JIER－007

人間・機械系における照明環境研究

報告書

昭和６１年５月

社団法人　照明学会
人間・機械系における照明環境研究調査委員会

目　次

1．まえがき　1
2．経過報告　2
　2.1　委員会　2
　2.2　講演会・シンポジウム　3
3．ＯＡ用ディスプレイの現状　5
　3.1　ＣＲＴディスプレイ　5
　3.2　ＣＲＴ以外の平面ディスプレイ　6
　3.3　ＶＤＴの今後　8
4．労働産業衛生面から見たＶＤＴ視作業　10
　4.1　ＶＤＴ作業の産業衛生学的側面　10
　　4.1.1　はじめに
　　4.1.2　評価の分類
　　4.1.3　ＶＤＴ作業の工学的職業衛生的側面
　　4.1.4　医学・疫学的側面
　4.2　ＶＤＴ作業と疲労　13
　　4.2.1　総　論
　　4.2.2　疲労の定義と種類
　　4.2.3　疲労の測定
　　4.2.4　ＶＤＴ疲労の測定例
　　4.2.5　結　言
5．環境照明のあり方　21
　5.1　ＶＤＴ作業の照明環境の問題点　21
　5.2　ワークステーションの所要照度　22
　5.3　文字の好ましい輝度　22
　5.4　ディスプレイ表示面に映る反射像の許容輝度　23
　5.5　照明器具の遮光角の所要条件　25
　5.6　ＯＡ用照明器具の概要と配置の所要条件　26
6．ＯＡ照明施設例　30
　6.1　直接照明　32
　6.2　タスク・アンビエント照明　36
7．現行の規格　38
　7.1　ＶＤＴ作業に対する照明の基準　38
　7.2　各国の規格　39
8．今後の課題　43

1．まえがき

コンピュータやワードプロセッサが世の中に登場し、事務処理の効率化と生産性の向上をはかるＯＡ（Office Automation）という言葉が使われ始めてから、数十年がたった。初期の頃には、高額なため、銀行など一部の企業でしか使えなかったこれらＯＡ機器も、性能が向上し、逆に価格は年々安くなり、今やパソコンやパーソナルワープロなど個人で購入できるようになった。これにともない、ＯＡ機器の利用分野も、企業や学校、官公庁ばかりでなく、一般家庭にまで急激に広がってきた。

ＶＤＴ（Visual Display Terminals）は、各種情報処理機器のなかでも、ＯＡ機器といった機械とオペレータである人間とを仲介する重要なマンマシンインターフェースの一つである。しかしＯＡ化の浸透にともない、ＶＤＴ作業に従事する機会が増えるにつれ、目の疲労や体の変調などを訴えるケースが増え、新たな社会的問題が発生した。

これらの原因として、ＶＤＴの機器自体に起因する問題がある。特に、このようなＶＤＴ問題が顕在化していなかった頃の初期のＶＤＴには、多くの問題点があったことは確かである。しかしそれ以上に、従来の紙と筆記具に代表される事務作業がＯＡ化されても、その変化に対応した作業環境や勤務体制の整備が遅れていたために生じた問題点も見逃せない事実である。

本委員会は、これらＶＤＴ作業にともなう照明環境の問題点とその解決策の調査・検討を目的として、昭和５８年度から６０年度まで活動してきた。この報告書は、本委員会の活動を終了するにあたり、その活動内容をまとめたものである。

（栗田 正一）

「人間・機械系における照明環境調査委員会」委員構成

（敬称略・順不同）

委員長	栗田正一	慶応義塾大学
幹事	栗田昌延	日立照明（株）
	田淵義彦	松下電工（株）
	一条 隆	（株）東芝
委員	池田紘一	東京理科大学
	稲垣衆二	小糸工業（株）
	伊吹順章	摂南大学
	小原章男	（株）東芝
	金谷末子	松下電器産業（株）
	川上幸二	岩崎電気（株）
	川中義郎	日本電池（株）
	菊地 正	筑波大学
	斉藤 進	労働省産業医学総合研究所
	高橋貞雄	東芝電材（株）

委員	西村 武	京都工芸繊維大学
	畑田豊彦	東京工芸大学
	福田忠彦	日本放送協会
	壽島 渥	日本電気（株）
	室井徳雄	日本大学
	山口昌一郎	東京工芸大学

2．経過報告

2.1 委員会

下記７回の委員会を開催し、各委員の専門分野からの意見並びに関係の専門家による研究・調査報告を中心に、現状における問題点の提起並びに審議を行った。

2.1.1 第１回委員会（S58.11.1）「進め方討議」

第１回幹事会（S58.7.15）で作成した方針並びに活動(案)をもとに、委員会の進め方等について討議した。

2.1.2 第２回委員会（S59.1.13）「ディスプレイについて」

(1) ディスプレイのエルゴノミクス面での現状と将来見通しについて

日立製作所 山崎映一君

(a) ディスプレイ管について

現在、ＶＤＵの中で最も普及しているディスプレイ管（ＣＲＴ）について、主としてハード面に関する研究・調査報告。

シャープ 船田文明君

(b) フラットディスプレイについて

最近のフラットディスプレイに関する調査報告。

(2) 眼球と頭部運動による情報検索特性 東京工芸大学 畑田豊彦君

種々の視作業時における眼球・頭部運動と情報受容特性との関係に関する研究報告。

2.1.3 第３回委員会（S59.3.13）「ＶＤＴ視作業と疲労」

(1) ＶＤＵ視作業における疲労について

労働省産業医学総合研究所 斉藤 進君

ＶＤＴと疲労に関係する調査報告、並びに疲労の測定方法、労働省・通産省等に設けられたＶＤＴに関する委員会の状況、その他についての紹介。

(2) 発光形ディスプレイの色制御に用いる知覚色空間の検討

東京芝浦電気 淵田隆義君

ＣＲＴディスプレイを用いて行った。有彩色および無彩色背景における大色差知覚の変化についての研究報告。

2.1.4 第４回委員会（S59.6.26）「ＯＡ照明器具について」

(1) ＣＲＴディスプレイに対する照明器具の輝度規制について

岩崎電気 川上幸二君

反射防止型を含む４種類のＣＲＴに共通する“照明器具の輝度規制値”の推定方法に関する研究報告。

(2) ＣＲＴディスプレイ表示文字の判読性の主観評価

松下電工　田淵義彦君

ＣＲＴ表示文字の判読性と照明環境に関する一連の研究報告。

(3) ＣＲＴに対する照明環境と照明器具について

東芝電材　袴田驁生君

ＯＡ作業室に適した照明器具と照明方式に関する研究報告。

2.1.5 第５回委員会（S59.11.1）「施設見学（日本航空田町ビル）」

(1) ＶＤＴ職場のオフィス環境　日本航空　秋元　宏君

ＪＡＬＣＯＭⅢ（日航の予約システム）オフィス標準セットアップの作成からreviewまでの経過報告と、同セットアップの概要説明。

2.1.6 第６回委員会（S60.7.23）「視作業と生理心理」

(1) 心理的側面から見たＶＤＴ視作業　製品化学研究所　飯田武夫君

疲労と焦点調節応答特性との関係についての研究報告。

(2) 生理的，産業衛生面から見たＶＤＴ視作業

労働省産業医学総合研究所　斉藤　進君

ＶＤＴ作業時の動作・視点解析についての研究報告。

日本放送協会　福田忠彦君

ＶＤＴ作業にともなう眼の疲労と注視点間のスパン・蛇行距離の変化の関係についての研究報告と、ＶＤＴと健康に関するsurvey文献の紹介。

2.1.7 第７回委員会（S60.9.26）「ＶＤＴと疲労」

(1) エルゴノミクス面から見たＶＤＴの現状と将来

摂南大学　伊吹順章君

ＣＲＴ，ＬＣＤ，ＥＬ，ＰＤＰ，ＶＦＤ，ＬＥＤ，ＥＣＤなどの現状性能についての調査報告。

(2) ＶＤＴ視作業と疲労測定　京都工芸繊維大学　西村　武君

主にＣＦＦの測定による、ＶＤＴの表示色や輝度、表示内容（例えばカナ文字と漢字）などと視覚疲労の関係についての研究報告。

2.2 講演会，シンポジウム

また、下記の講演会及びシンポジウムを企画し、会員に対する教育活動に努めた。

2.2.1 講演会（S60.2.22）「目の健康と照明」

（東京支部主催）

(1) 視力と年令ー近距離視力についてー　鉄道中央病院　長南常男君

(2) 航空機パイロットの視覚情報処理（当委員会発表題目）

日本航空宇宙環境医学会評議員　野間聖明君

(3) ＶＤＵ視環境作業における疲労と対策

労働省産業医学総合研究所　斉藤　進君

(4) ＶＤＵのための照明設計　東芝電材　高橋貞雄君

2.2.2　シンポジウム（S60.3.27）「ＶＤＴ作業と環境設計」

（視覚情報と視環境研究調査委員会共催）

(1)	生体への影響と対策	愛知医科大学　鈴村昭弘君
(2)	設計評価チェックリスト	松下電器産業　金谷末子君
(3)	スキャナ室の照明	岩崎電器　川上幸二君
(4)	ＶＤＴ作業の照明所要条件	松下電工　田淵義彦君
(5)	ＯＡ機器導入事務所におけるＶＤＴ作業用の照明の一考察について	松下電工　上野　亨君
(6)	一般事務室におけるＶＤＴ作業照明計画	日立照明　小泉　実君
(7)	日本航空予約センターの作業環境について	日本航空　中村　契君
(8)	日本航空田町ビルディングのＣＲＴ照明	日立照明　長谷川康之君
(9)	新聞製作業務における実際例について	日本経済新聞　五明　昇君

（一条　隆）

3．ＯＡ用ディスプレイの現状

ＯＡの発展につれ多彩な機能をもち、いろいろの処理ができる各種のオフィスターミナルが作られつつある。そしてその中枢機器の一つとしてディスプレイ機器があり、われわれが確かな情報を得、それが思うように処理されつつあり意図した試みが正しくなされているかを、われわれは視覚を媒介しそれを通じてターミナル機器と対話している。したがってディスプレイ機器のもつ機能は、所要の情報を確実に容易に表示できること、そして読みやすく取扱いやすいことが必須の条件である。

以下、ＯＡ用を主としてディスプレイ機器の現状について述べることにする。

3.1　ＣＲＴディスプレイ

パソコン，オフコン，ワードプロセッサ，オフィスターミナルなどのＯＡ機器の表示用途としてのＣＲＴディスプレイの伸びは大きい。この理由はＣＲＴディスプレイは高性能な表示品質をもちながら低価格、すなわちＯＡ用の表示装置としてのコストパフォーマンスが、他の表示素子を使った装置と比べて抜群によいためである。

さてＯＡ用の表示としては、テレビ会議用の表示を除けば机上においてＣＲＴ上に文字や図形を形成し、またそれらを認識する場合が多く、しかも長時間使われるようになってきている。それで機器としては入力される情報の処理や編集が容易で、その結果を適確に表示できるソフトの機能がしっかりしていることと、表示された文字や図形などの情報が判りやすく、読みやすいことが必須の条件である。したがって表示される字の大きさ，輝度，コントラスト，色，文字や図形の構成法，表現の速度，全情報量などといった因子に十分な留意が必要とされるが、ＣＲＴディスプレイは、これらのニーズを十分に満足させる性能をもっている。

まずデルタ形の電子銃に代わってインライン形の電子銃で、ドットシャドーマスク形ＣＲＴが、普及形のディスプレイの主流になりつつある。これはダイナミックコンバージェンスフリーで低価格にできることと、電子銃の改良により解像度が上がり、デルタ形に迫るまでになったことで、ドットピッチも０．４ｍｍからグラフィックディスプレイ用や漢字表示用には０．３ｍｍが主流となり、さらに０．２ｍｍのものまで量産にはいっている。１４インチ形の場合、水平解像度は７２０ドット、５×７文字を２０００文字出せる。さらに０．２ｍｍのドットピッチになれば、１４インチ形の場合に水平解像度は約１，１００ドットとなり、５×７文字で約６，０００文字が可能となる。最近はビームスポット径が０．１３ｍｍ、解像度は１ｍｍ当たり８本、２０インチ形で２４×２４画素の漢字を約７，０００字表示できるＣＲＴディスプレイが報告されるまでになっている[1]。

次の課題はフリッカの減少であるが、これに対しては長残光蛍光体をつかうこととともに、回路素子の性能向上により、画面のレフレッシュレートも６４Ｈｚから８０Ｈｚと上り問題はなくなってきた。

さらに、表示のコントラストを上げて見やすくする要望にこたえるために、い

ろいろの改良が試みられている。まず蛍光体に色素を塗布することが行なわれてきたが、ＣＲＴの前面ガラスをグレイパネルにしたり、蛍光体の発光波長の谷間の波長を吸収するような選択パネルにするとともに、色調を改良するといったことが行なわれている[2]。またＣＲＴ表面での外光の反射を防止するためにも、種々の手段がとられている。すなわち簡単な方法としては表面ガラスのエッチングがあるが機械的な強度が落ち、表示のぼやけにもつながる。また無反射干渉膜を貼付する方法もあるが、これは高価である。したがって表面ガラスに微細シリカを吹き付けるノングレア処理が注目されている[3]。そしてこのような処理によってＣＲＴ表面での外光の反射は数％以下におさえられるようになってきた。

最後に表示面がフラットで、しかも完全な矩形に近いものが出現してきた。従来２０インチ形で表示面の曲率が８２０ｍｍであったのが、２１インチで曲率が１，７３０ｍｍとなり、平面性が上がり、しかも表示面積が１割増えた。このような表示面のフラット化よって、天井にある光源や窓からの外光が表面で反射して直接目にはいる角度が大幅に狭くなったのは大きな進歩といえる[4]。

そのほか表示方法として一画面マルチ表示，図形の拡大，縮小，回転，移動，高速ズームなどができるようになっており、高性能のものでは１００Ｍ画素／秒の高速表示や、２５６色の同時表示といったことまで可能である。また約５，０００°Ｋの白地に黒字を表現するもの、Ａ－４やＡ－３判を表示できる大型表示も出始めている。そして機器全体の構成として利用者の使いやすさを考慮して、ＣＲＴの向きや傾きを調整できるような台を設けるとか、使用者に合わせて高さを変えられる机を用いるとか、ＣＲＴディスプレイとキーボードを分離して使いやすい位置に置けるようにするなど、新しい機構、便利な配置を変えた全システム・全機器の構成が増えて来ており、ＯＡ用ディスプレイ機器は著しい進歩をなしつつあるといえる。

そのような進展の延長として、ＣＲＴの大きな欠点の一つである奥行きを減らした平面ブラウン管への挑戦の意欲が再び高まりだしている。これの基本的な考えは電子ビームを表示平面に対し平行に入射し、垂直にまげて加速し平面上に塗布された蛍光体を励起する方法と、平面上のカソードを作製して発生する電子を選択加速し、対向平面上の蛍光体を励起する方法である。

前者は大面積の場合、平面上の前後左右の各点に電子ビームを一様にきれいに集束することがむずかしい。それでポータブルの白黒テレビ用として、小型のものが商品化された[5]。これに対し後者平面カソードを使ったものとしては、若干の熱線を電子ビーム源としたものが試作されよい画像が得られている。また平面電子ビーム源としてプラズマを使い、直流プラズマから電子を取りだし、Ｘ－Ｙ状の電極で制御した後加速して、蛍光体を励起する方法も考えだされた[6]。したがってこれらの改良と今後の新たな展開が期待されている現状である。

3.2　ＣＲＴ以外の平面ディスプレイ

以上述べたように、ＣＲＴディスプレイがＯＡ用の主流であるが、その欠点で

ある奥行きの深さを縮めるべくＣＲＴ以外の種々の平面ディスプレイも精力的に開発され実行されている。以下にその主なものの現状を紹介する。その際共通していることとして、表示用の電極が固定されており、表示の文字，画像が動かないこと、Ｘ－Ｙマトリックス方式で表示するときのスキャニング方法，クロストーク防止方法などに改良を加え、画質の向上とともに低価格を図っていること、高解像度でしかも生産性のよい製作法の改善に注力されていることなどをあげておきたい。

