

# オフィスオートメーションのための照明器具

## Luminaires for Offices Using Visual Display Terminals

米山正美\* Masami Yoneyama  
 栗田昌延\* Masanobu Awata

事務所のOA化が急速に展開されており、近い将来OA端末機器は1人1台の時代がくると言われている。このことは、VDTが多数事務所で使用されることを意味している。このVDTを視作業対象物として見た場合、従来の書類とは異なり、明るい文字を黒い背景に表示しているため、視対象物の所要照度を確保する従来の照明方式では不十分となってきた。

この問題を解決するため、仰角30度以内への放射光をカットする特殊ルーバを開発するとともに、部屋としての明るさ感を補うための照明器具、更に、天井面の反射光を有効に活用する直接光、間接光併用形の照明器具を開発した。これらの照明器具により、OAに適した照明環境が得られるものと確信している。

### 1 緒言

OA(Office Automation)が普及するに従って、目の疲労あるいは首筋など筋肉系の疲労を訴える人が多くなり<sup>1)</sup>、労働省でもVDT(Visual Display Terminal)視作業環境の指針作りに着手するなど、OAに関する事務所環境のあり方が問題となっている。

OAを導入した事務所を見ると、従来は机上面に置かれた書類が主な視対象物であったのに対し、作業の主体が机上面とほぼ垂直なVDT[ここで問題とするのは、VDTのなかでCRT(Cathode Ray Tube)のためCRTに限定して説明する。]や、キーボードに移ったことと、更には、CRTディスプレイの多くが、書類のポジティブ対比(白地に黒文字)とは異なり、ネガティブ対比(黒地に明るい文字)となっているところに、従来との差異がみられる。

したがって、最終的にはCRTディスプレイのハードウェア、ソフトウェアとともに照明に関してもハードウェア、ソフトウェアの両面から検討を加えることが必要であるが、今回はCRTディスプレイに関しては、現状特性(黒地に明るい文字)とした上でOA機器を導入した事務所での最適照明環境を得る方法について検討を加えた。

これは、OAを導入した事務所空間の照明を計画する場合には、従来の書類の見やすさを主体とした照明では不十分で、CRTディスプレイの見やすさを確保すると同時に、ヒューマンリレーションにも重きを置いた照明を実現することであり、このような観点から開発したのが、日立OA照明システムである。OAを導入した事務所の最適照明環境を作る一助となるものと確信する。

### 2 CRTディスプレイ視作業と問題点

CRTディスプレイ視作業としては、原稿を見る作業、キーボードを見る作業及びCRTディスプレイを見る作業に大別できるが、ここで問題となるのはCRTディスプレイと照明のかわりである。すなわち、CRTディスプレイの見やすさが問題となる。この点から問題点を解説すると以下ようになる。

#### 2.1 CRTディスプレイ面への照明の映り込み

一般的なCRTディスプレイと作業者の関係を図1に示す。これはCRTディスプレイ面を反射面としてとらえ、照明器具

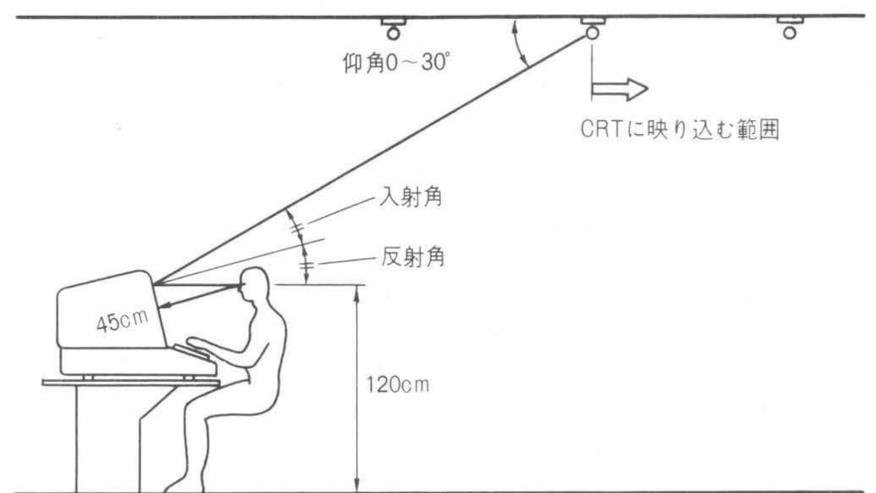


図1 目と各機器の位置関係 CRTディスプレイ面を反射面としてとらえ、照明器具と目の位置が正反射を起こす位置関係となったとき、CRTディスプレイ面に照明器具の高輝度部分が映り込む。

