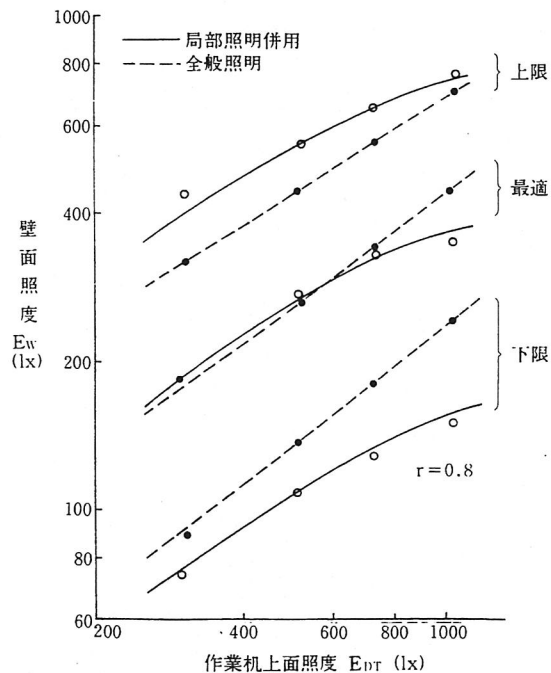
3.3.2 作業面照度が均一の場合(実験 I)との比較

さらに作業面照度が、全般照明のみを用いて作業机上面と周辺作業机上面で同じである場合(実験 I)と比較するために、作業机上面照度に対して必要な壁面照度を、同じ図の上に、本報実験 III の結果を実線で、前回実験 I の結果を破線で、それぞれ上限値、最適値、下限値を併せてプロットして、それぞれ低反射率壁面の場合を図 11 (a)、高反射率壁面の場合を同図(b)に示す。

この図 11 より、低反射率壁面の場合には、作業机上面照度に対して必要な壁面照度は、局部照明併用の場合(周辺作業面照度が



(a) 低反射率壁面(壁面反射率0.3)



(b) 高反射率壁面(壁面反射率0.8)

図 11 作業机上面照度と壁面照度の関係(照明方式による比較)

低い場合)のほうやや低くなっている。

一方、高反射率壁面の場合、作業机上面照度に対して必要な壁面照度は、最適値の場合ではほぼ同じか、局部照明併用のほうがやや低い。下限値の場合は、局部照明併用の場合の方が低い。しかし上限値の場合はやや高い傾向であるが、実験のバラツキによるものではないかと考えられ、カテゴリーの全体的に言えば、同じかやや低い傾向を示している。

3.4 実験式の導出

作業机上面照度に対する壁面照度の実験式を求める。

基本的な手順は、前節2.4とほぼ同じであるので要点のみを以下に示す。ここで、壁面照度を E_w 、作業机上面照度を E_{DT} 、壁面反射率を r とする。

壁面照度に対する壁面反射率の影響を表わす図10において、 r_0 を r のある値、 E_{w0} をこの場合の E_w の値として、この点を通る勾配 $g(E_{DT})$ の直線の一般式は

$$\frac{\log E_w - \log E_{w0}(E_{DT})}{\log r - \log r_0} = g(E_{DT}) \quad (8)$$

で与えられる。

(1) E_{w0} は E_{DT} によって変わるので $E_{w0}(E_{DT})$ と表わす。これは横軸に平行な軸を有する放物線であり、2.4(1)と同様に $\log E_{DT} = l(\log E_{w0})^2 + m \log E_{w0} + n$ で表わす。ただし l, m, n は定数とする。

(2) また $g(E_{DT})$ は2.4節と同様に E_{DT} の2次式で表わせる。 $g(E_{DT}) = u(\log E_{DT})^2 + v \log E_{DT} + w$

(3) これらを一般式に代入すれば、 E_w が r と E_{DT} の関数で表わされる。

$$\log E_w = (\log r - \log 0.500) \{ u(\log E_{DT})^2 + v \log E_{DT} + w \} + \left\{ \frac{m^2}{4l^2} - \frac{1}{l}(n - \log E_{DT}) \right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{m}{2l} \quad (11)$$

実験式を各カテゴリーごとに以下に示す。

表3 作業机上面照度に対して必要な周辺机上面照度と壁面照度

作業机上面照度	壁面反射率	対象		壁面			
		カテゴリー	最適	下限	上限	最適	下限
300	0.3		280	120	430	240	120
	0.8		310	90	380	190	75
500	0.3		420	180	590	330	180
	0.8		470	140	540	270	110
700	0.3		530	220	690	400	220
	0.8		590	180	640	320	130
1000	0.3		620	270	800	480	260
	0.8		730	230	740	380	150

(単位: lx)

表4 作業机上面照度に対する周辺机上面照度と壁面照度の許容値

作業机上面照度	周辺机上面照度	壁面照度
300	120 ~ 300	120 ~ 380
500	180 ~ 500	180 ~ 540
700	220 ~ 700	220 ~ 640
1000	270 ~ 1000	260 ~ 740

(単位: lx)

上限:

$$\log E_w = (\log r - \log 0.500) \{-0.135(\log E_{DT})^2 + 0.833 \log E_{DT} - 1.35\} + \{5.80 - 0.361(18.4 - \log E_{DT})\}^{1/2} + 2.41 \quad (12)$$

最適:

$$\log E_w = (\log r - \log 0.500) \{-0.412(\log E_{DT})^2 + 2.28 \log E_{DT} - 3.37\} + \{3.69 - 0.654(7.88 - \log E_{DT})\}^{1/2} + 1.92 \quad (13)$$

下限:

$$\log E_w = (\log r - \log 0.500) \{-0.169(\log E_{DT})^2 + 0.877 \log E_{DT} - 1.66\} + \{2.87 - 0.554(7.52 - \log E_{DT})\}^{1/2} + 1.69 \quad (14)$$

これらによる計算値の実験値に対する誤差を検討した結果、今回の実験範囲では、実験値の回帰曲線に対して約5%以下であり、実験式の予測精度はかなり高いので両者の比較の図示は省略した。

4. 各面に必要な照度

以上の結果より、壁面反射率のいろいろな値に対して、作業机上面照度に対応した周辺机上面および壁面照度の推奨値を、図あるいは式から求めることができる。ここでは前報と同様に、照明設計の参考にするために、図から推奨値を求め纏めて示す。

(1) 作業机上面照度に対する壁面反射率別の、周辺机上面と壁面照度の推奨値を図4の回帰線から読み取り表3に示す。

(2) 設計の便宜のため、壁面反射率が0.3~0.8の範囲で任意の値をとるとした場合の、各段階の作業机上面照度に対応した周辺机上面と壁面照度の許容値を図9の回帰線から読み取り表4に示す。

ここで、「許容」とは、最適ではないが、それぞれ上限のカテゴリーおよび下限のカテゴリーの範囲内にあるという意味で用い、表4の周辺机上面照度の上限の値は作業机上面照度と等しく、下限の値は壁面反射率が0.3の下限値である。また、壁面照度は、壁面反射率が0.8の場合の上限値を越えず、下限は壁面反射率が0.3の場合の下限値を下回らないという条件である。

(3) さらに、作業机上面照度が500~1000 lxの範囲で、比較的任意に設計される、あるいは照度が室内の部分部分で変化を持たせて設計される場合の、許容周辺机上面照度は270~500 lx、許容壁面照度は260~540 lxとなる。

5. むすび

作業面照度が作業机上面と周辺机上面で異なるような照明において、作業机上面に対して必要な周辺机上面の照度、作業机上面に対して必要な壁面照度に関して、それぞれ最適および下限値を求めることができた。この結果は標準的なタスクアンドアンビエント照明の設計指針として使用できるものと考えられる。

なお終りに臨み、終始実験にご協力賜った中央エンジニアリングセンターの関係各位に深甚の謝意を表す。

参考文献

1) 田淵義彦ほか: 事務所照明における照度と輝度の好ましいバランスに関する研究(その1)一机上面照度に対して必要な壁面照度一, 照学誌73-6(平元)288

(受付1990年9月27日)

オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験
その1 実験概要と明るさ感の結果
明るさ感・タスク照明・アンビエント照明

正会員○藤田さとみ¹ 同 水谷 正之²
同 小堀 一³ 同 岩田 利枝⁴
同 宿谷 昌則⁵

1. はじめに オフィスの照明環境には、作業に必要な机上面照度の確保とともに好ましい雰囲気環境を形成することが必要である。そこで筆者等はタスク&アンビエント照明(以下TAL)¹⁾を取り上げ、アンビエント照明として、天井照射型、下面開放型の2種類について、それぞれTALを行った場合の光環境が作業者の視的快適性にどのように影響するかを明らかにすることを目的として被験者実験を行った。

2. 実験概要 実験は、1992年11月~12月に武蔵工業大学2号館1階の光環境実験室²⁾において行われた。図1-a)に天井照射型、b)に下面開放型の2種類のアンビエント照明方式の場合の実験室の様子を示す。机はいずれの場合も同じ位置にあり、周りには高さ1.13mのパーティションがある。タスク照明として20Wの蛍光灯2本を図2に示す位置に取り付けた。天井照射型の場合は図1-a)に示す位置に、図2に示すような高さ1.8mの台を2台配置し、それぞれに20Wの蛍光灯を4本取り付け、天井を照射できるようにした。下面開放型の場合は図1-b)の点線に示す位置にある40W×2灯用の天井埋込式照明器具4台を用いた。蛍光灯は全て調光が可能である。

表1に机上面照度の設定値を示す。被験者位置(図1の口)における机上面照度の目標値はいずれの条件も690lxで一定とし、アンビエント、タスク、窓面からの照度の比を変えて設定している。天井照射型、下面開放型とも条件4はアンビエントが0なので、TAL的一种方式とは言えないが、他の条件との比較のため実験対象とした。

光学物理量は、机上面照度を図1に示す■の位置で、鉛直面照度を●の位置で実験時間中30秒毎に連続測定した。さらに各条件について天井面照度分布と被験者位置における室内輝度分布を測定した。また、被験者の目の高さで正六面体を作り各六面の照度を測定して平均した値をスカラー照度、ベクトル合成した値をベクトル照度としている。

図3に実験手順を示す。この一連の動作を表1の条件に設定した実験室について、被験者1人につき全8条件を行った。被験者には武蔵工業大学学生10人(男5人、女5人)を用いた。

図4に申告用紙を示す。質問1-1)は部屋全体の明るさについて許容性、明るさ感³⁾をそれぞれA, Bのスケール上に申告させ、2), 3)は部屋全体の光の方向性、明るさのむらについてそれぞれAとBのスケールで問うものである。

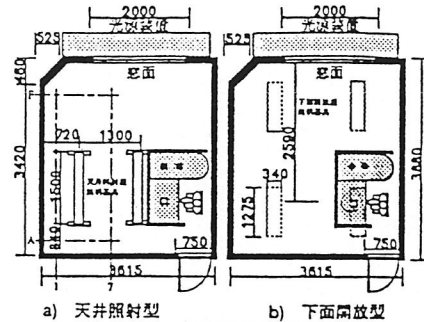


図1 実験室平面図

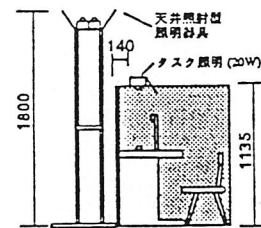


図2 断面図

表1 机上面照度の設定値と実測値

アンビエントの方式	条件番号	照度 [lx]			机上面 (トータル)	
		アンビエント	タスク	窓面	目標値	実測値
天井照射型	1	230	460	0	690	652.4
	2	100	590	0	690	644.8
	3	100	460	130	690	694.6
	4	0	460	230	690	715.1
下面開放型	1	690	0	0	690	652.3
	2	230	460	0	690	646.7
	3	100	590	0	690	646.7
	4	0	690	0	690	623.2

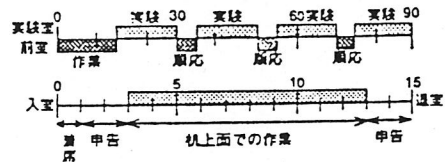


図3 実験手順

あなたが現在いるその場所で、あなたが今現在感じているままを答えて下さい。
1. 部屋全体について質問します。
1) 部屋全体の明るさに就いて、あなたの感じた度合いを下のスケールに示して下さい。 -1.0 0 1.0
A 明らかに受け入れられない どちらかといえば受け入れられない どちらかといえば受け入れられる 明らかに受け入れられる
B -2.0 -1.0 0 1.0 2.0
悪い やや悪い 丁度よい明るさ やや明るい 明るい
2) 部屋全体の光の方向性に就いて、あなたの感じた度合いを下のスケールに示して下さい。
3) 部屋の中に明るさのむらがありますか。 ある ない
それについて、あなたの感じた度合いを下のスケールに示して下さい。
2. 作業空間について質問します。
1) パーティションで囲まれた空間の明るさに就いて、あなたの感じた度合いを下のスケールに示して下さい。
2) 作業面の明るさに就いて、あなたの感じた度合いを下のスケールに示して下さい。
3. 今の光環境は次の形容詞で評価するとどの様になりますか。
4. この部屋の光環境はオフィス空間として受け入れられるものでしょうか。
 受け入れられる 受け入れられない

図4 申告用紙

質問 2-1), 2)では作業空間についての明るさを対象とし、1-1)と同様に2つのスケールを用いた。質問 3は形容詞対による心理評価スケールを用い、質問 4はオフィス空間としての光環境の総合評価を問うている。スケールを用いた申告では、途中申告を許可した。解析には図 4の各スケールに斜字体で示した(実際の申告用紙には記入していない)数値の間を、小数第一位まで読み、申告値として用いた。

3. 結果及び考察

3-1. 総合評価 図 5に、各条件ごとの作業の前後における質問 4のオフィス空間としての光環境の総合評価の申告結果を示す。下面開放-2を除いて、全体的に作業後の方が受け入れられない人の割合が増加している。天井照射-3は第一印象では100%の人が受け入れられると申告しているが、作業後には30%の人が受け入れられなくなっている。本実験はオフィス空間を対象としているため第一印象より作業後の評価を重視するべきであるということから以降の解析には、作業後の申告を用いることにした。

作業後の総合評価で検討すると、受け入れられると答えた人が50%を越えた条件は天井照射-1, 3, 下面開放-1, 2である。

天井照射型で、条件 4の窓からのみ230lxを与えた場合は受け入れられない人が60%であるが、条件 3で天井照射から100lxを与えた場合は30%に減少している。

3-2. 明るさ感 図 6に、各条件ごとの部屋全体の明るさに関する許容性と明るさ感の申告結果を示す。下面開放型の1と2を比較すると天井からの照度は、下面開放-2は1の3分の1であるのに、部屋全体の明るさ感の差が小さい。図 6から許容性と明るさ感と同様の傾向を示し、本実験においては明るさ感ほど受け入れられていると言える。図 7に作業面の明るさ感を示す。作業面の明るさ感では部屋全体の明るさ感ほど条件ごとに顕著な差が見られない。作業面の明るさの許容性は部屋全体の場合と同様に明るさ感と同様の傾向を示した。また、作業面の明るさ感とパーティションで囲まれた空間の明るさ感には図 8に示すように強い相関があり、両方の明るさ感はほぼ等しくなっている。

以上のことから本実験におけるオフィス空間としての光環境の総合評価に最も大きな影響を与えたのは、作業空間、作業面の明るさ感よりも部屋全体としての明るさ感であったと考えられた。

<参考文献>

- 1) 田淵義彦, 中村策, 松島公嗣, 別府秀紀, 事務所で局部照明を併用する場合の好ましい照度バランスに関する研究, 照明学会誌, 第76巻第6号, 1991年, PP275~281
- 2) 荒井他, 光環境実験室の概要と作業面の明るさ感に関する試行実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1991年9月, PP67~68
- 3) 岩田利枝, 自然光を導入した室内の光環境の快適性評価に関する研究, 博士論文, 1992年10月

- *1武蔵工業大学((特)日本科学技術情報センター) *2同(前田建設工業(株)) *3東京電力(株)
*4(財)ヒューマンサイエンス振興財団流動研究員・工博 *5武蔵工業大学助教授・工博

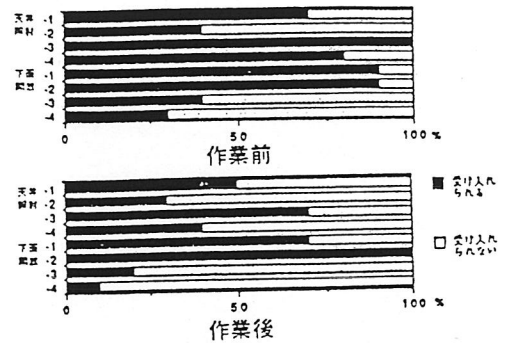


図5 オフィス空間としての総合評価

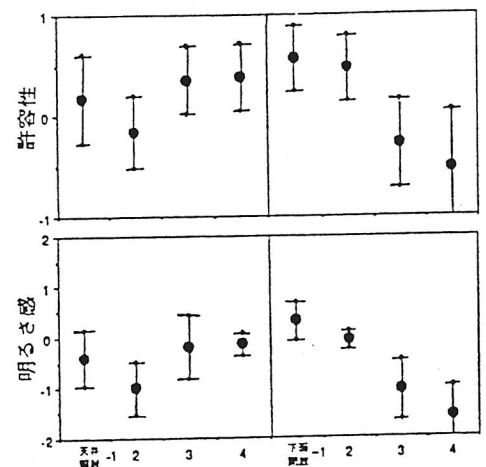


図6 部屋全体の明るさ

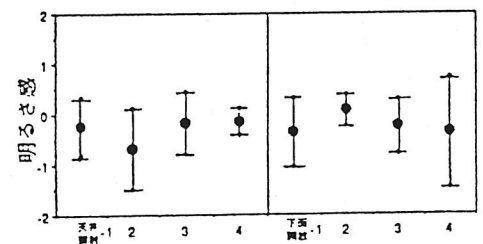


図7 作業面の明るさ

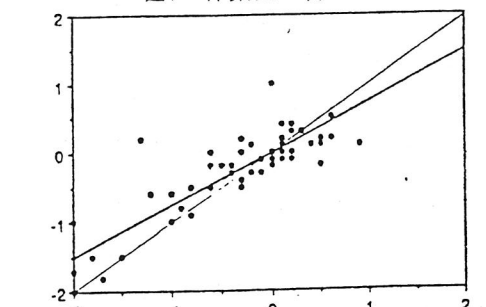


図8 作業面とパーティション内の明るさ感

オフィス照明方式と視的快適性に関する実験

その2 光の方向性、むら、心理評価に関する結果
心理評価・光の方向性

正会員○水谷 正之¹ 同 藤田さとみ²
同 小堀 一³ 同 岩田 利枝⁴
同 宿谷 昌則⁵

1.はじめに

本報その2では、さらに部屋全体の光の方向性とむらについて解析を進め、また照明方式の違いが在室者の心理評価にどのような影響を及ぼすかについて考察する。

2. 光の方向性

図1に、各条件ごとの光の方向性に関する許容性(質問1-2)の申告結果を示す。光の方向性はベクトルスカラー比(ベクトル照度/スカラー照度)¹⁾で示されると考えられるので、被験者位置におけるベクトル照度とスカラー照度を計算して、実験室内の光の方向性について検討した。図2に、各条件ごとのベクトル照度の入射高度(ベクトル高度)とベクトルスカラー比との関係を示す。ベクトル高度は、水平面より上からくる光を正、下からくる光を負としている。ベクトルスカラー比は、値が大きいほど光の方向性が強い。下面開放型では、条件の1から4の順でタスク照明の比重がアンビエント照明と比較して大きくなるが、タスク照明の比重が大きくなるとベクトル高度が低くなり、さらに条件の3からは負の値を示している。天井照射型はタスク照明の比重が大きく、窓面からの光がない条件の2においてはベクトル高度が負の値を示している。ベクトル高度が負の値を示すこれらの3つの条件に対応する、図1に示した光の方向性の申告結果を見ると、他の条件と比べて相対的に受け入れられていない。このことから、タスク照明の比重が大きくなり過ぎると、机上表面での反射光が多くなるため、被験者の目の高さより下からくる光の方が多くなりオフィス空間としては受け入れられなくなると考えられる。これは、本報その1の部屋全体の明るさに関する許容性において、タスク照度のアンビエント照度に対する比が2である下面開放-2に比べ、下面開放-3の受け入れられる人の割合が急激に減少していることと関連があると考えられる。

3. 明るさのむら

図3,4に、各条件ごとの明るさのむら(質問1-3)の申告結果における「むら」の有無についての申告の割合と、それについての許容性をそれぞれ示す。天井照射型については、

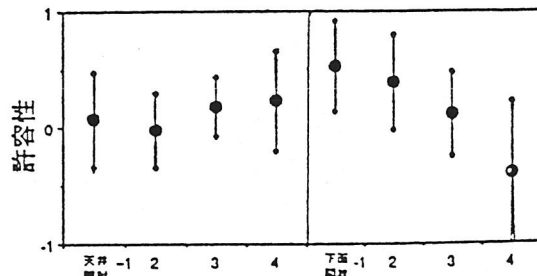


図1 照明方式と光の方向性に対する許容性の関係

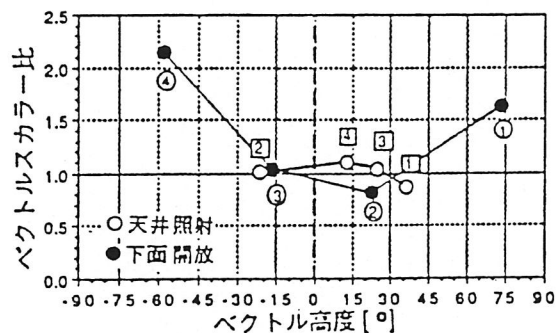


図2 照明方式とベクトルスカラー比の関係

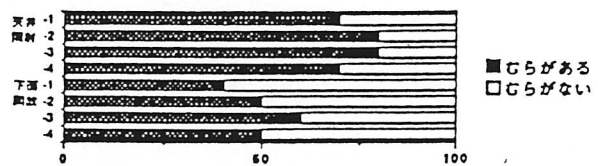


図3 明るさにむらがあると答えた人の割合と照明方式の関係

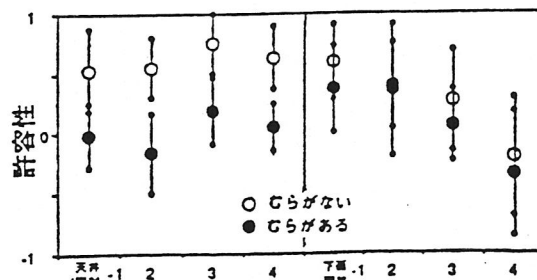


図4 照明方式と明るさのむらに対する許容性の関係

An experiment on lighting systems and visual comfort in office space.

Part2. Direction of light, distribution of ceiling illuminance and psychological appraisal.

MIZUTANI masayuki et al.

