新時代における照明の調査研究

報　告　書

昭和６０年３月

社団法人　照　明　学　会

ま　え　が　き

昭和５８年度に、財団法人東電記念科学技術研究所からの助成により「新時代における照明の調査研究」を行ない、主としてＶＤＴ施設の照明要件と高齢化社会に対応すべき照明方式について、1年間鋭意研究を行ない、昭和５９年３月までの成果を、報告書としてまとめ、東電記念科学技術研究所に提出した。しかし何分にも今までこれらの問題に関してほとんど研究がなされていなかったこと、１年間という限られた期間に完成することは無理であったため、途中で一応の成果をまとめざるを得なかった。

昭和５９年度は「新時代の照明環境研究調査委員会」を組織し、新時代に適合する照明環境の要件に関する調査研究を行なうため、再度東電記念科学技術研究所からの助成を受けて、各種視作業に対する必要照明条件の調査研究と視環境整備におけるグレア制御基準の調査研究を行なった。

前者は各年齢層に対する閾値を綿密な測定と快適性の調査、後者はＯＡ室など最近の事務室の各種のＯＡ機器に対する各基準等に適合する視環境を新設、既設に対しどのように設計施工するかを調査研究し、その成果をまとめたのが本報告である。

昭和６０年３月

社団法人　照　明　学　会
新時代の照明環境研究調査委員会
委員長　栗　田　正　一

目　　次

研究調査委員会 …… 1
研究調査の目的 …… 1
委員会の構成と経過 …… 2
第１編　各種の視作業に対する必要照明条件の調査研究 …… 4
1.　研究の主旨 …… 4
2.　年齢と生理機能 …… 5
3.　視力と視作業 …… 10
3.1　視力と可読閾 …… 10
3.2　視力と読みやすさ …… 15
3.3　年齢と明視性 …… 16
4.　近距離視力の測定 …… 20
4.1　近距離視力測定装置 …… 20
4.1.1　順応視野 …… 20
4.1.2　視　　標 …… 23
4.1.3　順応輝度 …… 24
4.2　近距離視力測定方法 …… 25
4.2.1　観 測 者 …… 25
4.2.2　測定方法 …… 26
5.　近距離視力測定結果 …… 27
5.1　明るさと視力 …… 27
5.2　年齢と視力 …… 30
6.　視作業と必要照度 …… 38
6.1　視作業と視対象 …… 38
6.2　視対象と必要照度 …… 39
6.3　年齢と必要照度 …… 40
7.　年齢と視作業 …… 43
8.　視作業と照明方式 …… 45
8.1　事務所の照明方式 …… 45
8.1.1　一般オフィスの照明 …… 45
8.1.2　ＯＡオフィスの照明 …… 46
8.1.3　タスク・アンド・アンビエント・ライティング …… 49
8.2　学校の照明方式 …… 49
8.3　工場の照明方式 …… 50
9.　ま と め …… 53

付録 1.　用語の解説 …… 54
付録 2.　参考文献 …… 54
第 2 編　視環境整備におけるグレア制御基準の調査研究 …… 55
1.　研究の主旨 …… 55
2.　事務作業における視環境整備の必要性 …… 57
2.1　人間の要求と快適性 …… 57
2.2　オフィスの大空間化 …… 57
2.3　窓の効用の変化 …… 58
2.4　オフィスの工場化 …… 58
3.　光と視覚 …… 59
3.1　光 …… 59
3.1.1　照度と輝度 …… 60
3.2　眼の光学的構造とその機能 …… 60
3.2.1　角　膜 …… 60
3.2.2　瞳　孔 …… 60
3.2.3　水晶体および調節機能 …… 62
3.2.4　網膜の構造 …… 63
3.2.5　視覚の特性 …… 63
3.3　視覚系の情報の取りいれかた …… 68
3.3.1　視野・有効視野 …… 68
3.3.2　眼球運動 …… 69
3.4　ま　と　め …… 70
4.　視環境に関する一般的事項 …… 71
4.1　照度のレベル …… 71
4.2　明るさの一様性 …… 72
4.3　グレア …… 73
4.4　ＣＲＴ映像など鏡面反射性の物体の表面に生ずるグレアに類似した現象 …… 75
4.5　色彩（光源の演色性） …… 76
4.6　陰　影 …… 76
4.7　ちらつき（フリッカ） …… 77
5.　屋内照明におけるグレアとその防止 …… 78
5.1　照明器具のグレア …… 78
5.2　屋内照明のグレア防止 …… 78
5.2.1　照明器具のグレア分類 …… 78
5.2.2　種々の作業に対して推奨できる照明器具のグレア分類 …… 78
5.3　反射グレア及び光幕反射 …… 81

5.3.1　反射グレア …… 81
5.3.2　光幕反射 …… 81
5.4　窓のグレア …… 81
6.　ＶＤＴ作業に関連するグレアの防止 …… 83
6.1　表示デバイスの種類と照明 …… 83
6.1.1　表示デバイスの種類 …… 83
6.1.2　自発光形デバイスと非発光形デバイス …… 83
6.2　ＶＤＴ作業に関連するグレア …… 83
6.3　ＶＤＴ作業の視野構造との問題点 …… 84
6.4　ＣＲＴの輝度特性と表示形態 …… 85
6.4.1　ＣＲＴの輝度と輝度対比 …… 85
6.4.2　ポジティブ表示とネガティブ表示 …… 86
6.5　拡散反射によるグレアとグレアに類似した現象とその防止 …… 88
6.6　鏡面反射によるグレアとグレアに類似した現象とその防止 …… 88
7.　視環境整備におけるグレアの制御基準と関連する照明の基準 …… 89
7.1　グレアの制御基準とグレアに類似した現象の防止 …… 89
7.1.1　一般の事務室に対するグレアの制御基準 …… 89
7.1.2　ＶＤＴ作業に対するグレアの制御基準 …… 89
7.2　関連する照明の基準 …… 90
7.2.1　一般の事務室に対する照明の基準 …… 90
7.2.2　ＶＤＴ作業に対する照明の基準 …… 91
8.　ＶＤＴ作業照明の実験的検討とその実施例 …… 92
8.1　日本航空㈱予約センターの業務内容 …… 92
8.2　照明設計の考え方 …… 93
8.2.1　基本事項 …… 93
8.2.2　照明設計のプロセスのフロー …… 93
8.3　照明器具の検討 …… 93
8.4　照明効果の検討 …… 98
8.4.1　机上面照度および照度均斉度 …… 98
8.4.2　ＶＤＵの見え方 …… 99
8.4.3　オフィス照明環境 …… 99
8.4.4　保守管理 …… 100
9.　今後の課題 …… 101