(1)　液晶ディスプレイ

ＯＡ用のディスプレイ機器に、ＣＲＴディスプレイに次いで用いられているのは液晶ディスプレイである。このパネルの特長は低電圧動作，低電力消費のためＩＣとの相性がきわめてよい上に、薄形，軽量であるので、欠点であったコントラストや、視野角の不足が解消されるにつれて、腕時計や電卓用から始まって計器用,ゲーム用，ＯＡ用としても、ハンディコンピュータやポケッタブルコンピュータ用を始め、個人用，携帯用機器などへの適用が増えつつある。

最近向上が著しいのは大面積化と高解像度化である。これは液晶自身の改良、適用技術の進展と精密パターン作成技術の向上などによって達成されたもので、クロストークの減少によってＸＹ駆動時のおける時分割数を増やしても、表示の質が維持できるようになり、時分割数６４で動作する横４８０ドット，縦１２８ドットのドット数をもつ８０文字１６行のパネルが実用され、さらに時分割数１２８で、横６４０ドット，縦２５６ドットのパネルも使用されるようになってきた。

次はカラー化で、液晶のカラー化にはゲストホストの液晶を使う方法、カラー偏光板を使う方法などがあるが、自動車用の表示としての進展とともにカラーフィルタと組み合わせた方法が発達し、透過形のカラー液晶パネルの画質は最近急速によくなってきた。そして微細なカラーフィルタドットを作る技術が進み、これにＴＦＴやＭＩＭダイオードマトリックスの試作改良が加わって、カラー液晶テレビが各社から発表されるような状況になってきた[7]。

(2)　ＥＬディスプレイ

ＥＬは簡単な文字表示などに使われてきたが、寿命や駆動電圧などに問題があった。しかし発光部の薄膜を両側から包んだ二重絶縁薄膜形の構造で寿命が伸び、輝度も上昇するとともに駆動回路のＩＣ化が進められ、ドット数３２０×２４０，大きさ１２０×９０ｍｍとドット数５１２×１２８，大きさ１７９×４５ｍｍのマトリクス表示パネルが量産されるまでになってきた。このパネルの特長は黄橙色と外人に好まれる発光であるうえに、ドットピッチも０.３５と細かくてグラフィック表示もでき、視野角も広いことでハンディパソコン用などに使われ始めており、さらにドット数の増えた５１２×２５６，８０文字２４行や、ドット数１０２８×２５６のパネルまで発表されている[8]。

(3)　プラズマディスプレイ

プラズマディスプレイは高輝度，高コントラストで見易い平面ディスプレイ

として米国での発展が著しく、計算機用の表示用によく使われ、大型の表示として明るい場所でも試作されいる。しかし駆動電圧が高く回路のＩＣ化が困難などのためコスト高となり、これがＯＡ用の表示としての発展への課題となっていた。しかし、最近はフルカラー表示としての効率も改良されつつあり、明るさもいちだんと増大してきたので、実用化の一層の発展に向けて素子構造や駆動回路の改良などにより、低コスト化が強力に進められている。たとえばＤＣ形のセルに加えてメモリー機能を組み合わせたもの、トリガー電極をつけて駆動電圧の低減を図ったもの、ＡＣ形のセルでも薄膜技術の導入によって製作歩留りが上がったほか、面放電形パネルを用いて蛍光体の劣化が少なく、しかも解像や効率の良いカラー表示の開発も報告されている。このような改善とともに６４０×８００の素子を試作されコスト低減努力の効果が大いに期待されるパネルである[3]。

3.3　ＶＤＴの今後

以上、ＯＡ時代の到来に対処している各種ディスプレイ機器の現状を述べた。ＣＲＴディスプレイがどんどん性能を上げてユーザの要望に答えつつある。表示の品質がいちだんとよくなるとともにコストダウンも進んでいる。したがってここ当分はまだ、ＯＡ用の表示にはＣＲＴディスプレイが主流の座を占めて行こう。

しかしこの欠点は奥行きの深いことであるから、薄型のディスプレイがカラーＣＲＴと同等のものの出現が強く求められており、それが実現すれば、それがとって代わるのは明らかなことである。したがってＣＲＴの薄型化が試みられ、その他の各種平面ディスプレイの改善が精力的に行われているが、まだ現在のカラーＣＲＴをしのぐものはでていない現状である。しかし小型・ポータブル用のディスプレイとしては、液晶表示が機能向上と駆動回路の進歩によってさらに実用化が進み、机上用のＯＡ機器のディスプレイとしても、しだいに増えて行くことと思われる。従って現在開発が進んでいるスーパーツイスト複屈折効果液晶や、強誘電体液晶を使った素子やバックライトの進歩が注目される。またカラー化も進み、大容量のパネルが低価格が作れる見通しが明るくなったプラズマディスプレイの将来も楽しい。

一方、機器全体としては使い勝手がますますよくなり、超ＬＳＩの利用などによって情報の処理、表面に至る課程もさらに進歩することになろう。

このようにＣＲＴを中心としたＶＤＴは改良・進歩を重ねて、表示機能，使い勝手はユーザの高い要望をほぼ満たしつつある。今後の最大の課題は性能，使い勝手のすぐれた薄型ＶＤＴの出現である。

（伊吹 順章）

引 用 文 献

（1）日経エレクトロニクス ： 昭和58年6月20 96

（2）小林弘男，林 圭一 ： テレビ学会技法ＥＤ618（昭和57年2月25日）

（3）Ｉshii，Ｔ．et al ： Ｊapan Ｄisplay (1983) 120

（4）竹延真哉 ： エレクトロニクス 28 (昭58) 913

（5）Ｓinclair，Ｃ．ＳＩＤ 31 Ｄigest 138
日野谷勝弘 ： 昭和60年電気関係学会関西支部連合大会 Ｓ７－５
野々村欽造 ほか ： 〃 Ｓ７－４

（6）Ｓchauer，Ａ．： Ｊapan Ｄisplay (1983) 234

（7）Ｍorizumi，Ｓ．et al ： ＳＩＤ 83 Ｄigest 156
Ｙman，Ｍ．et al ： Ｊapan Ｄisplay (1983) 214
Ｍorizumi，Ｓ．et al ： Ｊapan Ｄisplay (1983) 404
日経エレクトロニクス ： 昭和60年8月25日 174

（8）上出 久 ほか ： 学振第125委員会研究資料NO.407（昭和58年2月10日）
Ｆujita，Ｙ．et al ： Ｊapan Ｄisplay (1983) 76
Ｆlegal，Ｒ．Ｔ．et al ： ＳＩＤ 85 Ｄigest 213
Ａbe，Ａ．et al ： 〃 215

（9）小島健博 ： 学振第125委員会研究資料NO.407（昭和58年9月14日）
日経エレクトロニクス ： 昭和60年8月25日 174
Ｏida，Ｏ．et al ： ＳＩＤ 85 Ｄigest 351

4．労働産業衛生面から見たＶＤＴ視作業

4.1　ＶＤＴ作業の産業衛生学的側面

4.1.1　はじめに

ＶＤＴ作業の生理学的あるいは産業衛生学的な側面はときにはセンセーショナルに取り扱われ、この問題に対する関心の深さが伺われる。それだけに慎重にまた冷静に対処すべきであろう。

最近報告された文献の中で“Scandinavian Journal of Work, Environment and Health”[1]は総括的であり、現時点でのこの分野の理解を深めるには優れた文献である。

そこで、本稿ではこの文献を紹介する形で本題を概観することとしたい。

4.1.2　評価の分類

報告ではＶＤＴディスプレイ作業あるいは観視に伴って生じる各種の産業医学的、あるいは生理学的な問題点に関する論文や文献を以下のように分類し、客観的に評価している。

(1)　Consensus Statement（ＣＳ）：記述を確かめたいくつかの独立した研究があり、しかも科学的根拠に基づいた反対意見がないこと。

(2)　Statement（Ｓ）：記述を確かめた２～３の独立した研究があるが、逆の研究結果もいくつかある。

(3)　Comment（Ｃ）：内容は本件にふさわしいが、(1)，あるいは(2)の条件を必ずしも満たしていない。

以下ではＶＤＴ作業の生理学的産業衛生学的側面について、主としてＣＳおよびＳに分類されている内容を概観する。

4.1.3　ＶＤＴ作業の工学的，職業衛生的側面

(1)　ＣＲＴからでる電磁波

ＣＲＴからでるＸ線，紫外線，可視光線，赤外線，マイクロ波など、については害はない。また、いくつかのＶＤＴについてはかなり強い静電界が発生することが分かっているが、この影響については不明である（ＣＳ）。

(2)　音および雑音

ＶＤＴから可聴域と超音波域の音が放射されていることは確認されているが、この点に関するＣＳはない。また、限られた測定によれば音は身体に害がない（Ｓ）。

(3)　Display の可読性

読み易さのパラメータ例えば、文字の輝度，構造，時間変化などと健康の関係に関する議論が多い。また、文字の輝度と構造は、読み易さに深く関係することも明らかである。とくに作業をする場所や部屋の照明は眼精疲労の進行と関係が深い（ＣＳ）。またオッシレーション（フリッカー，ジッターなど）は、不快感や眼精疲労に深く係わる。さらに、文字と背景の輝度の関係に関しては、ポジティブ表示（暗い背景に明るい文字はパフォーマンスの点でも、誤り率から見ても、ともに良く、また、照明のセッティングの面からも好ましい。さら

に、原稿とスクリーン間の眼の動きから生じる不快感も少ない（ＣＳ）。

オッシレーションパラメータについては良く実証されていないものが多く、レフレッシュレートは（ポシティブ表示において）フリッカーをさけるため、５０Ｈｚより充分高くしなければならない（７０～８０Ｈｚ）とされている（Ｓ）。

(4) オペレーターとワークステーションのデザイン

オペレーターのパラメータには、性別，年齢，姿勢などの体のディメンジョン，教育レベル，また、ワークステーションのパラメータとしては、視距離，視角，姿勢がある。

スクリーン迄の視距離は、実際には原稿、あるいはキーボード迄より長く、その範囲もかなり広くなっており、理想的な姿勢は特定できない。従って、オペレーターのパラメータに併せてワークステーションのパラメータは調整できることが重要である（ＣＳ）。

(5) オフィス環境

オフィスの環境は、眼精疲労、皮膚の発疹などの健康と関係する。物理パラメータとしては、温度，湿度，床の絶縁状態、物理化学的パラメータとして、イオン,空気汚染などがある。強静電界では煙霧質の分子によりオペレーターのの顔の汚染が増大する。そして、湿度によって静電気のチャージが増減する（Ｓ）。

(6) ジョブデザインと社会心理学的要素

社会心理学的な環境もＶＤＴオペレーターの健康へ影響する。ＶＤＴオペレーターは組織、作業の社会的位置付け、作業の内容によって特徴づけられ、区別される。このような分類はめったにされることはないが重要な問題である。作業の内容は健康への影響に関連し、休憩は不快感を緩和するのに効果がある（ＣＳ）。しかし、休憩時間の最適パターンは示されていない（Ｃ）。

作業内容はＶＤＴディスプレイの構成要素以上に健康との係わりがあり、特徴的でもある。作業の調整，強度，精神的かかわり，社会的コンタクトなど精神的負担となる要素を考える上で、組織的ハイアラーキの中での作業者の位置付けも重要である。仕事に向かう態度は、作業内容（単調さ，ＶＤＴで費やす時間）によっても違ってくる。

4.1.4 医学・疫学的側面

(1) 弱視（Asthenopia）と眼過労症候（Eye strain symptoms）

Asthenopiaは以下のように定義されている。

“ Any subjective visual asymptoms or distress resulting from the use of one's eyes ”（ 1983 NRC Panel ）

ぼけ，２重，フリッカリングなどの視角的な側面と刺激，いたみ，赤眼などの眼球に関する側面がある。

ＶＤＴ作業者は同じような他の作業者に比べて眼精疲労の発生度が高いが、それは作業内容と照明条件に依存しているからである。ディスプレイと照明を

改善すると眼精疲労は減少する（ＣＳ）仕事後も続く弱視症状は照明，グレア，輝度（文字／背景），読み易さ，フリッカー反射，空気乾燥と関係する。

(2) 視機能の測定におよぼす作業の影響

眼機能の客観的な測定値の変化と弱視症状との関係に焦点をあてた研究があるが、これはうまくいっていない。調節の時間的変化，輻輳近点及びその時間変化についての測定した結果ではＶＤＴ作業と対象群で同じような差が認められ、これらが疲労の結果であるか、また、ＶＤＴに固有であるかも不明である（Ｓ）。しかし、この分野の研究が今後も重要であると指摘されている（Ｃ）。とくに、一時的な近視（Temporary myopization）については、もっと研究されてよい（Ｃ）。

(3) 病理学的変化

ＶＤＴ作業に起因する恒久的な目のダメージは白内障の形成や後天的近視を示唆するという症例報告があるが、ＶＤＴが白内障の進行に関与するという疫学的，実験的データはない（ＣＳ）。また、近視を除けばＶＤＴ作業に基づく恒久的な目のダメージもない（Ｓ）。

(4) 頭痛とてんかん

頭痛がＶＤＴオペレーターの間で増加していると言う疫学的研究報告があるが、これについては作業の内容に起因すると言う見解と否定的見解があり、明解ではない。また、てんかんに関して光に敏感なてんかん的発作があると言う報告がある。

(5) ストレスと心理的効果

ＶＤＴ作業によって、不平（Complaints）や不快，不安（Anxiety），意気消沈（depression），おこりっぽさ（irritability），神経質（nervousness），心拍の上昇（increase of heart rate）などが増す。これらには、なんらかのパターンがあるが、それぞれ、作業の内容，質，構成などによって異なり、はっきりしたパターンは、識別できない。

(6) 肌の発疹

静電現象はＶＤＴとオペレーター自身とに関連があるが、ＶＤＴを観察することによって顔に発疹が出るという確認はない（ＣＳ）。しかし、発疹の１部はＶＤＴ以外に原因を求めることが不可能であり、静電界中のエアゾール汚染の増加に対応するという実験報告もある（Ｓ）。

(7) 筋肉の不快感

筋肉の不快感はＶＤＴオペレーターに固有な症候ではなく、タイピストなど昔からの仕事にも存在する。ＶＤＴオペレーターの筋肉痛は、作業形態，ワークステーションのデザインによる姿勢に関連する。このような筋肉痛を緩和するには、姿勢を調整出来るようなワークステーションの構成や作業内容の変化，短い休憩などが効果的である。

（福田 忠彦）

参考文献
(1) Video display terminals and health A technical and medical appaisai of the state of the art , Scandinavian Jouanal of Work , Environment and Health , Vol.10 , Supplement 2 , 1984 .