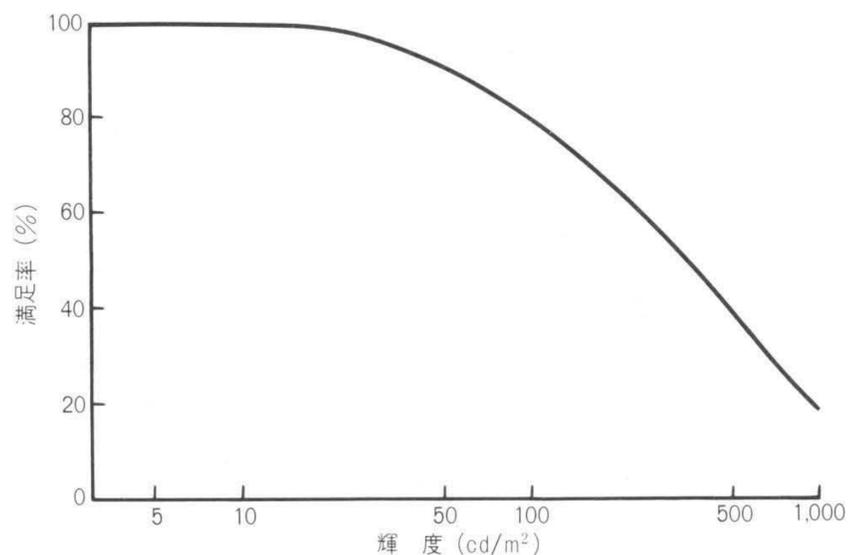
の高輝度部分と目の位置が、いわゆる入射角と反射角が等しい正反射を起こす状態となったときに発生する問題で、現状では仰角0~30度に高輝度部分が存在しないことが必要で、CRTディスプレイ面に映り込む光源の輝度と文字の見やすさについて実験した結果を図2に示す。これは、CRTディスプレイ面の曲率と目の位置関係によっても、照明の映り込みは解消することはできるが、場合によっては不自然な姿勢となり筋肉系疲労の原因となることがある。

また、この映り込み防止はCRTディスプレイ面のノングレア処理(まぶしさを防止する処理)によってもある程度可能で、化学腐食ノングレア処理とか、反射防止膜を蒸着したガラス板をフェース面にはり付ける方法が開発されているが、周囲の明るさとの関係から完全なものとは必ずしも言えない。

#### 2.2 CRTディスプレイ面の拡散反射

昼間明るいところでCRTディスプレイを見た場合、CRTディスプレイ面の文字が著しく見にくくなることが経験される。これはCRTディスプレイ面へ入射した光が、CRTディスプレイ面で拡散反射し、文字の対比を低下させるため、このような状態で長時間作業を行なうと、目の疲労の原因となることが予想される。

\* 日立照明株式会社竜ヶ崎工場



注：CRTディスプレイがノングレア処理していない場合

図2 輝度と見え方評価の関係 CRTディスプレイ面に映り込む高輝度部分の輝度とCRTディスプレイ上の文字の読みやすさの関係を示したもので、低輝度になるほど読みやすくなることを示している。なお、本データは、CRTディスプレイがノングレア処理していない場合のものである。

### 2.3 室内の輝度分布

事務室での視作業とはいえず、常時特定の場所を注視しているわけではない。したがって、視対象物周辺の明るさ分布についても十分考慮することが要求される。特に、前述の問題点を解決するあまり、天井面の明るさを抑え、CRTディスプレイ面の照度を抑えると、事務室作業空間として見た場合、活気のない陰気な照明環境となる。

この問題は照明だけでなく、事務室の内装仕上げについても十分考慮し、CRTディスプレイ面、視作業場所周辺、視野周辺の明るさ分布を1:3~5:5~10となるように計画することが必要である。

