最近のオフィス照明の技術的問題点[†]

—照度, グレア, OA 機器の照明—

専門会員 高橋 貞雄*

1. 緒 言

現在, 各方面で屋内照明の基準が見直されている. たとえば, CIE/TC-4.1 “屋内照明” では, 1975 年発行の “屋内照明のガイド”¹⁾ の改訂作業が精力的に進行中で, 1983 年の第20回総会までに, その改訂案をまとめる計画である. 米国 IES では, ANSI-Office Lighting の改訂勧告案をまとめ, つい最近公表した²⁾. また, 国際標準化機構 ISO/TC 159/SC 5/WG 2 は, “屋内作業照明のための人間工学的原則” の素案³⁾ を作成している. わが国では, 照明学会において, 2 年前に事務所照明基準原案作成委員会が設けられ, 昭和 57 年 3 月には新しい技術基準とすべく, その原案⁴⁾ が作成された.

このように見てくると, ちょうど見直し改訂の時期とはいえ, 省エネルギー照明の考え方と方策が定着し, 改めて良い照明とは何かが問われ, その答えが基準の見直しや制定という形で準備されているように思える. 最近のオフィス照明では, 省エネルギーと照明器具からのグレアを抑制した快い視環境創出形の照明方式が注目されている. なぜなら, われわれはたとえ建築家, 照明技術者でなくとも, 事務室内のものの見え方や, 環境の快さを犠牲にすることなく, 省エネルギー照明実施の重要性を認識しているからである.

そのような中で, ここ 1~2 年急速にオフィスオートメーション (以下 OA と略記) 機器がオフィス内に導入されつつある. OA 機器, なかなくワードプロセッサや各種コンピュータの入出力表示用の CRT (cathode ray tubes) ディスプレイ装置に伴う視作業の特長は, 作業の主体が従来の机上の読み書きから, ほぼ机上面に垂直な CRT スクリーン面とキーボードに移ったことである. 作業形態の変化は, 室内照明のあり方にとっても決して無縁ではなく, 上述の照明基準案にとりあげられている.

ところが, 趣は異なるが CRT ディスプレイ装置に対する照明は今に始まった問題ではなく, 陸海空の交通管制室や電気, ガスなどのエネルギー系統監視室あるいはビルの

電気室, 制御室などですで行なわれており, OA 機器と照明の問題を検討する上で, 貴重な資料となることを付記しなければならない. しかしながら, 上記の CRT スクリーンは, ほぼ専用の室に設備され, 主たる視作業が CRT の監視であることに対して, OA 機器ではオフィスのビジネスシステムに組み入れられ, これまでの机上面を中心とする視作業と部分的に同居する場合が多いと考えられる. したがって仕事の流れに関係し, 具体的な照明方式の検討は, オフィスレイアウトを抜きにしては進められない状況になってきている.

本報では, オフィス照明の量 (照度) と質 (グレアの制限) の問題と, 新しい課題である OA 機器と照明について若干の考察を述べ, この分野の研究が促進され, より良い照明が実施されることを期待したいと思う.

2. 照明システム設計の重要性

人間-機器-環境から構成されるオフィス空間は, 一つのシステムとして機能している. その中で照明の果たす役割はことのほか大きい. 何しろわれわれの視覚の情報取得力は, 1 秒間当たり 10^6 bits** といわれ, 聴覚の 10^3 倍, 触覚の 10^4 倍である. また, 空調のないオフィスはあっても照明のないオフィスはほとんどないことから, オフィス活動は照明に負うところきわめて大である. しかし, そうだからといって, これらの事実はあまりに自明なので等閑視されやすい.

今, 執務者 1 人の年間コストを仮りに平均 1,000 万円とし, 年間の作業時間を 2,000 時間 (作業日数 265 日) とすれば, 1 時間当たり 5,000 円, 1 分当たり 83 円となる. そして仮りに照明の原因で, 1 日当たり 1 分間作業が停滞したとすると, 年間で 1 人当たり 22,000 円の損失となる. 執務者が 100 人いれば 220 万円の損失となる. 1 日当たり 1 分の停滞は作業時間のわずか 0.2% にすぎないが, ちょっとした照明の不具合が原因とすれば, 事は重大といわなければならない.