付録 1.　用語とその解説 …… 102
付 1.1　基本用語、基本単位 …… 102
付 1.1.1　基本用語 …… 102
付 1.1.2　基本単位 …… 102
付 1.2　グレア関連用語 …… 103
付 1.3　照明器具関連用語 …… 104
付 1.4　照明設計関連用語 …… 105
付録 2.　ＶＤＴ機器の現状 …… 107
付 2.1　表示デバイス産業の現状 …… 107
付 2.2　ＣＲＴ …… 108
付 2.2.1　電子銃の改良による高精細度化 …… 108
付 2.3　グレアの低減 …… 109
付 2.4　ちらつき（フリッカ）の減少 …… 110
付 2.5　ＣＲＴ以外の平面ディスプレイ …… 112
付 2.5.1　ＬＣＤ（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）…… 112
付 2.5.2　ＶＦＤ（Vacuum Fluorescent Display：蛍光表示管）…… 112
付 2.5.3　ＰＤＰ（Plasma Display Panel：プラズマディスプレイ）…… 113
付 2.5.4　ＥＬＰ（Electro Luminescent Panel：エレクトロルミネセントパネル）…… 113
付録 3.　ＣＲＴディスプレイの視覚的所要条件 …… 114
付 3.1　文字の見やすさ …… 114
付 3.2　表示装置における文字の提示条件 …… 114
付 3.2.1　文字の構成と形 …… 114
付 3.2.2　文字の大きさ …… 115
付 3.2.3　文字間隔と行間隔 …… 115
付 3.2.4　大文字と小文字 …… 115
付 3.2.5　フォーマット …… 116
付 3.2.6　解像度とボケ …… 116
付 3.2.7　ネガティブ表示とポジティブ表示 …… 117
付 3.2.8　輝度と輝度対比 …… 118
付 3.2.9　色 …… 120
付 3.2.10　不安定要素 …… 120
付録 4.　参考文献 …… 121

研 究 調 査 委 員 会

研究調査の目的

今後我が国は、高齢者の割合が急速に増え、平均寿命の延長と共に世界の長寿国の仲間入りをすることになる。高齢化社会の到来といわれるめえんである。一般に視作業に対する視環境条件は年齢と共に変化するといわれているが、高齢化社会の到来を目前に控え、いまだ確たる資料のないのが現状である。そのため、高齢者の近距離視力が年齢の上昇によってどのように変って行くか、また、高齢者が視作業を行なう場合の必要照度、注視する対象物（文字、数字、記号など）の大きさ、輝度、および背景輝度との対比はどの位が適当であるかなど多くの問題を解決する必要がある。特に高齢化に伴う近距離視力の測定は、現在まだその測定法も確立されていないので、測定装置として如何なるものが適当であるか、医学的・工学的に検討を行ない、その条件にかなう測定装置を試作し実験を行なった。

また一方、企業における製造部門の生産性向上は著しいものがあるが、それに反し事務部門での生産性向上は遙かに遅れているといわれる。

最近、情報化社会到来の掛声と共に事務部門合理化のため、オフィス・オートメーション（以後ＯＡと略す）機器の導入が各企業で計画されている。この場合、ＯＡ機器を使用する作業場所の環境が人間工学的な最適条件を十分満たしているかどうかが大きな問題といえる。特にＯＡ機器に於いてはＣＲＴなどのＶＤＴによって視覚に訴える方式が多く採用されているため、照明工学の立場からＶＤＴ使用場所の視環境条件の整備についてグレアの影響及びそれらの制御の方法について調査研究を行なった。

本研究委員会は、我が国がこれから当面する２つの問題を１年間にわたり、実験、調査し、その結果をまとめた、これらについて従来、我が国にはほとんどその研究実績がないのが実情であり、従ってこの成果は非常に貴重なものであり、又有益なものであると信じている次第である。

委員会の構成と経過

委員会の構成（五十音順）

委員長	栗田正一	慶応義塾大学
副委員長	長南常男	中央鉄道病院
幹事	石根完一	東京電力㈱
同	橋本宗久	松下電工㈱
委員	粟田昌延	日立照明㈱
同	池田紘一	東京理科大学
同	石塚直弘	㈳照明学会
同	石井重行	三菱電機㈱
同	乾正雄	東京工業大学
同	笠間勝	岩崎電気㈱
同	斉田真也	製品科学研究所
同	佐々木嘉雄	日本大学
同	高橋貞雄	東芝電材㈱
同	成定康平	松下電器産業㈱
同	野田貢次	㈱ＴＬヤマギワ研究所
同	福田忠彦	ＮＨＫ放送技術研究所
同	藤井克人	法政大学
参加	新井雅之	中央鉄道病院
同	岩田純介	中央鉄道病院
同	藤田邦彦	中央鉄道病院

委員会開催状況

委員会は、次に述べる分科会活動の進展を考慮し、３回開催した。

日　時	会議名	内　容
59. 9. 3 (13:30より)	第１回研究調査委員会	委員会の設立趣旨説明。 分科会メンバーおよび各分科会の調査研究分担の検討、決定。 調査研究のスケジュールの決定。
59. 12. 25 (13:30より)	第２回研究調査委員会	第１、第２分科会各主査からの活動経過、進行状況についての報告の審議。 報告書目次案、執筆分担の調整、審議。
60. 2. 19 (13:30より)	第３回研究調査委員会	第１、第２分科会の調査研究結果報告の審議。 報告書原稿の最終検討。

分科会開催状況

第1、第2両分科会は昭和59年9月～昭和60年2月の期間中、それぞれ4回程度開催し、分担課題について実験および調査により研究を行なった。

分科会の構成

第一分科会

（各種視作業に対する必要照明条件の調査研究）

主査	池田紘一	東京理科大学
委員	猪野原誠	松下電器産業㈱
同	榎本克己	岩崎電気㈱
同	笠間勝	岩崎電気㈱
同	長南常男	中央鉄道病院
同	中村肇	松下電工㈱
同	野田貢次	㈱ＴＬヤマギワ研究所
同	福田忠彦	ＮＨＫ放送技術研究所
同	藤井克人	法政大学
同	吉田博	東芝電材㈱
参加	新井雅之	中央鉄道病院
同	岩田純介	中央鉄道病院
同	藤田邦彦	中央鉄道病院

第二分科会

（視環境整備におけるグレア制御基準の調査研究）

主査	成定康平	松下電器産業㈱
幹事	金谷末子	松下電器産業㈱
委員	粟田昌延	日立照明㈱
同	乾正雄	東京工業大学
同	金子直礼	東芝電材㈱
同	佐々木嘉雄	日本大学
同	斉田真也	製品科学研究所
同	田渕義彦	松下電工㈱
同	伴和生	三菱電機㈱

第１編　各種の視作業に対する必要照明条件の調査研究

1. 研究の主旨

高齢化社会といわれるほど高齢者が増加してきたが、高齢者には精神的肉体的かつ経済的諸問題がある。読書時の照明も、高齢者にとっては日常生活上重要な問題であろう。

高齢になるほど、いわゆる成人病が発生し易く、眼においても水晶体の病気である老人性白内障や網膜黄斑部変性、網膜血管硬化症や緑内障などの病気が増加する。白内障は視力を低下せしめるが、特に７０歳以上の高齢者では、日常生活に不自由するほどではないが大多数の方に老人性白内障が見られ、そのため1.0以上の視力を得難くなっている。

今回は、昭和５８年度の調査研究において製作した近距離視力測定装置を用いて、特に高齢者を主な対象として近距離視力と年齢、順応輝度との関係を検討したので報告する。

本調査研究の観測者は無作為に選ばれたためか、本人が自覚していないにもかかわらず、水晶体の混濁（老人性白内障）があって、視力が1.0未満のものが多く含まれていた。そのため今回の調査結果は、一般の高齢者を対象とした調査と同じ結果であろうと推定され、広く応用されてよいものと信ずる。

2. 年齢と生理機能

加齢に伴ない、身体、行動などに生物学的変化が見られるとともに機能的にも変化が見られる。一般に加齢によって諸機能は低下するが、その程度は機能によって、また、個人個人によって異なる。本節では、生理機能、精神機能にみられる機能衰退の様子を概観する。