むらがあると答えた人が多く、むらがあると答えた人にはそのむらを受け入れられないとする人が多い。この原因を考察するために、各条件における天井面の照度分布と視野内の輝度分布に着目した。図5は、各照明方式における天井面の照度（本報その1の図1-a)のA~F,1~7で囲まれた部分）を測定した結果の一例を示したものであり、a)が天井照射-1、b)が下面開放-2の場合の天井面照度分布である。天井照射型では、下面開放型と比較して天井面の平均照度が高く、結果として明るくなっているが照度のむらができています。表1に、各条件ごとの室内表面輝度分布を示す。これらの値は、視野内の数点の輝度を測定してそれぞれ算出した。上段は実測値、下段は各実験条件における机上面輝度を1とした時の測定点の輝度比である。この結果について、照明方式の違いによる輝度分布の比較を、タスク照明とアンビエント照明による照度の比が同じ条件（天井照射-1と下面開放-2、天井照射-2と下面開放-3）で行なうと、天井照射型は壁の各点の輝度比間で0.1~1.0の差が生じているが、下面開放型では各点ともほぼ同じであり、天井照射型の方が壁面の輝度にむらがあることがわかる。以上のことから、同一平面内の照度分布と室内表面の輝度分布が光のむらに関する申告に影響し、オフィス空間としての光環境の総合評価にも影響を与えたと考えられる。

4. 心理的評価

図6に、天井照射型（比較のため下面開放-1を点線で示す）の心理評価スケールの申告結果を示す。下面開放-1の条件や天井照射-1,2に比べ、窓面からの光がある天井照射-3,4は、「落ち着きのある」、「自然な」、「居心地がよい」、「すっきりした」、「開放的な」等のスケールについて良い申告結果が得られている。このことから、天井照射型では昼光を利用することにより、心理的評価が良くなると考えられる。

5. まとめ

照明方式の違いによって生じる、部屋全体の光の方向性や明るさのむらが、オフィス空間としての評価に影響することがわかった。下面開放型は、今回の実験条件のなかでは、光環境の許容性などからタスク&アンビエント比が2:1が最良であると考えられた。天井照射型は、第一印象では良い評価を得た。また、昼光を併用した場合は比較的多くの被験者に受け入れられている。本実験では天井照射型についてのみ昼光利用を想定したが下面開放型についても昼光との調和方法をさらに検討していく必要がある。

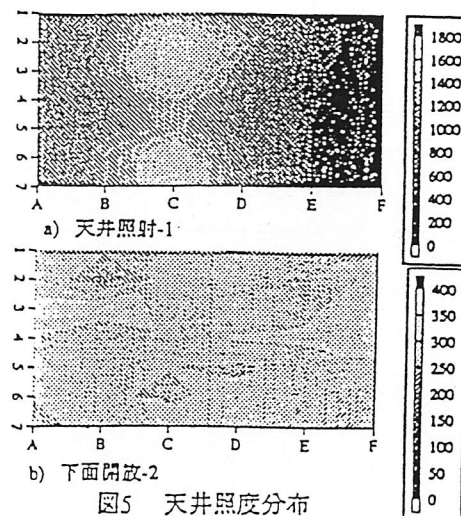


図5 天井照度分布

表1 室内輝度分布

方式	測定点	測定値					天井(平均)
		机上面	パーティション	壁A点	壁B点	壁C点	
天井照射-1	cd/m ²	132.8	46.30	67.35	107.5	241.9	272.1
	比	1	0.3	0.5	0.8	1.8	2.0
天井照射-2	cd/m ²	145.7	40.01	31.71	46.72	109.4	110.0
	比	1	0.3	0.2	0.3	0.8	0.8
天井照射-3	cd/m ²	134.8	51.86	71.30	87.07	147.5	168.2
	比	1	0.4	0.5	0.6	1.1	1.2
天井照射-4	cd/m ²	131.8	57.52	64.85	60.95	58.49	95.3
	比	1	0.4	0.5	0.5	0.4	0.7
下面開放-1	cd/m ²	90.06	70.15	178.2	180.8	152.2	1098
	比	1	0.8	2.0	2.0	1.7	12.2
下面開放-2	cd/m ²	142.9	48.23	63.38	58.23	50.79	350.0
	比	1	0.3	0.4	0.4	0.4	2.4
下面開放-3	cd/m ²	149.7	45.17	31.28	28.7	23.97	181.0
	比	1	0.3	0.2	0.2	0.2	1.1
下面開放-4	cd/m ²	142.3	32.31	6.078	2.877	3.017	95.3
	比	1	0.2	0.04	0.02	0.02	0.7

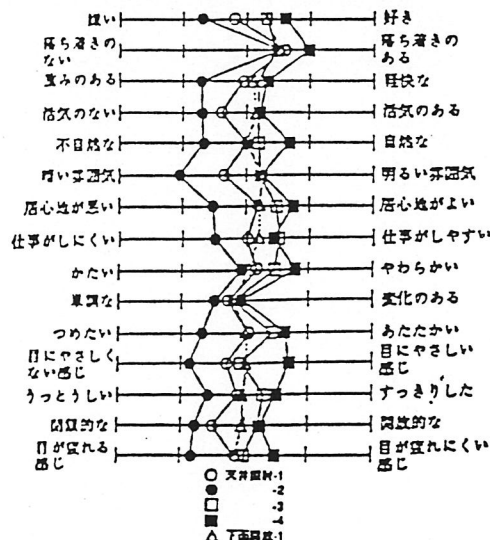


図6 心理評価スケール

【参考文献】

1) 乾正雄, 「照明と視環境」, 建築設計講座, 理工図書, 1987年, PP.115~135

- *1 武蔵工業大学 (前田建設工業 (株))
- *2 同 (特) 日本科学技術情報センター)
- *3 東京電力 (株)
- *4 (財) ヒューマンサイエンス振興財団流動研究員・工博
- *5 武蔵工業大学助教授・工博

オフィスの光環境のSD法を用いた心理評価に関する検討

正会員○ 岩田利枝*¹
正会員 小堀 一*²
正会員 宿谷昌則*³
正会員 木村建一*⁴

オフィス 光環境 SD法

1 はじめに 室内の光環境の心理評価の構造は極めて複雑である。これまでSD法や多変量解析を用いてそれを解明しようとする試みがなされてきた。しかしこれらの方法によって得られる結果は与える刺激と用いる形容詞対それぞれの内容、数、組み合わせによって異なると報告されている^{1), 2)}。実際の照明設計に寄与することを目的とするなら、適用範囲が限られていてもある程度統一的な指標が望まれる。筆者らによるオフィスの光環境に関する模擬太陽光を用いた被験者実験³⁾から得られた2つの主成分は中村による模型を用いたオフィスの照明方式に関する実験⁴⁾から得られた2因子と似ていると考えられた。そこで、例えば「オフィスの光環境」のように条件を限定すれば統一的な評価軸が得られるのではないかと考え、オフィスの光環境に関し、条件や解析方法の違いがSD法により得られる結果に与える影響について検討を試みた。

2 試験室実験とオフィスの調査結果 光環境試験

室内で表1に示すような条件で事務室の光環境に関する被験者実験を行った⁵⁾。形容詞対を用いた心理評価は試験室に入室直後と10分間の机上面での作業後の2回行った。2回の評価についてそれぞれ主成分分析を行った結果、第3主成分まではほぼ同じ結果となった。作業後の結果について表3の左部に示す。この結果から第1主成分は「好き」、「居心地がよい」で表され、第2主成分は「落ち着きがある」、「重みのある」で表されている。これは第1主成分を『好感が持てる度合』、第2主成分を『落ちつきを感じる度合』と考えた模擬太陽光の実験結果³⁾に一致しているとみることができる。中村の結果⁴⁾では第1因子『明るさ』、第2因子『居心地』であった。試験室実験の第3主成分は『変化』で表され、これは中村の結果と一致し、模擬太陽光実験の第3主成分の『目の疲労感』は試験室実験⁵⁾では第3主成分までには現れなかった。

実際の空間で評価を行ってもこれらと同様な主成分となるかどうかを確認するために表2に示すような都

表1 試験室実験の条件⁵⁾

アビメント 照明方法	机上面照度 (lx)		図中の 番号
天井非照射	アビメント	タスク / 人工窓	
	2 3 0	4 6 0	0 [1]
	1 0 0	5 9 0	0 [2]
	1 0 0	4 6 0	1 3 0 [3]
	0	4 6 0	2 3 0 [4]
下面開放	6 9 0	0	0 [5]
	2 3 0	4 6 0	0 [6]
	1 0 0	5 9 0	0 [7]
	0	6 9 0	0 [8]

表2 調査したオフィスの概要

天井 高(m)	階	窓 方位	照明配置、他	パーティ ション	調査時刻 (時)	天候	回答者構成 (年令、性別)					図中の 記号	
							20代	30代	40代	50代	女		男
2.7	18	南西	口の字配置	無	11~12	(晴)	2	2	0	1	0	5	A
2.7	4	北西	単独配置、7&8mハ-	有	~10	(晴)	3	1	1	0	0	5	B
2.6	26	南	ライン配置	有	11~12	(晴)	2	0	2	1	2	3	C
3.3	7	南	単独配置、釣り下げ	有	13~14	(晴)	4	1	0	0	0	5	D

*Bはアトリウムに面する

表3 15個の形容詞対による主成分分析結果

	試験室実験			オフィスのアンケート		
	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第1主成分	第2主成分	第3主成分
好き-嫌い	0.289	0.094	-0.106	0.269	-0.345	-0.218
落ち着きがある-ない	0.174	0.486	0.288	0.253	-0.354	-0.125
軽快な-重みのある	0.237	-0.351	-0.229	0.300	0.218	0.261
活気のある-ない	0.259	-0.341	-0.056	0.290	0.196	-0.188
自然な-不自然な	0.284	-0.093	0.103	0.256	0.229	-0.038
明るい-暗い空明気	0.283	-0.192	-0.227	0.207	0.432	0.118
居心地がよい-悪い	0.287	0.105	0.001	0.332	-0.091	-0.053
仕事しやすい-しにくい	0.269	0.156	-0.289	0.265	-0.319	0.133
やわらかい-かたい	0.237	0.212	0.473	0.261	-0.169	-0.312
変化のある-単調な	0.202	-0.319	0.631	0.219	-0.003	-0.182
あなたかい-つめたい	0.288	0.039	-0.023	0.224	0.247	-0.446
目にやさしい-やさしくない	0.247	0.339	-0.168	0.278	-0.067	0.368
すっきりした-うっとうしい	0.273	0.011	0.081	0.298	-0.163	0.231
開放的な-閉鎖的な	0.267	-0.310	0.004	0.180	0.447	-0.078
目が疲れにくい-疲れやすい	0.245	0.276	-0.217	0.187	0.018	0.523
寄与率	0.660	0.114	0.044	0.468	0.177	0.123
累積寄与率	0.650	0.774	0.818	0.468	0.646	0.769

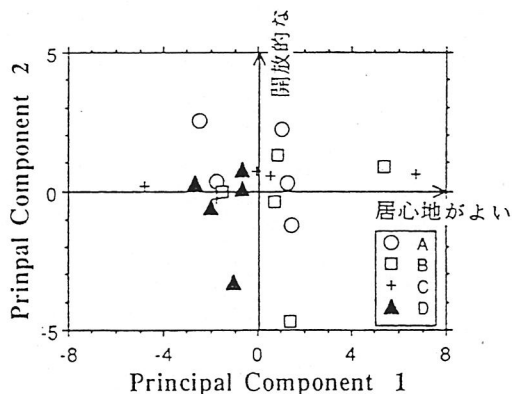


図1 15個の形容詞対による主成分得点の布置図 (オフィス、個人別)

内のオフィス4箇所（A、B、C、D）で同じスケールを用いた調査を行った。近い席にいる5名ずつの執務者に同時に回答してもらった。その主成分分析の結果を表3の右部に示す。第1主成分は『居心地』、第2成分は『開放感』であるが、他の第2主成分が大きい形容詞は「落ち着きがない」、「仕事しにくい」、「嫌い」といった否定的なもので『集中しにくい』に近いと考えられる。第3主成分は『冷たく目が疲れにくい』となる。試験室実験の結果とは異なるように見える。図1に第1主成分と第2主成分の得点の布置図を示す。個人差が大きいが、『居心地』（横軸）についてはDよりBの方がよく、『開放感』（縦軸）については4室の中でA（パーティション無し）が最も開放的と見られる。

3. 形容詞対を減少させた場合 表3に示した15の形容詞対のスケールのうち、「好き-嫌い」「仕事しやすし-しにくい」「居心地がよい-悪い」は必ず最適値がスケールの片端にあると見られ、他のスケールと同等に扱うことに疑問が持たれた。中村らは新たにこれらを除いた10個の形容詞対について37の評価刺激を用いて因子分析を行い『明るさ』、『落ち着き』、『変化』の軸を抽出している²⁾。表3の形容詞対のうちから中村らの10個の形容詞対に相当する8個を選び（中村らのものはこれに「広い」と「まとまった」が加わる）、試験室とオフィスについてそれぞれ主成分分析を行った。試験室とオフィスの結果はほぼ同じであったのでオフィスの結果を表4の左部に示す。第1

主成分が『活気・軽快』、第2主成分は『やわらかさ・落ち着き』、第3主成分は『変化』で、中村らによって得られた因子に似ている。これは用いる形容詞対をほぼ同じにしたことによるものと考えられる。「好き-嫌い」などの形容詞対を削除したことによりよい悪いを判断するような『評価を直接示すような成分』はなくなっている。

4. 条件ごとの平均値による解析 8個の形容詞対を用いた場合も図1に示した15個の場合と同様に個人差が大きかった。そこで条件それぞれの特徴を明らかにするために、オフィスごと、試験室実験の各条件ごとの平均値を用いて主成分分析を行った。その結果を表4の右部に示す。第1主成分が『軽快・活気』、第2主成分が『やわらかさ・落ち着き』、第3主成分が『変化』でオフィスの結果を個人別に主成分分析を行った場合（表4左部）と同様になった。この第1主成分と第2主成分の得点の分布を図2示す。天井照射型は、『やわらかさ・落ち着き』が大きいことなどが分かり、この図に矛盾はないと考えられた。

5. まとめ オフィスの光環境の心理評価の方法を探るため試みにSD法を用いた解析について検討を行った。その結果、対象を「オフィス」、「光環境」の範囲に限り、評価に用いる形容詞対を限定すると一定の3成分で示せると考えられた。しかし、これは片端に最適値を持つような形容詞対等を除いた場合であり、用いる形容詞対の選択には検討を要する。

表4 8個の形容詞対による主成分分析結果

	オフィスのアンケート(20名)			オフィスと試験室(全12条件)		
	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第1主成分	第2主成分	第3主成分
落ち着きがある-ない	0.210	0.512	0.621	0.320	0.539	0.385
軽快な-重みのある	0.423	-0.174	0.082	0.378	-0.238	0.098
活気のある-ない	0.441	0.031	0.020	0.379	-0.158	0.055
自然な-不自然な	0.378	-0.078	0.304	0.371	0.009	-0.359
明るい-暗い雰囲気	0.385	-0.404	0.006	0.364	-0.377	-0.167
やわらかい-かたい	0.288	0.532	-0.142	0.280	0.648	-0.495
変化のある-単調な	0.281	0.375	-0.685	0.355	0.058	0.632
開放的な-閉鎖的な	0.359	-0.338	-0.160	0.370	-0.247	-0.197
奇号率	0.499	0.214	0.098	0.799	0.108	0.048
累積奇号率	0.499	0.712	0.810	0.799	0.907	0.954

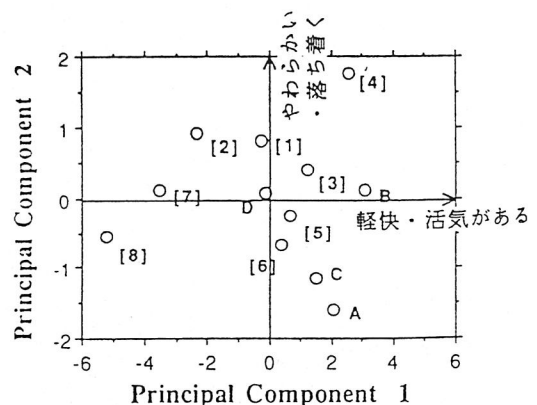


図2 8個の形容詞対による主成分得点の布置図（オフィスと試験室実験全12条件）

【参考文献】(1)Tiller, D and Rea, S.: Prospects for Semantic Defferential Scaling in lighting research, Proc. of CIBSE National lighting conference 1990 pp.110-127, 1990年 (2)中村芳樹, 乾正雄: オフィスの輝度分布とその心理的効果, 日本建築学会計画系論文報告集第445号, pp. 27-33, 1993年, (3)宝田裕美子他: 模擬太陽光のある人工気候室を用いた光環境の快適性に関する被験者実験, その1, 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993 (4)中村芳樹: オフィスの光環境の調査と実験, 照明学会誌第74巻第1号, pp. 17-23, 1990年 (5)藤田さとみ他: オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験, その1, 2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993年

*1) 国立公衆衛生院ヒューマンサイエンス振興財団流動研究員・博士(工学) *2) 東京電力株式会社
*3) 武蔵工業大学助教授・工学博士 *4) 早稲田大学教授・工学博士

オフィスにおけるタスク・アンビエント照明の最適性 ○正会員 田中 裕美子*1 同 岩田 利枝*2
に関する検討 同 小堀 一*3 同 宿谷 昌則*4

照明方式、不満足者率、設備電力量

1. 研究目的 石油問題や環境問題の認識によって、電灯照明の省エネルギー化の必要性がうたわれてきた反面、所要照度の再上昇や、照明用設備電力量の著しい増大の傾向がある。従来の事務室照明では、天井に規則的に配列された照明器具により、事務室全体を高い照度レベルで均一に照明する方式が主に用いられてきた。一方で、多様化する事務作業や視環境の快適性向上への対応として、タスク・アンビエントライティング方式(以下TAL)が採用される例もある。TALは、事務室等で、作業面には必要十分な高いレベルの照度を確保する一方、その他の部分は相対的に低いレベルの照度にする照明方式であるため、所要設備電力削減の効果を期待できる。本研究では、パーティションに囲まれた執務スペースをもつオフィス空間において、TAL使用時における快適性、許容性、所要設備電力量について総合的な検討を行なうことを目的とした。

2. 実験概要 実験は、1993年10月に武蔵工業大学2号館1階の光環境実験室において、図1の実験室に図2の机を2名分設置して行なった。1名分の執務空間は、高さ約1.1mのパーティションに囲まれている。机は、事務作業用の机とVDT(画像端末機)作業用の部分とから成る。光源は、アンビエント(天井からの照明)用としては調光可能な40Wの蛍光灯2灯用のアルミルーバー付き天井埋込式照明器具4台、タスク(机上の照明)用としては調光可能な20Wの蛍光灯を机の前方と左側に1本ずつ設置した。被験者には、学生10名(男9名、女1名)を用いた。実験の設定条件としては、表1に示すように設定作業面照度を375lx、562.5lx、750lxの3種類とし、それぞれについてアンビエントに対するタスクの照度比(以下T/A比)を0.5、1.25、2、3.5、5とした計15条件を用いた。図3に実験手順を示す。2名ずつの被験者が、前室(水平面照度約500lx)で5分間の順応の後、実験室に入室して簡単な机上面作業を行なう。その作業の前後に、部屋全体と机の上について図4のような申告スケールを用いて評価を行なった。被験者はそれぞれ、15条件全てにおいて同じ席で作業を行なった。なお、被験者は各照度のT/A比2の条件において、作業後にタスク用の蛍光灯を好みの照度となるよう調光する。

3. 結果及び考察 明るさ感等の感覚を定量化するために、図4のスケール上の評価を小数点第一位まで読み取り(以下四捨五入)申告値とした。なお、これらの数値は申告用紙には記入されていない。

3.1 調光 図5に調光した後に満足された照度の平均を示す。設定照度の上昇に伴い、満足する照度も上昇している。しかし、調光による照度の上昇幅は設定照度が上昇すると、むしろ小さくなる。

表1 作業面設定照度

設定照度		T/A比				
		0.5	1.25	2	3.5	5
375lx	T	125.00	208.75	250.00	291.25	312.50
	A	250.00	166.25	125.00	83.75	62.50
562.5lx	T	187.50	312.50	375.00	437.50	468.75
	A	375.00	250.00	187.50	125.00	93.75
750lx	T	250.00	416.25	500.00	583.75	625.00
	A	500.00	333.75	250.00	166.25	125.00

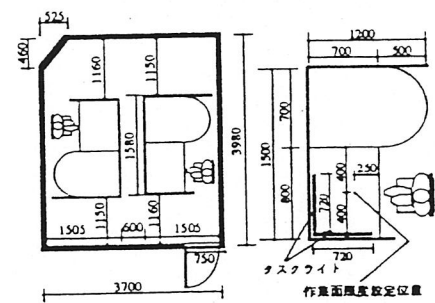


図1 実験室平面図 図2 デスク平面図

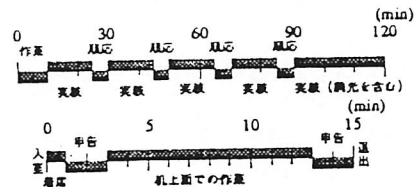


図3 実験手順

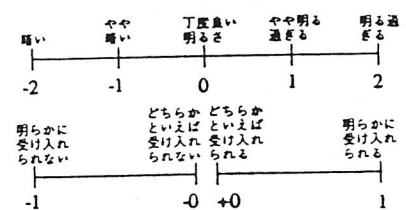


図4 申告スケール

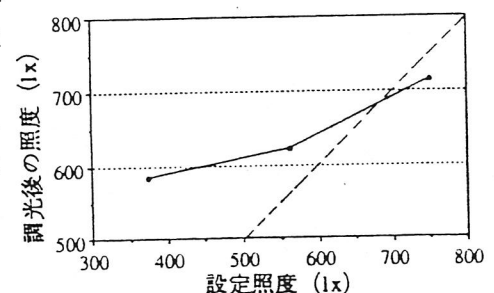


図5 調光後に満足された照度の平均値

3.2 許容性 T/A比に対するオフィス空間としての許容性を図6に示す。グラフ縦軸の許容性は被験者の申告の平均値で、数値の大きなものほど許容性が高い。3種の設定照度全てにおいて、T/A比0.5~2では許容性は高く、T/A比3.5、5では許容性は低い。このことから、T/A比2と3.5との間には大きな差があり、今回の設定条件ではT/A比は2が限界であると考えられる。また、作業前後で許容性に確実な変化が見られることから、長時間の事務作業を中心とするオフィスの光環境にはその空間で作業を行なった後であっても快適なものが良いといえる。作業面の明るさについての許容性も図6とほぼ同様の結果であった。

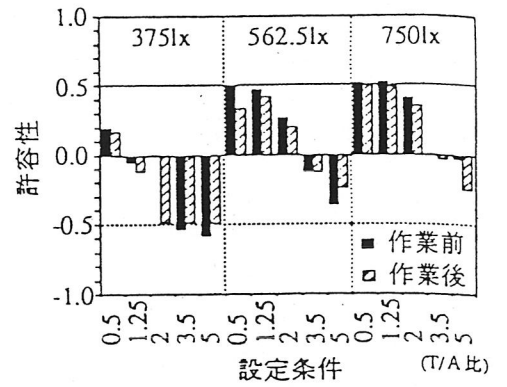


図6 T/A比とオフィス空間としての許容性

3.3 不満足者率(PD) 図7に設定照度ごとのT/A比と不満足者率(PD)の関係を示す。PDはオフィス空間として「受け入れられない」と答えた人の割合である。照度の高い方が全体的にPDが低い。375lxでは他の設定照度よりはるかにPDが高くなっており、事務作業をするにあたって適さない光環境であったことがうかがえる。562.5lx、750lxは共に、T/A比1.25で、PDが最低となっている。全体的に562.5lxと750lxでは同様の傾向である。

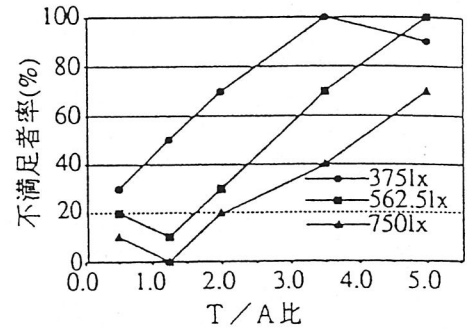


図7 T/A比と不満足者率

3.4 明るさ感(BSV) 図8に設定照度ごとのT/A比と室内に対する明るさ感(BSV)の関係を示す。0が「丁度良い明るさ」で、プラスの値が大きくなるほど明るすぎると感じ、マイナスの値が大きくなるほど暗いと感じていることを示す。375lxの場合には全てマイナスで、どのT/A比でも「やや暗い」と感じられている。562.5lx、750lxの場合にはBSVとT/A比の関係に違いがない。

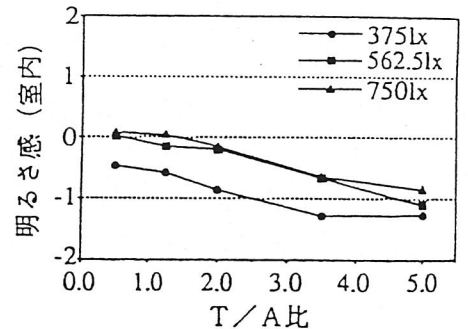


図8 T/A比と室内に対する明るさ感

3.5 照明用設備電力量 平面8m×8m、天井高2.6mの事務室を想定し、今回の実験で用いたパーティションで囲まれた執務空間に、作業面の高さを0.75mとして8名分設置したとして照明用設備電力を計算した。設定照度は562.5lx、750lx、設定T/A比は実験と同じく5種類とした。図9に、この条件下でのT/A比ごとの総所要設備電力の計算値を示す。3.2~3.4より総合的に見て、今回の15条件の中で最適と判断された照度562.5lx、T/A比1.25の場合には、同照度のアンビエントのみの照明に比べ、約44%の設備電力削減となっていることがわかる。750lxについて言えばそれは60%となる。

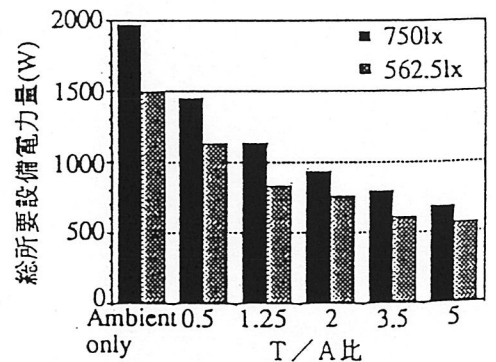


図9 T/A比ごとの総所要設備電力量

4. まとめ パーティションに囲まれた執務スペースを対象にして、設定照度ごとのT/A比と許容性、明るさ感、不満足者率との関係を実験的に明らかにした。TALが全般照明に比べて小さな所要設備電力で同等の照度を達成し得ることがわかった。

【謝辞】本研究を行なうにあたり、江口徹氏（当時早稲田大学学生）の協力を得た。記して謝意を表す

【参考文献】

- 1. 藤田、水谷、他 オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験 その1 その2
- 2. 日本建築学会大会学術講演梗概集 1993年9月 pp.1183~1186

- *1. 株式会社 山内設計室 (当時 武蔵工業大学)
- *2. (財)ヒューマンサイエンス振興財団 流動研究員・工博
- *3. 東京電力株式会社
- *4. 武蔵工業大学助教授・工学博士

Yamauchi Planning Inc.
Research Associate, Human Health Foundation, Dr. Eng.
Tokyo Electric Power Company
Assoc. Prof., Musashi Inst. of Technology, Dr. Eng.