さて, オフィス照明の設計過程はおおよそ 図 1 の流れを

[†] Technical Problems in Today's Office Lighting—Illuminance, Glare and Lighting for Visual Display Units—

* 東芝電材研究所 Sadao Takahashi

** 情報量を表わす単位で, binary Digit の略である. 二者択一を一つの情報の単位として 1 ビットとする.

図1 照明設計の流れ

とる。特殊な場合は別として、これまでの室内照明の設計は、室全体にわたって机上面高さに相当する仮想的水平面（これを作業面と称す）をできるだけ均一な照度とするよう心がけてきた。その際の基準は主として JIS Z 9110 照度基準である。この考え方は照明率の概念に基礎をおき、光束法という簡単な公式で平均照度を算定でき、天井面にはほぼ均等に器具を配置することから、どこに机がこうとまたどこに間仕切りされようと、レイアウト上の対応が可能である。さらに照度と所要の電力密度 (W/m^2) の関係が比較的正確に結びつけられるメリットがある。

一方、省エネルギーの点からこの均一照明を見ると、時間的、空間的にみて、照度レベルを自動的または手動によって制御し、照明のむだを省くことは効果的で、すでに種々の制御装置が実用されている⁵⁾。これは結果的に不均一照明を作りだすが、いつでも元の均一照明に戻せることから概念としては均一照明である。

4～5年前より、米国で提唱された TAL⁶⁾ システム (Task and Ambient Lighting System) は、個々の作業場所に所要照度を与え、視環境調整用として Ambient 照明を付加し、T と A による照度比を 1:1/2～1/5 とするいわゆる不均一照明である。わが国でも実施例⁷⁾⁸⁾ が見られ、注目される手法である。TAL システムは事務室の人員密度によっては、必ずしも通常天井照明よりも省エネルギー照明とはならないが、Ambient 光を間接照明によって得るグレアを感じさせないソフトな光の効果が新鮮な印象を与え、改めて間接照明への関心をひき起こしている。

OA 機器の CRT スクリーンでは、CRT スクリーン面上に反射される輝いた光源や、窓の反射（映り込み）が見え方を阻害する。航空会社のチェックインカウンタの CRT 装置では、白い Y シャツの反射像までキャラクタ表示の誤認原因となりうることが報告されている⁹⁾。執務者に対するグレアの制限が、OA 機器操作上からも望まれることに注意する必要がある。

わが国では規格化された評価基準は、照度基準 (JIS Z 9110-1979) だけであるが、このように見てくると決して十分とはいえない。実務の設計段階では、グレア、光色・

演色性、かけ、鉛直面照度など目的と対照しながら検討を進め、必要ならば模型実験などで光の効果を確かめ、照明方式を決める場合もある。なかでも照明器具のグレア制限が視環境の形成に重要なので、前述の ISO 素案に量的な勧告が与えられている。

3. 照度レベルの考え方

屋内の蛍光ランプによる全般照明では、人の顔の表情が何とかわかる明るさは約 1 nt で、作業面の水平面照度に換算して約 20 lx といわれる。また作業空間として 200 lx 以下だと暗い印象になってしまう。グレアのない状態で、生理的にも心理的にも満足とされる照度は約 2,000 lx と定説化しつつある^{10)~12)}。この満足な照度はすべての人々がそう判断するというものでなく、たとえ 2,000 lx の照度の下でも暗すぎたり、あるいは明るすぎるとする人が何%かは存在する。しかし、このような事実の下に屋内空間の照度は、20～200 lx と 200～2,000 lx の二つの系列になり、この間を約 1.5 倍の照度できざみ、系列化する考え方が国際的なすう勢である。