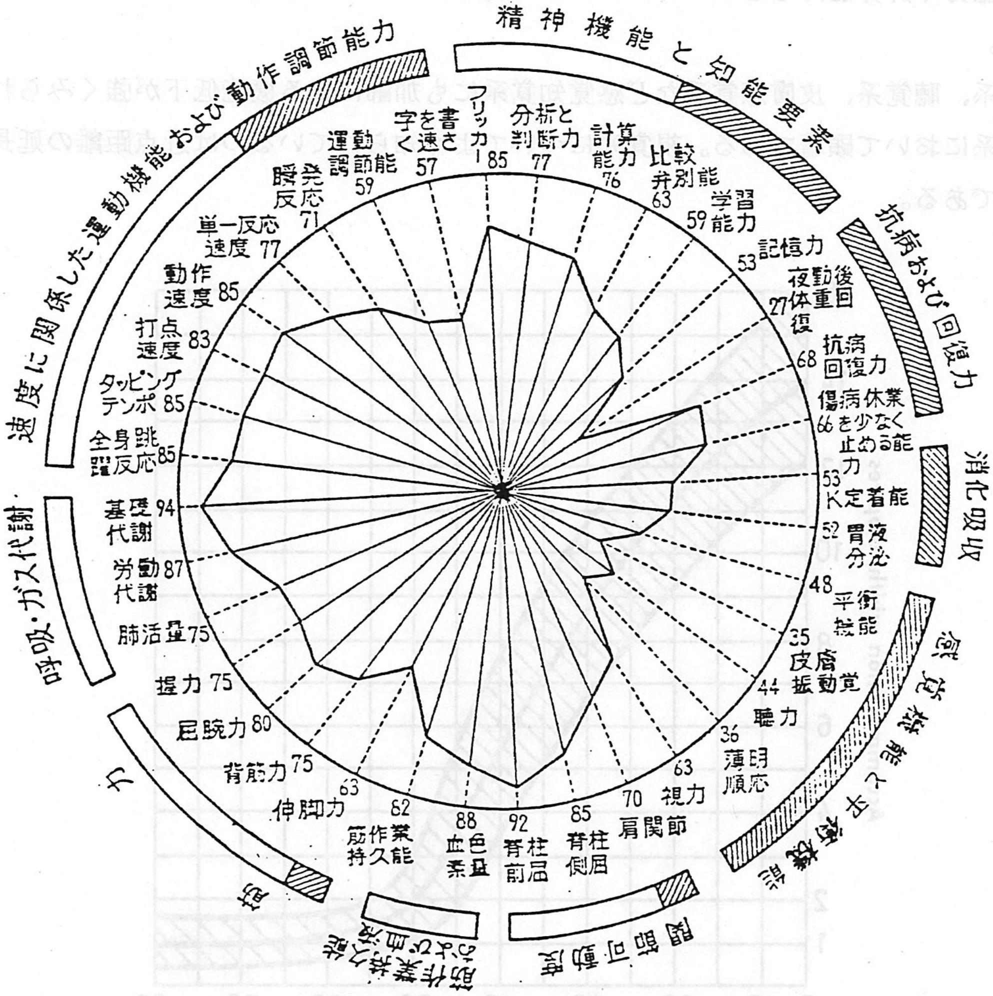


図 2.1　向老者の心身機能の特性 ― ２０～２４歳ないし最高期を基準とみた５５～５９歳者の各種機能水準の相対関係。（斉藤一）[1]

図２－１は、高齢化に伴なって種々の生理機能および精神機能が低下する様子を多角的に示したものである。[1] 図中、円は人間の２０～２４才、または最高期の機能を示し、これを基準にした場合の５５～５９歳の年齢層の機能水準がポリゴングラフによって示されている。また、斜線部は低下が顕著な項目に対応する。

斉藤はこれらの結果から、５０～５５歳の向老者の１５身機能の特性として以下のような特性を推察している。

(1) 視力、聴力、皮膚感覚や眼の明・暗順応などの感覚機能と平衡機能などの低下が著明である。

(2) 筋力では、手や腕の力、背筋力などに比べて脚力の低下が大きい。

(3)　身体の柔軟性では、肩関節の柔軟性低下が目立つ

(4)　速度に関係した運動機能では、習字速度や動作調節機能の低下が大きい。

(5)　精神機能では、記憶力や学習能力の低下が著しい。

(6)　これらに対し、呼吸ガス代謝、手や腕の力、筋作業持久能、大脳中枢興奮水準、分析と判断能力や計算能力などは７５〜８０％の範囲にあって、それほど大きな低下は認められない。

視覚系、聴覚系、皮膚感覚系など感覚知覚系にも加齢による機能低下が強くみられ、とくに視覚系において顕著である。視覚系についてよく知られているのは近点距離の延長すなわち老眼である。

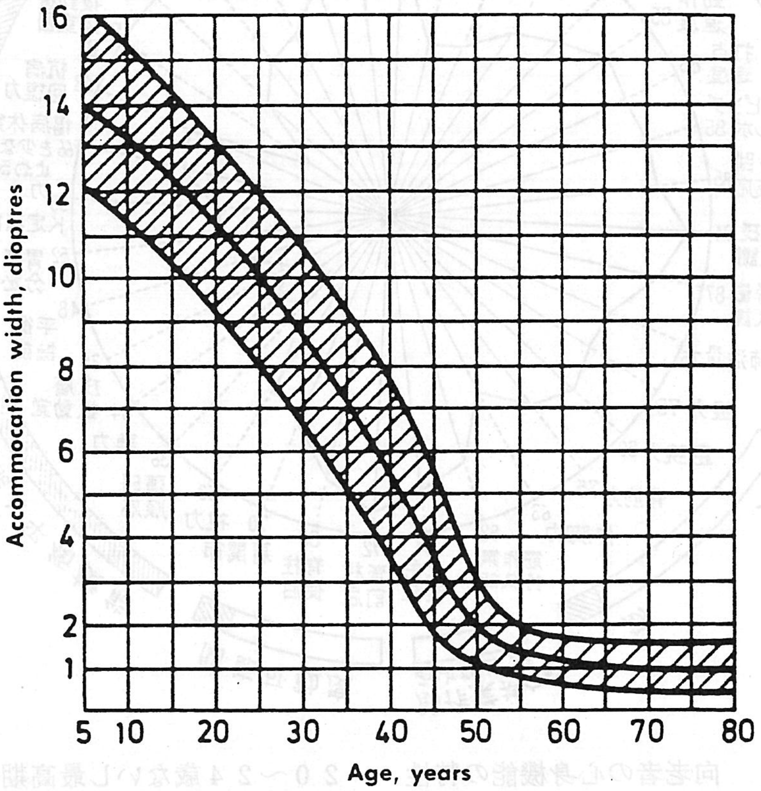


図 2.2　加齢に伴なう調節力の変化
中央の実線は平均値、斜線部は個人間のバラッキを示す。

図 2.2 は、水晶体の調節力と年齢の関係を示している。図のとおり調節力の低下は高年齢者特有の問題というより若年層からはじまっている。 図 2.3 は暗順応の閾値が年齢とともに上昇する様子を示している。夜間視力と関係が深い暗順応の閾値は、老人性縮瞳あるいは網膜黄斑部着色などの理由によって低下することが報告されている。さらに視覚機能については加齢により視野の広さが狭くなること、明滅する光の分解能（フリッカー値）が下がることも知られている。