4.2 ＶＤＴ作業と疲労

4.2.1 総論

ＶＤＴ作業については、すでに多くの産業衛生上の問題が指摘されている。最も一般的に認められているのは、視覚疲労をはじめとする種々の疲労感であり、これが他の産業のそれとは質的にも量的にも異なるところがＶＤＴ産業の特異なところである。我が国ではとくに疲労の問題に関心が集まっているが、諸外国の例でみると疲労以外の問題、すなわち妊娠・出産の異常、皮膚障害などに、より大きい関心が持たれているようであるし、光原性のてんかん，白内障などが問題になったこともある。皮膚障害については静電気の影響が有力視されているし、その他低周波電磁場の生体への影響も取沙汰されている(1)。

しかし、疲労以外の問題はまだよくわかっていないことが多い。従ってここでは、主にＶＤＴ作業に伴う疲労について考えることにする。

4.2.2 疲労の定義と種類

(1) 疲労の概念の形成

われわれは日常「疲労」を感じることが多いが、これを明解に記述し、かつ定義づけすることは困難である。要は「疲労」とは日常の体験を総合して得られる概念であり、症候群である(2)。

疲労の概念を形成する主観的，客観的症候を以下に列記する(3)。

(a) 注意力の低下　(b) 反応の遅鈍化　(c) 思考力の低下
(d) 作業能率の低下　(e) 過誤の増加　(f) 不機嫌，いらいら
(g) 抑鬱　(h) 頭痛　(i) 筋肉通　(j) めまい，肩こり
(k) 食欲不振，吐き気，消化不良　(l) 生理的変化の所見

(2) 疲労の定義

上記のように、疲労の概念を形成する要因は種々雑多であり、これを定義することは困難であるが、ある一面をとらえて定義づけすることは可能である。その一例としてSmith(4)の記述を次に上げておく。

「刺激の継続の結果、感覚器および運動器官に生ずる反応力の一時的な低下」

上にも述べた通り、疲労の概念はもっと広く、これ以外にも種々の定義ができるであろう。

(3) 疲労の分類

Smith(4)は、疲労を(a)急性疲労 (b)慢性疲労 (c)産業性疲労の三つに分類した。

急性疲労とは、例えば急激な運動や作業の後に起る、主として筋肉などの痛みを伴い、かつ休息によって回復するものを指す。

慢性疲労とは、かなりの期間にわたる疲労の蓄積の結果、単なる休息では回復しないような生理的変化を含む障害を生じたものである。

作業性疲労とは、特別の作業条件下（例えば長時間にわたる単純作業など）で起る、一過性の疲労で、作業を離れることによってすぐに回復するものである。

上記のような分類をもう少し厳密にして、第１期の疲労から第４期の疲労まで分類した例もあるし[5]、また疲労の部位によって、全身疲労，局部疲労，あるいは筋肉疲労，視覚疲労（眼精疲労）などの分類も可能であろう。

(4) 視覚疲労（眼精疲労）

ＶＤＴ作業による疲労の中で最も一般的に問題にされるのが視覚系に関連した疲労、いわゆる視覚疲労あるいは眼精疲労（Visual Fatigue or Eyestrain）とよばれるものである[6][7]。視覚疲労は眼を含んだ視覚系、およびこれを動かす運動系の疲労のほか、全身的な疲労とも密接に関連している。

視覚疲労の症状は次のようなものである[7]。

(a) 眼の症状　眼の張れぼったい感じ，重い感じ，かさかさした感じ，痛み，充血，うるみ，まばたきの増加など。

(b) 視覚的症状　眼の焦点がよく合わない，眼がかすむ，物が二重に見える，物のふちが虹のように色付いて見えるなど。

(c) 全身的症状　頭痛，肩こり，めまい，吐き気，抑鬱，いらいらなど。

これら視覚疲労の要因としては、眼外筋の疲れ，眼内筋（毛様筋，虹彩など）の疲れ，姿勢の悪さから来る筋肉の疲れ，精神的疲れなどが考えられる。これらの症状は大概一過性のもので、休息によってほとんどが消失する。これまでのところ、これらの一過性の機能障害が慢性的障害に移行するという確実な報告はないが、観察期間がまだ十分でないために、慢性的機能障害が残らないという保証もない。事実、一晩だけの休息ではこれらの症状が消失しないことがあるという報告があり[8]、また、１年半ほどＶＤＴ作業を続ける間に焦点調節機能が低下し、調節時間が延長したという報告もある[9]。

4.2.3 疲労の測定法

(1) 主観的測定法と客観的測定法

上述のように疲労そのものの定義が困難であるから、その測定も以外に簡単ではない。これまでさまざまな測定法が提案されているが、一つ測れば疲労全体がとらえられるといったようなものはない。結局、いろいろの測定結果から総合的に判断するのが最も妥当な方法である。

一般的な疲労測定法を分類すれば、まず大きく主観的測定法と客観的測定法の二つに分けられる。

主観的疲労測定は、疲労の症状の有無，部位，程度などを作業者（あるいは

被験者）に質問することによって行われる。いわゆるアンケートなどはこれに属する。この方法は実施が簡単であり、多数の被験者からの回答を求めることが容易にできるためにしばしば用いられる方法である。また前述のように疲労そのものが一種の症候群と考えられるから、主観的方法は最も直接的かつ本質的な方法であるともいえる。

この方法の欠点の一つは、質問の仕方によって回答が大きく左右されることである。非常に興味を持っているとはいえない作業に従事している作業者に向って、「疲れますか」あるいは「疲れませんか」と質問されたとき、作業者は自信を持って「私は疲れていません」と答えられるだろうか。少なからず影響を受けるはずである。アンケートの結果を読むときには、この結果を考慮しなければならない。

客観的疲労測定は、被験者の行動や知覚の能力を測定することによって、間接的に疲労の有無と程度を推定しようとするものである。これには以下に示すように、いろいろの方法が提案され、試みられているが、いずれも決定的なものはない。疲労を間接的に推定すること自体に限界があるといえる。主観的に疲労を訴えていても行動や知覚の能力は衰えるとは限らないし、逆に行動，知覚に異常が認められても、疲労感を伴わないことはいくらもあるのである。

(2) 客観的疲労推定法

全般的な疲労の測定法としては種々の方法があるが、代表的なものを上げると

(a) 脈拍，体温，呼吸数などから肉体的負荷を測定する方法。

(b) 注意集中度，瞬きの数などから精神的負荷を測定する方法。

(c) 作業の出来高と過誤を手掛りにする方法。

(d) ＣＦＦ（臨界ちらつき融合周波数）を作業前後に測定し、その変動から作業による疲労を測定する方法など、感覚機能検査法。

(e) 脳波，筋電図など皮膚電流の測定。

(f) 血液，尿などの生化学検査。

などがある。これらのなかで実際に労働疲労の測定にしばしば用いられるのは、(b)，(c)，(d) などであろう。とくにＣＦＦは古くから広く用いられている方法であるが、信頼性がないという批判もある。しかし一方でＣＦＦの測定の有用性を認めている研究も多く、ＣＦＦの低下と自覚症状との相関を証明したGrandjanらの研究[3]、西村らの研究[10]がある。

(3) 視覚疲労の測定法

視覚疲労の客観的測定法についても全般的疲労の測定と同様、多くのものが考えられているが、やはりいずれも決定的なものはない。以下にその代表的なものを示す。

(a) 焦点調節機能の測定

視覚疲労によって一般に眼の焦点の調節範囲は狭くなることが指摘されている。従って焦点を合せることのできる最も近い距離（近点・ＮＰ）と遠い距離（遠点・ＦＰ）を測定することによって眼の疲労の一つの指標と

することができる。

また指標の距離を変えると、眼は指標に焦点を合わせ直すための調節をするが、この調節に要する時間も疲労とともに延長することが認められているので、眼に対する作業負荷を与える前後で調節時間を測定し、その延長から疲労を推定することが行われている。

これらの眼の調節機能の測定も、主観的に「焦点が合った」と感じる距離を被験者に探させる方法と、赤外線オプトメータなどを用いて水晶体の調節位置がどこにあるかを客観的に測定する方法とがある。前者は被験者の焦点調節の努力によって機能の衰弱が補償されてしまう可能性が指摘されており、後者の客観的測定法の方が信頼性が高いという意見が多い。

赤外線オプトメータを用いて、ＶＤＴ作業後に眼の調節の誤差が増加したという研究があり[11]、また調節の微動が疲労とともにゆるやかになるという指摘もある[12]。

(b) 瞳孔の大きさ

眼の疲労とともに瞳孔の大きさは小さくなり、また大きさの変動も激しくなることが認められており、このような瞳孔の大きさあるいは大きさの変動の測定が、いちばん信頼できる疲労の推定の方法であるという考えがある[13][14]。瞳孔の大きさは不安とか注意，意欲などの精神的影響を受けやすいともいわれている。

(c) 視力

眼の疲れの中には視力の低下の感じを含むことは確かであるが、ＶＤＴ作業後の測定で必ずしも視力は低下しておらず、調節時間の延長のためにそう感じるのだという報告もある[9]。

(d) ＣＦＦ

ＶＤＴ作業疲労の推定のためにＣＦＦを測定している例は多いが、ＣＦＦの低下は大脳皮質の活動水準の低下のためだとする考えが支配的で、ＣＦＦの測定は眼そのものの疲労を測るよりはむしろ、中枢神経系の、あるいは全身的な疲労を測っているものと考えてよいであろう。

4.2.4 ＶＤＴ疲労の測定例

(1) 主観的疲労測定の例

アンケート方式による疲労測定は数多く行われているが、ここではその二、三の例を示す。

表１はGhiringhelliによるイタリーでの調査の例で、ＶＤＴで事務作業に従事している作業者について、彼らが感じている不快な症状を集めたものである[15]。

表１　ＶＤＴ作業者の訴えた症状（Ghiringhelli，1980）

症　状	人　数	%
不安感の亢進	２７	４３.４
抑鬱症状	２５	４０.３
背中の痛み	６	９.７
首まわりの痛み	４	６.５
めまい	６	９.７
視力の低下	２１	３３.９
吐き気	９	１４.５
眼の刺激感	２８	４５.２
頭　痛	１７	２７.４
生理不順	２	３.２
眼の疲労	１２	１９.４
色感異常	３	４.８
全体的視覚障害	４７	７５.８

これらの症状のすべてがＶＤＴに起因するものとはいえないだろうが、この一連の調査から彼は、一般的事務員よりもＶＤＴ作業者の方に視覚疲労の訴えの多いことは統計的に有意であると述べている。また、ＶＤＴを好まないという意見を持つ作業者は全体の６６％に達したこと、とくに熟練労働者と若年労働者にＶＤＴを好まないものが多いこと、その理由は退屈，焦燥，緊張，疎外感，体調を崩すことについての不安など、主として精神的なものであることをのべている。

LaubriはＶＤＴ作業者と従来の事務作業者，およびタイピストを比較して、ＶＤＴ作業者の疲労の訴えが多く、翌朝まで疲れの残る場合がかなりあることを報告している[8]。（図１参照）

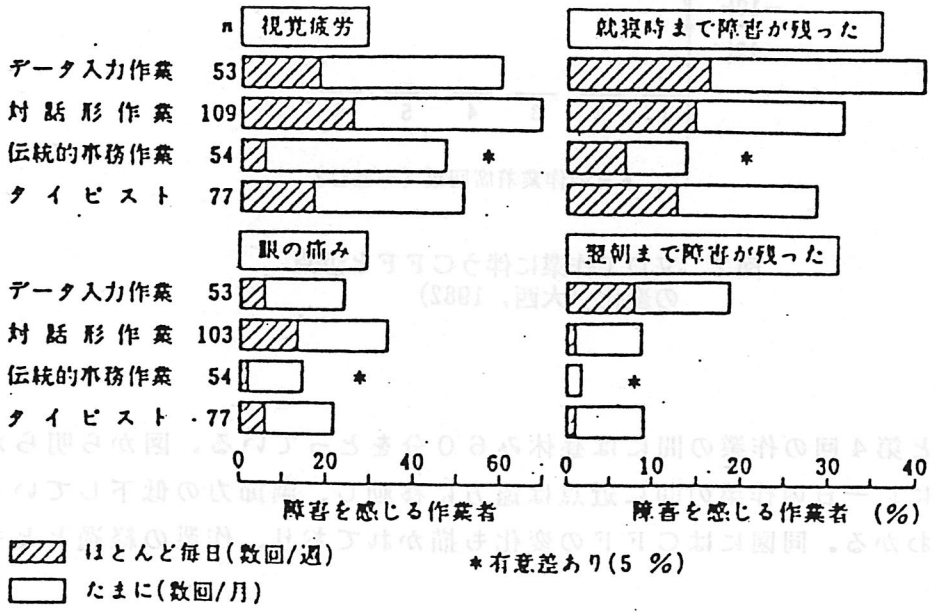


図１　眼の障害の発生と持続（Laubli，et al.，1980）

日経マグロウヒル社の調査によれば、ＶＤＴ利用者の７０％近くが目の疲れを訴えている[16]。また、疲労の自覚症状の発生率は若年者ほど高いこと、輝度の不適当な場合や、照明器具の映り込みのある場合などに疲労症状の発生率の高くなることが調べられている。

(2) 客観的疲労測定の例

ＶＤＴ作業疲労の客観的測定例は非常に多いが、ここでは前述の各種の方法の応用例を数例上げるにとどめる。

(a) 調節機能

図２は一日のＶＤＴ作業に伴う近点の変化の例を示す[9]。この例では、一作業時間を５０分とし、各作業間に１０分の休憩を置いている。第３回

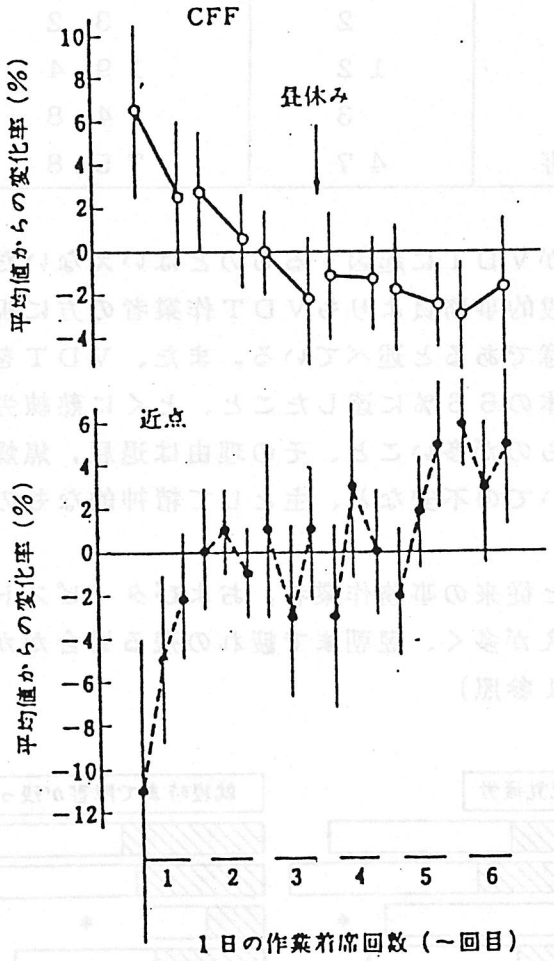


図２　ＶＤＴ作業に伴うＣＦＦと近点の変化（大西，1982）

の作業と第４回の作業の間には昼休み６０分をとっている。図から明らかなように、一日の作業の間に近点は遠方に移動し、調節力の低下していることがわかる。同図にはＣＦＦの変化も描かれており、作業の経過ととも

にＣＦＦの低下している様子が示されている。一方、西村らの結果ではＶＤＴ作業による有意な近点の変動は認められていない[17]。

永井ら[18]は調節時間の測定から表示文字色が黄色の場合に疲労が少ないという結果を得ている。

栗本ら[12]は調節微動の低周波成分に着目し、これについての測定から中高年作業者にとってはＶＤＴ作業の視的負担が大きいという結論を得ている。

(b) ＣＦＦ

ＶＤＴ作業後にＣＦＦの低下する傾向のあることは上にも述べたが、西村らの研究によってもほとんどの場合、ＣＦＦは有意に低下することが認められている[17][19][20]。ＣＦＦの低下は中枢神経系の疲労のほか、「頭がふらつく」などの自律神経失調症状や視覚系の疲れを示す自覚症状との相関のあることが認められている[10]。

4.2.5 結言

総論でも述べた通り、ＶＤＴ作業の産業衛生上の問題はいろいろあるが、疲労の問題は最も一般的に認められていることであり、関心も持たれていることである。しかし疲労の評価は考えるほど容易ではない。自覚症状と客観的所見との相関も必ずしも高いとはいえない場合が多く、現状ではいくつかの測定から総合的に判断するほかない。疲労についてのさらに進んだ研究が望まれる。

（西村　武）

参考文献

(1) 宮尾，栁橋 ：“ ＶＤＴ健康障害の新しい側面 ”，Human Interface N&R vol.1 no.2 95-96 (1986)

(2) 労働科学研究所編 ：“ 労働衛生ハンドブック ”，537-588 (1970)

(3) E.Grandjan ：“Fatigue：Its Physiological and Psychological Significance”，Ergonomics, vol.11, no.5, 427-436 (1968)

(4) W.J.Smith ：“ A Review of Literature Relating to Visual Fatigue ”，Proc. Human Factors Soc. －23rd Ann. Meeting, 362-366 (1979)