オフィスを想定したタスク・アンビエント照明に関する実証的研究

タスク・アンビエント照明 行動 心理的効果

- 正会員 望月 菜穂子*1
- 同 山川 昭次 *2
- 同 平手 小太郎*3
- 同 安岡 正人 *4

■はじめに

タスク・アンビエント照明は省エネ効果やVDTへの映り込み対策、メリハリのある照明空間を作り出すとして、期待される照明方式である。しかし過去の導入例では暗い、憂鬱な雰囲気になるといった評価も多く、めざましい普及には至っていない。本研究では空間で行われる行動に着目し、実際の生活を通じた評価実験を行うことで、行動にふさわしいタスク・アンビエント照明を検討した。

■実験概要

写真-1に示すような半地下の研究室を実験室とした。机上照度を800~1000lxに保ったタスク・アンビエント照明の周辺照度を200lx (TAL(暗))と記す。以下同様)、300~500lx (TAL(中))、500~800lx (TAL(明))と3段階に変化させたパターンと、TAL(明)のタスク照明を消した全般照明の、計4パターンを評価対象とした(図-1)。被験者は大学院生、卒業研究を行う4年生の、計14名である。被験者に各パターンの空間で10日間、生活をさせた後、アンケート調査を行った(図-2)。アンケートでは机上照度や、照明全般、空間の雰囲気の満足度と、予備調査で明らかになった主な行動「机上作業」「単純作業」「VDT作業」「打ち合わせ」「思考的作業」「リフレッシュ」(表-1)について、それぞれの満足度を5段階で回答させた。

さらに全パターンの実験終了後に補足調査として、レポートリーグリッド発展手法による面接調査を実施し、照明空間の評価の要因と実験パターンとの関連を把握した。

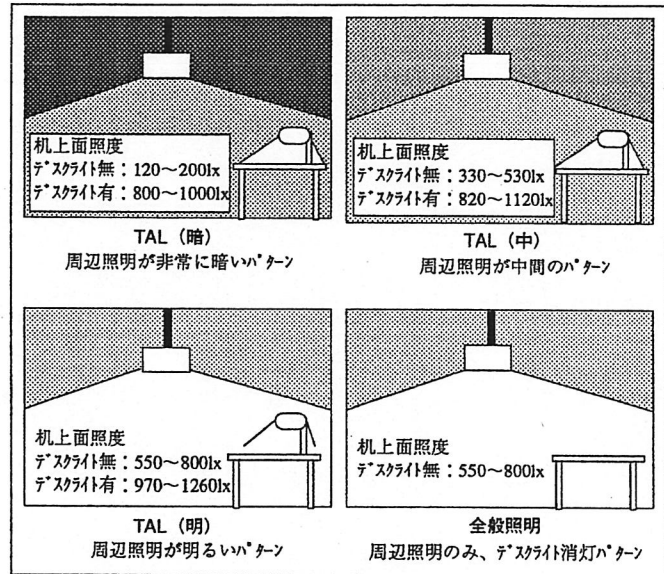


図-1 照明パターン概要

照明概要

- <アンビエント照明>
- ペンダント型蛍光灯 (OAルーバー)
(40w×3本×12灯)
- <タスク照明>
- パーティション取付けスタンド
(15W×8灯)
- <その他>
- スポットライト (100W×3灯)
- リフレッシュコーナー上
デザインライト (2灯)
- 中央柱ブラケット、植栽と組合せ



図-2 評価実験実施手順

表-1 予備調査による行動分類

行動名	実際に行われた行動	行動名	実際に行われた行動
机上作業	書類整理 原稿、レポートを書く 手帳に記入する 机上整理 図面作成	思考的作業	資料・文献を読む 考え事をする 読書する(体系的知識取得) 原稿を書く
		打ち合わせ	打ち合わせ(研究に関して) 話をする(研究以外)
VDT作業	データ解析 データ入力 ワープロ打ち	リフレッシュ	お茶を飲む はーっとする 雑談する 新聞・雑誌を読む 睡眠をとる 周囲を見まわす うろうろする
単純作業	切り貼り データ入力 部品組立 テープ起し 机上整理		

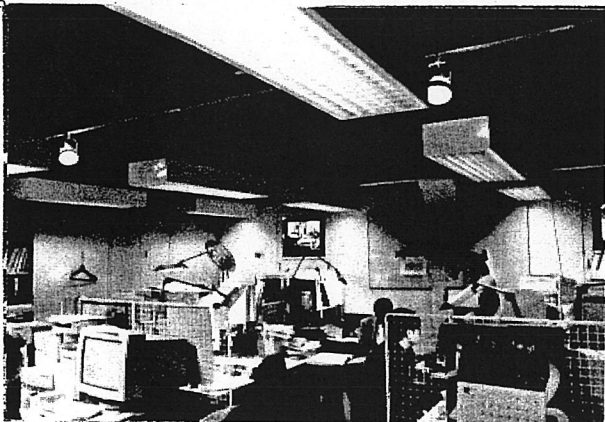


写真-1 実験空間

The practical study on Task-ambient Lighting assumed office environment

Nahoko Mochizuki et al.

■実験結果

6つの行動に対する満足度の結果を図-3に示す。
 「机上作業」「打ち合わせ」については、TALの明るい空間ほど評価が高く、全般照明の評価はいずれも低い。
 「思考的作業」はTALの周辺照明が暗い空間ほど、評価が高い。

照明や空間の雰囲気に関する満足度の結果を図-4に示す。「机上照度」「照明」については、TALで周辺照明が明るい空間ほど評価が高く、全般照明は低い。空間の雰囲気である「落ちつき」については、TAL(中)の評価が最も高かった。

■考察

補足調査で抽出した照明空間の評価階層図(図-5)と合わせて考察する。

照明評価の上位概念は大きく3つに分けられ、まず作業に支障がないことが挙げられる。作業に支障がないためには作業スペースが明るいことが重要であり、机上照明のあるTAL照明の評価が高くなったものと考えられる。

TAL(暗)が、「思考的作業」について最も好ましいとされるのは、自席まわりが明るく周囲が暗いことで光による区画ができ、集中しやすい環境が実現するためと考えられる。「リフレッシュ」は、階層図のどの照明パターンとも均等な結びつきになっており、また行動の満足度でも最も好まれ、かつ最も不満とされるという極端な評価になっている。これは、同じ「リフレッシュ」という言葉から「休息(ボーっとする、居眠りをする)」と「気分転換(おしゃべりをする、お茶を飲む)」という相反する行動を想定した被験者に2分されたからと考えられる。このことから、思考的作業のように自己の内部でのみ完結する作業、打ち合わせのように外部との接触で成り立つ作業など、どのようなレベルで情報のやりとりを行うのかということが、照明環境を評価する上での行動の分類基準として考えられるのではないだろうか。

暗くて、憂鬱な雰囲気になるという評価のためにタスク・アンビエント照明が普及しない原因の一つとして、空間で行われる様々な行動を考慮せずに、固定的な計画が行われていることが挙げられる。本来は室内の照明環境を個人の行動や、好みに応じて調節できることが望ましいが、日本のような大部屋式のオフィスでは、アンビエント照明を含めた個人的な調節は現実的ではない。部署による作業特性を考慮した計画や、室内の一面や別室に、集中した思考的作業向けの照明環境を作るといった計画への応用が可能であろう。

謝辞：この研究にあたりご協力いただいた、五十島恵子氏(当時卒論生)に感謝いたします。

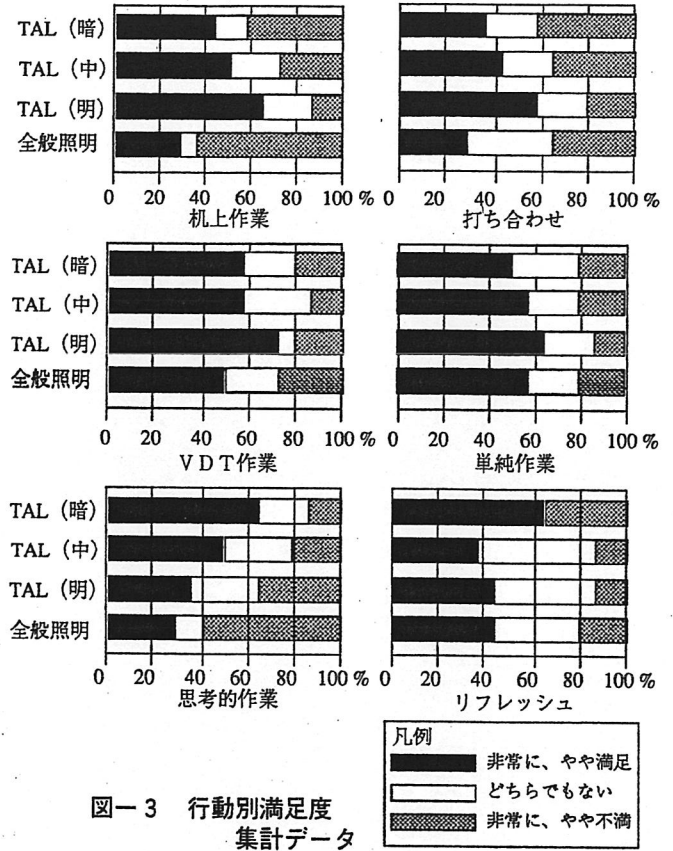


図-3 行動別満足度 集計データ

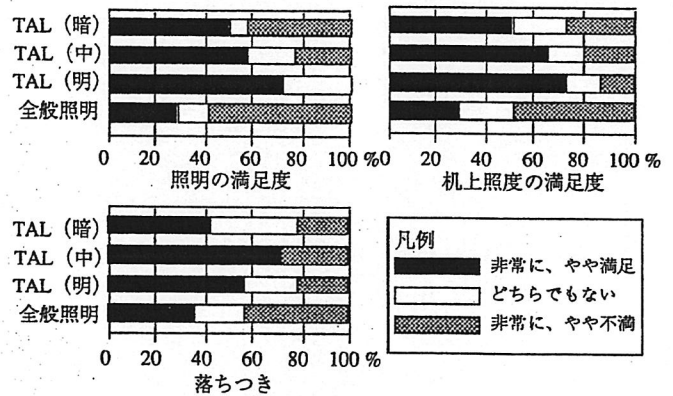


図-4 項目別満足度 集計データ

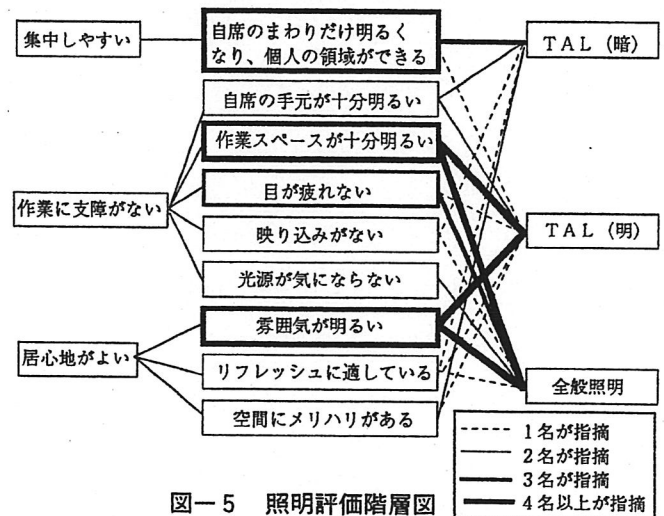


図-5 照明評価階層図

*1竹中工務店技術研究所 研究員 *2竹中工務店
 *3東京大学 助教授 工博 *4同 教授 工博

*1 Takenaka Research Lab. Takenaka Co.
 *2 Takenaka Co. *3.*4 Dept of Architecture,
 Faculty of Engineering Univ. of Tokyo

輝度分布の表現法に関する研究

A STUDY ON HOW TO EXPRESS LUMINANCE DISTRIBUTION

中村芳樹*, 乾 正雄**, 沢田敏実***

Yoshiki NAKAMURA, Masao INUI and Toshimi SAWADA

Luminance distribution has long been recognized as having a great impact upon the two important factors in lighting environment : visibility, and impression of the room interior. Yet it cannot be said that luminance distribution, important though it is, has been effectively utilized in lighting design or in evaluation of lighting environment. This paper demonstrates the importance of assessing the characteristics of luminance distribution from the dual standpoints of 1) fineness of luminance variations, and 2) the location of them. The paper goes on to demonstrate the effectiveness of using a filter that lets through only luminance variations of a specific fineness, and to propose the use of these filters as one method of expressing luminance distribution.

Keywords : luminance, photometry, luminous environment, frequency, Fourier transform

輝度, 測光, 光環境, 周波数, フーリエ変換

1. はじめに

従来から照明は、機能主体の明視照明か快適性を主体とした雰囲気照明かに大別されてきた。そして輝度分布が、それぞれの照明の目的である明視性または快適性に大きくかかわっていることは、以前から繰り返し指摘されてきた。そのため、輝度分布研究の歴史は長く、輝度分布と明視性、あるいは輝度分布と快適性の関連性を探る研究は、盛んに行われてきた。

では現在、輝度分布にかかわる当初の問題が解決されたかというところでもない。照明設計の現場を見ると、現在でもそのほとんどの過程で照度のみが使われており、最終的な照明環境のチェックの段階ですら、輝度分布が十分に考えられているとはいえない。

照明設計で輝度分布が取り上げられないのは、その必要性が低いからではない。それどころか、今、輝度分布を考慮しなければならないという必要性は高い。新しいオフィスでは、VDTを使った作業が頻繁に行われるようになったため、従来のような露出型の照明器具ではなく、配光をある程度規制した照明器具が使われることが多くなった。このため、従来はほとんど考慮する必要のなかった室内における明るさのバランス、すなわち輝度分布を、いかに設計するかが重要な課題となってきたのである。

このように、輝度分布を取り上げるという必要性は高いにもかかわらず、実際にはそうされていない。それは、輝度分布を考えようとすると、いくつかの技術的な問題にぶつかってしまうからである。

藤井らは、輝度分布に関連する技術的困難として、(1) 輝度分布の測定技術、(2) 輝度を基調とした評価方式、(3) 輝度設計方式—輝度の予測、の3点を挙げた¹⁾。しかし現在の技術からすると、(1)と(3)はそれほど大きな障害ではない。輝度分布の測定装置は、放射カメラを転用することによってすぐにも実現可能であろうし、写真測光法も利用できる。また輝度分布の予測は、現在ある程度可能であるし、これからの計算機の高速度化、大容量化を考えれば、近い将来高精度の予測ができるようになることは間違いないであろう。

そのように考えると、輝度分布が利用されない主な理由は、(2)の輝度を基調とした評価方式が確立されていないからであるといえるであろう。確かに輝度比の推奨値といったものは示されているが、実際にはほとんど使われていない。

輝度分布の重要性、現在の技術的進歩、そして輝度分布が考慮されていないという現状を考えあわせると、実際の使用に耐える輝度分布の評価法が盛んに研究されてしかるべきなのだが、現実にはそのような研究は少ない。

* 東京工業大学大学院総合理工学研究科

** 東京工業大学大学院総合理工学研究科

*** (株) 構造計画研究所

Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering Tokyo Institute of Technology

Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering Tokyo Institute of Technology

Kozō Keikaku Engineering Inc.

筆者らの考えでは、その原因は輝度分布の表現法自体が確立されていないことにある。輝度分布を推奨するにはその特性を表す指標が必要だが、その指標が輝度比では不十分なのである。

このような認識に基づいて、筆者らは輝度分布をいかに表現すればよいかを調査、研究してきた。本稿では、輝度分布を表現する際に生ずる問題点を整理し、一つの表現法としてフィルタリングを使った方法を提案する。

2. 既往の輝度分布に関する研究

最も初期に行われた輝度分布の研究の一つにローガンのものである²⁾。彼は、人間は自然界の輝度分布に順応して発達してきたはずだという視点に立ち、視野を5つの領域にわけ、それぞれの平均輝度（論文では光束発散度）の比率を考察した。その結果、人工的な空間で生ずる輝度比が自然界のものより大きい事実を示し、人工環境は自然界に準じたレベルに設計すべきであると結論した。

ムーンとスペンサーにとっては、あるべき輝度分布はより具体的であった。彼らは、自らの研究と S. Q. Q. Committee のレポートを受けて、推奨輝度分布の提案を行った³⁾。彼らのいう推奨すべき輝度分布とは、作業者が作業対象から視線を移動したときに、目の順応状態を変化させる必要がないことを保証すべきものであり、そのためには、輝度比は最大でも3対1以内でなければならないと主張した。

その後しばらくの間、輝度分布に関連する研究はムーンらの考え方に則って行われた⁴⁾。しかし当時の研究の多くは、ムーンの考え方をそのまま踏襲しているというよりも、被験者を使って印象としての輝度比の良し悪しを評価させており、目の順応状態を変化させない輝度比ではなく、心理的に不快を感じない輝度比を求めている。一方ローガンの研究は、その意味づけや視野の分割の方法に対する考察が十分でないこともあって、あまり参考とはされなかった。

また、対象とする空間を固定して、作業面と壁面、作業面と天井面との間の最適な輝度比を求めるといったような研究も盛んに行われた⁵⁾。このような研究が行われるようになった背景には、視対象の近傍とかその周辺とかいった漠然とした表現では、実際の照明設計で使いにくいという事実がある。しかし確かに、作業面と壁面、作業面と天井面との間の輝度比は輝度分布を規定する重要な要素ではあるが、空間の大きさや作業者の位置によってその影響が異なるであろうことを考えると、この表現法が便宜上の方法であることは否めない。

このようにさまざまな研究が行われたあと、各国の照明基準で採用されたのは、視対象とその近傍、視対象とやや離れた部分の輝度比という輝度分布の表現法で、前

者の輝度比は3対1以内、後者のそれは10対1以内という線ではほぼ合意があった。しかしすでに述べたように、このような輝度比の推奨値が、現実の照明設計や照明環境の評価に使われることはまれであった。それはこの表現法にさまざまな問題点があるからである。次にこれらの問題点を整理してみる。

3. 室内輝度比の推奨値

たとえば ANSI では表-1 のように輝度比の推奨を行っている⁶⁾。ここで、実際の空間の輝度がここに示された輝度比の推奨値を満足しているかどうかを検討してみよう。

図-1 はタスク・アンビエント照明方式を採用したあるオフィスの輝度分布実測結果である。ここでは写真測光法を使い、測定の間解像度を視角0.5度とした。

図に示すように、実際の輝度分布は2次元に分布した画像となるが、ここでは簡単のために、輝度分布画像の一部である1次元の輝度分布データを取りだし、これを基に考察することにする。

表-1 ANSI の推奨輝度比

作業面と隣接する領域	1 : 1 / 3
作業面とやや離れた暗い面	1 : 1 / 10
作業面とやや離れた明るい面	1 : 10

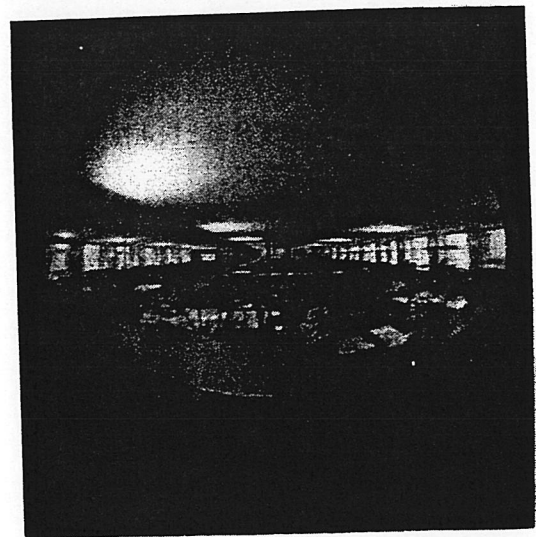


図-1 写真測光法によるオフィス輝度分布の測定例

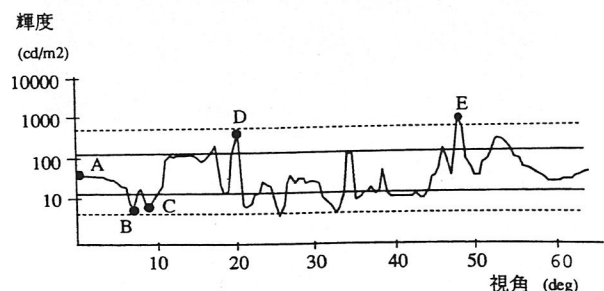


図-2 1次元の輝度分布の例（解像度：視角0.5度）

図-2は、図-1の輝度分布の黒の矢印で示す範囲を抽出したもので、作業面から鉛直方向の輝度の変化の様子を表している。図の縦軸は輝度の強さを、横軸は作業面からの視角の大きさを示している。図内の4本の水平線は、設定した注視点（図-2の左端の点A、図-1の下端の点にあたる）との輝度比の大きさを表しており、二本の実線の範囲におさまる輝度の値は注視点との輝度対比が3対1以下であり、破線の範囲におさまれば輝度対比が10対1以下である。

図をみると、左端の注視点との輝度比が3対1を越える点はかなりあり、注視点に近い部分である点Bや点Cでも3対1を越えていることがわかる。また10対1を越えている点Eがあり、点Dはほぼこの限界にある。

この輝度分布が表-1の輝度比の推奨値を満足したものであるかどうかを判断するには、この点Bや点Cが視対象の近傍であるのかどうかという判断を下さなければならないが、近傍というような漠然とした表現では、このような判断ができないことは明らかである。輝度比の推奨にはまず、対比を考える二つの点の位置関係を明確に示すことが必要となる。

次に点Eに注目すると、図より明らかに輝度比10対1を越えているわけであるから、この点が視対象の近傍であろうとなかろうと、推奨された条件を満足していないことになるが、実はそう判断できるとは限らない。

図-2に示されている輝度分布は、視角0.5度の解像度で測定した。それがもし視角2度の解像度で測定したとすれば、測定結果は図-3のようになる。ここで点D、点Eに対応する点はそれぞれD'、E'である。全体として輝度変化の幅が小さくなり、点E'では輝度比が10対1以下となっている。また点D'では、輝度の高いはずのこの部分が全く消え去ってしまっていることがわかる。もしはじめから視角2度の解像度で測定を行っていたら、図から明らかのように、輝度比10対1を越える部分はないと判断せざるをえない。