## 3 照明器具の配光制御

照明を検討する場合、照明器具とその使用方法、すなわちハードウェア、ソフトウェア両面からの検討が必要となるが、照明の原点は照明器具の配光特性であり、この配光をいかに制御するかが問題となる。

### 3.1 CRTディスプレイ面への映り込みを防止した理想配光特性

図1に示したように、仰角30度以内に高輝度部分が存在しないこと、及び均一な照度分布を得ることから考えると、理想の配光特性は図3に示すようになる。蛍光灯器具の配光特性を考える場合、ランプ軸に直交する断面の配光(A-A配光)とランプ軸を含む鉛直断面の配光(B-B配光)について検討することが必要であり、最大光度の位置と仰角30度以内、すなわち鉛直角60度以上に光を放射しない反射板の形状の検討が問題となる。一般に蛍光灯ランプは線光源のため、B-B配光の制御には限界があり、ここでは主にA-A配光の制御について述べる。

#### 3.1.1 ルーバによる遮光

##### (1) ルーバの形状

図4にルーバの断面図を示す。ここで重要なことは、仰角30度以内から直接光源が見えないこと、及びルーバ表面で反射した光が、仰角30度以内に反射しないことである。このことは、ルーバの表面特性としては拡散反射をしない、すなわち鏡面性反射特性をもったものとなる。

なお、ルーバ断面形状決定に当たっては、日立独自のCAD (Computer Aided Design) システム<sup>2)</sup>を使用し、理想の形状となっている。

##### (2) ルーバの表面反射特性

鏡面性反射特性を得るための材料あるいは手法は種々ある

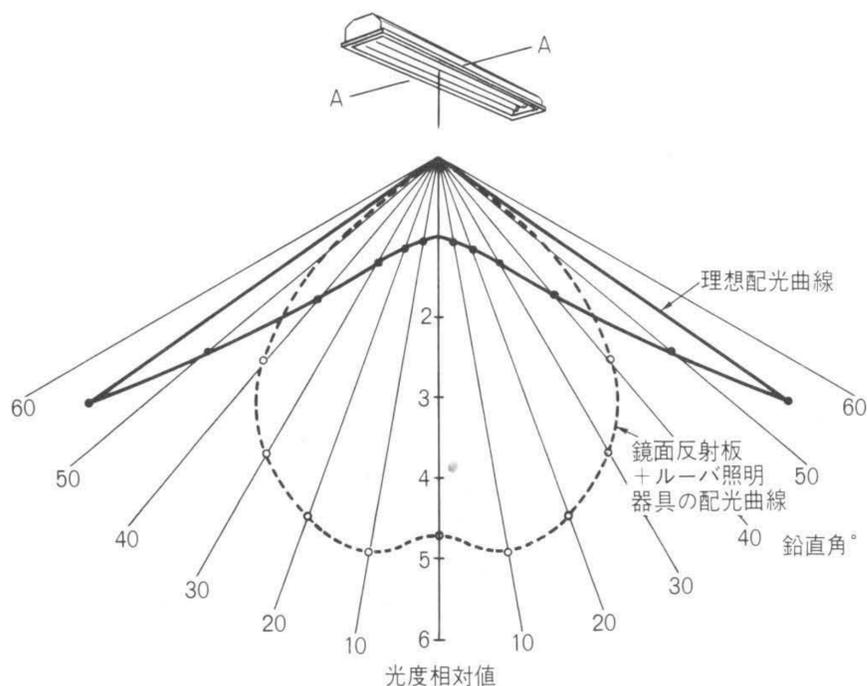


図3 蛍光灯器具のA-A断面配光曲線 CRTディスプレイ面への映り込みを防止し、しかも少ない灯数で均一な照度分布を得るための理想配光曲線と、実際にルーバを使用し映り込みを防止した照明器具の配光曲線を示す。