(5) 日本産業衛生協会疲労委員会選 ：“ 産業疲労検査の方法 ”，労働の科学，vol.7 no.6, 1-119 (1952)

(6) H.C.Weston ：“ Visual Fatigue ”，Illum. Eng. ，vol.49, no.2 63-76 (1954)

(7) J.B.Collins ：“ Visual Fatigue and Its Measurement ”，Ann. Occup. Hyg. ，vol.1, 228-236 (1959)

(8) Th.Laubli et al. ：“ Visual Impairments in VDU Operators Related to Environmental Conditions ”，Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, Taylor and Francis 87-94 (1980)

(9) 大西徳明 ：“ ＣＲＴディスプレイと疲労 ”，テレビ学技報，vol.6, no.29, VVI 53-1, 57-62 (1982)

(10) 西村ほか ：“ ＶＤＴ作業による疲労の主観的評価値と客観的評価値との相関 ”，テレビ誌，投稿中

(11) O.Ostberg ：“ Accommodation and Visual Fatigue in Display Work ”，Erg. Asp. Vis. Disp. Term. Taylor and Francis, 41-52 (1980)

(12) 栗本ほか ：“ ＶＤＴ作業の調節機能に与える影響 ”，産業医大誌，vol.5, no.1, 101-110 (1983)

(13) R.G.Hopkinson ：“ Glare Discomfort and Pupil Diameter ”，JOSA, vol.46 no.8, 649-656 (1956)

(14) T.Geacitov, W.S.Peavler ：“Pupillography in Industrial Fatigue Assessmebt” J.Appl.Psycol. ，vol.59, no.2 213-216 (1974)

(15) L.Gillinghelli ：“ Collection of Subjective Opinions on Use of VDUs ” Erg. Asp. Vis. Disp. Term. ，Taylor and Francis, 227-231 (1980)

(16) “ 初めて明らかになったディスプレイ端末ユーザーの健康障害 ”，日経コンピュータ，1983.5.2, 57-77

(17) 西村，森本 ：“ ＣＲＴ日本語表示の読取り速さと疲労 ”，テレビ誌，vol.37, no.9 730-735 (1983)

(18) 永井ほか ：“ ＣＲＴ端末と目の疲労 ”，第１７回照学全大，83-84 (1984)

(19) 西村，森本 ：“ 視覚疲労推定のためのＣＦＦの測定法の検討 ”，テレビ誌，vol.39, no.8, 726-730 (1985)

(20) 森本ほか ：“ ＶＤＴ画面の表示モードに対する好みと疲労 ”，テレビ誌，vol.40 no.10，掲載予定 (1986)

5．環境照明のあり方

ＶＤＴ作業の所要条件は多岐にわたっており、ＶＤＴを用いる作業環境の研究もすでに多くみられ、作業環境基準を制定している国も多く、我が国でも、通産省あるいは労働省などから指針が発表されている。[1]~[5]。この詳細は７章を参照されたい。ここでは照明技術の分野として担当すべき課題の基本的な考え方の要点を示す。

5.1　ＶＤＴ作業の照明環境の問題点

ＶＤＴの設置された部位における照明環境は、非常に慎重な配慮を要する。一般にデータ処理能力の拡大と、高速化を目的として、計算機本体と周辺機器の機能拡大と高速化に絶大な努力が払われていることは周知のところである。しかし、作業環境の照明が不備であることによって、ディスプレイの表示情報の見え方が損われることがあるならば、ヒューマンインターフェースにおける情報チャンネルの質が低下することになり、情報処理システム全体をみた効率における重大なネックとなることが明らかである。

ここでは、ＶＤＴとして現在広く用いられているＣＲＴ（Cathode Ray Tube）ディスプレイについて、照明要件を述べる。

ＣＲＴディスプレイを用いる作業における、作業者と照明設備の一般的な位置関係を模式的に図３に示す。

照明は、次の事項において視作業性に大きな影響を及ぼす。

(1) 原稿およびキーボードの照度。

(2) ＣＲＴディスプレイの鉛直面照度。

(3) ディスプレイ表示面における照明設備の反射像の防止。

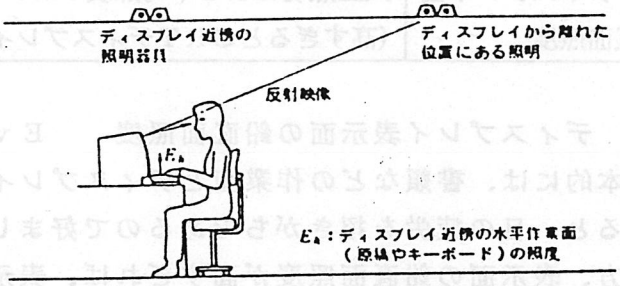


図3　CRTディスプレイ作業における照明環境 － 水平作業面照度(Eh)、反射映像などが視作業性に大きな影響を及ぼす。

(2)と(3)について説明すると、通常広く用いられているＣＲＴディスプレイで、文字のほうが背景より明るい正コントラストの場合を考えると、文字は自ら発光しているが背景の地の輝度は、外部からの照明光の拡散反射成分で得られる。したがって、

(a) 表示面の平均輝度を必要な値に保つ。

(b) 文字のコントラストを所期の値に保つ。

ために室内照明の寄与が不可欠である。

一方、問題として大きなものは、照明器具や窓などの高輝度面（明るく輝いている面）が表示面に映り込み、この反射像が表示面に重畳して見え方を損うことである。この事例を図４に示す[6]。以下順を追って説明する。

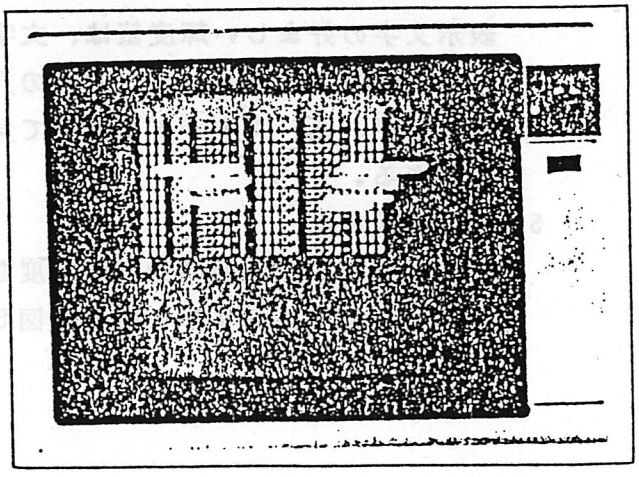


図4　CRTに高輝度の光源が映り込んでいる状態[6]－文字が見えにくくなっている。

5.2 ワークステーションの所要照度

5.2.1 作業面の水平面照度　Ｅｒ

作業面の水平面照度は、キーボードあるいは書類の視作業に必要な照度である。

ディスプレイ端末のキーボードや机上に置かれた入力データなどの書類の照度が十分でないと、キーの打ちまちがいや、入力データの読み誤りなどを生じる恐れがある。一方、ディスプレイ表示面上の照度が高すぎると表示面の輝度が高くなり、これによって表示されている文字や図形などの輝度対比（コントラスト）が低下して見え難くなるので、照度はある程度低い方が望ましい。この両方の要求条件をバランスさせることが必要である。

ＣＲＴディスプレイ作業における必要照度に関して、ＶＤＴガイドラインに関する調査研究報告書[1]でまとめられた表を一部抜粋する。（表２）

表２　照明に関する要件一覧表[1]

要　　因	要　　件
キーボード・原稿面の水平面照度	人工照明による平均照度：300～700 lx 作業が長時間にわたり精密になるほど、キーボード・原稿面を1000 lx 程度の高い照度にすることが望ましい。
ＣＲＴディスプレイ面の鉛直面照度	人工照明による平均照度：100～500 lx （高すぎるとＣＲＴディスプレイに表示される文字が見えにくくなる）

5.2.2 ディスプレイ表示面の鉛直面照度　Ｅｖ

基本的には、書類などの作業面とディスプレイ表示面の輝度の双方に大きな差があると、目の疲労を招きがちであるので好ましくないとされている。

一方、表示面の鉛直面照度が高すぎれば、表示面における拡散反射光により背景輝度が高くなり、文字のコントラストが低下して見え方を損うことになる。この双方のバランスを考慮して、前掲報告書においては、１００～５００lx が好ましいとしている。これを前述の表２に併せ示す

5.3 文字の好ましい輝度

5.3.1 問題点

表示文字の好ましい輝度値は、文字の背景の輝度に依存する。背景輝度に対して文字の輝度が近すぎれば、文字の見え方を損う。一方、背景に対して文字の輝度が高すぎれば、文字がぎらついて見難くなる。したがって、ちょうど好ましい範囲がある。

5.3.2 実験結果

ディスプレイ表示面の鉛直面照度を変えることによって背景輝度を種々に変えた場合の、文字の好ましい輝度を図５に示す。

ただし、評価カテゴリーは、

・カテゴリーⅠ ： 最適な文字輝度

・カテゴリーⅡ ： 作業を行なう場合の下限値の文字輝度
（この輝度以下ではいけない）

また文字や背景の輝度の定義は次のとおりとする。

背景輝度Ｌｂ′は、室内光の鉛直面照度Ｅｖが、表示面の拡散反射成分ｑ[(ｃｄ／ｍ²)／ｌｘ]によって生じる成分Ｌｄ＝ｑＥｖ ‥‥(１)に等しい。一方、文字の輝度Ｌｃ′は、文字の発光のみによる輝度Ｌｃに、表示面を覆っている拡散反射成分による輝度Ｌｄが重畳していると考えた。すなわち、

Ｌｃ′＝ Ｌｃ ＋ Ｌｄ ‥‥‥‥‥ (２)

Ｌｃは周囲からの照明光の全くない、真暗な部屋での文字の輝度に相当する。またＬｄは鉛直面照度に比例する成分である。

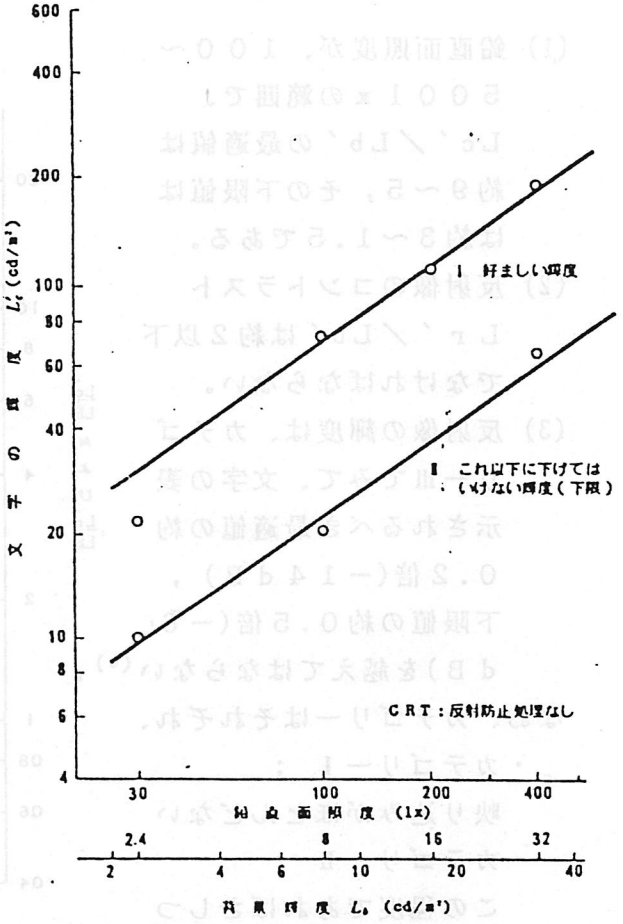


図５ 好ましい文字の輝度[7][8]－背景輝度Ｌｂと文字の輝度Ｌｃ′との間には、直線に近い関係がある。

なお、図５より、Ｌｃ′とＬｂの間には近似的に、

・カテゴリーⅠの場合 ： $Lc' = 16 \times Lb^{0.7}$ ‥‥‥ (３)

・カテゴリーⅡの場合 ： $Lc' = 5.5 \times Lb^{0.7}$ ‥‥‥ (４)

の関係が成り立つ[7][8]。

５．４ ディスプレイ表示面に映る反射像の許容輝度

ディスプレイ表示面に、明るい窓や照明器具が映り込むことによって、表示文字の見え方を損う。これを防ぐためには、これらの光源の輝度をある許容限界内に止めることが必要である。

反射像が文字の見え方に及ぼす支障の程度は、文字の輝度と背景輝度の両方に依存している[9]。

反射像の許容限界の輝度の、背景輝度に対する比を図６に示す。Ｌｒ′／Ｌｂ′反射像のコントラストと呼ぶことにする。ただし、

Ｌｒ′＝ｒＬｓ＋Ｌｄ ‥‥‥‥‥ (５)

Ｌｓは光源輝度

ｒは表示面の正反射率

Ｌｄは表示面の拡散反射成分による輝度

とする。なお、Ｌｂ′＝Ｌｄである。図６より、

(1) 鉛直面照度が、１００～５００１ｘの範囲で、Ｌｃ′／Ｌｂ′の最適値は約９～５，その下限値はは約３～１．５である。

(2) 反射像のコントラストＬｒ′／Ｌｂ′は約２以下でなければならない。

(3) 反射像の輝度は、カテゴリーⅢでみて、文字の表示されるべき最適値の約０．２倍(－１４ｄＢ)，下限値の約０．５倍(－６ｄＢ)を越えてはならない[8]。

なお、カテゴリーはそれぞれ、

・カテゴリーⅠ：
映り込みがほとんどない

・カテゴリーⅡ：
この程度であればさしつかえない。

・カテゴリーⅢ：
これ以上輝度を高くしてはいけない。

とする。

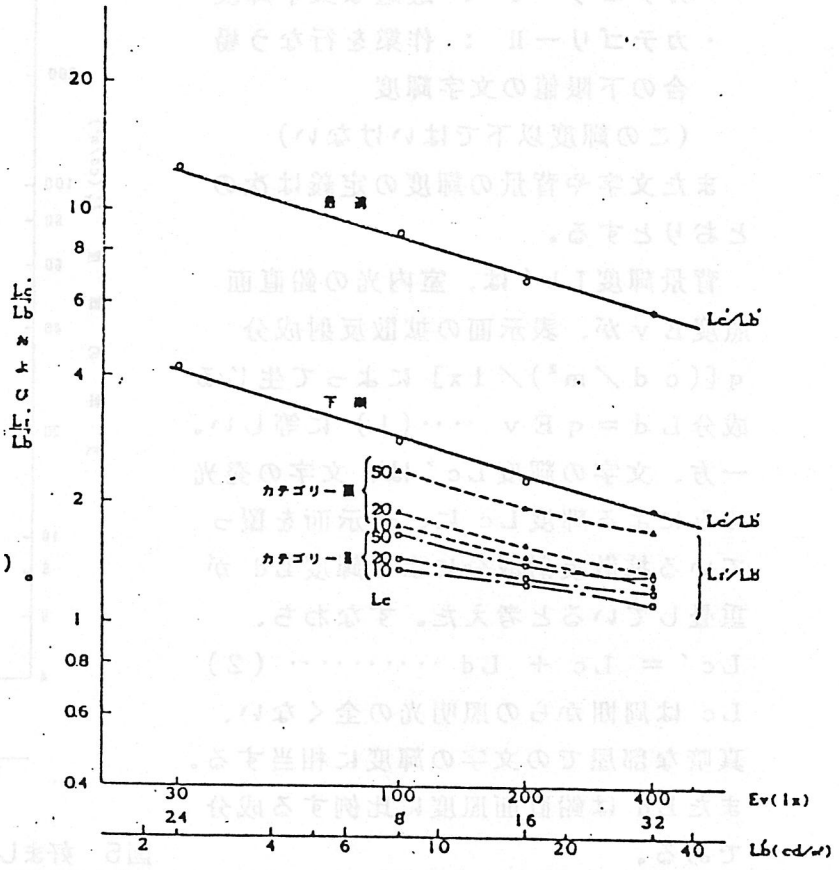


図６　必要な文字の輝度および反射像の許容輝度の背景輝度に対する比

次に大多数の人によって判断される反射光源の輝度の許容値を図７に示す。鉛直面照度は、表２による推奨範囲の下限の１００１ｘ、文字の輝度はこの照度における最適値Ｌｃ′＝７０ｃｄ／ｍ²とした。