このように、輝度比の値は輝度分布を測定する解像度に大きく依存しており、測定の解像度を明確にすることなしに、輝度比の大きさに言及することはできそうもない。輝度分布の特性を表すには、分布としての特性とは何かという問題から考えてみる必要があるであろう。

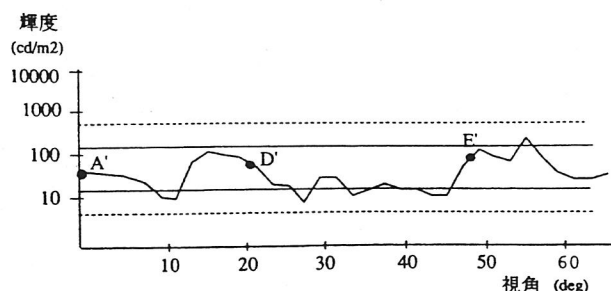


図-3 解像度が視覚2度の場合の輝度分布測定結果

ここで輝度分布を、位置の変化とともに輝度の値が変化している状態と考えてみる。変化の違いは一般に「粗い—細かい」という波長の長さと、「強い—弱い」という振幅の大きさを表すことができる。したがって輝度変化にも、粗い輝度変化と細かい輝度変化があるし、強い輝度変化と弱い輝度変化があると考えられる。

そこで輝度変化の粗さに注目してみると、対比を考える二つの点の位置関係は、解析の対象とする輝度変化の粗さと考えられることができそうである。一方解像度は、輝度分布データをサンプリングする粗さと考えられるので、この二つの問題は、サンプリングする粗さによって検出できる粗さが決まると考えれば、解決の糸口がつかめそうである。

このように考えると、輝度分布の表現にはまず、輝度変化の粗さという視点が必要なのである。そこで次に、この輝度変化の粗さをどのように示せばよいのかを考える。

4. 輝度変化の粗さの表現

輝度分布画像は、輝度の値が位置の関数として表されている。輝度変化の粗さを表すには、このような位置の関数として表現された輝度分布画像から、なんらかの変換を用いて、粗さの関数として表現された画像が得られればよい。

画像処理の分野では、位置の関数として表現された画像を他の関数として表現するような変換は頻繁に行われ、通常、フーリエ変換、アダマール変換、K-L変換などが用いられている⁷⁾。フーリエ変換はsin, cosの関数で展開する方法、アダマール変換は矩形波で展開する方法であり、双方とも粗さの関数に変換される。一方、K-L変換は基本的には因子分析と等価であり、原画像の相関行列から、固有値と固有ベクトルを求めるものである。

粗さの関数に変換する二つの方法のうち、アダマール変換には、三角関数を基本にしたフーリエ変換を計算機向きにしたという側面があり、計算機から離れて一般的な論議をする場合は、フーリエ変換の方がふつうである。輝度分布画像の粗さを表現するために用いる変換としては、フーリエ変換が適当であろう。

一般に周期関数はフーリエ級数に展開することができる。これは、任意の周期関数は三角関数の和として表せるということを意味しており、展開されたさまざまな周期をもつ三角関数の振幅を比較することによって、どのような粗さの変化が支配的であるかを知ることができる。周期関数でないものはフーリエ級数に展開できないが、無限大の周期をもつ関数と考えることによって同様な意味をもつ変換を定義することができ、これがフーリエ変換である。フーリエ変換を施される関数が空間の位

置、すなわち長さの関数である場合、変換された結果は単位長さ当たりの周波数の関数となり、この単位長さ当たりの周波数を空間周波数という。

輝度分布を考えると、視覚心理学の分野の研究との対応を考える必要があるが、視覚の空間特性に関連する研究の多くは、この空間周波数を用いて視覚系の特性を表現しようと試みている。たとえば、ローリーらはマツハバンドを取り上げて、この現象が視覚系の空間周波数特性を考えれば説明できることを示した⁸⁾、キャンベルとロブソンのマルチバンドスペクトル理論も、空間周波数特性の考察より導かれている⁹⁾。そしてこのような視覚系の特性を空間周波数特性としてとらえようという研究は彼ら以後も活発に続き、現在までに多くの蓄積がある。これらの研究成果を、空間の輝度分布の推奨に展開できるという可能性を考えると、輝度分布の粗さはフーリエ変換によって得られる空間周波数を用いて表現するのが適当であろう。

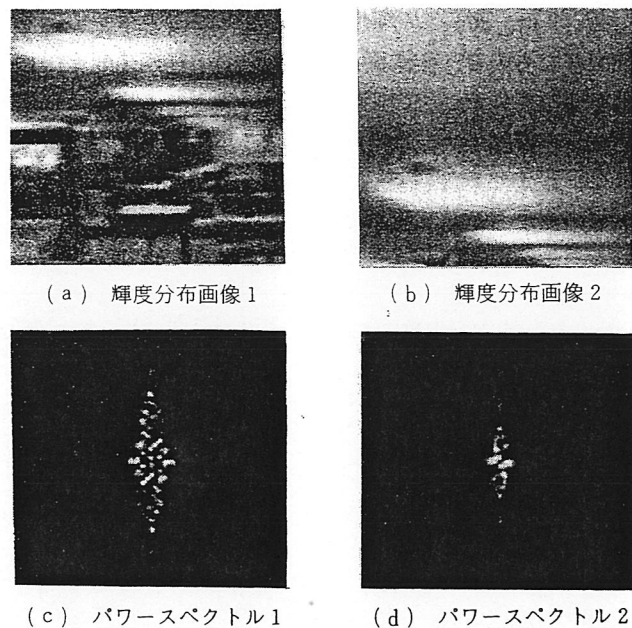
さらに、粗さを空間周波数で表すのは、サンプリングの間隔と測定できる粗さの関係を知る上でも都合である。シャノン—染谷のサンプリング定理によると、原信号の持つ上限周波数の2倍の周波数でサンプリングすれば、離散的な値から完全に原信号を再現することができる。したがって、考慮する輝度変化の粗さの上限を空間周波数として表現すれば、その2倍の周波数でサンプリングすればよいということになり、輝度分布の測定に必要な解像度を明確に示すことができる。

このように考えれば、輝度変化の粗さは空間周波数で表現すればよいようである。そうすると輝度変化の特性は、さまざまな空間周波数をもつ輝度変化の強さで表せそうで、これは振幅の大きさを考えればよい。

さまざまな変化の振幅の大きさを考える場合、フーリエ変換した結果からパワースペクトルを求めることが多く、輝度分布の特性を表す場合も、パワースペクトルを用いることが有効であると考えられる。しかし実際に輝度分布をスペクトル解析してみると、さまざまな問題にぶつかる。

実際の輝度分布の解析では、空間の輝度分布の一部をサンプリングして切り取ったものを解析データとし、離散的なフーリエ変換を行うことになるが、離散的なフーリエ変換の結果は切り取った位置や大きさにより変動する。周期関数が解析対象である場合は、切り出した位置の影響を極力小さくするためにさまざまな窓関数を通過させて、信頼性の高いデータを得るようにする。しかし輝度分布の場合周期性はほとんどなく、データを切り取った場合によって解析結果は全く異なったものとなる。

図—4の(a)と(b)は、図—1の輝度分布測定データから、中央付近の間接照明によって輝度変化が生じた



図—4 輝度分布画像のパワースペクトルの例

天井部分を切り取ったもので、(a)は下部の什器と一緒に、(b)は他の天井部分と一緒に切り取られている。これらのデータをフーリエ変換し、そのパワースペクトルをとってみると、それぞれ(c)、(d)のようになり、全く異なった結果が得られることがわかる。図では変化の強さが明るさで示されており、図の中心ほど周波数の低い変化の強さを、周辺ほど周波数の高い変化の強さを示している。

さらに別の問題もある。パワースペクトルからでは、画像のどの位置にどのような粗さの輝度の変化があるかを読み取ることができない。パワースペクトルは、変換の対象となるデータ全体と、各周波数の変化とのかかわりの程度を示したもので、データのある特定の範囲でいくらか粗さの変化と一致していても、他の部分での相関がなければほとんど検出できないし、たとえ検出できたとしてもその位置はわからない。

このように、輝度分布の特性を表すには、パワースペクトルを求めるだけでは不十分なようである。そこで、空間の輝度分布を実際に評価する場面を想像してみると、ある粗さの輝度変化が、どこに、どれだけの強さで存在するかがわかる必要がありそうである。そのように考えれば、輝度分布の画像データからある特定の空間周波数の変化だけを通過させた画像を得るという操作、すなわちバンドパスフィルタを使ったフィルタリングが、有効な手段であると考えられる。そこで、特定の粗さの輝度変化を抽出する方法としてのフィルタリングを考えてみる。

5. 輝度変化が生ずる位置の検出

ふつう変化が生ずる位置を検出するというと、急激に

濃度が変化している部分を検出することを意味している。画像処理の分野には濃度変化の激しい部分を抽出するさまざまな手法があり、これらが対象の輪郭を検出することを目的としていることから、エッジの抽出法と呼ばれている。濃度変化の激しさは、その微分をとれば測定できることは容易に推察され、1次と2次の微分がよく使われる。1次微分は方向性を考慮しなければならないので、方向性を消すためのさまざまな手段がとられることが多いが、2次微分には方向性がないという利点がある。

このような1次微分や2次微分という操作は、周波数領域では周波数の高い変化だけを通過させるという性質を持っており、高周波フィルタと呼ばれる。このような高周波フィルタを実際の画像にかける場合、ふつう画像には高周波成分を多く含んだ雑音が含まれていることが多いので、雑音の高周波成分をある程度予想してこれを除去しておいたり、少しボケを与えたりした後にすることが多い。

この高周波成分を除去したりボケを与えたりするという操作は平滑化と呼ばれ、周波数領域で考えると、周波数の低い変化だけを通過させる低周波フィルタリングの操作となる。平滑化の方法には、まわりの点の値を平均して中央の値に置き換える移動平均と、重み付きの距離関数を用いる加重平均があり、重み付きの距離関数にはガウス関数がよく使われる。

このように、実際の場面で行われているエッジ抽出の操作は、あらかじめ雑音を除去するために低周波フィルタをかけてから、微分などの高周波フィルタをかけるものである。この操作は、エッジとして検出したい周波数成分を知り、その帯域の周波数だけを通過させるようなバンドパスフィルタをかけることと同等である。すなわち、特定の粗さの輝度変化が生ずる位置の検出は、画像処理におけるエッジの検出と同じであり、平滑化と微分という手法を組み合わせればよいことがわかる。

フィルタリングは、入力関数を $x(t)$ 、そのフーリエ変換を $X(\omega)$ 、出力関数を $y(t)$ 、そのフーリエ変換を $Y(\omega)$ とし、フィルタを $H(\omega)$ と表すとすると、次式のように表される。

$$Y(\omega) = X(\omega)H(\omega)$$

ここで $H(\omega)$ の逆フーリエ変換を $h(t)$ で表せば、次のような関係があることが知られており、たたみ込みと呼ばれている。

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} x(t-\tau)h(\tau)d\tau$$

積分操作が二つの関数のかわりの程度を求めていることを考えに入れると、フィルタ $H(\omega)$ の逆フーリエ変

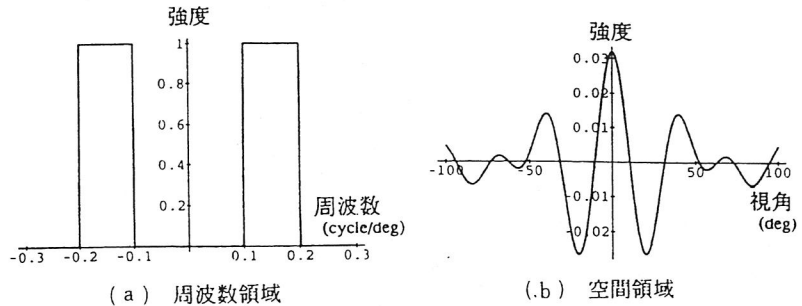


図-5 矩形帯域フィルタ

換の結果である $h(t)$ がどのような関数であるかは、フィルタリング処理の意味に大きなかわりをもってくる。フィルタリングの効果は、周波数領域におけるフィルタ関数と、実領域におけるたたみ込み関数の両方でとらえる必要がある。

図-5(a) に示すような簡単な矩形のバンドパスフィルタを考えてみた場合、この関数を逆フーリエ変換すると図-5(b) のようになり、注目している点の周囲の輝度変化だけでなく、大きく離れた位置の輝度の値も、フィルタリングした値に影響を与えることがわかる。しかし輝度分布の分析では、局所的な輝度変化の性質が抽出されるほうが望ましいので、このフィルタはやや不適當である。

ある周波数の変化だけを通過させる関数という性質を一般的にいうと、周波数領域で局在した関数であるという。一方、たたみ込み関数が対象とする点の周囲の値だけで決まるとき、空間領域で局在しているという。輝度分布の解析に必要なフィルタは、周波数領域と空間領域の両方で局在している必要があることになる。不確定性原理によると、任意の関数の空間的広がり (Δx) と周波数成分の広がり (Δf) の関係は $\Delta x \cdot \Delta f \geq \frac{1}{2}$ の条件を満たし、この積が最小となるような関数はガウス関数である。したがって、ガウス関数を利用したバンドパスフィルタが理想的なものということになる。

そのように考えれば、平滑化の方法としてガウス関数を重み付き関数として使ったものを用いれば理想的であると考えられる。一方高周波フィルタは、輝度変化の方向性を考えないとすると、一つの数学的操作で表現できる2次微分が最も好ましい。そこで、ガウス関数による平滑化と2次微分を用いたバンドパスフィルタを考えると次のようになる。

ガウス関数は次のように表せる。

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 σ は標準偏差で、ガウス分布の広がりを表す。このガウス関数を2階微分すると次のようになる。

$$G''(x) = -\frac{\sigma^2 - x^2}{\sqrt{2\pi}\sigma^5} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (2)$$

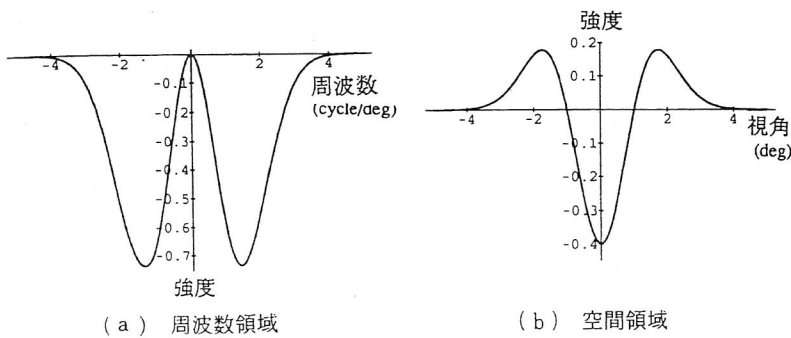


図-6 G'' フィルタ

これをフーリエ変換すると次のようになる。

$$\tilde{G}''(\omega) = -\omega^2 \exp\left(-\frac{1}{2} \sigma^2 \omega^2\right) \dots\dots\dots (3)$$

ここで ω は角周波数である。

(2), (3) 式で求められた G'' フィルタは, σ が 1 の場合を考えてみると図-6 のようになり, 空間領域, 周波数領域共に局在し, 特定の粗さの輝度変化を抽出するための理想的なフィルタであることがわかる。

ここに示すような, ガウス関数によって平滑化を行い 2 次微分をとるといふ考え方は, 認知科学者マーと同様の考え方である¹⁰⁾。彼は, ぼんやりとしたエッジの検出のためのフィルタと, 鋭く焦点のあった部分のエッジを検出するためのフィルタとが必要であるという視点から, 画像にさまざまな大きさのガウス分布をたたみ込んだ後その 2 次導関数を求め, そのゼロ交差からさまざまな粗さのエッジの抽出を行った。

一方筆者らは, 特定の粗さの輝度変化が, どの位置に, どれだけの強さで存在するかを抽出するための, 理想的なバンドパスフィルタとしてこのフィルタを得たわけで, その目的はやや異なり, したがって使い方も異なる。しかし, 特定の粗さの変化を抽出するという意味では同じであり, そういう意味ではこのフィルタが理想的であると結論づけてよいであろう。

6. 輝度分布表現のためのフィルタ

G'' フィルタはバンドパスフィルタとして理想的であるが, このままでは輝度分布の解析には使えない。そのためには, この G'' フィルタを基に, 注目する粗さの変化をそのまま通過させるフィルタを得る必要がある。そこで次に, 実際の輝度分布の解析に必要な 2 次元の場合について, 注目する粗さの輝度変化がそのまま通過するフィルタを求めることにする。

2 次元のガウス分布は次のように表される。

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (4)$$

ここで, x, y は平面上の位置を表し, σ は標準偏差で, ガウス分布の広がりを表す。

(4) 式を二回微分すると次のようになる。

$$G''(x, y) = \frac{-1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式をフーリエ変換すると次のようになる。

$$\tilde{G}''(u, v) = -4\pi^2(u^2+v^2) \exp[-2\pi^2\sigma^2(u^2+v^2)] \dots\dots\dots (6)$$

ここで, u, v は, 横方向, 縦方向の空間周波数成分である。

(6) 式は, $u^2+v^2 = \frac{2}{4\pi^2\sigma^2}$ のときピーク値, $-\frac{2}{e\sigma^2}$ を取るが, ここで必要なのは, 注目する粗さ (f_0) に対応した輝度変化が量的な変化なく通過することであるので, 空間周波数が f_0 の時にピークをとるように σ を決め, このとき最大値 1 をとるようにすると, 注目する輝度変化を検出するフィルタ $\tilde{N}(u, v)$ が次のように求まる。

$$\tilde{N}(u, v) = \frac{(u^2+v^2)}{f_0^2} \exp\left(1 - \frac{u^2+v^2}{f_0^2}\right) \dots\dots\dots (7)$$

これを逆フーリエ変換し, 空間領域に戻すと次のようになる。

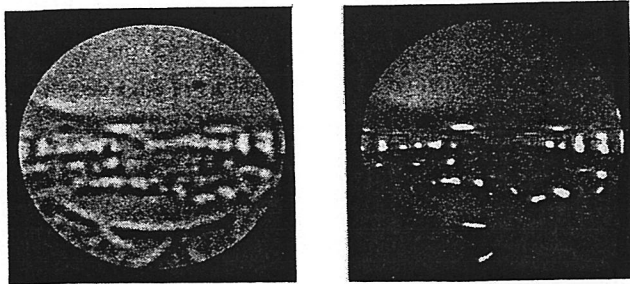
$$N(x, y) = \pi^2 f_0^4 \left[\frac{1}{\pi^2 f_0^2} - (x^2+y^2) \right] \cdot \exp[1 - \pi^2 f_0^2 (x^2+y^2)] \dots\dots\dots (8)$$

すなわち, この $N(x, y)$ を測定した画像にたたみ込めば, 注目している粗さの輝度変化の大きさが検出されることになる。

また $\tilde{N}(u, v)$ の値をみれば, 必要とする精度に応じて, 必要な解像度とたたみ込みを行う範囲を決めることができる。例えば, 振幅が 0.1 以下の周波数の影響を無視するとすれば, 測定周波数の上限は注目する周波数の 2.3 倍程度, たたみ込み演算を行う範囲は注目する周波数の 1.5 倍程度であればよい。したがって測定に必要な解像度は, サンプル定理より, 測定周波数の上限の更に 2 倍, すなわち 4.6 倍の周波数に対応したものとなる。たとえば, 注目する周波数を 0.3 [cycle/deg] とすれば, 必要とされるサンプリング周波数は 1.38 [cycle/deg], そしてこの逆数が解像度であるから, 必要な解像度は約 0.72 [deg] ということになる。

この $N(x, y)$ を輝度分布画像にたたみ込んで得られる画像は, たとえば輝度分布画像の輝度値をそのまま使って計算した場合は, 平均輝度との輝度差が変化量として出力されたものとなり, あらかじめ輝度値の対数をとっている場合には, 平均輝度との輝度比が出力されたものとなる。

この関数を実際の空間の輝度分布にたたみ込んだ例を



(a) 演算結果 (b) 平均輝度との輝度比が3対1を越える部分の検出結果

図-7 輝度分布画像の演算結果

図-7に示す。解析対象とした輝度分布画像は図-1に示したもので、分析周波数を0.04 [cycle/deg]とし、輝度値の対数をとった数値を用いて演算を行った。図-7(a)は演算結果をそのままグレースケールに変換して表現したもので、図-7(b)は、平均輝度との輝度比が3対1以上の部分（正対比を白で、逆対比を黒で表示）を検出したものである。

このように、このフィルタリングを使えば、特定の輝度変化が、どの部分にどれだけの強さで存在するかを示すことができる。そしてその特性を使えば、このフィルタリング結果を、視環境の輝度分布の評価と関連づけることができる。一つの例として、過度な輝度変化があるかどうかという側面から輝度分布を評価する場合を考えてみると、次のようになる。

実際の空間ではさまざまな粗さの輝度変化がある。小さな光源のような、細かく、強い輝度変化が問題となる場合もあろうし、天井面と壁面との間の輝度変化といった、かなり粗い輝度変化が問題となる場合もある。したがって、輝度分布を評価するためには、分析する周波数を変化させた数種類のフィルタリング出力が必要となる。そこでたとえば、分析すべき複数の周波数を示し、それぞれの周波数ごとに、測定すべき解像度と許容される輝度変化量を示す、というような方法をとれば、輝度分布を客観的に評価することができるのではないだろうか。輝度分布を評価しようとする者は、必要とされる解像度で対象とする空間の輝度分布を測定し、指定された複数の分析周波数でフィルタリング出力画像を得、図-7(b)のように、許容値以上の変化部分を検出する。そしてそのような領域が視野内に存在すれば、問題があるということになり、輝度を調整すべき部分を画像上で指摘することができるのである。

7. まとめ

以上、輝度分布の表現には、従来の輝度比の推奨という方法では不十分なことを示し、フィルタリングを使うことによって、特定の粗さの輝度変化が、どの位置に、

どのような強さで存在するかを表すことができることを示した。

輝度分布の特性のすべてが、輝度変化の粗さ、位置、強さで表現できるかどうかは疑問の余地があろうし、ここで示した方法以外の輝度変化の表現も可能であろう。しかし、従来の漠然とした推奨輝度比にかわって、特定の粗さに注目したフィルタリング結果を使って推奨輝度分布を規定することは、実際に使える輝度分布の評価法に一步近づいたことにはなろう。またこれらのフィルタリング結果は、天井面の暗さと陰気な印象の関係などという、空間の印象と輝度変化の関係を定量的につかむための一つの道具となる可能性もあろう。今後の研究課題としたい。

本稿は、輝度分布の表現法自体に対する考察を中心に展開した。そのため、実際に輝度分布を測定し、これによって視環境の評価しようという際に生ずるいくつかの問題点については割愛したが、最後にこれらの問題点を簡単に整理すると、大きく二つになる。

一つは画像としての輝度分布の測定精度に関する問題である。実際の輝度分布の測定にはレンズの使用が不可欠で、その結果、測定された輝度分布データは、レンズ系の空間周波数特性によって細かい輝度変化の強度が減衰したものとなり、本稿で示した測定結果についても例外ではない。これは従来の輝度測定では考慮の対象外となっていた問題だけに、実際の測定に当たっては十分注意しなければならないであろう。

もう一つは検出すべき輝度変化の粗さをどのようにすればよいかという問題である。これに関連した問題として、従来の輝度比の推奨値とどのように整合性をとるかという問題や、視覚系の空間周波数特性との関係をどうするかといった問題などあり、十分な考察が必要であろう。

最後になったが、輝度変化を検出するフィルタ関数の導出に当たっては、構造計画研究所(株)の植田正巳氏にご協力をいただいた。ここに記して深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 藤井克人, 高橋貞雄, 佐々木和治: ITV式輝度分布測定装置とその応用例, 照学誌, 第54巻9号, pp.23~30, 1970
- 2) H.L. Logan: Light for Living, Illum. Engng. 42-3, pp.291~324, 1947
- 3) Moon, P. & Spencer D.E.: Lighting Design, Addison Wesley, 1974
- 4) 例えば, Bodmann, H.W.: Quality of Interior Lighting based on Luminance. Trans. Illum. Engng Soc. (London) 32-1, pp.22~40, 1967
- 5) 例えば, 金子直礼, 高橋貞雄, 藤井克人: オフィスの快適輝度比に関する研究, 照学誌, 第54巻8号, pp.24~32, 1973

- 6) American National Standard Practice for Office Lighting, ANSI/IES RP-1, 1982
- 7) 辻内順平編著：応用画像解析，共立出版，1981
- 8) Lowry, E.M. and DePalma, J.J. : Sine-wave response of the visual system. I. The Mach phenomenon. J. opt. Soc. Amer., 51, pp.740~746, 1961
- 9) Campbell et al. : Application of Fourier Analysis to

Visibility of Gratings. J. Physiol., 197, pp.551~566, 1968

- 10) Marr, D., and E. Hildreth. : Theory of edge detection. Proc. R. Soc. Lond. B207, pp.187~217, 1980

(1991年7月4日原稿受理, 1991年11月1日採用決定)

視環境の輝度分布特性に関する研究

A STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF LUMINANCE DISTRIBUTION IN THE VISUAL ENVIRONMENT

中村 芳樹*, 乾 正雄**
Yoshiki NAKAMURA and Masao INUI

In order to assess the characteristics of luminance distribution in diverse visual environments, the authors measured luminance distribution in a wide variety of visual environments. At first we focused attention on the strength of these luminance variations, but we were not able satisfactorily to express qualitative differences among visual environments in this way. Next, therefore, we focused on positioning that gave rise to strong luminance variations, and we were thus able to express the characteristics of luminance variations in terms of the degree of fineness which could be detected in those luminance variations. It thus became apparent that it is possible to express in this way the characteristics of luminance distribution within the visual environment.