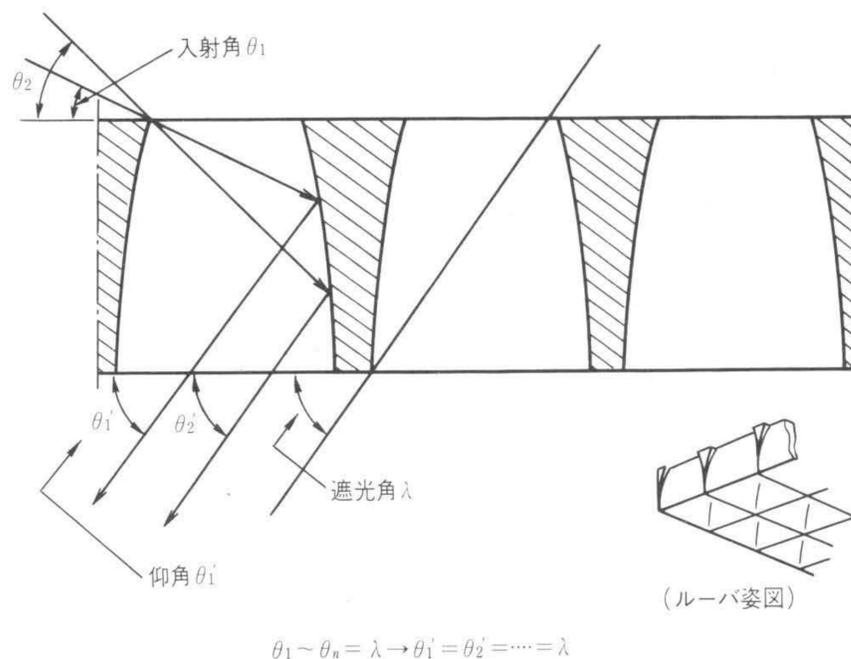


図4 ルーバ断面形状 CRTディスプレイ面への映り込み防止を行なうためのルーバの構造を示したものである。

が、表面保護被膜の密着強度など問題があり、拡散反射成分を皆無とすることはできない。そこで既存の材料を使用し、図4に示す断面形状のピッチ39mmのルーバを作り、ルーバ上に蛍光灯器具を設置し、仰角30度からルーバの輝度を測定した結果、少なくとも80%以上の人が満足する輝度、100cd/m<sup>2</sup>以下を満足する材料としては、拡散反射率を3.5%以下とすることが必要で、日立照明株式会社はステンレススチールを用いることとした。

#### 3.1.2 器具効率

ルーバによる配光制御でもう一つ問題となるのは、配光を高度に制御すればするほど器具効率が悪くなることである。仰角30度以内へ放射される光を除去し、しかも器具効率を可能な限り良くする方法は、反射板、ルーバの反射効率を良くし、更に、ルーバのピッチを大きくする方法が考えられるが、この場合、器具の埋込み深さが大きくなり、またルーバとランプの間隔によっては、反って器具効率が悪くなることもある。日立照明株式会社では、ルーバのピッチを器具開放面積としてとらえ、器具効率との関係について検討を加えた。

一般的な器具の基準寸法上の制約、材料の制約などから今

回はルーバピッチを39mmとし、更に、アルミに比較してステンレススチールの反射率の低い分をカバーするため、ルーバ上面に山形反射板を追加し、ルーバ内で吸収される成分を改善して、アルミと同じレベルの器具効率を得ることに成功した。

### 3.2 反射板形状と配光特性

ルーバを使用すれば、CRTディスプレイ面へ高輝度部分が映り込むことは防止できることは確認された。この場合でも理想の配光としては図3に示したとおりであるが、ルーバを使用した場合、器具直下へ光束が集中する傾向がある。この関係について検討を加える。

#### (1) 反射板の形状

鉛直角60度以上へ放射される光束をカットし、しかも鉛直角60度近くに最大光度をもってくることは、理論的には点光源の場合にだけ可能であるが、実際の場合には光源がある大きさをもっているため不可能であり、鉛直角30度近辺に最大光度をもってくるのが限界である。その方法としては鏡面性反射の放物面反射板を使用し、その対称軸を鉛直角30度方向に設定することにより可能となる。

#### (2) ルーバによる配光変化

鉛直角30度近辺に最大光度が得られるように設計した照明器具に、39mmピッチのルーバを取り付けた場合の配光特性は図2に示したようになり、反射板による配光制御の意味がないことが分かる。すなわち、配光を特に制御していない白色反射板を使用した器具にルーバを使用したと同じ結果となる。