図の横軸は光源の輝度Ｌｓ，たて軸は反射光源のある輝度について、何％の人がそのカテゴリーと判断するかを示し、この割合を「充足率」と呼ぶことにする。このような結果をもとに、評価カテゴリーと充足率に対応した許容輝度を求めることが可能である[8]。

なお、ＣＩＥ Publication No.６０[11]で述べられている２００ｃｄ／ｍ²は、カテゴリーⅢ（これ以上輝度を高くしてはいけない）に対する充足率７０％に相当している。

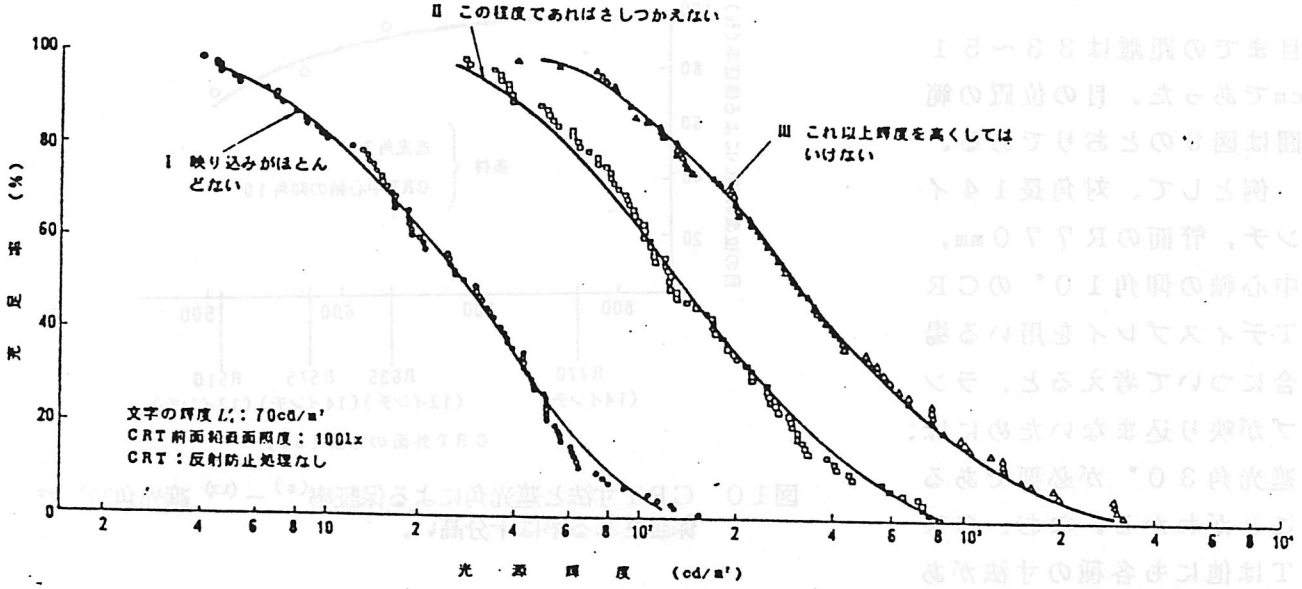


図7　光源輝度と充足率[8]－ この図により、各カテゴリーの充足率に対応した照明器具の許容輝度を求めることができる。

5.5　照明器具の遮光角の所要条件

照明器具の映り込みを防ぐためには、ランプを適切に遮光することが必要である。ランプの遮光のための必要条件について述べる。

作業者が通常の姿勢で座って、ＣＲＴディスプレイを見ながらキーを打つ場合の断面を図８に示す。図中で、ＣＲＴの上端部に映り込む点Ｐより後方に位置する光源はすべて映り込むことになるので、この方向と天井(水平面)のなす角αが遮光に必要な角となる。この角は、ＣＲＴ中心軸の傾き，対角長，表示面の曲率，作業者の目とＣＲＴの高さ，目からＣＲＴまでの距離によっても変る。

作業者３０名の実測によれば、目の高さは１０２～１１７cm，ＣＲＴ前面から

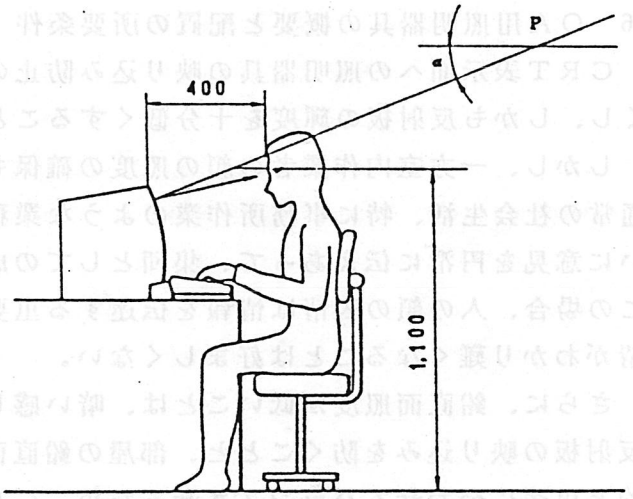


図8　平均的な作業姿勢[6]－[12] 日常ＥＤＰ作業に従事している３０人の実測平均値。

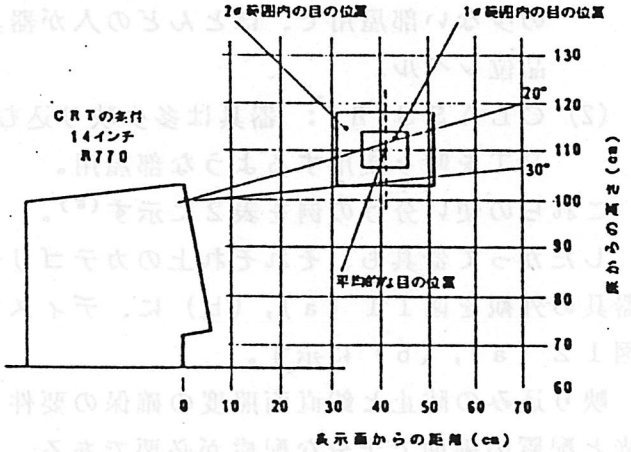


図9　ＣＲＴ表示面に光源の映り込みを防止するために必要な遮光角[5]－[12] 20°，30°の線は、その遮光角の照明器具からでた光の正反射光軌跡を表している。目の位置がこの線から上側にある作業者には、高輝度の光源の映り込み反射像は見えない。

目までの距離は３３～５１cmであった。目の位置の範囲は図９のとおりである。

例として、対角長１４インチ，管面のＲ７７０㎜，中心軸の仰角１０°のＣＲＴディスプレイを用いる場合について考えると、ランプが映り込まないためには、遮光角３０°が必要であることがわかる。なお、ＣＲＴは他にも各種の寸法がある。１２インチあるいは管面の,Ｒが小さい場合については、多少映り込んでくるが、遮光角３０°で保証される率は十分高く図１０のとおりになる。[6][12]。

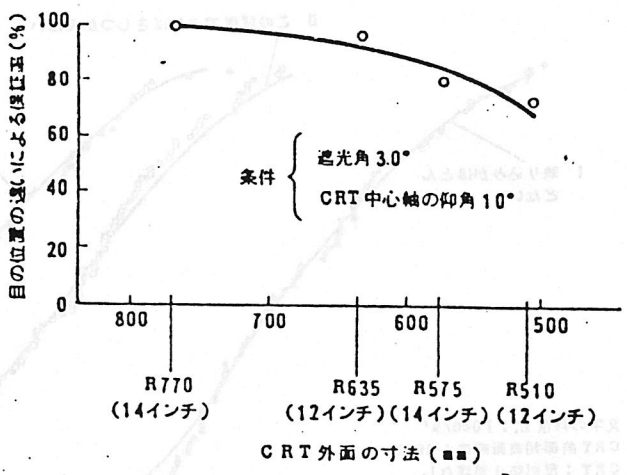


図１０　ＣＲＴ寸法と遮光角による保証率[6]－[12] 遮光角30°で保証される率は十分高い。

5.6　ＯＡ用照明器具の概要と配置の所要条件

ＣＲＴ表示面への照明器具の映り込み防止の見地から、照明器具は遮光角を深くし、しかも反射板の輝度を十分低くすることが必要である。

しかし、一方室内作業者の顔の照度の確保も忘れてはならない。なぜならば、通常の社会生活、特に事務所作業のような業務活動においては業務関係者がお互いに意見を円滑に伝えあって、集団としての成果を高めることが特に大切である。この場合、人の顔の表情は情報を伝達する重要な経路であり、顔が暗くなって表情がわかり難くなることは好ましくない。

さらに、鉛直面照度が低いことは、暗い感じの部屋になりやすい。このため、反射板の映り込みを防ぐことと、部屋の鉛直面照度を確保することを、部屋の目的と用途に合わせてバランスさせるため、ＣＲＴディスプレイを用いる部屋を、ＯＡ専用室と一般事務室の２種類に分けて考えることにする。

(1) ＣＬＡＳＳ Ⅰ：ＣＲＴを見る作業が主目的で、一般事務や打ち合わせの少ない部屋用で、ほとんどの人が器具の映り込みに気づかないほどの高品位レベル。

(2) ＣＬＡＳＳ Ⅱ：器具は多少映り込むが、一般事務を行ないながら、ＣＲＴを時々使用するような部屋用。

これらの使い分けの例を表２に示す[6]。

したがって器具も、それぞれ上のカテゴリーごとに準備されている。これらの器具の外観を図１１（ａ），（ｂ）に、ディスプレイ面における映り込みの度合を図１２（ａ），（ｂ）に示す。

映り込みの防止と鉛直面照度の確保の要件を満足するためには、照明器具の配光と配置の両面で十分な配慮が必要である。

特に、日本のオフィス空間は天井高さが低い（２．５ｍ）といわれているので、

器具の遮光角を広くすれば、配光を広くすることは難しくなり、器具間隔を小さくしなければならない。前述のとおり、あるいは前掲資料（ＶＤＴガイドラインに関する調査研究報告書）のとおり、遮光角は６０°必要であるが、この場合に器具の実用上の取付最大間隔は、

表３　ＯＡ用照明器具の使い分け[6]－その部屋の主な用途に応じて、ＣＬＡＳＳⅠ、Ⅱを使い分けることが望ましい。

	CLASS Ⅰ	CLASS Ⅱ
遮光角	30°	30°
輝度レベル(平均)	50cd/m² 以下	200cd/m² 以下
用途	ＯＡ専用室 ＣＲＴを見る作業を主として行う	ＣＲＴの入った一般事務所

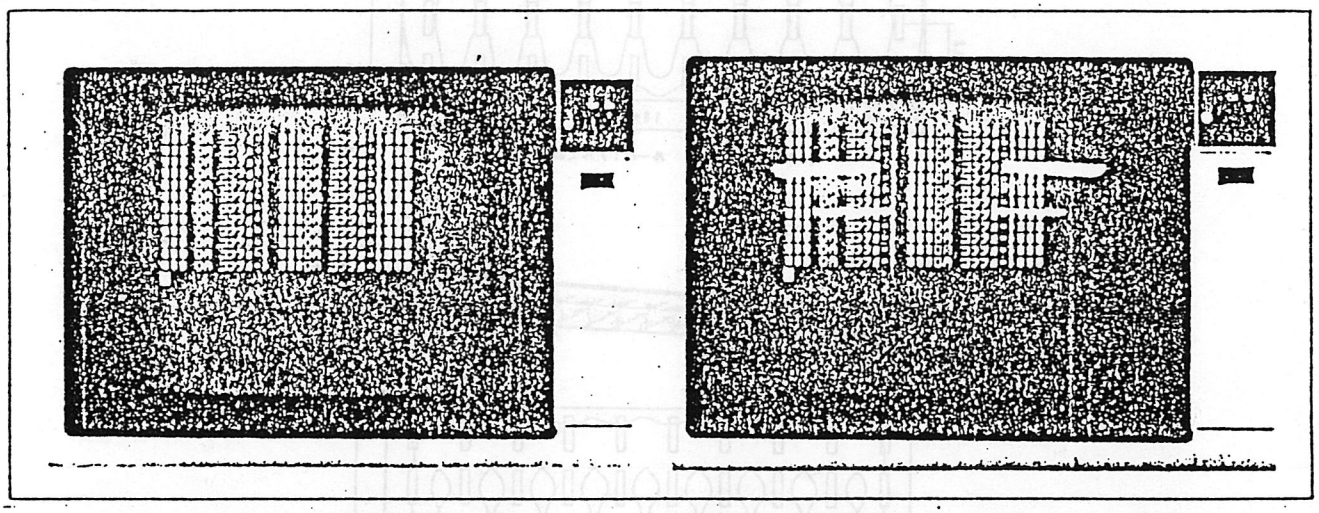


図１２　ＣＬＡＳＳⅠとＣＬＡＳＳⅡのＣＲＴへの映り込み状態[6]－左図に比較して、映り込みが改善されていることがわかる。

１．８ｍ程度となる。

ＯＡ用グレア規制形蛍光灯器具を用いた場合の鉛直面照度分布の一例を図１３に示す。ＣＲＴディスプレイ上端部（床上１．０ｍ）における鉛直面照度は、表３に推奨された１００～５００１ｘの範囲に入っていることがわかる。

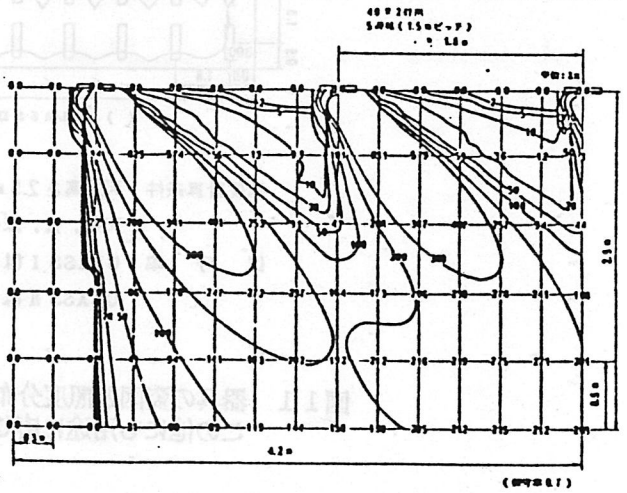
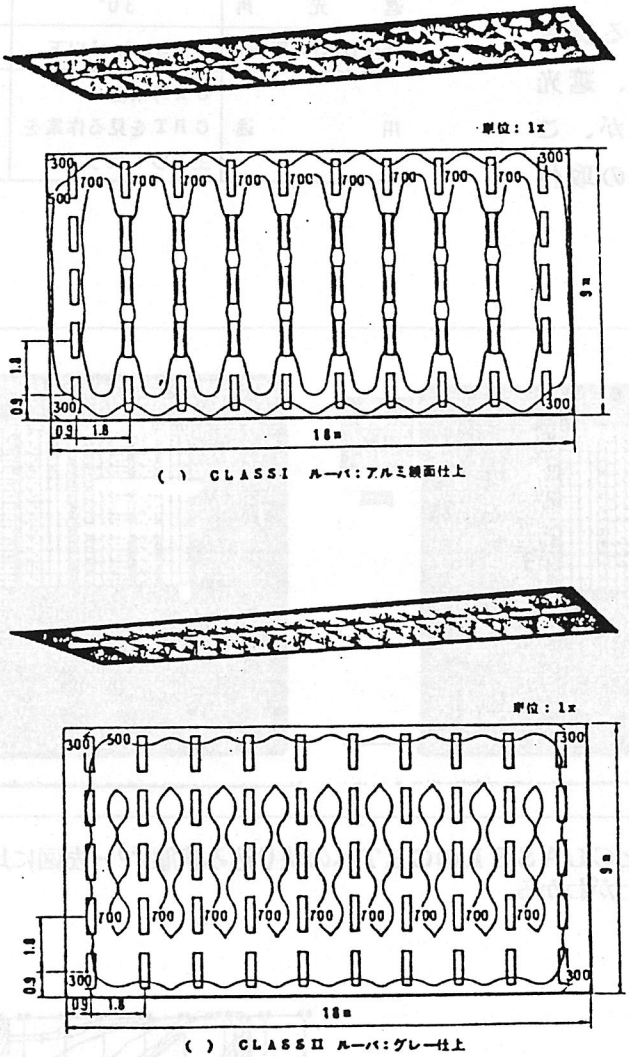