Keywords : *luminance, visual environment, luminous environment, lighting installation*
輝度, 視環境, 光環境, 照明方式

1. はじめに

輝度分布は以前から照明環境の質を考える際の重要な要素であるとたびたび指摘されてきた。しかし現実には、輝度分布は、これまで照明環境の設計や評価に有効に使われてきたわけではない。それにはいくつかの理由があるが、その一つに、従来の輝度比では輝度分布をうまく表現できないことがある。筆者らは、従来の輝度比の考え方には変化の粗さの概念が不足していたことを指摘し、その欠点を補うことのできる方法として、フィルタリングを用いた輝度変化検出法を提案した。そして輝度分布の特性は、フィルタリングによって得られる輝度変化画像を検討することによって表現する必要があることを示した¹⁾。

次の問題として、この輝度変化検出法を実際の視環境に適用するためには、精度なども考慮した具体的な計算方法が明示されなくてはならない。また、そのような方法で輝度変化を抽出したとき、実際の視環境ではどれだけの輝度変化量が存在するのか、そして視環境が異なればその輝度変化量がどのように変化するのか、も示されなくてはならないだろう。

そこで本稿では、提案した輝度変化検出法の具体的な計算方法を示し、さまざまな視環境の輝度分布にそれを適用した結果から、これらの輝度分布特性の違いについて考察する。

2. 輝度分布の測定

視環境といってもその範囲は広い。ここではまず、大きく屋内と屋外に分けた。また、輝度分布の特性を考えると、さまざまな照明方式や手法の違いは重要な要素となるので、これらの違いも考察できるよう、屋内視環境からはオフィス、屋外視環境からは昼と夜の景観を採り上げた。選定した輝度分布の測定対象の一覧表を表-1に示す。

オフィスは、代表的な室内視環境と考えられるだけで

表-1 測定対象一覧

オフィス	景観(昼)	景観(夜)
1. 直付け窓富士型(1)	1. 人工景観遠景(1)	1. 建築物近景(1):不均
2. 直付け窓富士型(2)	2. 人工景観遠景(2)	2. 建築物近景(2):不均
3. 埋め込み下面開放(1)	3. 人工景観近景(1)	3. 建築物近景(3):不均
4. 埋め込み下面開放(2)	4. 人工景観近景(2)	4. 建築物近景(4):均
5. 埋め込み下面開放(3)	5. 平面の広がる景観(1)	5. 建築物近景(5):均
6. 鏡面ルーバ付き(1)	6. 平面の広がる景観(2)	6. 樹木近景(1):投光照明
7. 鏡面ルーバ付き(2)	7. 自然景観遠景(1)	7. 樹木近景(2):投光照明
8. 鏡面ルーバ付き(3)	8. 自然景観遠景(2)	8. 樹木近景(3):電飾
9. 鏡面+暗色ルーバ付き	9. 自然景観近景(1)	9. 樹木近景(4):電飾
10. 白色ルーバ付き(1)	10. 自然景観近景(2)	10. 鉄骨建造物近景
11. 白色ルーバ付き(2)		11. オフィスビル近景
12. 白色ルーバ付き(3)		12. オフィスビル中景(1)
13. 床置き間接照明		13. オフィスビル中景(2)
14. 鏡面ルーバ+床置き間接照明		14. 繁華街近景(1)
		15. 繁華街近景(2)

* 東京工業大学 助手・修士(工学)

** 東京工業大学 教授・博士(工学)

Research Assoc., Tokyo Institute of Technology, M. Eng.
Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

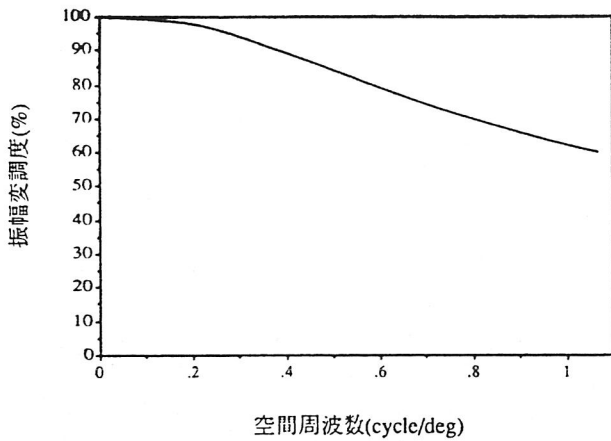


図-1 測定系の空間周波数特性

なく、最近では照明方式のバリエーションも多い。そこで種々の照明方式が入るように、全般照明で照明器具が異なるオフィス (1~12) とタスク・アンビエント照明のオフィス (13, 14) を測定対象とした。

昼の景観では、以前報告した景観の輝度分布を分析した結果²⁾を参考に、自然景観 (視野内の樹木が多く存在するもの) と人工景観 (建築物など人工的なものが多く存在するもの)、それらの近景と遠景、平面の広がった景観などを選んだ。

夜の景観では、主に建築物や樹木が照明で演出されている景観を選んだ。ここでも照明手法の違いを考察することができるように、同じような対象物で照明手法の異なるもの、すなわち樹木では電飾 (枝に豆電球を取り付けているもの) と投光照明のものを、建築物では均一に照明されているものと不均一なものを、測定対象に含めた。また繁華街のように輝度変化が激しいと考えられるものも測定対象に加えた。

輝度分布の測定は写真測光法³⁾によった。写真の撮影には正射影レンズを使用し、画角 180 度の範囲の輝度分布を測定した。正射影レンズの場合、画角 120 度以上の部分ではやや測定精度が落ちるが、その部分も補正を行いデータとして採用した。写真の撮影は、絞りを一定にシャッタースピードを 4 段階に変化させ、4 枚の写真のフィルム濃度より輝度の値を読み取った。輝度値は 256 段階 (8 ビット) のデジタルデータとし、オフィスと昼の景観では 1 cd/m² から 10 000 cd/m² の範囲を、夜の景観では 0.1 cd/m² から 1 000 cd/m² の範囲を、対数で 256 段階に分割した。

測定解像度は、オフィスと夜の景観では 1 ドット当たり約 0.45 度、昼の景観では 1 ドット当たり約 0.9 度となっている。また測定系の空間周波数特性は図-1 のようになり、細かい輝度変化については、やや減衰した変化量が測定されていることがわかる。

3. 輝度変化画像の抽出

測定されたさまざまな視環境の輝度分布の画像より、フィルタリングを用いて輝度変化量を抽出した。この輝度変化量が 2 次的に表示された画像を輝度変化画像と呼ぶことにし、ここではこの輝度変化画像を抽出するための具体的な計算方法について述べる。

輝度変化量を抽出するためには、特定の粗さだけの輝度変化を抽出するフィルタリングを施せばよい。そのための理想的なフィルタは、検出する輝度変化の周波数を f_0 として次のように表される。

実領域では、

$$N(x, y) = \pi^3 f_0^4 \left[\frac{1}{\pi^2 f_0^2} - (x^2 + y^2) \right] \exp[1 - \pi^2 f_0^2 (x^2 + y^2)] \dots \dots \dots (1)$$

周波数領域では、

$$\tilde{N}(u, v) = \frac{(u^2 + v^2)}{f_0^2} \exp\left(1 - \frac{u^2 + v^2}{f_0^2}\right) \dots \dots \dots (2)$$

これらを用いてフィルタリングを行えばよいが、その計算には、全体をフーリエ変換したあと周波数領域で積をとる方法と、実領域でたたみこみ演算を行う方法がある。理論的にはどちらの方法で計算しても同じ結果になるが、一般的には、計算による負荷が少ない方法で計算する。ここで考えるフィルタリングの場合、実領域で局在しているのでたたみこみマトリックスを小さく設定でき、計算量を考えればたたみこみによる演算の方が有利となる。さらにたたみこみによる場合、計算精度をマトリックスの大きさとして表現できるため、所定の計算精度が確保される範囲を明示し得ることも利点の一つである。フーリエ変換を用いる場合は、計算結果として出力される画像の大きさはもとの画像と同じであり、注意を怠ると計算精度が確保されていない部分のデータを含めてしまうことになりかねない。輝度変化量を抽出するためのフィルタリングには、たたみこみ演算を用いた方が好ましいといえる。

フィルタリングの計算精度を考える場合、周波数領域で考えた方が理解しやすい。図-2 は式 (2) で f_0 を 0.1 とし、 v が 0 の場合を図示したもので、縦軸はフィルタ関数の値すなわち周波数成分に対する重みづけを示している。たとえば、重みが 0.1 以下の周波数を考慮しないで計算するとすると矢印①の範囲、重み 0.5 以下を考慮しないとすると矢印②の範囲の周波数成分だけを考えればよい。計算に含める最も高い周波数がきまれば、サンプリング定理より必要なサンプリング周波数がきまり、もっとも低い周波数からは必要とされるマトリックスの大きさがきまる。

フィルタリングの計算精度を高めようとするならば、解像度を上げ、大きなマトリックスをたたみこめばよい。しかしここで考えなければならないのは、計算精度を上

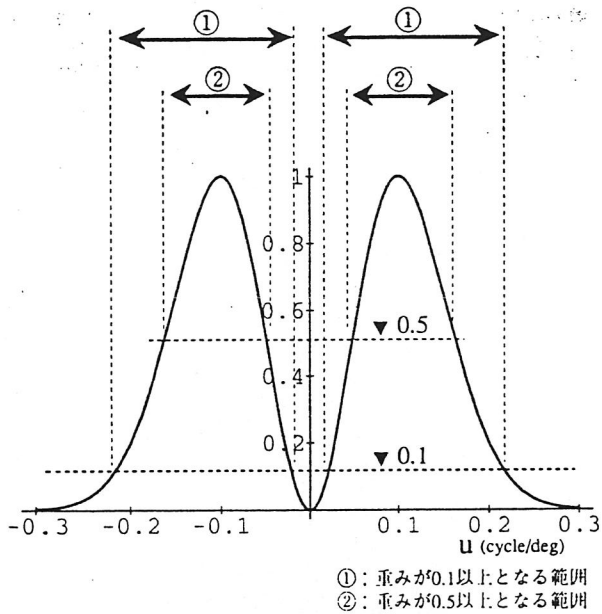


図-2 空間フィルタ (周波数領域)



①: 重み0.1の周波数まで考慮した場合の出力範囲
②: 重み0.5の周波数まで考慮した場合の出力範囲

図-3 計算精度と出力画像の大きさとの関係

げることだけではない。大きなマトリックスをたたみこめばそれだけ計算できる範囲が狭まることになり、計算結果である出力の情報量が減少してしまう。たとえば検出する輝度変化の周波数を0.048 cycle/deg とし、図-2の重み0.1までの周波数を考慮するとすると、演算結果は図-3の①で示す内側の円の範囲となり、マトリックスが大きくなった分、輝度変化を検出できる範囲が非常に小さくなる。一方重み0.5以下の周波数を考慮していない場合は図の②で示す外側の円の範囲となり、広い範囲の輝度変化が抽出できることがわかる。

そこで本研究は、図-2の矢印②の範囲すなわち重み0.5以下の周波数成分を考慮しないことにした。値が0.5となるフィルタ関数の周波数は、検出周波数を f_0 として高周波側では約 $1.6 f_0$ 、低周波側では約 $0.5 f_0$ となる。そこでサンプリング周波数は検出周波数の3.2倍とし、その逆数を必要解像度とした。この必要解像度で測定された画像に対しては、たたみこみマトリックスの範囲は検出周波数の0.5倍までの周波数を考慮すればよいので、ほぼ 7×7 のマトリックスをたたみこめばよいことになる。

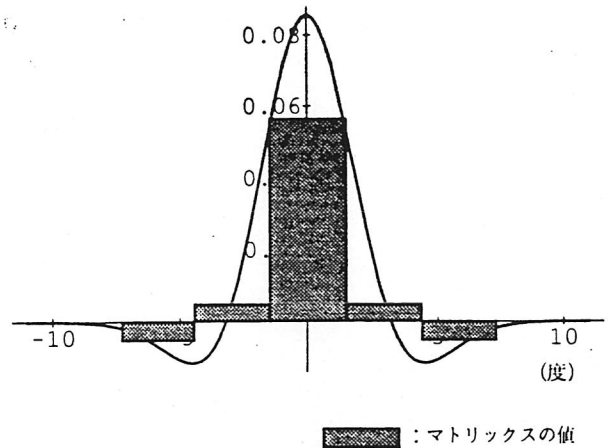


図-4 たたみこみマトリックスとフィルタ関数

0	-0.00023	-0.00149	-0.00265	-0.00149	-0.00023	0
-0.00023	-0.00622	-0.03186	-0.05369	-0.03186	-0.00622	-0.00023
-0.00149	-0.03186	-0.05387	0.04605	-0.05387	-0.03186	-0.00149
-0.00265	-0.05369	0.04605	0.59039	0.04605	-0.05369	-0.00265
-0.00149	-0.03186	-0.05387	0.04605	-0.05387	-0.03186	-0.00149
-0.00023	-0.00622	-0.03186	-0.05369	-0.03186	-0.00622	-0.00023
0	-0.00023	-0.00149	-0.00265	-0.00149	-0.00023	0

図-5 実際の計算に使ったマトリックス

これを具体的に検出周波数が0.1 (cycle/deg) の場合で考えてみると、必要解像度は3.125 (度)、たたみこみマトリックスの範囲は20 (度) となり、実際にたたみこまれるマトリックスと、式(1)で表される関数を $Y=0$ でその値を比較してみると図-4のようになる。これを見れば、この程度の計算精度でも十分輝度変化が検出できることがわかる。

さまざまな周波数の輝度変化を検出する場合、式(1)よりわかるように、必要解像度で測定すれば、関数の値に1画素当たりの面積をかけこんだ値は検出周波数によらず一定となり、図-5のようなマトリックスが得られる(ただし図のマトリックスは合計が0となるように補正してある)。そこで実際のフィルタリングの計算では、測定された輝度分布の画像を検出周波数に応じた必要解像度の画像に変換し、そのあと図-5のマトリックスをたたみこんだ。

このようにして得られた画像は特定の粗さの輝度変化だけが抽出された画像となり、オリジナル画像の平均輝度の影響を受けない。したがって出力画像の平均はほぼ0となり、周囲に比べて輝度の高い部分は正の値として、低い部分は負の値として出力される。

このような計算方法を使って、さまざまな視環境の輝度分布の画像から輝度変化画像を求め、その視環境による違いを考察した。輝度変化画像を求める場合、検出する輝度変化の粗さ(検出周波数)を決めなければならないが、それは次のようにした。

まず、検出する最も細かい輝度変化を、オフィスと夜

の景観を対象とした場合の測定解像度 (0.45 度) より 0.65 cycle/deg とし、最も粗い輝度変化を、計算結果として出力される画像の大きさが最低限 4×4 は必要であると考え、0.02 cycle/deg とした。そしてこの間を対数で 12 分割し、図-7 の横軸に示してある 13 段階を検出周波数とすることにした。ただし、景観の場合は測定解像度が 0.9 度なので、細かい方の検出周波数は 0.27 cycle/deg までとした。

4. 視野内の輝度変化量

このようにして得られた輝度変化画像より、まず視野内の輝度変化量に注目して分析を進めることにした。

得られた輝度変化画像は特定の粗さの輝度変化だけが抽出されたもので、画像の各点の値は、その粗さの輝度変化の強さを表している。この画像のヒストグラムをとってみると、ゼロを中心としたひずみ度の低い左右ほぼ対象の分布曲線となるが、正規分布に比べてやや尖度が高く、その尖度は検出周波数が高いほど増える傾向にあった。

視野内の輝度変化量は、視野内に存在する平均的な輝度変化の強さであると考えられるので、輝度変化画像より得られる分散や標準偏差の大きさとして表すことができる。そこでここでは輝度変化画像の標準偏差をとり、これを視野内での平均輝度変化量とすることにした。変化の強さの平均ならば、標準偏差よりも分散の方が適当であると考えられることもできるが、標準偏差で考えれば輝度比として表現でき感覚的に理解しやすいので、ここでは標準偏差とした。

平均輝度変化量の抽出には、表-1 に示すそれぞれの輝度分布の画像から、検出周波数を 13 種類に設定した輝度変化画像を得、それぞれの画像の標準偏差を求めた。求められた平均輝度変化量と周波数との関係は、フーリエ変換の結果得られるフーリエスペクトルと同じような意味をもち、どのような粗さの輝度変化が支配的かを読み取ることができる。

図-6 にはそれぞれの視環境のうち代表的なものの平均輝度変化量を、図-7 にはその平均輝度変化量の視環境ごとの平均を示してある。図-7 のエラーバーは、視環境ごとの平均をとった際の標準偏差である。また、昼の景観では周波数の高い部分のデータが示されていないが、これは昼の景観の場合、輝度分布を測定した解像度が他の視環境のものに比べて低かったためである。

これらの図よりも、全体として、周波数が高くなると平均輝度変化量が減少するという傾向があることがわかる。このような周波数と変化量との関係については、武者が $1/f$ (f : 周波数) との関係でその性質を論じているが⁴⁾、ここでの結果は、たとえ平均輝度変化量をパワースペクトルに対応する分散で表現したとしても、ほ

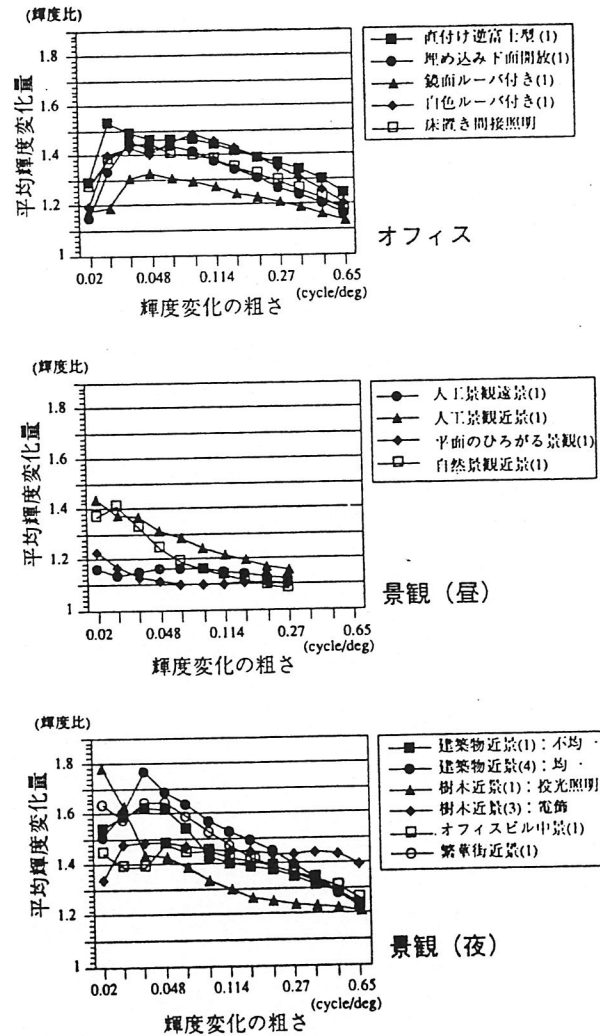


図-6 それぞれの視環境における輝度変化量

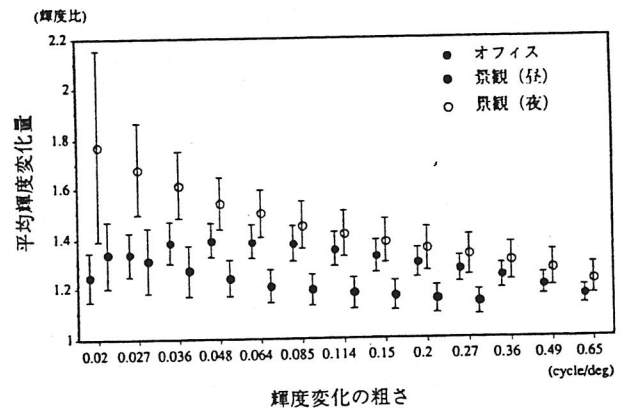


図-7 視環境の違いによる輝度変化量の変化

とんどすべての輝度分布でその勾配が $1/f$ よりも緩い。この勾配の違いは、視環境の輝度分布特性の違いを知る手がかりになると考えられるが、 $1/f$ との関係でその性質を考察してもあまり意味はないようである。

視環境の違いによる差という視点で図-7 を見てみると、景観とオフィスではその傾向が大きく異なっていることがわかる。量的な違いはあるものの、景観では夜、昼とも周波数の増加にともなって輝度変化量は減少する

が、オフィスでは、周波数が0.036 cycle/deg 以下の場
合、逆に周波数の増加につれて輝度変化量が増大してい
る。

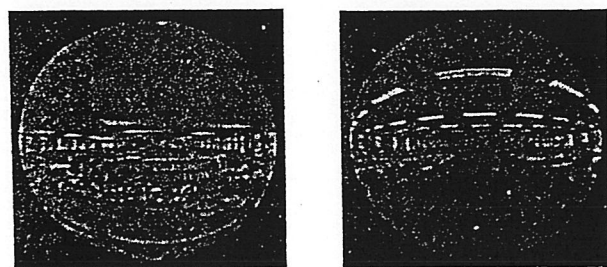
しかしこの周波数と変化量の関係がオフィスに特異で
あるわけではない。図-6に示す個々の結果でわかるよう
に、夜の景観でも周波数の低い、すなわち粗い輝度変
化量が減少しているものがいくつか見られた。

そこで、これらの夜の景観の輝度分布の画像を見てみ
ると、これらは、照明によって演出された部分が視野全
体に広がっているものであった。粗い輝度変化が、視野
内を大きく分割するような明るさの変化を表しているこ
とを考えると、たしかに、このような輝度変化量は少な
くても当然である。しかしこの場合、演出された景観を遠
方から見ると粗い輝度変化量はかなり変化する。図-6
にはその結果が現れていると考えられる。

オフィスの場合、粗い輝度変化が少なかったのは、視
野の上部(天井面)と下部(床面や机上面)との間に極
端な明るさの違いがなかった結果であろう。たしかに、
光天井などを別とすれば、そのようなオフィスが多いと
考えられるが、今回の測定対象のほとんどがランドス
ケープトオフィスであることを考えると、狭いオフィス
などでは状況が異なってくる可能性もある。たとえば、
グレーの壁面家具と窓にはさまれた狭いオフィスでは、
粗い輝度変化量が増える可能性は大きい。

昼の景観では逆に、粗い輝度変化量が多くなっている
ものが多いが、これらの輝度分布を見てみると、そのほ
とんどが地平線で暗い地面と明るい空に二分されている
ものであった。このように、粗い輝度変化量は、視野内
を大きく分割するような明るさの変化があるかどうかを
表している。