このことから、ルーバを使用し、図3の配光を得ることは不可能なことが分かる。したがって、ルーバを使用しただけ少ない器具数で効率的に照度均斉度を良くすることは、別な方法、すなわち器具配置計画によりカバーすることが必要となる。

### 3.3 水平光束の不足とその対策

ルーバ付照明器具の場合、鉛直角50度近辺の光度は最大光度の約 $\frac{1}{3}$ と少ない。このことは、鉛直面を照明する光束が著

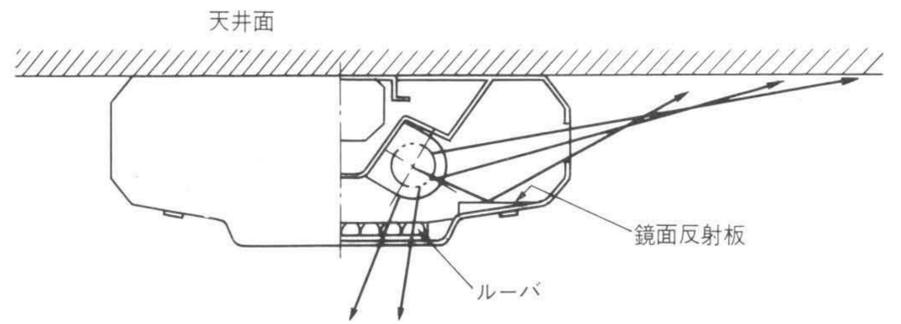


図5 NL4232照明器具の光学系 CRTディスプレイ面への映り込みを防止するとともに、快適事務室空間を実現するのに必要な水平成分光束を得るための照明器具の断面図を示す。

しく少ないことを意味しており、壁面が暗くなる障害がでてくる。この問題については2.3節で述べたように事務室の明るさ感が損なわれ、陰気な照明環境となる。

したがって、CRTディスプレイ面への映り込みを防止すると同時に、必要な部分では水平方向の光束を確保することが大切となる。

この対策として二つの方法が考えられる。一つは、部屋周辺に壁面照明用器具を設置する方法であり、もう一つは、CRTディスプレイ面への映り込みを防止し、更に水平方向の光束を確保する特殊な照明器具を開発することである。

前者は壁面照明器具TM4235Aであり、後者はNL4232である。TM4235Aは3.2節に述べた考え方で、反射板を設計したものである。

NL4232照明器具の断面構成を図5に示す。これは器具下面にルーバを使用し、CRTディスプレイ面への映り込みを防止するとともに直接光源が見えないように反射板を設計し、一部の光束を天井へ放射するようにしたものである。このようにすれば、CRTディスプレイ面への映り込みもなく、明るさ感のある照明環境が得られるが、天井が二次光源となるため天井仕上げ材は反射率が良く、しかも拡散反射をするものを使用することが必要となる。

表1 ハイエフOA照明器具 日立OA照明器具の品ぞろえと、その用途及び特長を示したものである。

場所区分	タイプ	形式	用途		使用場所・特長	外観
			全般照明	壁面照明		
OA専用室	I	TL4231-DSC	○	—	CRTディスプレイがノングレア処理されていない所に最適である。ルーバとしては14.5mmピッチと細いルーバを使用しており、意匠的にも優れている。TM4235Aとともに使用すること。	
	III	TL4233-DSC	○	—	日立独自の39mmピッチのステンレススチールルーバを使用しており、OA専用室として広く使用できる。TM4235Aとともに使用すること。	
	V	TM4235A-DSC	—	○	TL4231, TL4233で照明した場合の事務室の明るさ感を補うため、壁面照明として使用する。なおCRTディスプレイの視線方向が一定の場合は、全般照明としても使用できる。	
一般事務室	II	NL4232-DSC	○	—	直付形で既設対応としてCRTディスプレイの見え方、明るさ感とも得られる照明器具である。	
	IV	TL4234-DSC	○	—	150mmピッチのアルミルーバを使用しており、CRTディスプレイ面への映り込みはある程度犠牲にし、照明器具を見たときの明るさ感を改善したものである。	