図１３　ＯＡ用グレア規制形蛍光灯器具(ＣＬＡＳＳ)による鉛直面照度の分布(直接分)[8]－向かって左側に鉛直に照度計の受光部を向けた場合を想定しての計算値である。

このような器具配置（器具間隔１．８ｍ）における作業面の照度分布を図１１のそれぞれ下段に併記する[8]。

（田淵　義彦）



照度計算条件　天井高さ 2.5 m，計算面高さ 0.7 m
天井，壁，床の反射率 50%，30%，10%

保　守　率　CLASS I は　( ) 0.7
CLASS II は 0.7

図１１　器具の姿図と照度分布図[8]－ CLASS I、IIには、この他にも用途に応じた各種のタイプがある。

参考文献

(1) ＶＤＴガイドラインに関する調査研究報告書、日本電子工業振興協会（昭６０）

(2) 通産省編 ： これからのＶＤＴ、東洋法規出版（昭６０）

(3) ＶＤＴ作業における労働衛生管理のあり方、中央労働災害防止協会（昭５９）

(4) 新時代に適合する照明環境の要件に関する調査研究報告書、照明学会（昭６０）

(5) 新時代における照明の調査報告書、照明学会（昭５９）

(6) 田淵義彦ほか ： ＣＲＴに映り込みを防ぐ照明器具の照明具備条件、照明学会光源システム公開研究会資料、ＬＳ－８２－３６（昭５８）

(7) 田淵義彦ほか ： ＣＲＴディスプレイに映る反射像防止に必要な輝度条件（その２）電気関係学会関西支部連大（昭５９）Ｇ１３－５

(8) 田淵義彦ほか ： ＶＤＴ作業の照明所要条件、照明学会全国大会１１４（昭６０）

(9) 田淵義彦ほか ： ＣＲＴディスプレイに映る反射像防止に必要な輝度条件、照明学会全国大会１２０（昭５８）

(10) 田淵義彦 ： ＣＲＴディスプレイの表示文字のコントラストの所要条件、照明学会東京支部大会（昭５８）１３

(11) ＣＩＥ ： Vision and the visual display unit work station, Publication CIE No.60 (1984) 20

(12) 田淵義彦ほか ： ＣＲＴディスプレイに映る照明器具の反射像規制の要件、電気関係学会関西支部連合大会Ｇ１３－１２（昭５７）

6．照明施設例

ＶＤＴ作業ステーションの照明の重要性については、特に産業労働安全衛生の観点から問題となり、人間光学面から種々検討され、徐々に照明のあり方が明確になってきている。

現在ＶＤＴ作業ステーションの照明要件が明確にされているものは、主に、直接光形照明器具を対称にしたものであり、今後ＶＤＴの動向と合わせ照明要件も見直されるものと思われる。したがって現状の照明施設例を見た場合直接光形照明器具を使用した直接照明方式が主流であり、ごく一部にタスク・アンビエント照明方式が見られるにすぎない。

日本航空(株)田町事務センタービル以降の主だった施設例を表４に示すが、８例が直接照明方式であり、１例がタスク・アンビエント照明方式である。これら施設の照明特性をまとめてみると次のようになる。

(1)　作業面照度

設計照度で４００～１５００lxであるが、北海道新聞社の１５００lxを除くと、４００～６９０lxであり、労働省ＶＤＴ作業のガイドラインの３００～７００lxに見合った値となっている。

(2)　ＶＤＵ管面鉛直面照度

データは少ないが、使用している照明器具の配光特性および作業面照度から鉛直面の設計照度を判断すると、２１０～４００lxといえる。この値は労働省のガイドラインの５００lx以下を満足している。しかし労働省のガイドラインの値は、限界値を示したものであり、保守率を０.７と想定した場合、初期においては３００～５７０lxとなり、労働省のガイドラインをこえている。これはＶＤＵ管面の拡散反射によりＶＤＵが見にくくなっていることであり、今後検討が必要と思われる。

保守率の問題については、作業面照度についても同様であるが、こちらの場合は照明手法に問題なければ、鉛直面照度程悪影響を及ぼさないものと思われる。

(3)　照明器具の遮光角

一般的に３０°とされているが、今回の施設に採用されている照明器具はニチメンビルディングを除いて３０°であり、遮光角については３０°の概念が定着してきたことがうかがえる。

(4)　照明器具の輝度

鉛直角６０°方向の輝度については、５０～３００cd/㎡にばらついているが施設の用途を分類してみると、ＶＤＴ専用室、又はこれに近い部屋では、８０cd/㎡以下、一般事務室では３００cd/㎡以下と使い分けられている。今後この考え方は定着するものと思われる。

(5)　環境照明

遮光角を３０°とし、鏡面性ルーバを使用した照明器具を採用した空間は壁面、天井面が暗くなり、活気のない照明環境となりがちである。この観点から施設例

表４　照明施設例一覧表

施設名＼項目	用　途	室寸法	主照明 種類と台数	環境照明 種類と台数	作業面照度 (lx)	VDU鉛直面照度 (lx)	鉛直面60°輝度 (cd／m²)	備　考
テレビ岩手本社	モニターによる編集・点検		FL鏡面ルーバ器具　他 328台	FL壁面照明器具 33台	400		50以下	フリッカレス安定器
常陽銀行 事務センター(1)	電算室	19.²x62.⁴m	FL鏡面ルーバ器具　他 337台	————	690	240～370	50以下	
北海道新聞社(2)	ディスプレイターミナル室	16.⁹x17.⁰m	FL鏡面ルーバ器具　他 116台	————	900 ～1500		50以下	
鹿島石油(3)	制御室		FL鏡面ルーバ器具 60台	————			50以下	
東京大学	計算センター		FL鏡面ルーバ器具		560	210	80以下	
日本相互証券 大阪支店(4)	営業事務所		FL鏡面ルーバ器具 36台	————	650		300以下	Ra：80以上 5000 K
ニチメン ビルディング	事務室		FL鏡面ルーバ器具		500		300以下	
三菱電機(株) 情報電子研究所	研究室	35.⁰x36.⁰m	FL鏡面ルーバ器具	————	600			
イトーキ OAセンター(5)	実験オフィス		FL濃灰色ルーバ器具		530	220～400	200以下	
竹中技術研究所 大阪支店	事務室		FL鏡面ルーバ器具 24台				300以下	U形ランプ
	研究室		タスクライト　：36台 アンビエントライト：27台		600 190			タスク／アンビエント照明

注)　(　)：参考資料番号を示す。

を見た場合、テレビ岩手本社ビルディングが壁面照明を採用しているが、これはロビーであり、ＶＤＴ作業ステーションとして壁面照明を採用した施設は見あたらない。今回の施設例では部屋の明るさ感については、照明器具の配光特性、配置面から検討されたように思われる。

(6) タスク・アンビエント照明方式

作業面のアンビエント照明による照度は１９０lxであり、タスク照明による照度は６００lxであり、作業時の照度は７９０lxが得られるようになっている。この照度は十分なものであり、ＶＤＵ管面への照明の映り込みもなく最適な照明条件といえる。ただ心配なことは作業場から離れる場合、床面照度は当然１９０lx以下であり、作業面との照度差が大きいことであり、今後さらに実施例増加に伴い検討が加えられるものと思われる。

以上のとおりであるが、以下に施設の代表例について紹介する。

6.1 直接照明

(1) テレビ岩手本社ビルディング

この社屋には報道、製作センターとしての機能的なスタジオやニューススタジオ、マスター室などが設けられており、ここで行なわれる業務のための設備には、情報化社会の進展に対応できるよう、最新の放送機器をはじめ電子技術の最先端であるコンピュータが大幅に導入されている。したがって照明をこれに対応して、グレア、およびチラツキの少ない視作業に適した設備が採用されている。

図14がスタジオ及びマスター室の施設写真であり、

(a) モニターテレビのブラウン管に照明器具が映り込まない。

(b) ランプのチラツキが少ない。

(c) 机上面の明るさを十分確保する。

ことを条件として、図15に示す輝度レベル５０cd/m²以下の器具にフリッカレス安定器を組込み、机上面照度約４００lx（設計照度）を得ている。

(2) 東京大学計算機センター

同センターは全国７ケ所の共同利用大型計算センターの中心的役割を果たす施設で、大型汎用コンピュータ４台、スーパーコンピュータ１台が使用された全国でも屈指の公共利用計算機施設となっている。

図16が今回照明改装を行なったＯＡ専用室の施設写真であり、ＶＤＴ１００台が設置された大型コンピュータへの入出力を行なうＯＡ専用室であり、遮光角３５°の鏡面性ルーバを採用し照明の映り込みをおさえると共に、机上面照度は５６０lxを確保し、鉛直面照度は２１０lxとおさえＶＤＵが見易くなるよう考慮されている。なお、この施設は初期値でも鉛直面照度が３００lxであり、使用期間を通しＶＤＵ管面照度が５００lx以下となるよう考慮されている。

(3) ニチメンビルディング

総合商社にふさわしい端正な品格のあるビルディングであり、事務室としても単にＶＤＴの見え方のみではなく、近代的な事務所空間を作るよう配慮されてい

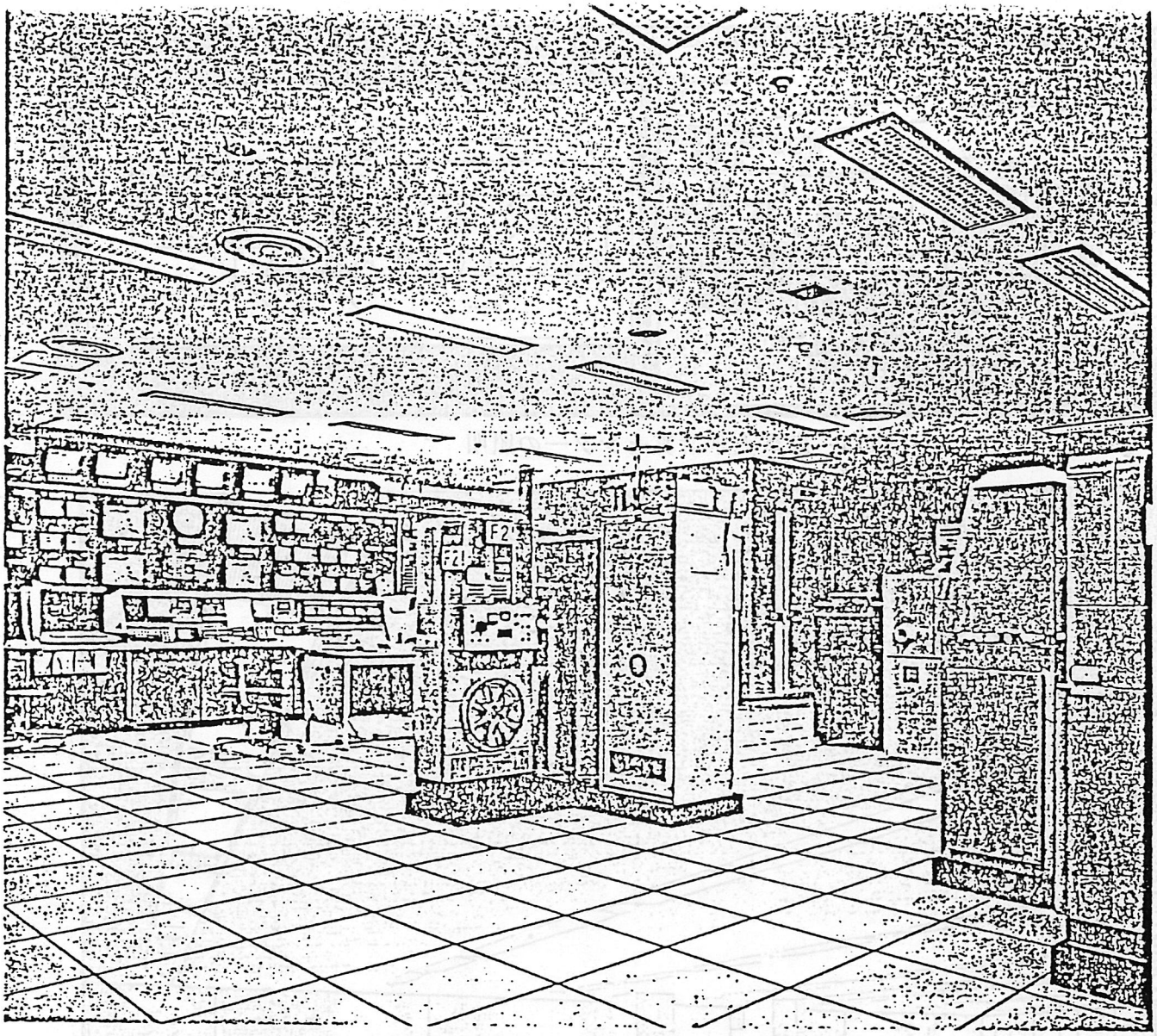
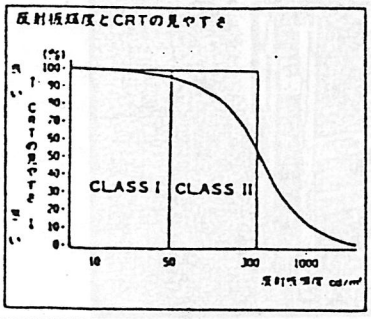
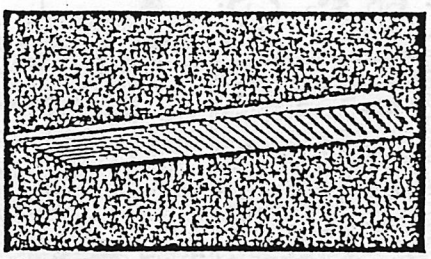


図14　テレビ岩手本社スタジオ・マスター室の照明

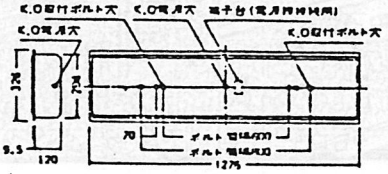
	CLASS I	CLASS II
遮光角	30°	30°
輝度レベル	50 cd/m²以下	50～300 cd/m²
用途	OA事務用室（CRTを使う作業を主として行なう場合）	CRTの入った一般事務所