次に細かい輝度変化の場合を考えてみると、細かい輝
度変化は主に物体の輪郭に検出される。したがってその
輝度変化画像は、変化がほとんど検出されていない部分
が多く、そのヒストグラムは尖度はかなり高くなる。そ
してその結果、たとえ輪郭の部分の輝度変化が非常に強
くても、その効果は極端に薄められてしまうことになる。
また、視野全体の平均を考えた場合、空間的に多くの部



(A)床置き間接照明

(B)埋め込み下面開放型

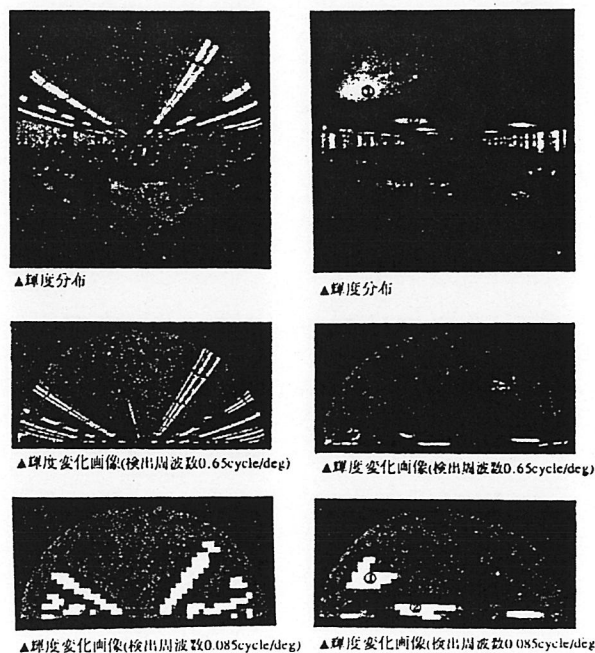
図-8 オフィスの輝度変化画像の例(検出周波数0.27 cycle/deg)

分で弱い輝度変化が検出された場合と、少ない部分で強
い輝度変化が検出された場合の区別はできないが、細か
い輝度変化の場合空間的に広く検出されるので、このよ
うな影響が複雑にからみ合ってくる。

たとえばオフィスの場合、図-6を見ると三つのグ
ループに分けることができ、埋め込み下面開放型のオ
フィスと床置き間接照明のオフィスの輝度変化画像が類
似しているように思えるが、実際には図-8に示すよう
に、輝度変化が検出されている部分がまったく異なる。
窓や机、いすといった照明方式とは関係のない部分が、
平均輝度変化量に大きな影響を及ぼしているのである。
このように、周波数の高い輝度変化画像の特性は平均輝
度変化量ではとらえることはできない。そこでやや視点
を変えて、輝度変化が生じる位置に注目しながらさまざ
まな粗さの輝度変化画像を検討し、視環境の違いを考察
することにした。

5. 輝度変化の特性

検出周波数の異なる13種類の輝度変化画像を、強い
輝度変化が検出されている部分に注目して比較して行
くと、検出周波数の変化に応じて、検出される部分が少
ずつ異なってくる。図-9に示すのは、オフィスの天井
部分に注目してその変化の仕方を見てみた結果で、(A)
は直付け逆富士型の照明器具を使ったオフィス、(B)
は床置き間接照明のオフィスのものである。上から、輝
度分布の画像、検出周波数0.65 cycle/degの輝度変化



▲輝度分布

▲輝度分布

▲輝度変化画像(検出周波数0.65cycle/deg)

▲輝度変化画像(検出周波数0.65cycle/deg)

▲輝度変化画像(検出周波数0.08cycle/deg)

▲輝度変化画像(検出周波数0.08cycle/deg)

(A)直付け逆富士型

(B)床置き間接照明

注)輝度変化画像では輝度比1.18
以上の部分を検出している。

図-9 オフィスの照明方式による輝度変化の違い

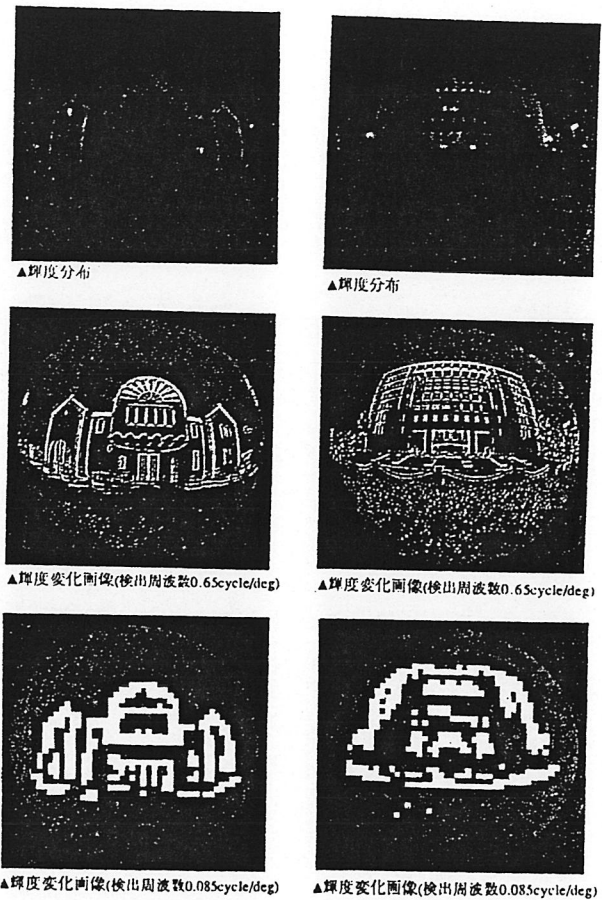
画像、検出周波数 0.085 cycle/deg の輝度変化画像で、輝度変化画像では天井部分のみを示している。また輝度変化画像では、強い輝度変化が検出された位置がわかりやすいように輝度比 1.18 以上の部分を検出してあり、正の部分は白で、負の部分は黒で表現してある。

(A) の直付け逆富士型の照明器具は、輝度分布の画像よりわかるように光源が露出している。検出周波数 0.65 cycle/deg の輝度変化画像では、これらの光源は周囲より明るいいため正の輝度変化が生ずる部分として検出され、光源の周囲には逆に負の輝度変化が検出されている。一方検出周波数 0.085 cycle/deg では、検出する輝度変化がやや粗いため二つの蛍光管は分離されないが、複数の照明器具が形作るラインが検出されている。このように、光源が露出した照明器具は、この二つの検出周波数とともに、強い輝度変化が生ずる位置として検出されることがわかる。

(B) には床置き間接照明の場合を示すが、その輝度分布の画像よりわかるように、天井に照明器具はないが、床置きの照明器具により照明された高輝度部分が天井に存在する。ここで、①、②と番号をふった高輝度部分に注目してみると、検出周波数 0.65 cycle/deg の輝度変化画像では、①はまったく検出されず、②についても室の奥側の一部が検出されているに過ぎない。ところが検出周波数 0.085 cycle/deg では、①、②とも明瞭に検出されており、さらにその間の低輝度部分も検出されている。すなわち 0.085 cycle/deg というやや粗い検出周波数だけで検出されるような高輝度部分が天井に存在すること、これが床置き間接照明のオフィスがもつ輝度分布特性であるということができそうである。

次に、夜の景観で建築物が均一に照明されたものと不均一に照明されたものとの違いを見てみると、図-10 のようになった。この図は、図-9 に示すオフィスの場合と同様、検出周波数 0.65 cycle/deg と 0.085 cycle/deg で検出された強い輝度変化の生ずる部分を示したもので、(A) が均一な場合、(B) が不均一な場合である。照明されている建築物の輪郭に注目すると、(A) の輪郭は両方の検出周波数で強い輝度変化が生ずる部分として検出されているのに対して、(B) では、輪郭は検出周波数 0.65 cycle/deg の輝度変化画像で検出されているものの、検出周波数 0.085 cycle/deg では、建物の左右の上端を見れば明らかのように、はっきりと検出されていない。(B) で検出されたやや粗い輝度変化が強い部分は、建物の左右の足元や中央部分などを見ればわかるように、細かい周波数では検出されていない部分なのである。

ここで、0.085 cycle/deg というやや粗い検出周波数だけで検出された輝度変化がどのような輝度変化であるかと考えてみると、輝度分布の画像を見れば明らか



(A)建築物近景：均一照明

(B)建築物近景：不均一照明

注：輝度変化画像では輝度比1.18以上の部分を検出してある。

図-10 景観(夜)の照明手法による輝度変化の違い

うに、それはぼんやりした輝度変化なのである。そしてこれは、検出された強い輝度変化が生ずる部分の輪郭を考えるとよくわかる。明白な輪郭は、白く検出された正の部分と黒く検出された負の部分が隣合う場所であると考えることができるので、その間に輪郭線を引いて考えてみると、図-10(B)の検出周波数 0.085 cycle/deg の輝度変化画像では、足元のぼんやりした輪郭や中央ピロティ部分のぼんやりと明るい部分が検出されることがわかるし、図-9(B)の場合では、①と②の高輝度部分のぼんやりした輪郭の一部が検出されることがわかる。また①の高輝度部分の場合、右側に広がる輝度変化は 0.085 cycle/deg で検出できるよりもさらに粗い輝度変化であることも読み取れる。

このような強い輝度変化部分の輪郭を考えると、両方の検出周波数で検出された輝度変化の意味も明白になる。図-10(A)でわかるように、それはくっきりした輝度変化が生ずる部分なのである。そして図-9(A)の場合も、照明器具の輪郭はたしかにくっきりしている。

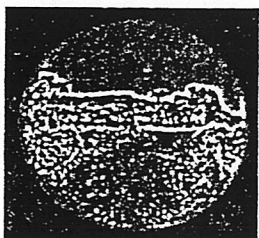
このぼんやりした、あるいはくっきりした輝度変化をもう少し細かく検討してみよう。ある位置に存在する輝

度変化の特性を抽出しようとして、検出周波数を細かいものから粗いものへとしだいに変化させた場合を考えてみると、ぼんやりした輝度変化の場合、はじめは変化が検出されないが、検出周波数が減少するにつれて弱いがしだいに検出されはじめ、ある粗さを越えると明白な輪郭線が形成される。そしてさらに検出周波数を粗くすると、またしだいに弱くなり輪郭は消える。一方くっきりした輝度変化の場合は、はじめから強い変化が検出され輪郭が形成される。そしてある一定の範囲の間強く検出され続け、その後しだいに弱くなり輪郭は消える。くっきりした輝度変化でも、検出周波数を今回適用した範囲を越えて高くすると検出されなくなるだろうことを考えると、輝度変化の特性は、輝度変化が強く検出される周波数の範囲として表現することができそうである。

次に、このような視点から人工景観と自然景観の違いを見てみる。人工景観、すなわち人工的な建物で視野の主な部分を構成された景観では、オフィスや夜の景観の場合から推察できるように、検出周波数が異なっても強い輝度変化として検出される部分、すなわちくっきりした輝度変化の特性をもつ輪郭でそのほとんどが構成される。それに対して、昼の自然景観、すなわち視野の中に多くの樹木が存在する景観では、くっきりした輪郭は地平線などに存在するのみであった。

しかし自然景観の場合、オフィスや夜の景観の場合とは異なり、ぼんやりした輝度変化が存在するわけではない。オフィスや夜の景観などのぼんやりした輝度変化は、検出周波数を細かいものから粗いものへと変化させていくとしだいに強く検出されはじめ、この過程で検出される輪郭線は周波数によらずほとんど同じ位置にある。ところが樹木が繁っている部分では、検出周波数の粗さを変化させると輪郭線の位置や方向が次々に変わり、特定の輪郭線が安定して検出される周波数の範囲が非常に狭いという現象が見られた。

図-11 に示すのは、自然景観を対象に、検出周波数 0.65 cycle/deg と 0.085 cycle/deg で、輝度比 1.07 以上の輝度変化が検出された部分である。図よりわかるよ



(検出周波数0.65cycle/deg)



(検出周波数0.085cycle/deg)

注)輝度比1.07以上の部分を検出してある。

図-11 自然景観(昼)の輝度変化

うに、輝度変化の強い部分は、細かい輝度変化では領域全体に広がっていたのに対し、やや粗い輝度変化ではこれらとは異なった部分に生じているものが多い。樹木が繁っている部分では、さまざまな粗さの輝度変化がさまざまな強さでさまざまな方向に輻輳していることが、その輝度分布特性であるといえそうである。

このように考えると、輝度変化の特性にはまず、変化で生じる安定した輪郭が存在するかどうかという側面がある。普通は程度の差こそあれ安定した輪郭線が存在するが、樹木の繁った部分などでは安定した輪郭線は存在しない。そして安定した輪郭線が存在する場合には、それがくっきりしたものであるか、ぼんやりしたものであるか、という側面が生ずる。そしてそれらの程度は検出される周波数の範囲で示すことができるのである。

視環境の輝度分布特性は、これらの特性をもつ輝度変化が、視野内のどこに、どの程度の強さで存在するかによって表現できる、と行ってよいであろう。そして視環境の印象はこうしたものに支配されている可能性が大きい。たとえばオフィスでは、天井間接照明を使った場合暗い印象となるのは、天井の輝度の値が低いからというよりも、その輝度分布特性に問題があるかも知れない。またテクスチャをもった壁面が親しみやすい印象を与えるのは、その輝度分布特性が樹木に近いからであるという可能性もある。これからの課題としたい。

6. まとめ

以上、さまざまな視環境の輝度分布を測定し、フィルタリングを用いた輝度変化検出法によりさまざまな粗さの輝度変化画像を抽出し、視環境の輝度分布特性を考察した。その結果をまとめると次のようになる。

輝度変化画像を見れば、視野内のどの位置に、どれだけの強さの輝度変化が生じているかを容易に知ることができる。しかし、輝度分布の特性を表現するため、輝度変化画像から視野内の平均的な輝度変化量を算出しても、その質的な違いを表現できるような情報は抜け落ちてしまう。一般的には、平均輝度変化量では輝度分布特性を表現することができない。

輝度分布特性を考えるには、どのような輝度変化が存在するかに注目しなければならない。輝度変化をもつ特性は、まず安定した輪郭が存在するかどうかで表される。そして安定した輪郭が存在する場合には、それがどの程度くっきりした(またはぼんやりした)ものであるかが重要となり、その程度は、それが検出される周波数の範囲で示すことができる。

視環境の輝度分布特性は、このような特性をもった輝度変化が、視野内のどの位置に、どの程度の強さで存在するかで表現できる。そしてこのような輝度分布特性は、視環境の質的側面、特に視環境の印象との関わりが大きい

いと考えられる。

謝 辞

本研究で分析の対象とした輝度分布データは、いろいろな機会に得られたものである。オフィスの輝度分布データは照明学会のインテリジェントオフィス視環境特別研究委員会で測定した。夜の景観の輝度分布は、東北電力(株)企画室と(株)構造計画研究所の共同研究で、筆者らが協力して測定した。関係各位に感謝の意を表す。

参考文献

1) 中村芳樹, 乾 正雄, 沢田敏実: 輝度分布の表現法に関

する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 431 号, pp. 17~24, 1992

- 2) 乾 正雄, 中村芳樹: 景観の輝度分布に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 384 号, pp. 36~43, 1988
- 3) 中村 洋: 正射影カメラによる輝度及び輝度分布の測定—その 1. 写真測光法と正射影カメラ・感光材料—, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 243 号, pp. 73~79, 1976
- 4) 武者利光: ゆらぎの世界—自然界の $1/f$ ゆらぎの不思議—, 講談社, 1980

(1992 年 4 月 10 日原稿受理, 1992 年 6 月 10 日採用決定)

オフィスの輝度分布特性とその心理的効果

A STUDY ON THE PSYCHOLOGICAL EFFECTS OF OFFICE LUMINANCE DISTRIBUTION

中村 芳樹*, 乾 正雄**

Yoshiki NAKAMURA and Masao INUI

In order to clarify the psychological effects of luminance distribution, the authors of this study built a model office which could be subjected to many kinds of variation in average luminance and in the luminance ratios of ceiling, walls, and floor: and we evaluated subjects impressions of this model. As a result, we found that the psychological effects of these experimental variables differed according to which of the lighting installations (general or task-ambient) was adopted. At the same time, when we observed the amounts of luminance variation produced by individual stimuli, we found that correlation exists between the average level of luminance and the amounts of luminance variation. Consequent examination of amounts of luminance variation suggested that the psychological effect of luminance distribution is closely related with the balance of luminance variations detectable at varying degrees of fineness.

Keywords: office, luminance, psychological effect, visual environment

オフィス, 輝度, 心理的効果, 照明環境, 視環境

1. はじめに

オフィスにおける照明の役割は、以前は単に作業に必要なだけの光を供給するための手段にすぎなかった。それがオフィスのインテリジェント化にともない、照明によってもたらされる環境の重要性が見直され、単に必要な照度を確保するだけの照明ではなく、視環境を作り出す重要な道具としての照明が注目されるようになった。

このような照明に対する意識の違いが生じた発端は、オフィスに OA 機器が設置されるようになったことであろう。従来の照明器具では VDT 画面への映り込みという問題が生じ、単に必要な照度を確保することだけを考えていたのでは、良好な視環境は確保されないことが認識されるようになったのである。

一方、いわゆるインテリジェントオフィスで、快適性が重要視されはじめたということも、照明が注目されるようになった背景にある。オフィスの質的レベルを上げるさまざまな要因を検討するうちに、照明が作り出す視環境がオフィス環境の快適性に深く変わっていることが認識され、快適性の高い視環境とはどのようなものかという問いに対する答えが求められるようになったのである。

OA 機器がオフィスに導入されはじめた当初、照明器

具の映り込みの問題を解決するために、天井の光源を見えなくしたり、天井に照明器具を設置せず間接光だけで照度を確保したりするという試みがなされたが、照明設計者の意図とは逆に、オフィスの執務者からは、暗い、陰気だといった不満が寄せられた。これが快適性に対する視環境の重要性を認識させる契機となった。その上、これらの照明設備の大部分で十分な机上面照度が与えられていたという事実は、照度だけでは照明環境の心理的側面をとらえることができないことを浮き彫りにしたのである。今、照明環境の心理的効果を明らかにすることが求められている。

2. 関連する既往の研究

照明環境の心理的効果に関連する研究は、以前より盛んに行われてきた。最も初期に行われた研究のほとんどは、Bean¹⁾や Collins²⁾が行ったように、水平面照度の値を変化させたり、特定の位置の輝度を変化させたりして、照明環境として良好であると評価できる範囲を被験者に示させるものであった。これらの研究では、実験者自身が重要だと考える照明環境の物理的側面と、総合的な環境評価との相関が求められたわけで、どのような物理量を操作すべきであるかという考察や、評価の尺

* 東京工業大学 助手・工修

** 東京工業大学 教授・工博

Research Assoc., Tokyo Institute of Technology, M. Eng.

Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

度が総合評価だけで本当によいのかという考察はなかった。

このような問題点を認識し、多変量解析を導入することによって解決を図ったのが Flynn である。彼は、多次元尺度構成法を用いて照明環境の分類尺度を求め³⁾、さらにセマンティック・ディファレンシャル法を用いて、それらの照明環境をさまざまな側面から評価させた⁴⁾。彼によって求められた照明環境の分類尺度は、「明るい-暗い」「均一-不均一」「中央-周辺」というものであり、そのうち特に「均一-不均一」という分類尺度が印象に深く関与していることが明らかになった。これは、照明の均一あるいは不均一な程度を表現すれば、照明環境の印象と直接結び付く可能性が高いことを意味している。

このように考えると、照明環境の心理的効果を明らかにするためには、その輝度分布に注目する必要があることがわかる。実際、輝度分布が照明環境の心理的効果に関与していることを指摘している研究は多い⁵⁾。ただそれらの研究のほとんどは、輝度分布が重要であることを指摘するにとどまっているのである。そこで筆者らは、輝度分布を操作したオフィス模型を製作し、それを用いた印象評価実験を行うことにより、照明環境の心理的効果を明らかにしようと試みた。

3. 天井・壁・床の輝度比を変数とした印象評価実験

3.1 実験概要

実験に使用した模型は縮尺 1/15 のオープンプランオフィスで、幅 13.8 m、奥行き 10.5 m、高さ 2.8 m の空間を再現し、正面の壁にはベネシアンブラインドが閉じられた状態で取り付けられている。この模型を図-1に示すような、上下、左右に調光できるライトボックスを設置した実験装置の内部に据え、模型の天井や床、壁に開口部を設けることで、さまざまな照明方式を採用することができるようにした。

照明方法が異なれば、たとえ天井、壁、床の輝度比が同じであってもその輝度分布は異なると考えられる。本

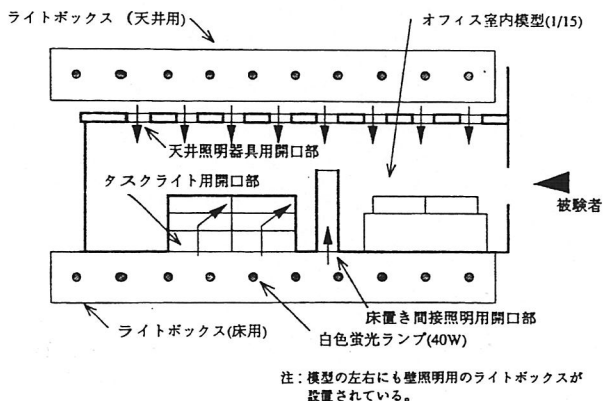
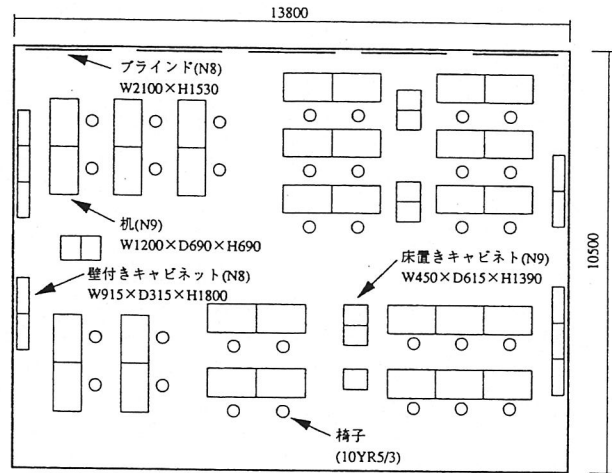
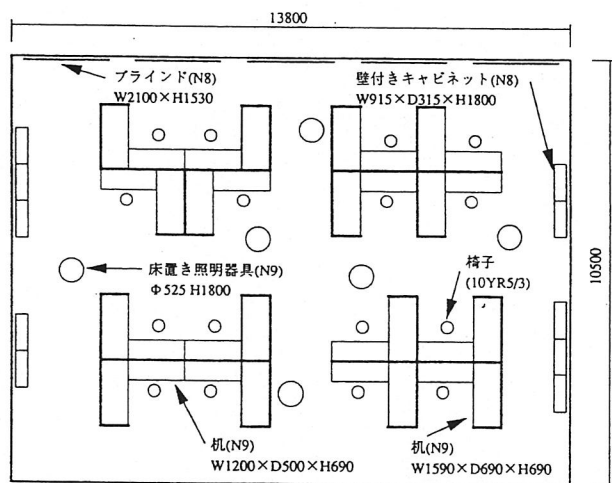


図-1 実験装置

実験では、これからの照明方式を考慮して、VDT 対応型の照明器具（照明器具に鏡面のルーバを取りつけたもので、被験者に光源が全く見えない）を使った全般照明方式と、床置き照明器具による天井間接照明でアンビエント光を確保した、タスク・アンビエント照明方式（TAL）を採用することにした。採用した各照明方式のプランを図-2に、被験者から見た刺激の例を図-3に示したが、これらの図よりわかるように、オフィス室内に設置した机の配置や什器などは、照明方式によって変化させた。