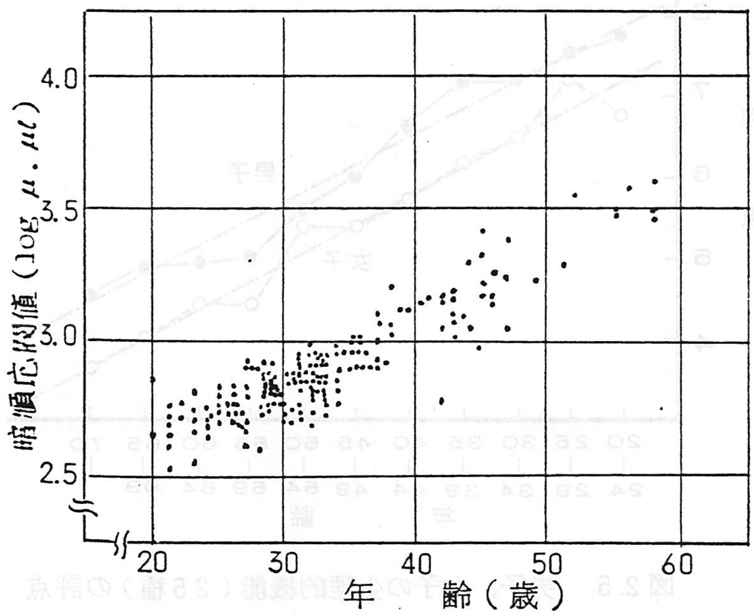


図 2.3　加齢に伴なう暗順応の閾値の変化

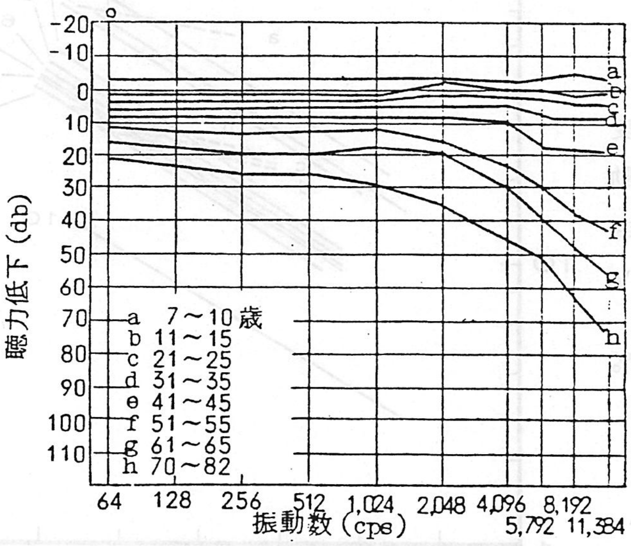


図 2.4　加齢に伴なう聴力の変化

聴力に関しては、図 2.4 のように、2,000 Hz 以上の高い周波数領域で特に低下が顕著である。

このように種々の生理機能は年齢とともに変化するが、その変化の模様について、大島は２５種類の機能を評点化し、図 2.5 のような結果を得た。さらにこの機能の年齢変化をいくつかの項目に分けて

変動率すなわち、

$$V = 100 - \frac{\text{ある年齢階級の機能}}{\text{20〜24才の年齢階級の機能}} \times 100\%$$

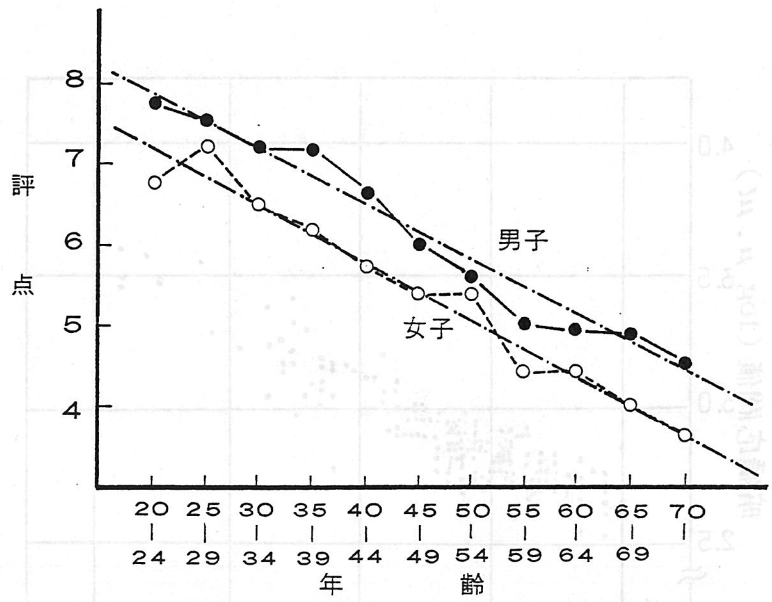


図 2.5　男子、女子の生理的機能（２５種）の評点の平均の年齢的な衰退（農村人５００名）

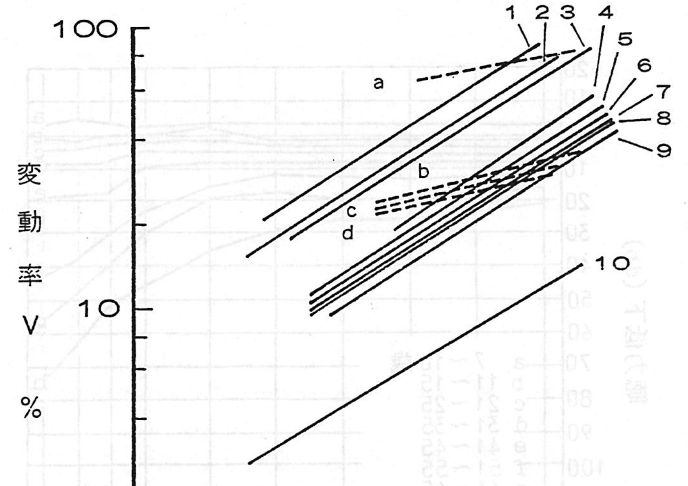


図 2.6　　年齢と機能の変化との関係

ａ：聴力（高年齢層）　ｂ：フリッカー値

ｃ：最高血圧　　　　ｄ：最低血圧

１：聴力（低い年齢層）　２：片足直立時間

３：皮膚の電気抵抗（手掌部）　４：呼気力

５：背筋力　６：握力　７：筋の協調応

８：反応時間　９：Tapping数　１０：負荷時脈拍数

農村人男子　２５０名

で示すことにより、図2.6のような結果を得た。これにより各種生理機能は一般式ｌｏｇＶ＝ａＡ＋ｂで表わされること、さらに機能の年齢変化にみられる法則性は表 2.1のようにまとめられることを示した。

表 2.1　機能の年齢変化にみられる法則性

1. 対数の法則
   機能の年齢的衰退は対数の法則に従うこと。
2. 機能の伸展と衰退との相互関係を支配する法則
   伸展の順序と衰退の順序とは必ずしも一致しないこと。
3. 分散の法則
   分散の年齢変化に一定の傾向のあること。
4. 原因累積の法則
   生理的年齢の比較をすると年齢が長ずるに従ってだんだん両者のひらきが大きくなってくる。これは原因が累積してゆくものであることを示している。