第一系列：20, 30, 50, 75, 100, 150, 200 lx

第二系列：200, 300, 500, 750, 1,000, 1,500, 2,000 lx

問題は種々の場所や作業に対して何ルクスを推奨するかであって、大いに論議される点であるが、廊下や通路のようなサーキュレーションエリアには第一系列を、事務室のような視作業を行なう場所に対して第二系列を適用する。多くの基準では、推奨照度は照度の範囲として与えられ、作業者の年齢、要求されるスピードと正確さ、作業の輝度対比、作業の背景となる物の反射率の程度によって、必要な重みづけを行なって照度レベルが選定される。

この方法はややまわりくどいようであるが、まず照度の大枠を見定め、作業の特質に基づいて補正を加えるので、いくつもの抑制作用が働き、合理的な照度レベルの決定に到達できる。以下に事務室だけを抽出し各種基準の推奨照度レベルを示す。

(1) JIS Z 9110—1979 照度基準

	照 度 (lx)
事 務 室 a	750—1,000—1,500
事 務 室 b	300— 500— 750

(注) 細かい視作業を伴う場合および昼光により窓外が明るく、室内が暗く感ずる場合は a を選ぶ。

(2) Proposed American National Standard Practice for Office Lighting (April, 1982)

	カテゴリー	照度の範囲 (lx)
高対比または粗な作業	D	200— 300— 500
普通の対比または細かい視作業	E	500— 750—1,000
低い対比またはごく細かい視作業	F	1,000—1,500—2,000

(注) 照度の値は維持照度である。執務者の年齢、スピードおよび正確さ、視作業物の背景の反射率に応じて、中央値または低いほうあるいは高いほうの値を選ぶ。

(3) CIE/TC-4.1 Guide on Interior Lighting
(1975)

	推奨照度 (lx)
通常の視覚条件の作業 例: Offices	500—750—1,000

(4) ISO 素案 (1981年5月, ISO/TC 159/SC 5/WG 2による)

	サービス照度 (lx)
Offices	
General offices, typing, computer rooms	300— 500— 750
Deep-plan general offices	500— 750—1,000
Drawing offices	500— 750—1,000
Conference rooms	300— 500— 750

(注) 点灯時間の経過とともに初期照度が減じ、保守直前値では初期値の約75%になる。サービス照度とはこの間の平均照度をいう。わが国の流儀では、サービス照度 750 lx は維持照度 660 lx に相当する。

4. 照明器具のグレア制限

図2は、照明普及会によるビルディング照明の実態調査結果¹³⁾¹⁴⁾から作成した照明器具の使用割合の推移である。照明器具を埋込み下面開放形とランプ露出形（逆富士形、半埋込み、H形の3種）に大別している。最近（昭和55年）と15年前とは両者の使用割合が逆転し、埋込み下

図2 事務室における照明器具の使用実態
(照明学会・照明普及会の調査による)

図3 40 W 2 灯用蛍光灯器具の器具効率とグレア制限の程度

面開放形が過半数を占めるに至っている。これらの器具を器具効率とグレアの制限の面から整理すると、図3のように位置づけられる。図の縦軸はISO素案の輝度境界線³⁾で評価したもので、 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow h$ の順にグレアが強くなる。すなわち、大略、 $a \sim c$ の間はグレアを十分制限したもので、 $c \sim e$ はグレアを制限したものの、 $f \sim h$ の間はグレアを制限していないものといえる。埋込み下面開放形はランプ露出形器具に比べ、効率は若干低いグレア制限において優れており、この点が評価されて使用割合の伸長に結びついていると見られる。