(a)全般照明方式



(b)タスク・アンビエント照明方式

注1: 寸法はmmで実際の空間の大きさで表示してある (模型寸法はこの1/15となる)
注2: 色はマンセル表色系で示してある

図-2 模型平面図



図-3 評価刺激の例

照明環境の印象は、平均輝度との関連があると考えられる。そこで刺激の作成にあたって、天井、壁、床の輝度比とともに、部屋全体の平均輝度のレベルも実験変数とすることとし、高、中、低の三つのレベルに分けることにした（表—1参照）。刺激の作成は、机上面の照度をほぼ1 000 lxとし、天井、床、壁の反射率を変化させることによって、各面の輝度比と部屋全体の平均輝度レベルを変化させた。しかし室内空間の場合、間接光の影響が大きく、各面の輝度や水平面照度を独立して変化させることは難しい。そこでここでは、天井、床、壁の各面について反射率が10%、20%、40%、60%、80%のものを用意し、これらの組み合わせについて、それぞれ机上面での水平面照度が1 000 lxとなるようにライトボックスの出力を調整したのち、写真測光法で輝度分布を測定し、その結果より、天井、床、壁の平均輝度比と部屋全体の平均輝度が所定の条件に近い組み合わせを選定した。また、一部の刺激パターンでは壁に照明を付加し、タスク・アンビエント照明では、天井の輝度分布の違いを考察するために、天井の明るい部分（ハイライト部分）と天井の平均輝度との比率を変化させた。作成した刺激パターンは、表—1に示す全般照明方式のもの21刺激、タスク・アンビエント照明方式のもの16刺激である。

実験にあたって被験者は、照明環境の印象の違いを、形容詞対を用いた7段階評定で評価した。評定に用いた形容詞対は表—2に示すもので、これらの形容詞対は、模型を用いた実験に先立ち行われた面接調査⁶⁾より得られたものである。印象評価を行った被験者は全部で27名、そのうち14名が照明の専門職である。

3.2 実験結果

各評定値について、被験者の属性による差を検定した

ところ、有意な差は認められなかった。そこで各刺激ごとの評定平均値を求め、それをもとに因子分析を行った。その結果表—2に示すような三つの因子が抽出され、それぞれ、「明るさ」の軸、「落ち着き」の軸、「変化」の軸と考えることができた。また、各刺激の因子得点を因子空間上にプロットしたところ、図—4、図—5のようになった。

因子分析を行う場合は、いくつかの注意が必要となる。まず、因子分析では尺度間の相関係数をもとにして計算するが、尺度間の相関係数は、厳密には、印象評価実験でどのような刺激を使ったかによって異なるので、因子分析の結果は実験で呈示された刺激の内容やバリエーションに依存している。また形容詞尺度の意味は対象や文脈によっては異なる場合もある。したがって、表—2のように求めた因子があらゆる場合に当てはまるというわけではないが、本実験のように、照明方式と天井、壁、床の輝度比だけが変化した場合にはほぼ同じ軸が求まると考えられ、情報を集約するという意味でここでは因子分析を使った。

表—2 因子分析結果

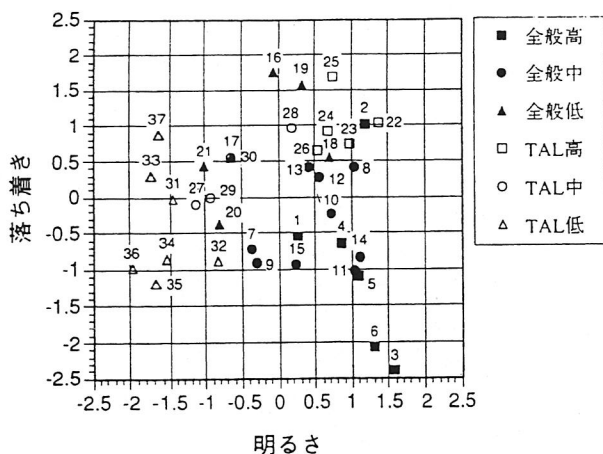
評価項目	因子負荷量		
	1軸	2軸	3軸
軽快な—重苦しい	-0.985	-0.063	0.065
開放的な—閉鎖的な	-0.981	-0.126	0.006
明るい—暗い	0.978	-0.084	-0.114
活気のある—活気がない	0.968	-0.104	0.125
広い—狭い	0.966	-0.077	-0.166
自然な—人工的な	0.935	0.245	-0.044
柔らかな—固い	0.898	0.175	0.202
まとまった—散漫な	0.742	0.467	-0.282
落ち着きのある—落ち着きのない	-0.061	0.975	0.108
変化に富んだ—単調な	0.081	0.078	0.980

表—1 実験パターン一覧

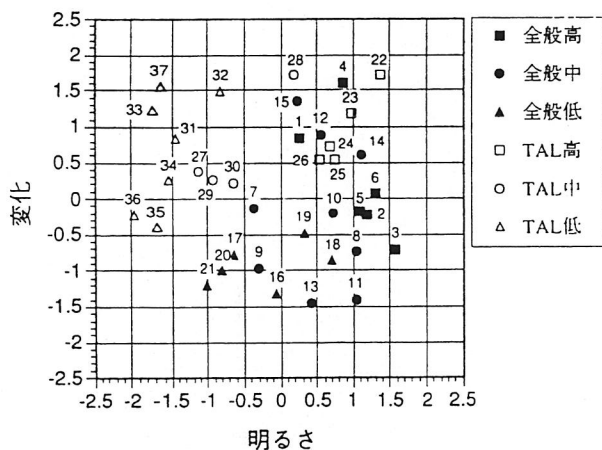
全般照明方式					
刺激番号	平均輝度レベル	輝度対比	反射率(%)		
			天井：壁：床	天井	壁
1	高 (48.5 - 69.5) cd/m ²	2:2:1	80	40*	10
2		2:1:1	80	40	20
3		1:1:1	80	60	60
4		1:2:1	60	60*	20
5		1:1:2	40	60	80
6		1:2:3	20	80	80
7	中 (33.1 - 39.4) cd/m ²	4:1:4	80	10	20
8		2:2:1	80	80	10
9		2:1:2	60	20	20
10		2:1:1	80	40	10
11		1:1:1	60	60	20
12		1:2:1	20	20*	10
13		1:1:2	40	40	40
14		1:2:2	20	80	40
15		1:4:4	10	40*	20
16	低 (18.1 - 26.7) cd/m ²	2:1:2	40	10	10
17		2:1:1	60	20	10
18		1:1:1	40	40	10
19		1:2:1	20	60	10
20		1:1:2	20	20	20
21		1:2:2	10	20	10

タスク・アンビエント照明方式						
刺激番号	平均輝度レベル	輝度対比		反射率(%)		
		天井：壁：床	天井：天井ハイライト	天井	壁	床
22	高 (50.0 - 65.2) cd/m ²	3:3:1	1:1	80	80*	40
23		2:1:1	1:3	80	60	80
24		2:1:1	1:1.5	80	60	80
25		2:1:1	1:1	80	60	80
26		1:1:1	1:1	60	80	80
27		4:1:1	1:1	60	40	20
28	中 (27.3 - 35.0) cd/m ²	3:3:1	1:1	40	80*	40
29		3:1:1	1:1	60	60	40
30		3:1:1	1:3	60	80	40
31		4:1:1	1:1	40	40	10
32	低 (15.5 - 21.7) cd/m ²	3:3:1	1:1	20	20*	10
33		3:1:1	1:1	20	20	10
34		2:1:1	1:3	20	60	40
35		2:1:1	1:1.5	20	60	40
36		2:1:1	1:1	20	60	40
37		1:1:1	1:1	10	60	40

注) ・天井、壁、床の輝度比は各面の平均輝度比を表している。
 ・天井、天井ハイライトの輝度比は、天井の平均輝度と天井の最も明るい部分の輝度の比を表している。
 ・*は壁照明を付加してある。



図一4 因子得点布置図 (明るさ×落ち着き)



図一5 因子得点布置図 (明るさ×変化)

因子得点の違いより、さまざまな実験変数の効果を見てみると、まず「明るさ」軸の得点では、両照明方式ともに、平均輝度レベルが上がると明るさの得点が増加していることがわかる。しかし同じ平均輝度レベルの二つの照明方式を比べると、全般照明の方がタスク・アンビエント照明よりも明るい印象となっている。

「落ち着き」軸の得点では、平均輝度の影響が照明方式によって異なり、タスク・アンビエント照明の場合、平均輝度の増加にともなってその得点が上がるのに対して、全般照明方式の場合は、平均輝度の増加にともなってその得点が減少する。そしてその結果、平均輝度の高いレベルではタスク・アンビエント照明の方が、低いレベルでは全般照明方式の方が「落ち着き」の得点は高くなった。一方「変化」軸の得点では、全体としてタスク・アンビエント照明のほうが全般照明方式より高く、平均輝度の影響はあまり見られなかった。

次に天井、壁、床の輝度比の違いによる印象の変化を見てみると、まず明るさの印象では、全般照明の場合、天井、壁、床の輝度が同じものが最も明るい印象となり、このバランスがくずれるとその明るさは減少する。またタスク・アンビエント照明では、天井、壁、床の輝度比

が3:3:1の場合が最も明るい印象となっているが、その程度は小さい。一方落ち着きの印象では、全般照明の場合、天井面の輝度が低いと評価が下がるという傾向が読み取れるが、それ以外では、両照明方式とも三つの平均輝度レベルごとでその傾向は異なっている。その中で比較的はっきりと読み取れるのは、全般照明で平均輝度が高い場合、天井、壁、床の平均輝度が同じものが最も落ち着きの印象が低いこと、またタスク・アンビエント照明で平均輝度が低い場合、天井、壁、床の平均輝度が同じものが逆に落ち着きの印象が高いこと、などである。

このように、平均輝度や天井、壁、床の輝度比はオフィス照明環境の印象に大きな影響を及ぼすことは明らかである。しかしながら、その効果は照明方式によって大きく異なるし、平均輝度と輝度比の交互作用などもあり、はっきりとした全体としての傾向が読み取れない。ここで照明方式によってその効果が異なる理由を考えると、平均輝度や天井、壁、床の輝度比では、照明方式の違いによる輝度分布特性の違いが十分に表現されておらず、これが全体としての傾向を読み取ることができない原因である可能性が高い。たとえば天井面の輝度分布ひとつをとってみても、全般照明の場合はほぼ均一なものに対して、タスク・アンビエント照明ではかなり不均一となっている。そこで、天井、壁、床の輝度比にしばられず、各刺激の全体としての輝度分布を、筆者らがすでに報告した方法⁷⁾を用いて定量的に解析することにした。

4. 輝度分布の解析

各刺激の輝度分布は正射影レンズを用いた写真測光法により測定し、測定した輝度データは、10 000 cd/m²~1 cd/m²の範囲を対数で256段階にデジタル化したものである。測定系の解像度は0.65 degであるが、その空間周波数特性を検討したところ、0.5 cycle/degで振幅が約85%に減衰し、今回の測定では輝度変化の高周波数成分はやや弱く抽出されている。

測定された輝度分布の画像より、0.49 cycle/degから0.027 cycle/degの間を対数で10等分した検出周波数について、たたみこみ演算により輝度変化画像を抽出した。このたたみこみ演算には、検出周波数の1.6倍~0.5倍の周波数のデータを使ったが、この具体的な計算方法については、筆者らがすでに報告した論文に詳細が述べてあるので、ここでは説明を省略する⁸⁾。

このようにして得られた輝度変化画像(図一8参照)より、画像全体の標準偏差をとり、これを視野内における平均輝度変化量として、検出周波数ごとの変化量の違いを検討した。

図一6には、各照明方式、各平均輝度レベルごとの輝度変化量の平均が示されている。これらのグラフを見ると、すべてに共通して、0.048 cycle/degから0.064

cycle/deg 付近の輝度変化量が最も多く、それより細かくなっても粗くなっても輝度変化量が減少していることがわかる。ここで、同じ照明方式で、平均輝度レベルの違いによって輝度変化量がどのように異なっているかを注意して見てみると、平均輝度と輝度変化量との間には相関が生じてしまっていることがわかる。平均輝度が低いほどその輝度変化量は多くなり、特に最も輝度変化量が多い0.048 cycle/deg から0.064 cycle/deg 付近ではその増加が著しい。そしてこの傾向は両照明方式で共通しているが、タスク・アンビエント照明の方がその傾向が顕著となっている。

次に照明方式の違いによる輝度変化量の違いに注目してみると、0.048 cycle/deg から0.064 cycle/deg 付近で最も輝度変化量が多いことは共通しているが、これより周波数が増加することによって変化量が減少する割合を見てみると、タスク・アンビエント照明の方が全般照明と比べてその減少の割合が大きいことがわかる。一方0.064 cycle/deg よりも粗い輝度変化を見てみると、タスク・アンビエント照明で、最も粗い輝度変化である0.027 cycle/deg でその変化量が増加しているのがわかるが、これについては同じタスク・アンビエント照明で

も刺激間の分散が大きく、今回の輝度分布データからでは、タスク・アンビエント照明の特徴であるとはいえないようであった。

つづいて輝度変化量と天井、壁、床の輝度比の関係をみてみると、図-7に示すように、全般照明ではその効果が輝度変化量の違いとして明確に表れ、天井、壁、床の輝度比が高い場合、輝度変化量が全体的に増加しているが、タスク・アンビエント照明ではほとんど変化がない。タスク・アンビエント照明の場合、天井、壁、床の輝度比が異なることによって生ずる輝度変化量の違いは、視野内の輝度変化全体から見ると非常に小さいことがわかる。

このように、輝度分布の特性を輝度変化量の違いという視点から見てみると、平均輝度や照明方式、天井、壁、床の輝度比の違いは、さまざまな粗さの輝度変化の量と、0.49 cycle/deg といった細かい輝度変化の量の割合の違いとして表現できることがわかる。

図-8に示すのは、輝度分布画像より0.49, 0.15, 0.064 cycle/deg の輝度変化を抽出した結果得られた輝度変化画像の例である。これらの画像をみればわかるよ

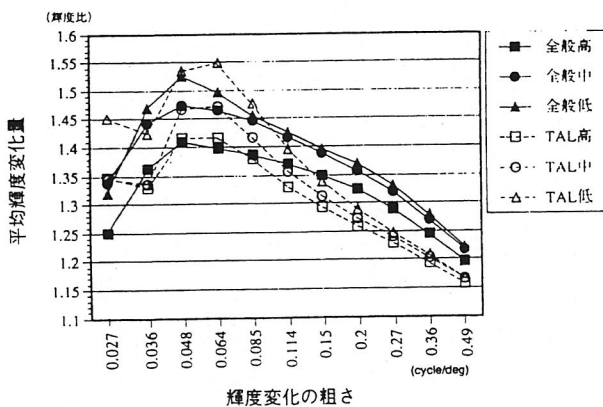


図-6 照明方式による平均輝度変化量の違い

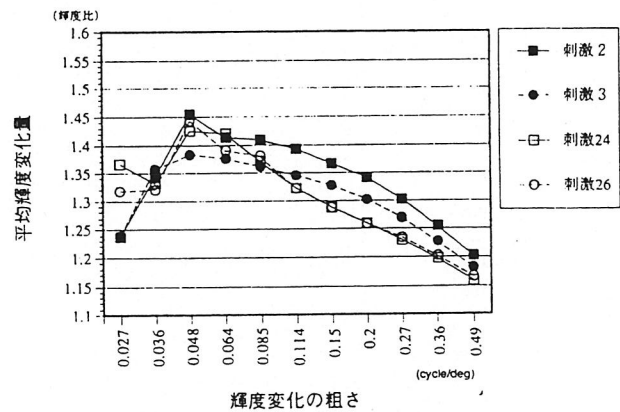


図-7 天井、壁、床の輝度比の効果

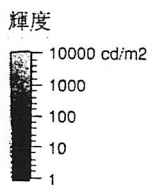
輝度分布画像



刺激3



刺激26



輝度変化画像

0.49 cycle/deg



0.15 cycle/deg



0.064 cycle/deg

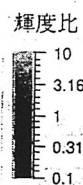


図-8 輝度変化画像の例

うに、0.49 cycle/deg といった細かい輝度変化は室内の什器の輪郭などで強く検出され、0.064 cycle/deg といったやや粗い変化は、机上面や、タスクライトの部分で強く検出されている。全般照明では天井から均一に照明されているため、什器の輪郭にくっきりした輝度変化が多く存在し、タスク・アンビエント照明では、全体的に薄暗いため什器の輪郭がはっきりせず、一方タスクライトによってややぼんやりした輝度変化が形作られている。これらの輝度変化の違いが、図-6 に示した照明方式による輝度変化量の違いとして検出されたと考えることができる。

平均輝度によって輝度変化量のバランスが変化した理由を考えてみると、机上面照度を刺激によらず一定としたため、机上面やタスクライト部分の輝度が、全刺激を通じてほぼ同じに保たれていた結果であると考えられる。平均輝度を下げる場合、机上面やタスクライト部分以外の周辺輝度だけを下げることになるわけで、その結果、輝度変化量が、特に0.064 cycle/deg あたりの輝度変化量が増大することになる。また、各面の反射率を変化させて輝度を操作したため、間接光の割合も変化し、そのため主に間接光によって周囲の明るさを確保しているタスク・アンビエント照明で、輝度変化量の増減が大きくなったと考えることができる。

ここで、このような輝度変化の違いを、細かい輝度変化量とやや粗い輝度変化量のバランスの違いとしてとらえ、やや粗い輝度変化量から周波数が増加することによって輝度変化量が減少する勾配を、0.064~0.49 cycle/deg の範囲で最小自乗法を用いて求めてみると表-3 のようになり、全般照明で最も勾配のきつい平均輝度が低レベルの場合と、タスク・アンビエント照明の平均輝度が高レベルの場合の勾配が非常に近いことがわかる。すなわち、輝度変化量のバランスという視点からみて、やや粗い輝度変化の割合が多いものから少ないものへと刺激を並べてみると、タスク・アンビエント照明の平均輝度レベル低、中、高、全般照明の平均輝度レベル低、中、高、の順になることがわかる。

このように、輝度分布の特性を輝度変化量の違いとして考えてみると、平均輝度と輝度変化量の間には相関があり、平均輝度と天井、壁、床の輝度比では輝度分布の特性を十分に表現できないが、輝度変化量のバランスという視点から見ると、それらの違いが表現できることがわかった。そこで次に、このような輝度変化量のバラ

ンスと印象との関係を考察する。

5. 輝度分布と印象

すでに述べたように、平均輝度や天井、壁、床の輝度比は照明環境の印象に大きな影響を及ぼす。しかしその効果は二つの照明方式によって異なっていた。最も大きな違いは落ち着きの印象に対する平均輝度の効果で、タスク・アンビエント照明の場合は平均輝度が増加すると落ち着いた印象が増すが、全般照明の場合は逆に、平均輝度が減少すると落ち着いた印象となった。そしてその結果、最も落ち着いた印象が高いのは、タスク・アンビエント照明で平均輝度レベルの高い場合と、全般照明で平均輝度レベルの低い場合であった。

しかし前章で述べた輝度分布の解析結果をみると、平均輝度の変化にともなって、やや粗い輝度変化量と細かい輝度変化量のバランスが大きく変化した。したがって、輝度分布の特性と印象との関係という視点からは、落ち着きの印象に影響を及ぼしているのが平均輝度なのか、あるいは輝度変化量のバランスの違いなのかが判断できないということになる。

輝度変化量のバランスという視点に立って、やや粗い輝度変化の割合が多いものから少ないものへと刺激を並べてみると、すでに述べたように、タスク・アンビエント照明の平均輝度レベル低、中、高、全般照明の平均輝度レベル低、中、高、の順となる。ここで仮に、最も落ち着きの評価が高くなる輝度変化量のバランスが存在し、そのバランスがくずれた場合に評価が下がると考え、その最も評価が高くなるバランスが、タスク・アンビエント照明の平均輝度レベルが高、全般照明の平均レベルが低の付近のものであるとすると、輝度分布の違いによる落ち着きの印象の変化がうまく説明できる。

タスク・アンビエント照明で平均輝度が低い場合、やや粗い輝度変化が多すぎてバランスが悪く、落ち着きの印象となる。しかし平均輝度が上がるにつれてやや粗い輝度変化の量が減少し、しだいにバランスがよくなることによって落ち着いた印象となり、平均輝度が高いレベルとなったときには最もバランスがよくなり、非常に落ち着いた印象となる。一方全般照明では、平均輝度の低い場合の輝度変化のバランスは、タスク・アンビエント照明の平均輝度の高い場合に非常に近く、最も良好で落ち着いた印象が強い。しかし平均輝度が上がるにつれて、やや粗い輝度変化量が減少してバランスが悪くなり、落ち着いた印象が失われていく。

また、輝度変化量のバランスを考えると、タスク・アンビエント照明では、天井、壁、床の輝度比よりも平均輝度の方が印象に与える影響が大きいことも理解できる。図-7 でわかるように、タスク・アンビエント照明の場合、輝度変化のバランスには、天井、壁、床の輝度

表-3 照明方式と輝度変化量のバランス

照明方式	全般照明			タスク・アンビエント照明		
	高	中	低	高	中	低
平均輝度レベル						
勾配 *Log(0.74186)	-0.0023	-0.0291	-0.0338	-0.0343	-0.0414	-0.0526

比よりも平均輝度の方が大きな影響を与えるのである。またさらに、全般照明で平均輝度が高い場合、天井、壁、床の平均輝度が同じものが最も落ち着きの印象が低くなることや、タスク・アンビエント照明で平均輝度が低い場合、天井、壁、床の平均輝度が同じものが落ち着きの印象が高くなることも、輝度変化のバランスを考えれば納得できる。

次に明るさの印象について考えてみても、平均輝度が同じでも照明方式によって明るさの印象が異なるという現象は、輝度変化量のバランスが異なるために生じているのであると考えると理解しやすい。今回の実験では、順応などの影響を考慮していないため即断はできないが、ややぼんやりした輝度変化が多く存在するほど暗い印象となると考えると、タスク・アンビエント照明が全体的に暗い印象であったり、全般照明で、天井、壁、床の輝度が等しい場合に明るい印象となることが理解できる。しかしこれについては、さらに詳細な実験を行う必要があろう。

6. 結論

以上、オフィスにおける輝度分布の心理的効果を明らかにするために、平均輝度と天井、壁、床の輝度比を変化させた模型刺激を用いて印象評価実験を行い、印象と輝度分布との関係について分析した。

模型のようにさまざまな条件を固定した場合、照明環境の輝度分布の違いは、輝度変化量のバランスでうまく表現することができる。そしてそのようにして輝度分布をとらえると、照明方式や平均輝度が増減すると、たとえば天井、壁、床の輝度比が固定されていても、その輝度分布が増減することがわかった。そして輝度分布と照明環境の印象の関係は、この輝度変化量のバランスの違いによって把握することができる。輝度変化量のバランスは、特に落ち着きの印象に大きな影響を与え、最も落ち着いた印象となる輝度変化量のバランスが存在し、そのバランスが崩れると、落ち着いた印象は減少する。また明るさの印象についても関連性があり、ややぼんやりした輝度変化が多いほど暗い印象となる傾向があった。

輝度変化量のバランスは、印象に大きな影響を及ぼす要素であることがわかった。しかし、このバランスで照明環境の印象がすべて説明されるわけではない。たとえば、同じ輝度変化量でも暗い部分が天井にあるか、壁、床にあるかで、落ち着きの印象は大きく異なっていた。このような要素を十分注意する必要がある。

また今回の分析では、輝度変化画像全体の標準偏差を

とって輝度変化量とした。今回の実験のように、視線方向、空間の大きさ、窓などが一定の場合は、この輝度変化量でその輝度分布の違いをうまく表現できるが、実際の照明環境では、以前報告したように、さまざまな什器や窓などの影響で、輝度変化画像全体の標準偏差では照明環境の違いを表現することはできない。そもそも、画像全体の統計量をとるという操作は、その範囲を少し変化させるだけで値が大きく変化する場合が多いのであまり好ましくない。そのようなことを避ける方法としては、たとえば視線方向からのずれで重みづけを変化させるなどといったことも考えられ、今後の検討課題としたい。

謝辞

本研究の解析に用いたデータは、照明学会のインテリアジェントオフィス視環境特別研究委員会（昭和62年度）で行った実験の結果得られたものである。関係委員各位に感謝の意を表す。また当時大学院の学生で、研究を手伝ってくれた李 眞淑氏、大山（旧性桜田）能永氏に感謝する。

参考文献

- 1) Bean, A.R., Hopkins, A.G.: "Task and background lighting", *Lighting Research & Technology*, Vol.12, pp.135~139, 1980
- 2) Collins, J.B., C.G.H.Plant: "Preferred luminance distribution in windowless spaces", *Lighting Research & Technology*, Vol.3, pp.219~231, 1971
- 3) Flynn, J.E., Spencer, T.J., Martyniuk, O., Hendrick, C.: "Interim study of procedures for investigating the effect of light on impressions and behavior", *J. of the IES*, Vol.3, pp.87~94, 1973
- 4) Flynn, J.E.: "A study of subjective responses to low energy and non-uniform lighting systems", *Lighting Design+Application*, Vol.7 pp.167~179, 1977
- 5) たとえば, Rowlands, E., Loe, D.L., McIntosh, R.M., Mansfield, K.P.: "Lighting adequacy and quality in office interiors by consideration of subjective assessment and physical measurement", *CIE Journal*, Vol.4 pp.23~37, 1985
- 6) 李 眞淑, 中村芳樹, 乾 正雄: オフィス照明環境の評価構造, 日本建築学会大会学術講演梗概集(D), pp.443~444, 1987
- 7) 中村芳樹, 乾 正雄, 沢田敏実: 輝度分布の表現法に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, No.431, pp.17~24, 1992
- 8) 中村芳樹, 乾 正雄: 視環境の輝度分布特性に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, No.438, pp.1~8, 1992

(1992年7月10日原稿受理, 1992年12月11日採用決定)

アメリカにおける「TALシステム」の現状
 —— アメリカの設計事務所スタッフによるアンケート結果 ——

岩崎正之 稲餅正幸
 (株式会社内田洋行・"環境デザイン研究所)

アメリカのC設計事務所のコーポレート・スタッフ(10名)に対し、「TALシステム」に関するアンケートを行なった。結果は以下の通りである。

[概要]

- * 「TALシステム」についてはほぼ全員が体験しており、また、アメリカにおいては“Popular”もしくは“very Popular”であるとの回答が過半数を占めており、非常に普及しているといえることができる。効果性についても“very Effective”との回答が大半で、有効性も一般的な認識となっている様子である。
 「TALシステム」のメリットとしては、「グレアの軽減/省エネルギー/空間演出」等が挙げられている。反面、「高い天井高(約2900~3600H)が要求されること/イニシャル・コストが高くなる」ことなどのデメリット面の回答もされている。
- * アメリカでは多くの企業や団体などが、この分野についての研究を行なっており、その効果性を立証する報告もされている。OA化や省エネルギーなどを背景に、これらの研究やプロモーションによって「TALシステム」が普及していったものと考えられる。

また、アンケート(Q4)から推測されるように、デザイナーが非常によく勉強しており、技術的にもしっかりした基盤が整備されている様子がうかがえる。

“TASK&AMBIENT LIGHTING SYSTEMS”

		(%)
Q 1. Do you have experience with “TASK & AMBIENT LIGHTING SYSTEMS” ?	YES	: 90
	NO	: 10
Q 2. How well do you think people like “TASK & AMBIENT LIGHTING SYSTEMS” in U. S. A. ?	Not popular	: 10
	Pretty Popular	: 20
	Popular	: 20
	Very Popular	: 50
Q 3. What do you think about the effectiveness of “TASK & AMBIENT LIGHTING SYSTEMS”	Not Effective	: 0
	Pretty Effective	: 0
	Effective	: 20
	Very Effective	: 80
Q 4. Give an example where “TASK & AMBIENT LIGHTING SYSTEMS” is effective ?	cf. another sheet	

裏面

"TASK & AMBIENT LIGHTING SYSTEMS"

Q 4. Give an example where
"TASK & AMBIENT LIGHTING SYSTEMS"
is effective ?