生理機能の中には早く衰退するものと遅く衰退するものがあるが、視覚・聴覚は表 2.2に示されるとおり割合早く衰退するものであることがうかがわれる。

表 2.2　有意差を生ずる年齢（大島）[4)]
（20～24歳の年齢階級を基準とする）
（農村人男女計５００名）

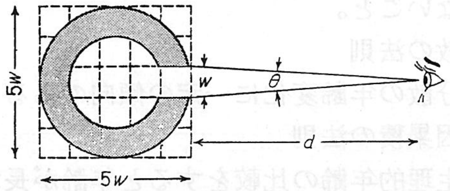
35～39歳で有意の差を生ずるもの
遠距離視力、近距離視力、フリッカー値（Flicker value）、聴力。
40～44歳で有意の差を生ずるもの
眼の屈折力、Tapping数、最低血圧、出生回数。
45～49歳で有意の差を生ずるもの
左右の握力、反応時間、歩行速度、手掌の皮膚の電気抵抗。
50～54歳で有意の差を生ずるもの
睡眠時間、夜尿回数、最高血圧。
55～59歳で有意の差を生ずるもの
背筋力。
60～64歳で有意の差を生ずるもの
皮膚の弾性。
65～69歳で有意の差を生ずるもの
なし
70～74歳で有意の差を生ずるもの
筋の協調応、膝閾値、歩行偏差、手掌の耐痛時間。

3. 視力と視作業

3.1 視力と可読閾

視力とは視覚系が細かい物を見分けられる限界を示す能力で、1909年に国際眼科学会において、白地上に描かれた外径 7.5 mmのランドル環で外径の1/5に相当する線幅を有し、線幅と同じ 1.5 mmの幅の切れ目のある環をようやく認められた場合に視力1.0と定義された。この場合、ランドルト環の切れ目幅が観測者の目に張る視角は1分である。

図 3.1 に示すランドルト環の切れ目幅の視角を θ 分とすると、視力は $1/\theta$ で表わされる。



w：ランドルト環の切れ目幅，d：観測距離，θ：視角

図 3.1　ランドルト環と視角

一般に視力とは観測距離 5 mにおいて測定されるが、観測距離を明確にするために、5 m視力、3 m視力のように区別することもある。また、近距離視力（測定距離約 30 cm）と通常の視力との値は異なり、特に高齢者の場合、眼鏡等を用いても、5 mにおける視力はあまり高くならないことが知られている。

また、視力は観測者の順応している輝度によっても変化し、順応輝度が高いほど視力も高くなるが、図 3.2 に示すように順応輝度が 1000 cd/m² より高いところでは、それ以上視力は高くならない。図 3.2 の曲線は次式によって得られたものである。[5)6)]

$$\theta = 0.3775(0.344 + L^{1/4})^4 / L \qquad (分) \cdots (3.1)$$

ここで、θ は視角（分）、Lは順応輝度（cd/m²）である。さらに視力は視対象の輝度対比によっても変化し、同じ明るさの場合、視対象の輝度対比が高いほど視力は高くなる。図 3.3 に視標の輝度対比ごとの順応輝度と視力の関係を示すが、視標の輝度対比が低い場合、順応輝度を高くしても視力が高くならないことがわかる。[7)8)]

以上のようなことから、一般に明視の条件と言われている、視対象の大きさ、コントラスト、明るさ等は視力にも影響している。したがって、文字あるいは文章を読む際の照明条件を検討する上で、視力をその目安の一つとして考えることが妥当であると推察される。

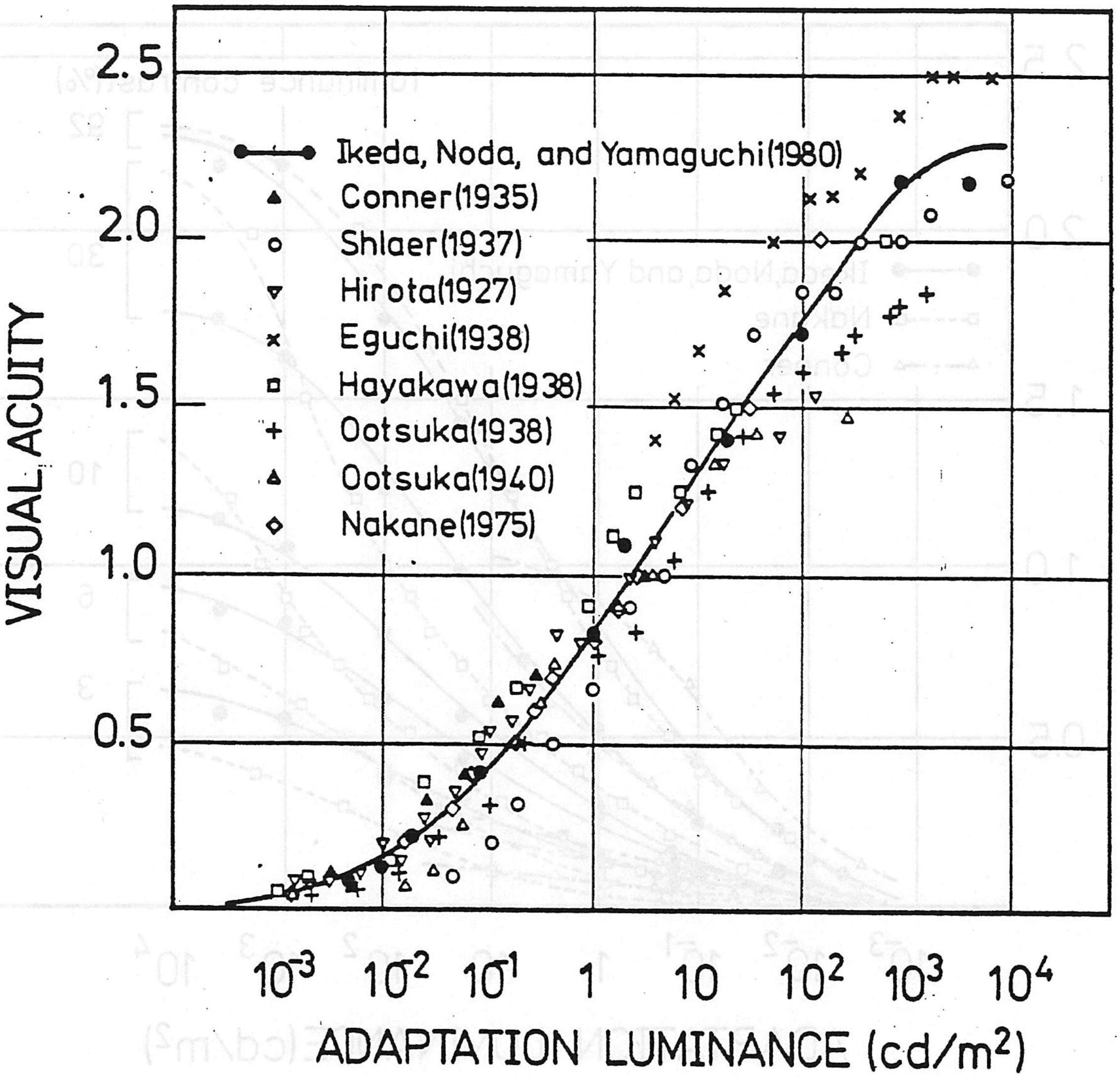

2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
VISUAL ACUITY
Ikeda, Noda, and Yamaguchi(1980)
Conner(1935)
Shlaer(1937)
Hirota(1927)
Eguchi(1938)
Hayakawa(1938)
Ootsuka(1938)
Ootsuka(1940)
Nakane(1975)
10⁻³ 10⁻² 10⁻¹ 1 10 10² 10³ 10⁴
ADAPTATION LUMINANCE (cd/m²)