#### 4 ハイエフOA照明システムとその用途

OAは相当普及してきているとは言え、事務室の形態を見ると、OA機器による作業が主な事務室(OA専用室)と、従来の事務作業に若干のOA機器作業が入り込んだ一般事務室があり、照明としても区別して考えることが必要である。

この観点から、今回開発したハイエフOA照明器具を形式別に用途・特長・外観など、まとめて表1に示す。

#### 5 使用例

図6に示すOA専用室の主照明としてTL4233を使用し、明るさ感確保のためTM4235Aを使用した場合について検討を行った。

##### 5.1 CRTディスプレイ面への映り込み

2.1節で述べたように、鉛直角60度での照明器具の輝度が問題となる。図7に鉛直角を変えたときの輝度特性を示す。同図及び図2から分かるように、TL4233を使用した場合、鉛直角60度の輝度は80cd/m<sup>2</sup>であり、CRTディスプレイ面への照明の映り込みに対しては、80%の被験者が満足することが分かる。

##### 5.2 CRTディスプレイ面の拡散反射

CRTディスプレイ面の反射率を20%とした場合について、図6に示すA、B、C点3箇所について検討した結果を表2に示す。CRTディスプレイ面上の文字の明るさ対比としては、1:5~10がよく<sup>3)</sup>理想としては1:7が好ましいと言われていている。この条件を満足するにはCRTディスプレイ面照度として400lx以下とすることが必要で、表2から分かるように、CRTディスプレイ面照度は400lx以下であり、問題のないことが分かる。しかし、CRTディスプレイの位置によっては、約100lxの差があり、したがってCRTディスプレイの位置によってCRTディスプレイ面上の文字の明るさを調整することが必要となる。

##### 5.3 室内の輝度分布

CRTディスプレイ面の明るさを基準とした、CRTディスプレイ周辺及び視野周辺の明るさ対比について検討した結果を表2に示す。なおこの結果は、CRTディスプレイ周辺の視対象物の反射率を35%とした場合の結果である。

TL4233の場合は、表1に示したように壁面照明器具を併用

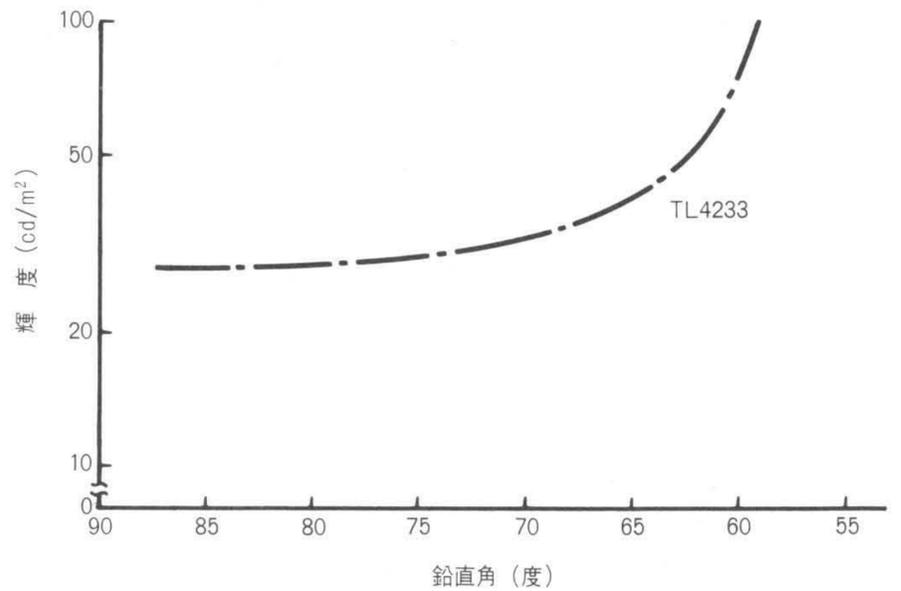


図7 鉛直角と照明器具の輝度の関係 日立OA照明器具のCRTディスプレイ面への映り込み防止程度を示した図で、鉛直角70~90度の輝度が100cd/m<sup>2</sup>以下であることが要求される。