[抜粋]

*a Creates a more pleasing environment with a more even overall glow of a space with less hot spots. Gives individuals more control of their own desired light level. Many people are negatively affected by fluorescent and other kinds of lamps. Better for computer environment - glare is controlled.
More energy efficient. Code has forced lower light levels over the years so we've had to look at alternatives. Can be cost effective over the long term. Lighting not attached to the building can be depreciated along with the furniture for tax purposes.
Day lighting or natural light from outside combined with task and ambient lighting is even more popular and effective.
Linda Rogers

*b 1. indirect lighting for open office system & supplement with task lighting where absolutely necessary.
2. indirect lighting in libraries (city libraries to law office libraries)
3. Ambient / indirect for all computer use areas

*c Best system for computer intensive areas because it reduces glare on screens. Also it allows the general circulation areas to be less bright while desk areas with heavy paperwork can be brighter.
Most appropriate for 8 1/2-9 ft. ceiling heights.
In open office situations with standard direct fluorescents, the light is thrown down but with indirect the light washes the ceiling plane creating a more aesthetically pleasing space.
Task lighting, in such spaces, gives individual employees greater control over their own work areas.
Erika

*d In a space where ceilings are of adequate height to allow for proper diffusion.

側窓光を含むタスク・アンビエント照明方式に関する実験研究

宝田裕美子 岩田利枝 木村建一

1. 目的

タスク・アンビエント照明 (TAL) とは、従来の天井照明のみにより室内を均一、高照度で照らす照明方式と異なり、作業部分をタスクライトにより必要レベルに照らし、それ以外の非作業部分にはアンビエントライトにより低照度の明るさを与える方式をいう。TALは省エネルギー、個人の好みに合わせられる、レイアウトが自由であり、オフィスの光環境の快適性を考えた場合に有効な照明方式であると考えられる。

過去の研究では最適T/A比 (アンビエントライトによる机上面照度に対するタスクライトによる机上面照度の比) が1.25~2であること¹⁾、また机上面の明るさのムラや光の方向性がオフィス空間の評価に関係すること²⁾がわかっている。光環境の雰囲気性についてはTALを行った場合の方が全体的に暗く、変化のある印象になること³⁾が示されている。

一方、昼光をオフィス室内に導入すると、室内の雰囲気において明るい、開放的などの印象が高くなり⁴⁾、執務者においても気分転換しやすい、時間の情報があることなど窓の効果は大きい⁵⁾ことが明らかになっている。

これまでの研究ではアンビエント照明として天井照明のみを扱っていたが、心理的な影響を与える昼光をもアンビエントに取り入れられるならば、より省エネルギーで快適な照明方式であると期待できる。そこで本研究では被験者実験によってTALを行ったオフィス室内に側窓光を導入させた場合の光環境が、視的快適性にどのように影響するか把握し、TALの有効性を示すことを目的とする。

2. 実験方法

実験は図1、2に示す日産建設技術研究所にある双子の光環境実験室 (A室、B室) にて行った。B室はコントロール室として窓もタスクライトもなく天井照明のみで机上面照度900lx一定にした。A室はパーティションに仕切られた4つの机が窓を横手に配置されている。各机には調光可能な20W蛍光灯がタスクライトとして設置されており、縦1800mm、横2270mmの窓からの光、天井照明からの光、タスクライトからの光を合わせて机上面照度900lxに設定した。

表1 実験条件 条件CWは窓+天井照明を、条件Cは天井照明のみをアンビエントとしてT/A比1.25をめざして設定。表中T/Aは窓+天井照明をアンビエントとして示す。

機位置	条件	立体角 [sr]	窓面輝度 [cd/m ²]	T/A	Ehwindow /A	Ehwindow /Ehtotal
A1	室奥 CW120	0.257	567.60	1.31	0.34	0.15
	窓側 CW230	0.599	"	1.30	0.58	0.25
A2	室奥 CW270	0.257	1264.26	1.26	0.71	0.31
	窓側 CW500	0.599	"	0.74	0.96	0.55
A3	室奥 CW440	0.257	1972.94	1.04	0.99	0.49
	窓側 CW800	0.599	"	0.08	0.99	0.92
A4	室奥 C120	0.257	567.60	0.96	0.27	0.14
	窓側 C230	0.599	"	0.75	0.45	0.25
A5	室奥 C270	0.257	1264.26	0.65	0.53	0.32
	窓側 C500	0.599	"	0.31	0.76	0.58
B	B	-	-	0.00	0.00	0.00

条件記号 C、CW の後の数字は窓からの照度を示す

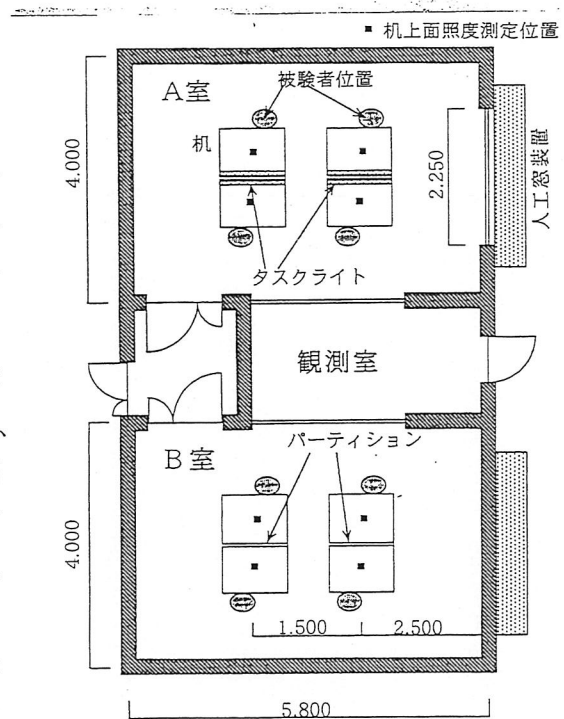


図1.実験室平面図

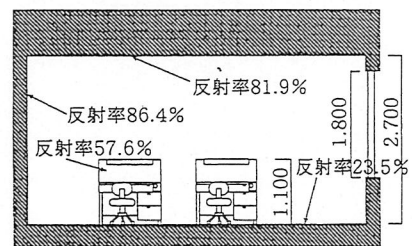


図2.実験室断面図

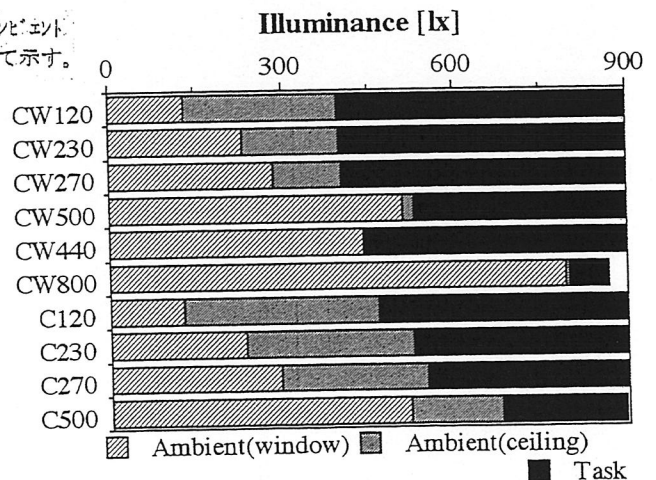


図3.実験条件机上面照度内分け

実験条件概要を表1、机上面照度の内分け図を図3に示す。条件は窓の出力を3段階、T/A比は過去の研究より1.25以下になるように設定した。物理量として各席机上面照度、6面照度、窓面と天井面輝度、CCDカメラを用いて机上面と正面向きの輝度分布を測定した。被験者はB室、A室交互に入室し、順応前後に表2、図4に示す申告用紙を用いて光環境の快適性に関する申告を行い、最後に各自の作業しやすい明るさにタスクライトを調光した。

3. 結果及び考察

図5に各条件の視作業前後の総合不満足者率を示す。総合評価である不満足者率は窓面輝度が高い場合50%となったがその他は問題はなかった。不満足者率は作業前後で比較すると天井照明のみの室では増えているのに対し、TALを導入した場合は減っており長い時間でみるとTALの不満足度は高くなることが予想された。また、図6に示すように電力消費エネルギーもTAL、特に窓からの光を取り入れたTAL方式の方が少ないことが示された。

総合評価に影響の高い感覚として表3の総合満足度と各感覚満足度との相関を見ると、「机上面の明るさ感」、「手暗がり感」、「天井の明るさ感」が高く、これらを満足させることが必要であることがわかった。「机上面の明るさのムラ」、「光膜反射」については被験者の不満は低く、本実験の設定条件においては問題にならないと考えられた。また各感覚量同士の相関を表4に示すが、「室の明るさ感」と「天井面の明るさ感」、「窓からの光による手暗がり感」と「窓面グレア感」の相関が高く、今回の設定環境において光環境の快適性を保つには「机上面の明るさ感」と「手暗がり」、「天井面の明るさ感」の3項目を考慮すればよいことがわかる。

表3. 総合評価と各感覚満足度との相関

感覚満足度	相関係数
机上面明るさ感	0.814
窓側手暗がり	0.706
天井面明るさ感	0.673
窓面グレア感	0.671
室明るさ感	0.599

表4. 感覚量同士の相関

	机上面 明るさ感	室 明るさ感	天井面 明るさ感	窓側 手暗がり	室内 手暗がり	窓面 グレア感
机上面明るさ感	-	0.566	0.539	-0.544	-0.071	-0.683
室明るさ感		-	0.872	-0.27	-0.141	-0.379
天井面明るさ感			-	-0.345	-0.243	-0.607
窓側手暗がり				-	0.3	-0.936
室内手暗がり					-	0.319
窓面グレア感						-

表2. 申告内容

	申告項目	申告スケール
申告X	光環境総合的満足度	a
	机上面明るさ調節	-
申告Y	印象評価	SD評価法
	光環境総合的満足度	a
	机上面明るさ調節	-
	光環境総合的快適感	b
	机上面明るさ感とその満足度	c,a
	室明るさ感とその満足度	
	天井面明るさ感とその満足度	
手暗がり感とその満足度	d,a	
机上面の光のムラ感とその満足度		
光膜反射感とその満足度		
横からくる光によるグレア感とその満足度		
窓面グレア感とその満足度		

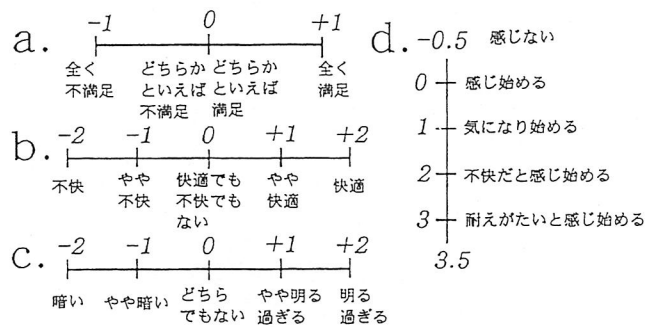


図4. 申告スケール

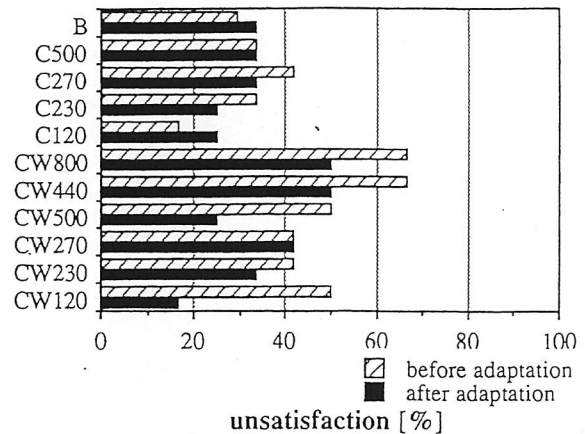


図5. 視作業前後不満足者率

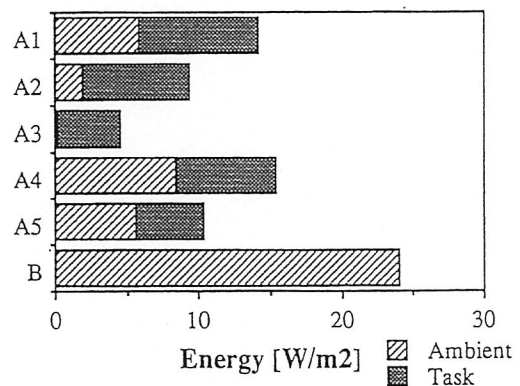


図6. 電力消費エネルギー

図7に示すように机上面の明るさは窓からの光が特に多いと暗く感じている。これの対して図8に示すように天井面、室の明るさは窓からの光の量に関わらず、環境照度が低いと全体に暗く感じている。これよりT/A比は今回の設定した1.25~2を超えない程度が妥当と考えられた。

図9に条件別の手暗がり感を示す。手暗がりには利き手が窓側と壁側の人とで感覚量が異なった。図10、11に示すように手暗がりにはベクトルカラー比が小さく且つベクトル高度が高いと感じないことがわかった。手暗がりを感じるのは窓のない場合と窓からの光が強すぎる場合となった。これは前者が上からの光によるベクトルカラー比が高いためであり、これは窓から適度の光を入れることによって軽減される。後者はベクトル高度が低いためであり、これはタスクライトをつけることによって軽減される。

視作業後の申告が終わった後、各自の作業しやすい明るさにタスクライトを調光してもらった結果、図12、13に示されるように、机上面を暗く感じる場合と手暗がりを感じる場合に机上面照度を上げている傾向があることがわかる。また利き手が壁側にある4人について調光後の机上面照度を図14に示すが、4人の条件差の傾向は同じでも上げ幅そのものには個人差があることが示された。これによりTALは同一の室内の位置による相違や個人の好みの相違に対応できる点で有効な方法であることが考えられた。

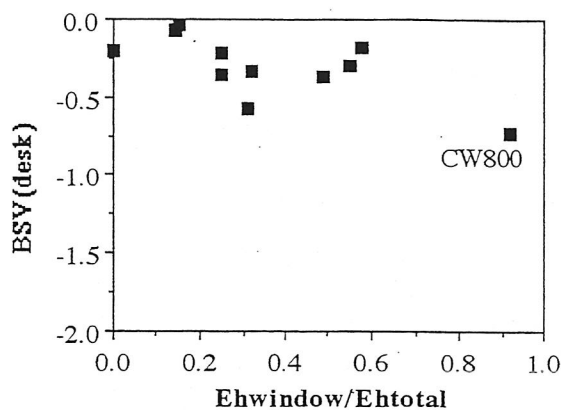


図7.机上面明るさ感と窓からの光の割合

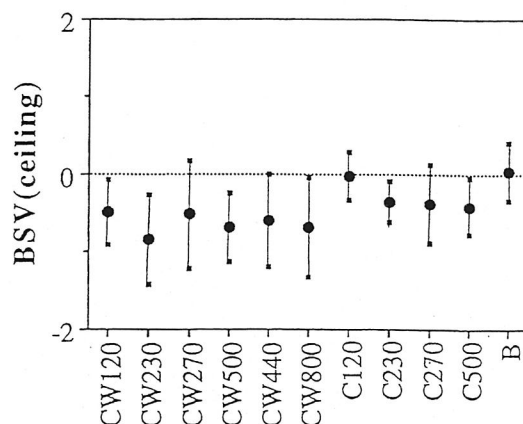


図8.条件別天井面明るさ感

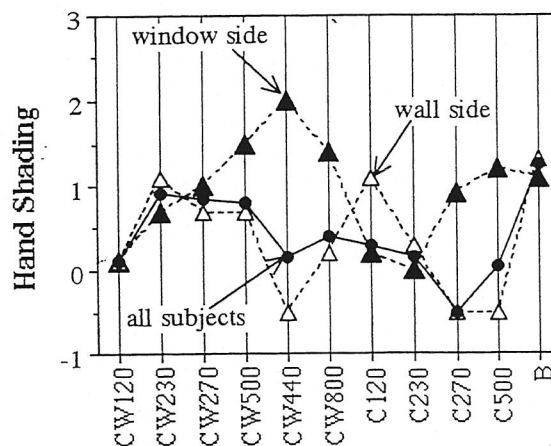


図9.条件別手暗がり感

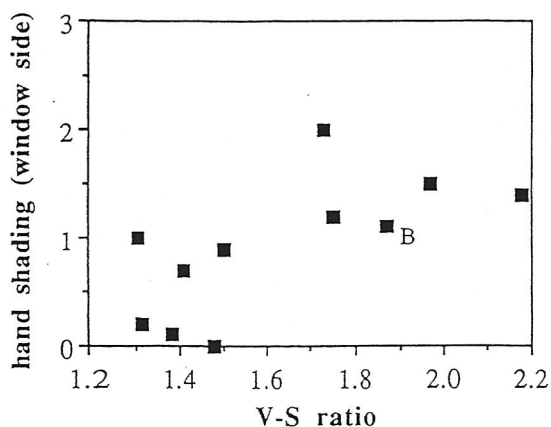


図10.手暗がりとベクトルカラー比の関係

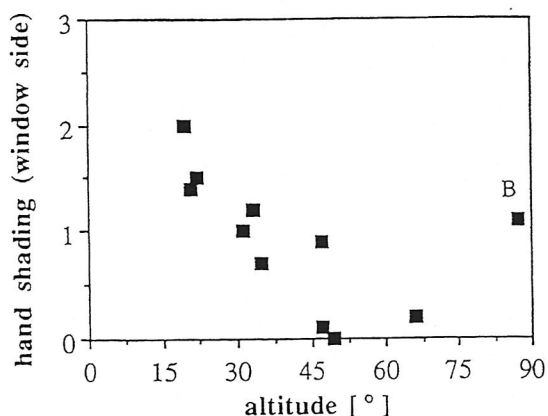


図11.手暗がりとベクトル高度の関係

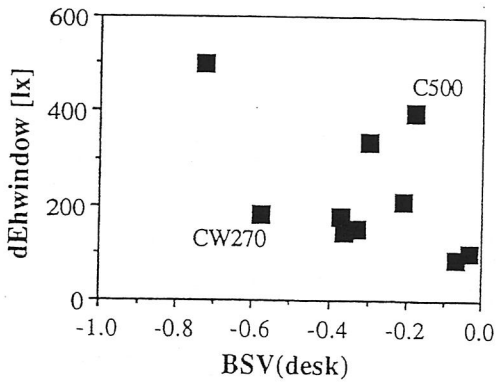


図12.机上面照度調光増加量と机上面明るさ感

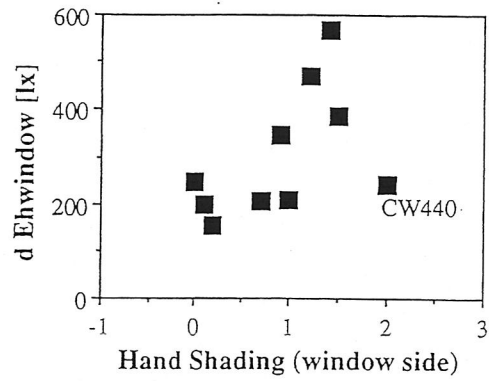


図13.机上面照度調光増加量と手暗がり感

4. 結論

側窓光と天井照明とを併用させた室内において机上面照度900lx、 $0 \leq T/A \leq 1.3$ のTALを行った場合、机上面の明るさのムラ、光膜反射は問題なく、机上面の明るさや手暗がり感は窓からの光の量を抑えることによって、天井面の明るさは T/A を抑えることによって改善されることがわかった。よって省エネルギーの面からも窓からの光を積極的に導入したTAL方式が望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 田中ほか 「オフィスにおけるタスクアンビエント照明の最適性に関する検討」 1994年日本建築学会
- 2) 藤田ほか 「オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験 その1、その2」 1993年日本建築学会
- 3) 中村ほか 「オフィスの光環境の調査と実験」 1990年照明学会誌
- 4) 宝田ほか 「模擬太陽光のある人工気候室を用いた光環境の快適性に関する被験者実験 その1」 1993年日本建築学会
- 5) 宝田ほか 「地下オフィスにおける窓の効果」 1994年日本建築学会

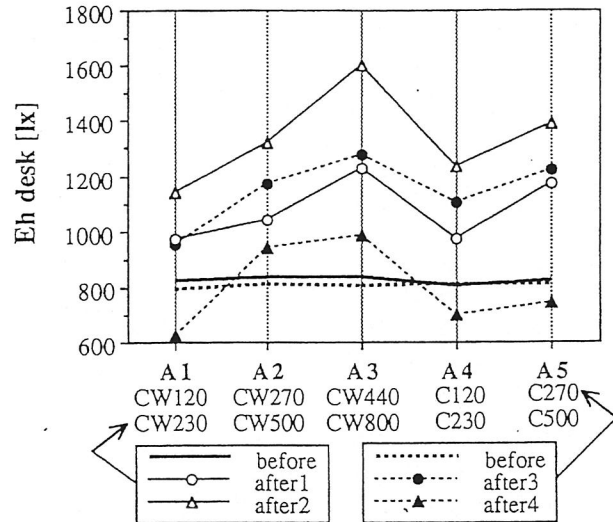


図14.個人別調光増加量