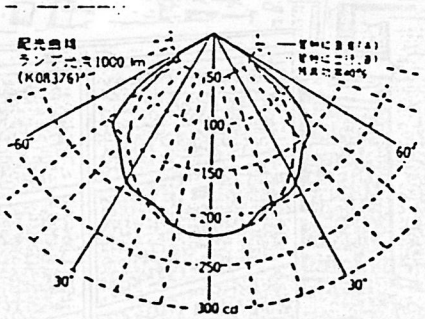




CLASS I
40W 2灯（遮光角30°）
OAルーバ付
ﾊﾟｰｱﾙﾐ材鏡面仕様

寸法図





単位(unit)：mm

図15　スタジオ・マスター室に使用した照明器具（クラスⅠを採用）

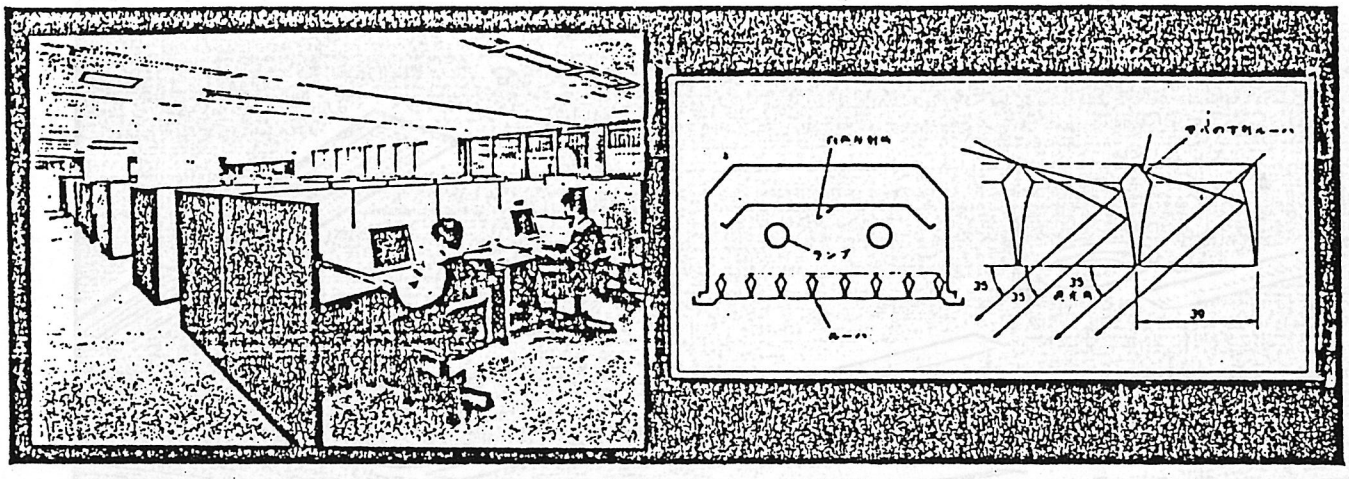


図16　東京大学計算センターの照明

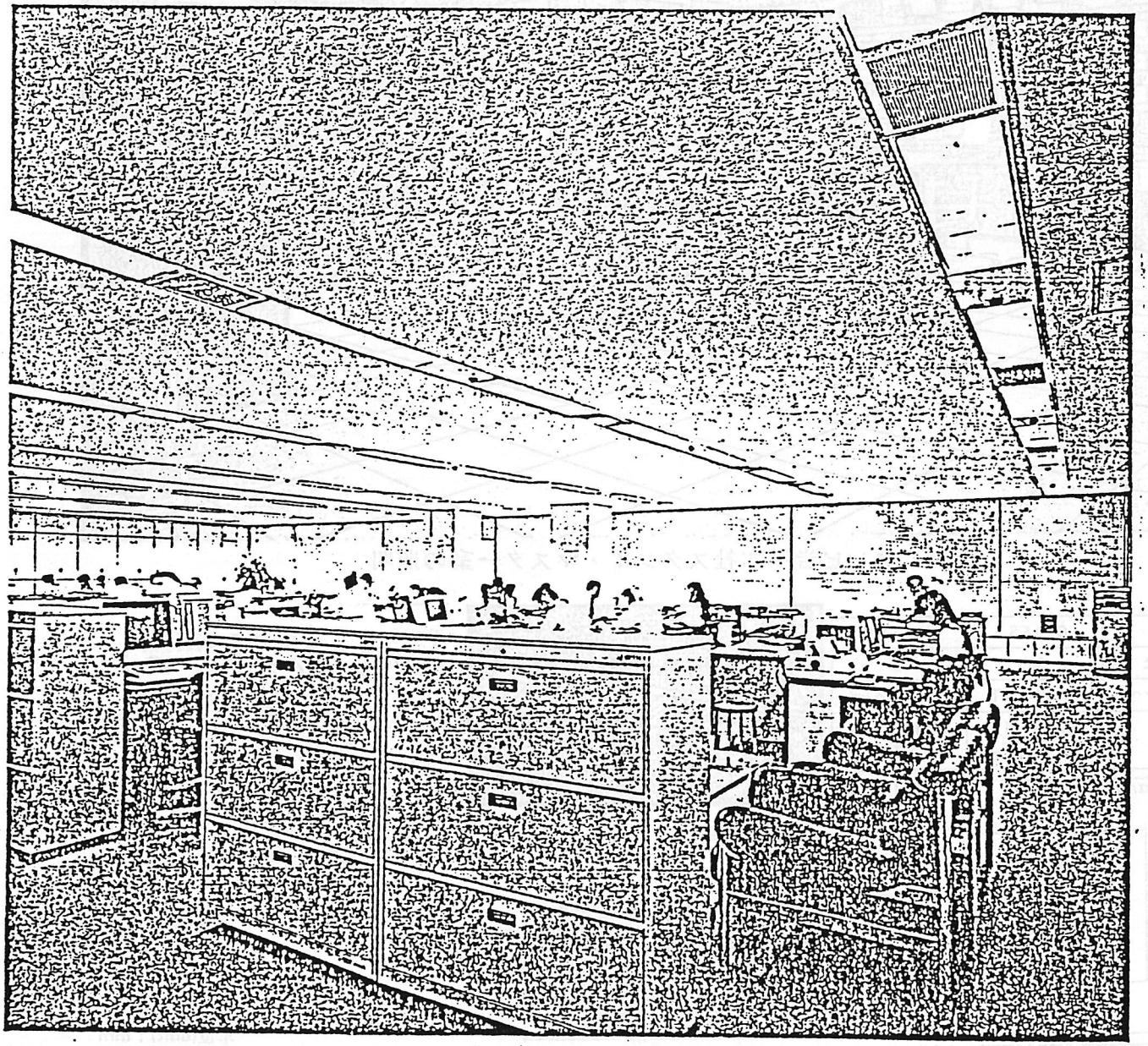


図17　ニチメンビル事務室の照明

る。

図17が事務室の施設写真であり、図18に示す一方向のルーバを採用した照明器具を採用し、照明効率を高く保ちつつ輝度を低く抑えた照明となっている。この結果事務所空間として十分な明るさ感を保ちつつ、ＶＤＴの見え方も改善されており、質のよい事務所環境が得られている。

(4)　三菱電機(株)情報電子研究所

作業面レベルにおける高い照度均斉度、標準作業姿勢における直視グレアの防止、ならびにＶＤＵ管面への照明の映り込み防止を狙い、大形の特殊パラボリックルーバの採用により目標達成をはかったものである。

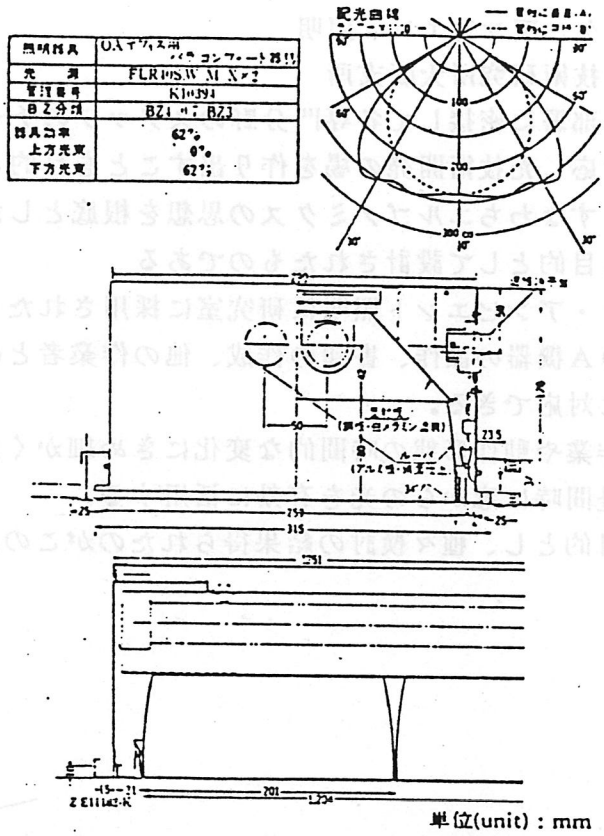


図18　ニチメンビル採用照明器具

ルーバは高い反射率を有するアルミ鏡面板を材料とし、圧延時に生じる微細なヘアラインの方向を、上下方向に使用し、ルーバ面の輝度を一段と低くすることに成功している。

図19が研究室の施設写真であり、労働省のガイドライン「ＶＤＴ作業における労働衛生管理のあり方」に述べられている「ＣＲＴディスプレイは、その画面の上端が作業者の眼の高さより下方になるような高さ」において、照明の映り込みは全くない照明条件が得られている。なお直視グレアの厳密な制御のため天井面が暗く感じられ、特に入室時には実測値よりも暗い印象を与えている。

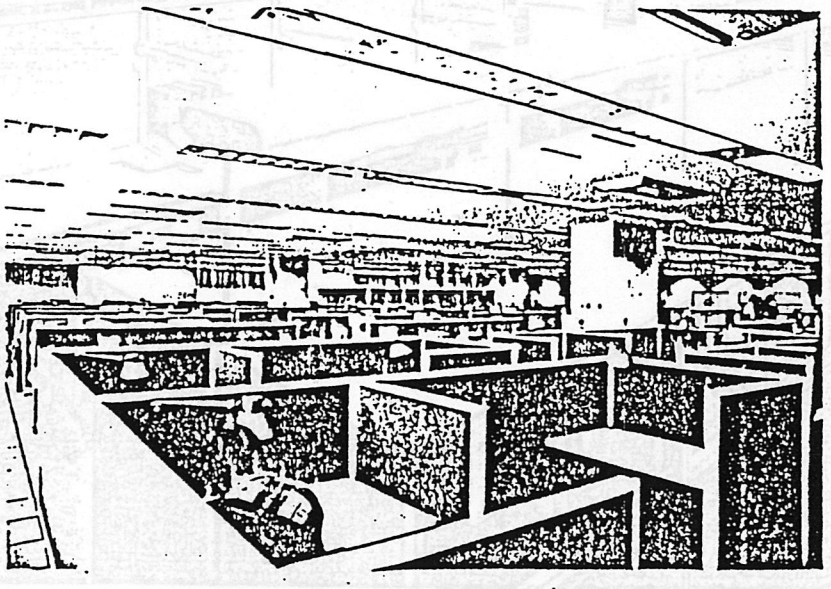


図19　三菱電機(株)情報電子研究所の照明

6.2　タスク・アンビエント照明

(1)　竹中技術研究所大阪支所

現業各部署に密接して各専門分野のスタッフのチームワークによる新しい産業構造に対応した技術開発の場を作り出すことを目的として建てられた技術研究所である。すなわちエルゴノミクスの思想を根底とした効率のよい事務所環境を作ることを目的として設計されたものである

タスク・アンビエント照明は研究室に採用されたものであり、

(a)　ＯＡ機器の操作、書類の作成、他の作業者との打合わせなど多彩な作業形態に対応できる。

(b)　作業や動作形態の時間的な変化にきめ細かく対応できる。

(c)　昼間時に窓からの光を有効に活用する。

ことを目的とし、種々検討の結果得られたのがこの施設であり、図20に施設写真を示す。

（栗田昌延）

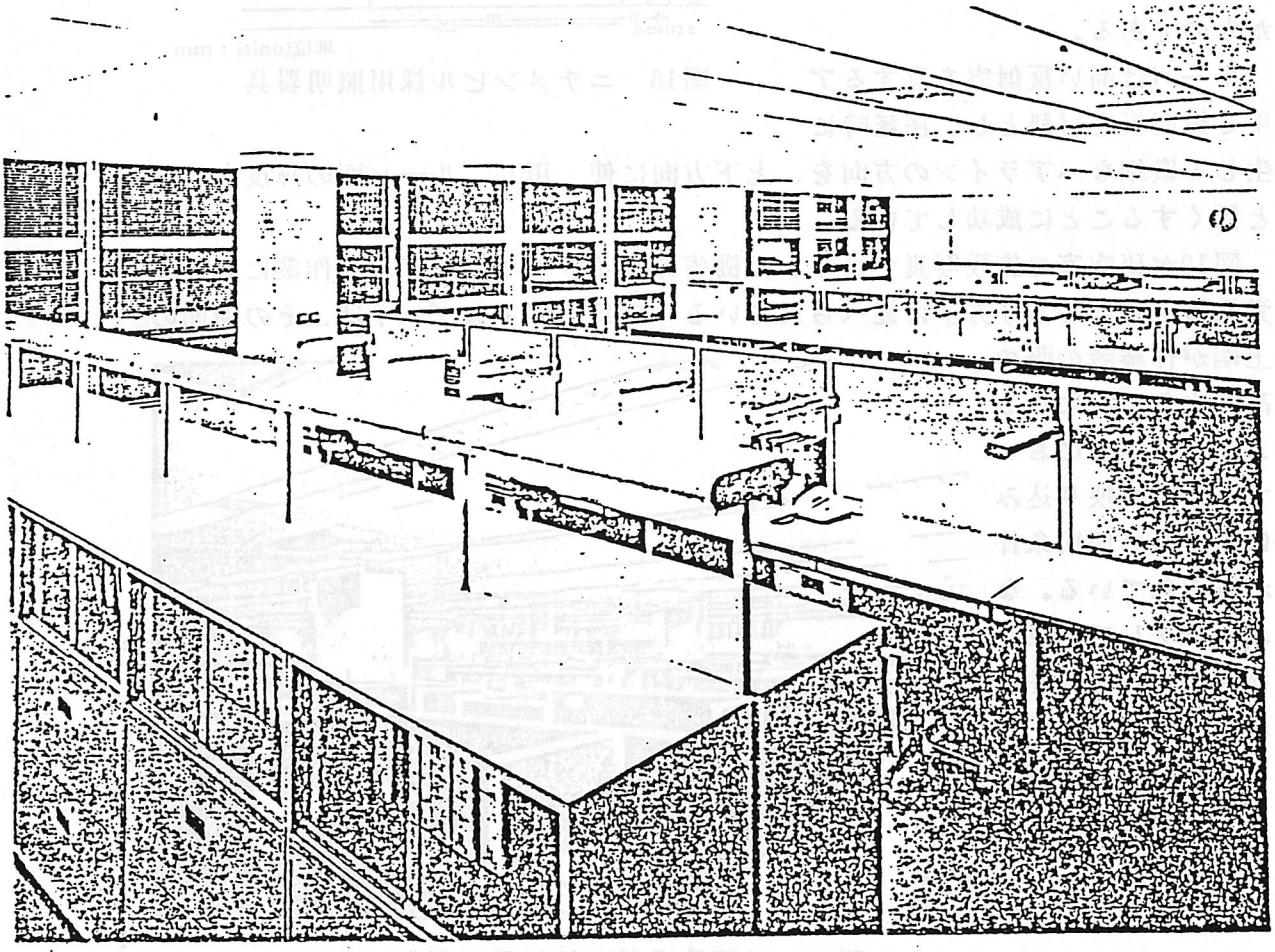


図20　竹中技術研究所大阪支所研究室の照明

参考資料

(1) 茨城、常陽銀行事務センター・電算室の照明改修

(2) 北海道新聞社のディスプレイターミナル室の照明

(3) 鹿島石油(株)、鹿島精油所制御室（新設）

(4) 日本相互証券株式会社大阪支店のＯＡパラコンフォート照明

(5) イトーキ・ＯＡセンターの照明（東京）

7．現行の規格

本章では、各国で制定されているＶＤＴ機器を使用する施設の照明に関する規格、基準の概要について述べる。

ＶＤＴに関する研究が１９７０年代の後半から始められ、スウェーデンは世界で初めてディスプレイ作業に関する法令を制定した。これが１９７８年に制定された「表示装置の読取作業に関する法令」である。このなかで、定常的なディスプレイ作業の作業面照度は２００～３００lxが適切であること、室内の照明が暗い場合には照度レベルが調節できる補助照明を用意すること、視野内には極端な照度の差を生じないようにすることなどが規定されている。その後、スウェーデンではいくつかのＶＤＴに関する法令が制定され、現在、「計算機の表示装置に関する法令」を審議中である。