図 3.2　順応輝度と視力

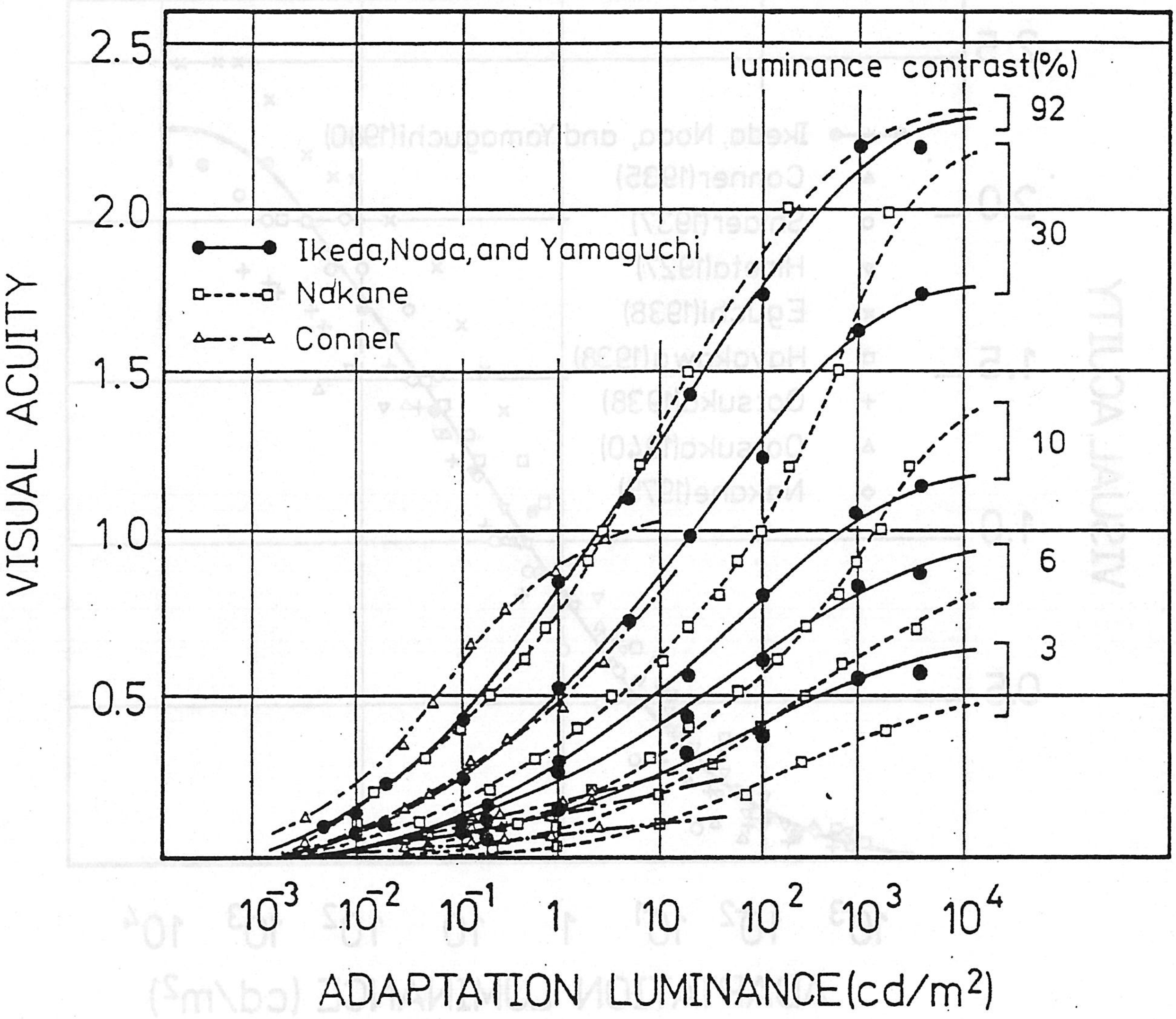


図 3.3　輝度対比別の順応輝度と視力

子 代 東 員 都 場 間 電 激 締
子 代 東 員 都 場 間 電 激 締
子 代 東 員 都 場 間 電 激 締
子 代 東 員 都 場 間 電 激 締

図 3.4　用いた視標の例

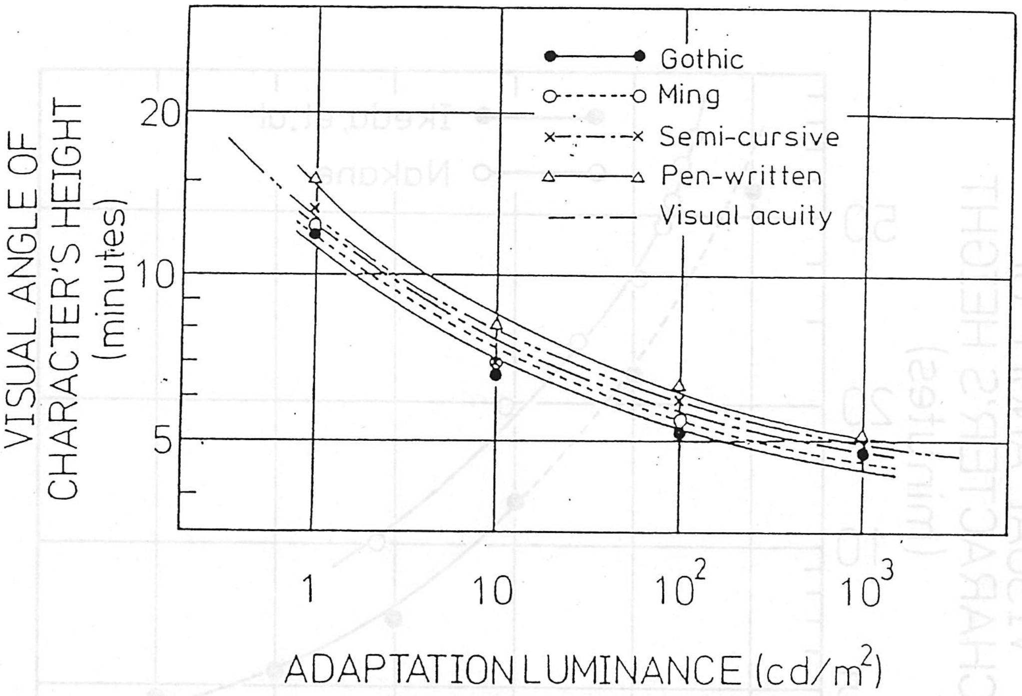


図 3.5　順応輝度と文字の可読閾の関係

視力と文字の可読閾の関係については、二、三の報告しか行なわれていない。池田らは日常良く用いられる漢字の中から４４文字を選び、ゴジック体、明朝体、行書体、ペン字体について、順応輝度と可読閾の関係について調べた。用いた視標の例を図 3.4 に、その結果は図 3.5 に示す。（図中 VISUAL ACUITY とあるのは、ゴジック体の文字の線幅と高さの関係を式(1)に入れた曲線である）書体によって異なるが、視力に比べて可読閾はゴジック体で 9.2 倍、明朝体でおよそ 9.5 倍高くなっている。すなわち、視角１分のランドルト環の切れ目幅を見分けられる順応輝度では視角 9.2 分のゴジック体文字が見分けられることに相当する。