4.1 効率とグレア制限の両立

さらに、最近では一段上のグレア制限をねらった器具が開発・実用化されている。これはグレア制限と器具効率の向上といういわば相反する問題を一挙に解決し、明るさと視環境の改善を提供するものである。データで示す関係上、一般名称が使えないので当社の商品によったが、図3の右上の“A群”がそれである。すなわち、埋込み下面開放形の器具効率はほぼ保って、十分にグレアを制限するものである。これら“A群”の器具は、今までの工事用蛍光灯器具の延長線上にあるのではなく、外殻に位置づけられ、照度を落とすことなくオフィス環境の視的な感覚をソフトに気持ちよくすることをねらっている。反射板の形状、その表面仕上げ、バッフルの有無など、保護角を 15° 以上にし、従来の乳白カバーやプリズムカバー器具以上のグレア制限を達成している。

4.2 間接照明の導入

従来より、間接照明は建築化照明の一手法として実用されてきた。通常の作業姿勢ではランプが直接見えグレアを感じさせないため、ノングレア照明の代名詞ともなっていた。さらに冒頭にも述べたように間接照明の効果が、単にノングレアだけでなく、視的な印象にも深く影響する。また、最近の研究は相対的に鉛直角 $55 \sim 90^\circ$ の範囲のいわゆる斜めからの光が、コントラストを向上し文字の見え方の改善に寄与することを明らかにしている¹⁵⁾。CRTスクリーンのある場所の照明には、適切な間接照明を最良とする報告¹⁶⁾がある。このようなことから国際的にも間接照明への関心が高まってきている。

間接照明は、直接照明に比べ作業面への光利用の点で劣るために、これまでは雰囲気や重要視される場所に主として用いられ、一般事務室にはあまり例を見ない。しかし、これを視環境改善の手段とみると、天井面を照明する間接照明と壁面を照らすいわゆる光のウォールウォッシャーの二つに分けられる。機能的にもこれらは区分され、たとえばウォールウォッシャーは室内の明るさの印象に、また天井面の間接照明は、室全体のやわらかい落ち着いた感じの醸成に寄与するため、今後、オフィス照明への導入を期待したいと思う。

現在、器具だけで間接照明の効果を得るものが実用化されている。これは40 Wの蛍光灯ランプを2灯用いた間接照明形蛍光灯器具で、その断面は図4(a), (b)に示すよ

図4 間接照明形蛍光灯器具の一例
(a) 全般照明用 (b) 壁面照明用

(a)

(b)

図5 間接照明形蛍光灯器具と埋込みアルミルーバ器具の比較

(a) 間接照明形蛍光灯器具
(b) 埋込みアルミルーバ器具

うに、ドーム状の白色拡散反射面が発光面となり、ランプは直接見えない構造になっている。(a)は全般照明用、(b)は壁面照明用である。照明効果を言葉で表わすことの困難を避け、図5に間接照明形蛍光灯器具とアルミルーバ器具の比較写真を示す。壁の輝度分布の違いから拡散照度の違いを読み取っていただきたい。

間接照明形器具の概念は、建築上の天井構造を考慮することなく、それだけで間接照明を作りだせるので、照明設計上は通常の蛍光灯器具と同じように扱える。今後は直接形器具並とはいかなくとも、できるだけ高効率化をはかる必要がある。

5. OA 機器のある事務室の照明

OA機器操作のための照明は、CRTスクリーン上の文字の読み取り、キーボードの操作、入出力データの読み書きのために必要とされる。明るすぎず暗すぎないちょうどころあいの照明が必要である。それは直接的にはCRTスクリーン面の文字輝度と対比に関係するが、一方では作業者

の視野が机上面の作業に比べかなり移動するため、その周辺視野はかなり奥深い。たとえば、CRTスクリーン面に対向する場合、室の奥行きや床面がかなり遠方まで目にはいってくる。R. M. Keating氏は経験からカーペットの効用を指摘している¹⁷⁾。適切なカーペットの敷設は、騒音を吸収するとともに目にとってもよいといわれる。