表2 照明効果検討結果 日立OA照明器具の照明効果を示したもので、図7に示したCRTディスプレイ面への映り込み防止と合わせ、CRT面照度、輝度分布の観点からの評価により、予想どおりの結果が得られている。

項目	机上面照度 (lx)	CRTディスプレイ面照度 (lx)		輝度対比			
		位置*	照度値	位置*	CRTディスプレイ面	CRTディスプレイ周辺	視野周辺
器具形式	300以上	—	400以下	—	I	3~5	5~10
TL4233	459	A	235	A	I	3.9	5.6
		B	181	B	I	4.4	7.9
		C	122	C	I	4.6	9.2

注：1. \*位置は図6 照明器具配置図参照  
2. CRTディスプレイ面の反射率20%  
3. CRTディスプレイ面上の文字の対比は、CRTディスプレイ面照度400lx以下であれば問題ない。

すれば、視野周辺も適度に照明され好ましい照明環境となる。なお、CRTディスプレイ周辺については反射率35%とした場合、適当な明るさが得られることが分かったが、反射率の高い原稿を考えると若干問題となる。この問題解決については、CRTディスプレイの方式、すなわち白地に黒文字表示に切り替えるなど、照明だけでは解決されないものと考えられる。

#### 6 結 言

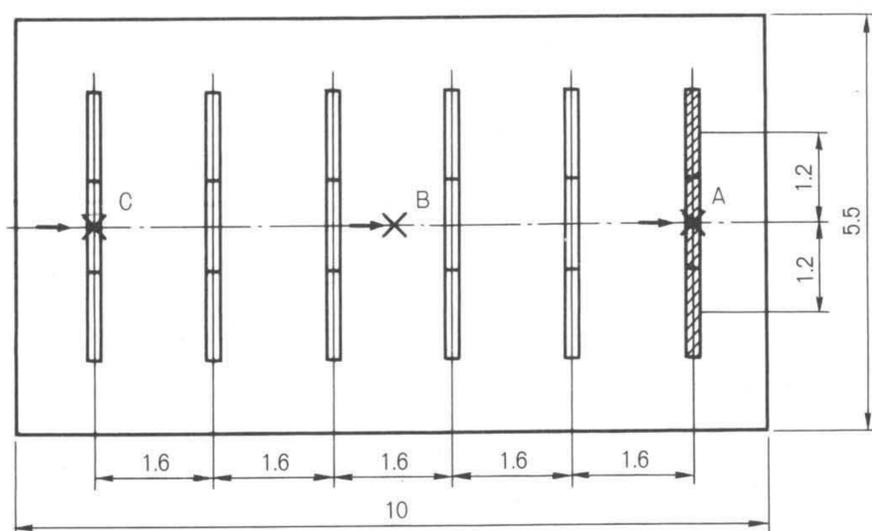
OA機器が導入された事務室での照明要件を分析し、OAを考慮した事務室の快適照明環境を得るための照明器具を開発した。これをまとめると、

- (1) CRTディスプレイ面への照明の映り込み防止は、特殊ルーバにより可能であり、この場合、事務室の明るさ感を補うためには壁面照明を併用する。
- (2) CRTディスプレイ面上の文字を好ましい対比で見ると、CRTディスプレイ面照度を400lx以下とすることが必要であり、ハイエフOA照明器具はすべてこの条件を満足する。
- (3) CRTディスプレイ面への映り込みを防止し、しかも事務室としての明るさ感を確保する照明器具として、直接光、間接光併用形の新しい照明器具NL4232を開発した。

以上のとおりであるが、今後更にCRTディスプレイと照明両面から検討を加え、改良を加える予定である。

#### 参考文献

- 1) 長田, 外: 日経コンピューター, p. 59(1983.5.2)
- 2) 木滑, 外: モンテカルロ法による照明器具の配光予測 (昭58年)
- 3) S.Kokoschka, et al.: Lichttechnik 30, p. 315(1978)



部屋の条件 天井高さ : 2.7m CRTディスプレイ検討位置  
机上面高さ : 0.75m A,B,C点床上1.2m  
反射率 天井 : 80% 視線方向 →  
壁 : 50% 照明器具 TL 4233  
床 : 20% TM4235A

図6 照明器具配置図 日立OA照明器具の評価を行なうため、事務室の配置関係を示した。