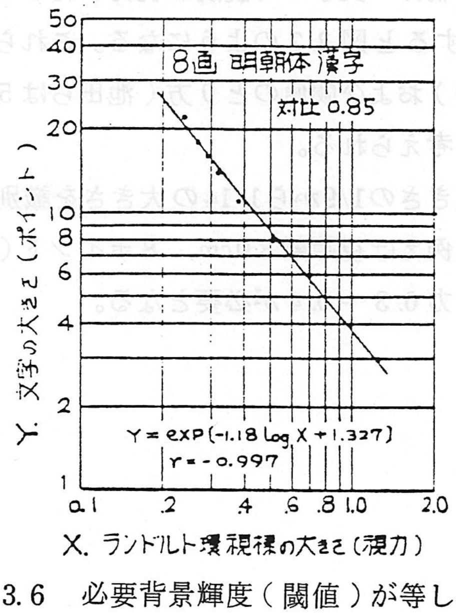


図 3.6　必要背景輝度（閾値）が等しい文字の大きさとランドルト環視標の大きさの関係

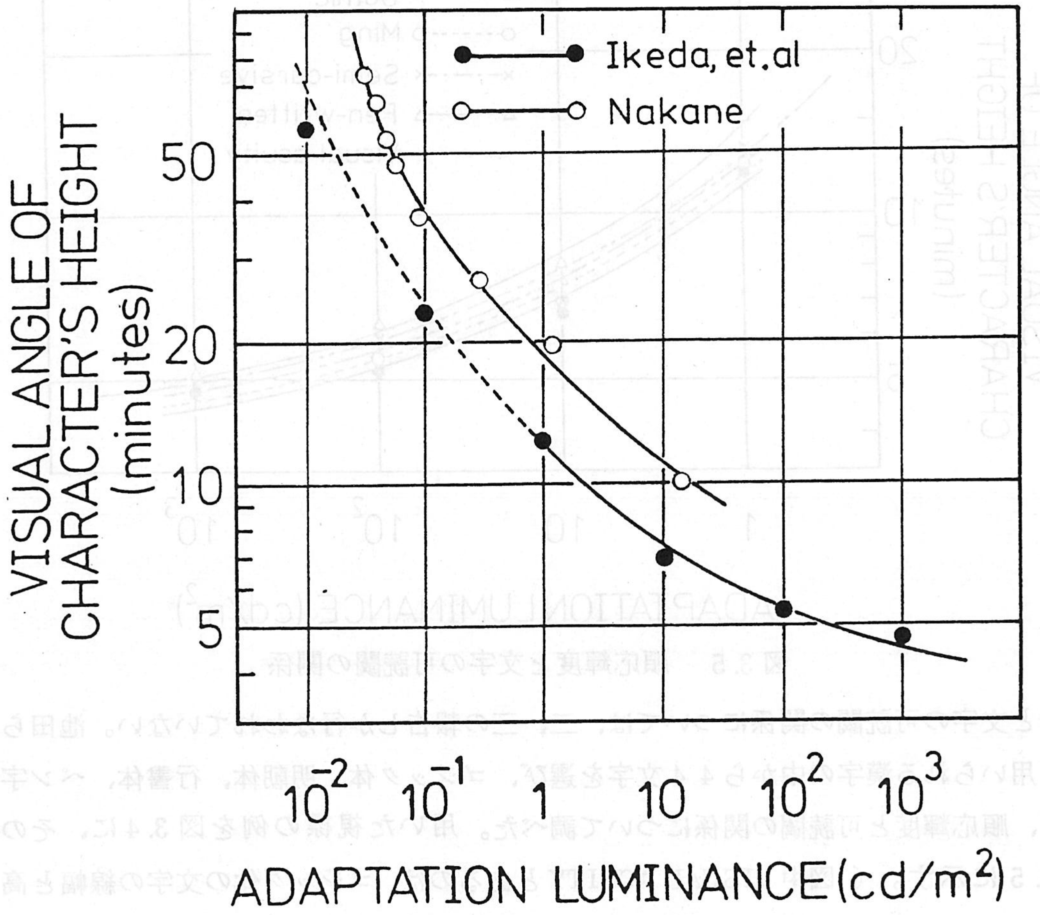


図 3.7　順応輝度と明朝体文字の可読閾

また中根は、８画の明朝体の漢字を視標として視力と文字の可読閾の関係を調べた。[10] 図 3.6に示される関係から、明朝体の文字の可読閾は視力の約１４倍であることがわかる。池田らと中根らの結果を比較すると図 3.7のようになる。これらは実験方法（池田らは恒常法、中根は調整法の上昇系列）および閾値のとり方（池田らは５０％閾値、中根は１００％閾値）等の違いによるものと考えられる。

いずれにしても、文字の大きさの1/9から1/14の大きさを識別する能力（視力）が文字を識別する際に必要とされる。例えば視距離３０cm、８ポイント（１ポイントは0.35146mm）の文字を識別する際には、視力 0.３～0.４が必要となる。

3.2　視力と読みやすさ

視力と文字の読みやすさについてはこれまでにほとんど報告がされておらず、わずかに中根によって行なわれたに過ぎない。3.1で述べたように視力は閾値であり、ある視力を与える順応輝度では、その視力（視角）に相当する文字が識別できても、文字が読み易い明るさにはならない。

中根は、各被験者に８ポイント相当の８画の漢字１００文字、輝度対比８５％の視標を見せて、視認が「普通」に行なえる明るさ、および「最も適する」明るさを被験者自身に調光させて測定した。被験者は１９歳から５８歳までの男女４０名である、これらの結果を図3.8に示す。図3.8は上記のデータをもとに、視力（閾値）を０点、「普通」に読めるを７０点、「最も読みやすい」状態を１００点として整理したものである。

その結果、８ポイント８画で対比８５％の字を視認する時の照度（閾値）は約１ lxであるから、適当な照度の範囲は白熱電球で閾値の５００〜1,４００倍、蛍光ランプの場合、５００〜5,５００倍としている。そして適正照度としては閾値の最低５００倍の明るさが必要としている。