ともあれOA機器のある執務空間は、作業の特殊性から作業者の健康面への配慮の点で、その照明も非常に重要視されている¹⁸⁾。

5.1 CRTスクリーン面の文字輝度と対比

OA機器のCRTスクリーン面の文字輝度は、操作者により自由に調整しうる。選ばれた文字輝度は室内照明の量と密接に関係する。一般に室内の照明が明るいほど、CRTスクリーン面に入射する照度も高くなるので、スクリーン面に表示される文字や図形の輝度は高く設定される。この原理は、文字輝度(L_0)とその背景(L_b)との間の輝度対比($C = (L_b - L_0) \times 100 / L_0 \%$)に見え方上、適正な範囲があるからで、岡田氏らの研究¹⁹⁾によれば、この適正範囲は約40～85%とされている。対比が高すぎると文字がにじんだように見え、また低すぎても読みにくくなることは経験済みの方も多いことと思う。

OA機器に対する室内照明のあり方は、輝度対比が文字輝度とCRTスクリーン面への入射照度との関係で定まるので、きわめて影響が大きい。個々のCRTスクリーンの文字輝度の実状がどうなっているか、今後の調査課題であるが、CRTスクリーン面の入射照度が1,000 lxを超えると読みやすさは大幅に低下する。望ましくは500 lx以下である。またキーボードや原稿の読み取りには、最低300 lxの作業面照度を維持する必要がある。

5.2 CRTスクリーン面上の高輝度体の反射防止

CRTスクリーン面の表示文字の上に、高輝度の窓や照明器具が映り込むと、表示の輝度対比が低下して表示そのものが見えにくくなる。表示の背景部分に映り込みがあっても不快である。このような場合、操作者は自分の体を遮光体として利用し、意識して映り込む範囲を小さくしているのではなかろうか。ごく短時間ならばこれでもよいかもしれないが、長時間に及ぶとすれば姿勢にむりが生じる。窓にはブラインドとかカーテンを用意すべきで、照明器具が映り込むならば、それをなくするようにしたい。

照明器具の映り込みをなくすには、照明器具の取付け高さやCRTスクリーンの床からの高さ、およびCRTスクリーンを見る目の位置から、器具が映り込まないための取付け位置を幾何学的に算出できる。しかしながら、新しいオフィスの建設において、OA機器導入を想定して照明器具の取付け位置を適正化するならば別であるが、すでに照明設備のある所に、事務効率改善のためにOA機器を設置するとすれば、そう簡単に照明器具の位置を変えることは困難と思われる。そこで映り込みに重大な影響を及ぼす範囲の器具を十分にグレア制限した器具に交換する。

ちなみに、米国の経験では間接照明と保護角45°のパラ

ウェッジルーバ* 付き埋込み蛍光灯器具が適切だったという²⁰⁾。これらの器具はいずれもランプが直接的に CRT スクリーン面に映り込まない構造のグレアレス形になっている。しかしながら、照明器具の映り込み防止に適切ではあっても、パラウェッジルーバでは、キーボードや原稿の照明としては拡散光の不足により、これらの表面から反射グレアを生じる場合があり、これを緩和するためにランプとルーバの間に拡散板を挿入すること、また間接照明ではあまり高照度になると、天井や壁面などが高輝度となり、これが新たな映り込みの種となるというように、注意深い設計が必要とされる。

5.3 今後の課題

OA 機器というと、ついその道の専門家にまかせがちであるが、せめて設置に際して次の配慮が必要である。

(1) CRT スクリーンに窓が映り込んで、じゃまな場合にはこれを避けるように窓にブラインドあるいは、カーテンを準備する。

(2) CRT スクリーンの位置は、天井の照明ができるだけ映り込まない所を選ぶ。

(3) 高輝度光源が操作者の視線方向にないようにする。

(4) グレアレス形の器具の採用

OA 機器のあるオフィスでは、窓も含めて高輝度光源によるグレアの防止は非常に重要な問題であるとともに、きわめてきわどい問題でもある。というのも通常のオフィス作業では高照度が望ましいが、高照度を得ようとするがために、より強いグレアをひき起こす危険をはらんでいるからである。幸いあまり器具効率の低下しないグレアレス形器具が製品化されているので、これらの応用が期待される。