１９８０年に入り、世界各国でＶＤＴについて規格化、あるいは推奨基準の動きが活発になった。

わが国においても１９８４年に、労働省が「指標（ガイドライン）としてのＶＤＴ作業における労働衛生管理のありかた」を発表、続いて１９８５年には通産省・機械情報産業局局長の諮問則間である機械安全化・無公害化委員会のなかのＶＤＴ分科会がＶＤＴ分科会報告書「マン・マシン・インタフェースとしてのＶＤＴ」を発表した。このほか、わが国では、照明学会においてＶＤＴに関する調査研究委員会が１９８３年に「新時代に適合する照明の調査研究委員会」の分科会のひとつとして発足し、１９８４年にはＶＤＴ作業に対する照明の基準をまとめた。

7.1　ＶＤＴ作業に対する照明の基準

(1)　キーボードや入力用原稿に対する照度

入力用原稿面、キーボードなどの水平作業面の照度は５００～１０００lxとする。

ただし、次のいずれかの場合には、各面の照度をその１.５倍程度増加させることが望ましい。

(a)　特に細かい作業あるいは輝度対比の低い作業を長時間にわたって行なう場合、

(b)　高年令者など視機能の劣る作業者がいる場合

なお、作業が比較的単純で、作業時間が短い場合には、上述の照度をその０.７倍程度まで減少させてよい。

(2)　ＣＲＴ表面の鉛直面照度

ＣＲＴ表面の鉛直面照度は２００～５００lxの範囲とする。

(3)　照度均斉度および輝度の分布

ＶＤＴ作業の水平作業面における照度均斉度（最小照度／平均照度）は　０.７以上とすることが望ましい。ＶＤＴ作業に補助照明を用いる場合には、補助照明単独の最大照度（Ｅmax／Ｅ）を３以下とすることが望ましい。

また、作業対象物とその周辺との間には極端な輝度の差がないようにする。

(4) 照度の連続性

隣接する室と室、または室と通路それぞれにおける人工照明による水平面照度のうち、照度の低い側の平均照度の値は高い側の平均照度の０．２倍以上あることが望ましい。

(5) グレアの制御基準

一般の事務室に用いられる照明器具のグレアは表１に示すような３種類に分類される。

Ｇ１：拡散パネルまたはプリズムパネル、あるいはルーバなどによってグレアを充分制限した照明器具

Ｇ２：水平方向からみたときに、ランプがみえないようにグレアを制限した照明器具

Ｇ３：ランプが露出するなど、グレアを制限していない照明器具

これらの照明器具のうち、ＶＤＴ作業を行なう事務室の照明器具は、グレア分類Ｇ１に属し、鉛直角６０度以上の領域の輝度が２００cd/m²以下に制限された照明器具を用いる。ただし、最小観測角が７０度以上になるような奥行の狭い部屋の場合にはＧ２を用いてもよい。

輝度の高い照明器具や採光窓がＣＲＴディスプレイ面に映りこむ場合には、これらの反射像が作業者の視野に入らないような位置にＶＤＴを配置するか、あるいはブラインドやカーテンを設けてこれをなくするようにする。また、作業者が高齢な場合にはグレアの防止に特に留意することが必要である。

(6) 光源の光色と演色性

全般照明に用いる光源の色温度は３５００～６５００Ｋの範囲を原則とする。また、同一室内あるいは隣接する場所に使用する全般照明用光源は同一色温度のものであることが望ましい。

一般事務作業を行なう場所に使用する光源の平均演色評価数Ｒａは６０以上とし、演色性の重要な作業区画に使用する光源の平均演色評価数Ｒａは８０以上とすることが望ましい。

(7) 室内各面の仕上げ

ＣＲＴディスプレイ面への照明器具の映りこみを避けるあまり、室全体が暗い感じになりすぎないようにする。そのためには、天井、壁などをできるだけ明色に仕上げ、相互反射による拡散光を多くする。これが不十分な場合には、さらに天井や壁を補助照明により明るくなるように配慮する。

7.2 各国の規格

現在、各国で制定されている、あるいは制定されつつある基準、規格、推奨基準を表５～表７に示す。

（金谷末子）

表5

	要　　因	ＥＣＭＡ規格(案)(1984)	ＤＩＮ 66234 (1980～1985)	ＣＩＥ Publication No.60 (1984)
照明	水平面照度 (キーボード・原稿面)	300 lx ～ 500 lx	ＤＩＮ5035Tail2では300 lx，ＤＩＮ5035Tail2では500 lx 以上を規定している。ついたて等で遮へいした場合でもこの値を確保すること。 1000 lx 以上は補助照明による。	300～1000 lx
	鉛直面照度 (ＣＲＴディスプレイ面)	―――	―――	―――
	反射防止	画面に直射光があたらないように、窓にはカーテン、ブラインドを使用。	・管面に映るものの平均輝度は200cd/㎡以下、室内面の最高輝度は400cd/㎡以下とする。 ・窓は透過率の低いカーテンでおおい、窓と視線を平行になるように配置する。 ・ＶＤＴ機器は窓から離す。	高輝度反射による影響を低減するために、下記の方法のいずれかを用いる。 ・ポジティブ表示とする。 ・ＶＤＴを高輝度物体が映り込まない場所に設置する。 ・ＶＤＴ画面を局部的に遮蔽する。 ・室内から高輝度物体を除去する。 ・ＶＤＴ表面に反射グレアを低減するような処理をほどこす。
	作業対象物と周辺部の輝度比	窓と向き合わない方がよい。	・陰画表示で反射防止策を講じたとき、比較的暗い画像表示がしばしば避けられない。そのため原稿、キーボードと画面との間に非常に大きな輝度対比の3：1が発生しかねない。 注：この輝度比の上限値の指示は現在では一般にまだ不可能である。輝度や色彩が一様すぎると単調な印象を生ずる。天井0.7、壁0.5、床0.2が典型的反射率である。	・ＣＲＴディスプレイ、キーボード、入力用原稿の周辺の反射率を0.2～0.5程度にする。 ・天井の反射率は0.7以上、壁0.5～0.7、床0.3程度にする。 ・ブラインドやカーテンの反射率は0.5～0.7程度にする。
	照明器具	カットオフ角50度以上を推奨。窓に対して平行配列。	・カットオフ角50度以上の照明器具の輝度を200cd/㎡以下とする。映り込む場合、天井から遮光板をたらしたり、ついたてを後に立てて管面に映り込まないようにし、そのときでも、300 lx 以上の机上面照度は維持する。	・カットオフ角45～55度、カットオフ角以上で照明器具の輝度は200cd/㎡以下とする。
	その他の特記事項			眼の焦点調節状態を変化させるものは、眼の休息のために有効である。

表6

	要因	ANSI（案）	NIOSH（No.81－129）（1985．3）	照明学会（VDT作業に対する照明基準）（1985．3）
照明	水平面照度（キーボード・原稿面）	作業領域での作業面照度は200～500 lxとする。 読みにくい原稿や非常に細かい作業を行なう場合には局部照明を用いる。	500～700 lx オペレータが照明レベルを調節でき、文字の読み書きを行なう場合には300～1200 lxが適している。700 lx以上の照度レベルで使用するときには、室内の全般照度も増加させるほうがよい。	500～1000 lxとする。ただし、特に細かい作業あるいは輝度対比の低い作業を長時間継続する場合や、高年令者など視機能が劣る作業者がいる場合には、各面の照度を1．5倍程度に増加させることが望ましい。
	鉛直面照度（CRTディスプレイ面）	―――	300～500 lx VDT作業域として300～700 lxが良い。	200～500 lx
	反射防止	・反射防止処理をしたディスプレイを使用する。 ・高輝度光源（窓や輝度の高い照明器具）がオペレータの視野に入らないようにディスプレイを配置する。	・窓のカーテン、シェード、またはブラインドを閉める。特に日光が窓に直射する間は明るくなりすぎないため、反射を避けるために必要である。 ・VDTの位置は窓や照明器具の位置を考慮し、これらの反射像が見えないように配置する。 ・スクリーンフードの利用 ・グレア防止フィルタの利用	・輝度の高い照明器具や採光度がCRTディスプレイ面に映りこまないようにVDTを配置する。 ・ブラインドやカーテンを用いる。 ・作業者が高年令の場合にはグレアの防止に特に留意する。
	作業対象物と周辺部の輝度比	周辺視野における高輝度の光源をさける。	1：10以下にすべきである。この条件は照度レベルを推奨範囲に設定し、かつ作業域内で反射の強い面を使わないようにする。ただし、反射率をを下げるために濃い色彩を過剰に使用することは、従業員を暗い気分にするおそれがある。 またVDTの向きにき注意し、視野にまぶしさが入らないようにする。	VDT作業の水平作業面における照度均斉度（最小照度／平均照度）は0．7以上にすることが望ましい。 また、作業対象物とその周辺との間には極端な輝度の差が生じないようにする。
	照明器具	配光制御した照明器具、あるいは間接照明器具を用いる。	・照明器具は埋込形を使用する。器具の下面をバッフル等でカバーして光源がグレア源になるのを防ぐ。特殊カバーを取り付けて光を下へ向ける。 ・適正な間接照明を用い、多少反射グレアがあるにしても、グレア源となる可能性を制限できる。 ・スクリーンに水平方向に当る照明は反射しないように低くする。	・グレア分類G1に属し、鉛直角60度以上の領域の輝度が200cd／m²以下に制限された照明器具を用いる。ただし、最小観測角が70度以上になるような奥行の狭い部屋の場合にはグレア分類G2の照明器具を用いてもよい。
	その他の特記事項			

表7

	要因	日本産業衛生学会（VDT作業に関する勧告）（1985．7）	労働省（VDT作業のための労働衛生上の指針）（1985．12）	通産省（マンマシンインターフェイスとしての表示装置）（1985．3）
照明	水平面照度（キーボード・原稿面）	・300～1000 lx の範囲で容易に調節できること。 ・必要に応じて補助照明を設置すべきである。	300～1000 lx	人工照明による平均照度：300～700 lx 作業が長時間にわたり精密になる場合には1000 lx 程度の高い照度にすることが望ましい。
	鉛直面照度（CRTディスプレイ面）	――	陰画表示のCRTディスプレイを用いる場合のディスプレイ画面は500 lx 以下とする。	人工照明による平均照度：100～500 lx
	反射防止	・反射グレアは防止すること。	・直接太陽光が入射するなどの高輝度の窓についてはブラインドまたはカーテン等を設ける。 ・CRTディスプレイ面に高輝度の照明器具・窓が映りこむ場合には a) CRT画面の前後の傾斜 b) CRTディスプレイにフードまたはフィルタを取付けること。 c) 反射防止形CRTディスプレイを用いること。	CRTディスプレイ面に採光窓が反射して見えかたの低下を生じないように、採光窓をCRTディスプレイ面に対して直角に近い方向に配置すると同時に (1)室内照明には充分にグレアを制限した照明器具を使用する。 (2)反射防止処理を加えたCRTディスプレイを用いる。
	作業対象物と周辺部の輝度比	・作業者が作業姿勢や作業動作を変えても照明条件による視覚的負担が増大しないように設計すべきである。	CRTディスプレイ画面、書類やキーボード面における明るさと周辺の明るさの差はなるべく小さくすること。	(1) CRTディスプレイとキーボードおよび原稿など視対象物間に極端な輝度比がないことが望ましい。 (2) 視対象物とその周辺との間にも極端な輝度比がないことが望ましい。
	照明器具	――	グレア分類G1またはG2の低輝度形照明器具や間接照明が推奨される。	グレア分類G1に属し、かつカットオフ角度60度以上の領域の輝度が200cd／m²以下に制限された照明器具を使用することが望ましい。
	その他の特記事項	・適用範囲：CRTだけでなく、他の表示デバイスを用いたすべてのVDTに適用される。		アイレスト・ポイント（眼の休息点）を設ける。

8．今後の課題

長時間ＶＤＴ作業に伴う眼精疲労や局所的身体負担などの改善策として、情報表示部の性能向上、照明などによる視環境の整備、作業管理上の対応など種々な方面からの検討が進められている。これらの様子は、前章までに各分野の専門家が詳しく報告されているが、まだまだ未解決の問題点も数多く残されている。特に、情報表示条件と作業視環境の最適性は、今までの照明基準での検討だけでは決定できない点が見られる。次に列記する点に関しては、今後の検討課題として、照明学会が中心となって、方針を明確に示す必要がある問題点のように思われる。

(1)　ＣＲＴのような発光走査型の情報表示輝度の測定法

通産省からのガイドラインでは、市販の輝度計で表示文字の輝度分布を詳しく測定することが難しいため、特定領域を均一に発光させた部分の平均輝度で、各表示条件の輝度値を定めている。このような便宜的な輝度測定に対して、実際の表示文字の輝度分布に存在する高輝度成分が、情報受容時での視機能に与える影響も考慮すべきであるという意見も強い。測定装置の制約内で、生体への刺激状態が適切に表現できる方法を見出すことは仲々難しいが、空間・時間的に変化する刺激を単一数値で示す場合の基準条件は、是非明確にさせておくことが、ディスプレイの適正条件を定める上でも要求される。

(2)　ディスプレイのちらつきとＣＦＦの関係

通常のテレビ画像を観察する条件と比べて、表示情報を近距離から高い注視度で、頻繁に注視点を移動させて見るＶＤＴ作業では、ＣＲＴのちらつきが問題になる。更に、生理的な研究報告から、ＣＦＦ以上の点滅刺激でも神経系への影響が見られるという考え方もあり、点滅刺激の生体への影響を再検討する必要が出て来た。照明に於いても、蛍光灯のちらつきが同じ問題を与え、高周波数点灯のスタンドも発売され始めた。蛍光灯が使用され始めた頃に、この問題は一応の解決を見たようにも思われるが、人間の知覚以上の高周波数点滅刺激が一体どのような影響を生体に与えるのかは、光源を提供する照明関係者が責任を持って解明しておくべき問題である。

(3)　情報表示の視認性と視覚負担の関係

道路標識などの情報表示の良否と、文庫本などの読み易さとを同じ実験結果から判定することは無理であるように、ＶＤＴにおける情報表示条件を視認性からだけで議論することは問題が多い。ただ、ＶＤＴ作業による視覚負担を定量化する方法（フリッカ値、調節時間変動など）にしても、過度な刺激に伴う視機能低下を尺度にしており、情報受容時の視覚負担を示しているのかどうかは不明で、単なる視認性の検査法よりは目的に合っているという程度である。今後、生体での情報受容・処理効率とそれに伴う負担の関係を調べ、適格な定量化法を見出すことが要求されると共に、主観的な心理評価による作業条件の検討に関しても、各種定量化法との対応を調べ、人間と機械系の整合状態を評価する方法の適合性を吟味することが必要である。

(4) 作業空間内の適正照明条件が作業者機能も含めて設定可能な装置

作業者から見た作業空間の輝度分布が同時に測光でき、作業上に影響を与える有害グレアの発生除去、情報表示部とその周辺の適正輝度分布などが自動的に設定され、快適な作業照明条件が作り出せるシステムの開発が要求される。特に、作業者は自己にとって最適な照明条件とはどういうものか、また作業によって自己の視機能がどのように変化するのかは殆ど解らない場合が多いことも考慮して、簡易な視機能検査チャートなどを併用し、作業者の状態に整合した環境条件が設定できるシステムも必要である。完全な適正条件を望む前に、情報表示条件と作業時間によって順応が変化する様子をフィードバックできるシステムを実現させるだけでも、過度な表示条件になりがちなＶＤＴ作業を、もう少し快適なものに改善することが可能と思われる。

以上に示した問題点は、ＶＤＴ作業に限らず、表示情報を能動的に利用する生活環境の整備には必要な問題であるが、共通した課題は、ＶＤＴなどを利用する人が自己の生体状態をどのようにして知り、その状態に適合した視環境条件を決める物理量を見出すかにある。人間はその機能面の適応性から種々な生活環境に順応する能力を持っているため、ＶＤＴ作業で問題になっている環境整備はかなり神経質的な側面もある。しかし作業年令の拡大や新しい刺激条件の出現も考慮すると、本報告書で述べられている条件は少なくとも満足させる必要はあるように思われる。技術レベルの低い場合と異なり、技術向上が期待できる状況では、人間が機械に合わせて生活するような状況はできる限り少なくすべきである。

（畑田豊彦）