一方、欧米の知見では、CRT スクリーンを伴う機器(米国では cathode ray tubes, ヨーロッパでは visual display units と称する場合が多い)の照明には、間接照明と埋込み形ルーバ器具が良いとされている。特に間接照明は、今まであまりかえり見られなかっただけに注目すべき手法である。たとえば、間接照明とタスクライトの組み合わせや、間接照明形器具とグレアを十分に制限した器具の組み合わせによって、OA 作業と一般の事務作業の照明を同時にまかなうことはできないだろうか。さらに、照明器具とその配置を含めて、オフィス作業と整合する照明方式の研究もこれからの課題であろう。

OA 機器作業は、それだけで心身に今までのオフィス作業とは異なる種々の負荷を与えそうに見える。たとえそうでなくとも、目の疲れや不満が照明のせいとされる可能性をはらんでいる。OA 化時代を迎え、新たな視環境の高品質化のために、照明方式の研究が種々の角度から行なわれることを期待する次第である。

参考文献

- (1) CIE Pub. No. 29 Guide on Interior Lighting, 1975
- (2) 米国 IES, Office Lighting Committee: Proposed American National Standard Practice for Office Lighting, Light. Des. Appl. 12-4 (1982) 27~58
- (3) ISO/TC 159/SC 5/WG 2: Principles of visual ergonomics to be applied to the lighting of work systems, May, 1981
- (4) 照明学会事務所照明基準原案作成委員会・事務所照明基準(案)照学誌 67-1 (昭58)
- (5) たとえば、小林久夫: VI 照明機器, 電学誌 101-5 (昭56) 63
神谷文夫, 山崎恭二, 徳永重行: 中電岡崎ビルの省電力照明システム, 昭55 (第13回) 照学全大など
- (6) たとえば, Furniture-integrated Task/Ambient Lighting, Interior Design Feb. 1978, 196~205
Lighting the task can save energy—expensively, Electrical Review 205-11 (21, Sept. 1979) 40~42
- (7) 小坂希八郎ほか: タスク・アンビエントライティングシステムの開発(1), (2) 昭56 (第14回) 照学全大 103, 104
- (8) 斉藤 満ほか: ローバーティション使ったタスク/アンビエント照明方式の開発, 昭57 (第15回) 照学全大 119
- (9) Gerry Zekowski: Lighting for CRT's—another view, Light. Des. Appl. 11-11 (1981) 30
- (10) 照明学会編: 照明ハンドブック, オーム社 昭和53年5月発行, 357ページ
- (11) D. Fischer: Lighting principles in an energy conscious world, Internat. Lighting Review 27-2 (1976) 39
- (12) 照明学会編: 屋内照明のガイド, 39ページ, 電気書院 (昭和53年5月15日発行)
- (13) 照明普及会調査委員会: ビルディング照明の実態調査, 照学誌 51-4 (昭42) 24, および照学誌 59-2 (昭50) 38
- (14) 照明学会・照明普及会: 第4回ビルディング照明の実態調査, 17ページ, 昭和56年7月, または照学誌 66-11 (昭57) 521
- (15) Harry V. Zackrisson: Recommendations for greater efficiency, Light. Des. Appl. 10-1 (1980) 24
- (16) Roger M. Keating: A common sense approach to lighting for CRT areas, Light. Des. Appl. 11-5 (1981) 26
- (17) Roger M. Keating: Indirect lighting for CRT environments, Light. Des. Appl. 12-4 (1982) 22~25
- (18) Richard G. Canning: The human side of office automation, EDP Analyzer 20-5 (1982) 3~4
- (19) 岡田 茂, 金子直礼: CRT 表示装置をもつ管制室の照明設計, 照学誌 63-12 (昭54) 807~810
- (20) Morgan Christensen: Lighting prescription for areas containing cathode ray tube (CRT) displays, Light. Des. Appl. 11-5 (1981) 23~25

(受付1982年9月29日)

* ルーバの羽根が放物線形状をし、鉛直角45°以上に光をださないようにしたルーバ。