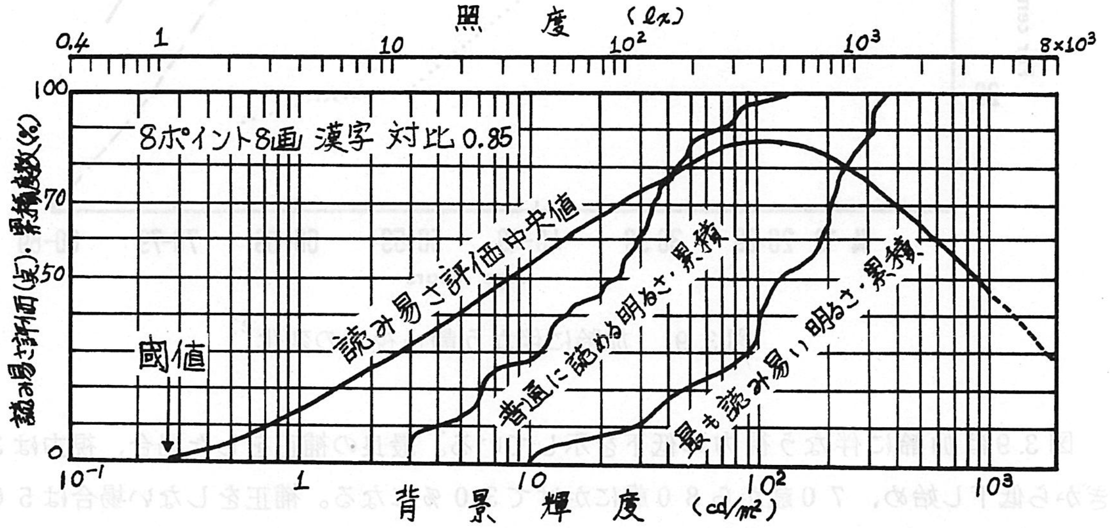


図3.8　視力と文字の読みやすさ

一方、河合らは照度と読みやすさとの関係について研究を行なった。その結果[11]、照度と読みやすさとして、輝度対比８０％、距離３０cmの場合には以下の式が成り立つとした。

$$S = 11 \log E + 49A + 23 \qquad (3.2)$$

ここで、Ｅは照度（lx）、Ａは文字の大きさ（cm）、Ｓは読みやすさの尺度で、Ｓ≧９０で非常に読みやすい、９０＞Ｓ≧７０で読みやすい、７０＞Ｓ≧５５で大体普通に読めるとしている。この関係に８ポイントの文字（Ａ＝2.8１mm）とし、Ｓ＝６６とするとＥ≒４５０（lx）となる。

したがって、上記のことから、文字を読む際には文字を構成する線に対応する視角から視

力を求め、その視力値を与える明るさ（順応輝度）のおよそ５００倍以上の明るさがあれば読みやすいを推定される。しかしこの問題については今後さらに研究が必要である。

3.3　年齢と明視性

前述のとおり視覚機能は１０歳から衰退しはじめるが、経験や視対象に対する馴染みによってある程度までは受容する視覚情報の質が低下しても対象を認識している。

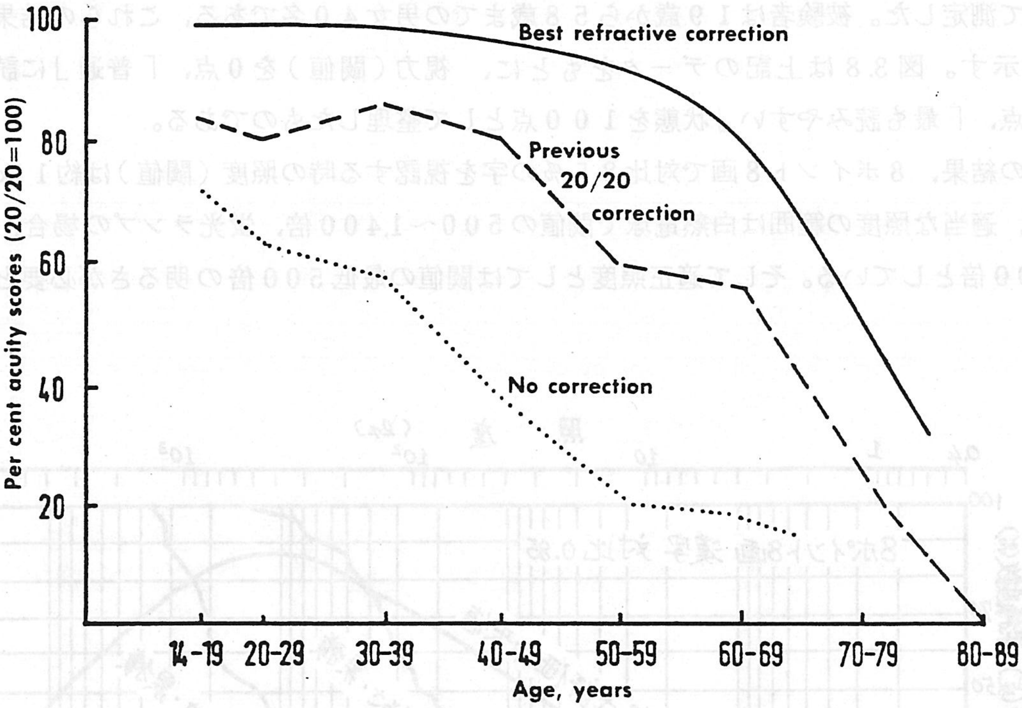


図 3.9　加齢に伴なう静止視力の変化[2)]

図 3.9は加齢に伴なう視力の低下を示している。[2)]最良の補正をした場合、視力は３０すぎから低下し始め、７０歳から８０歳にかけて３０％になる。補正をしない場合は５０歳で２０％にまで低下することが示されている。動体視力も図 3.10のように同様の衰退経過を示すが、５０歳すぎの加齢の効果が大きい。

また、前述のとおり図 3.10のように加齢に伴なって調節機能の低下は著しく、5歳で平均１４ジオプターの調節力が５０歳では２ジオプターに低下する。この値は視距離に換算すると、7 cmと50 cmに相当する。調節の時間応答も加齢とともに遅くなることが知られている。

さらに加齢が進むと眼球内のガラス体液が不透明になる。これは入射光を散乱させ、コントラストを低下させる原因の１つになる。図 3.11 はある作業をする上で必要なコントラストと背景輝度の関係を年齢をパラメーターとして求めた結果である。図のように２０歳台と６０歳台では大きな差が認められる。

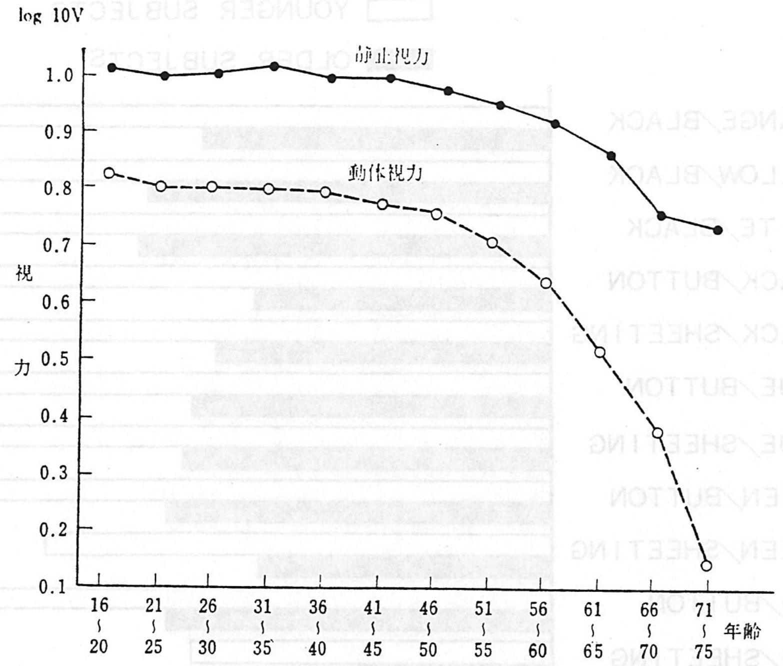


図 3.10　加齢に伴なう動体視力の変化[12)]

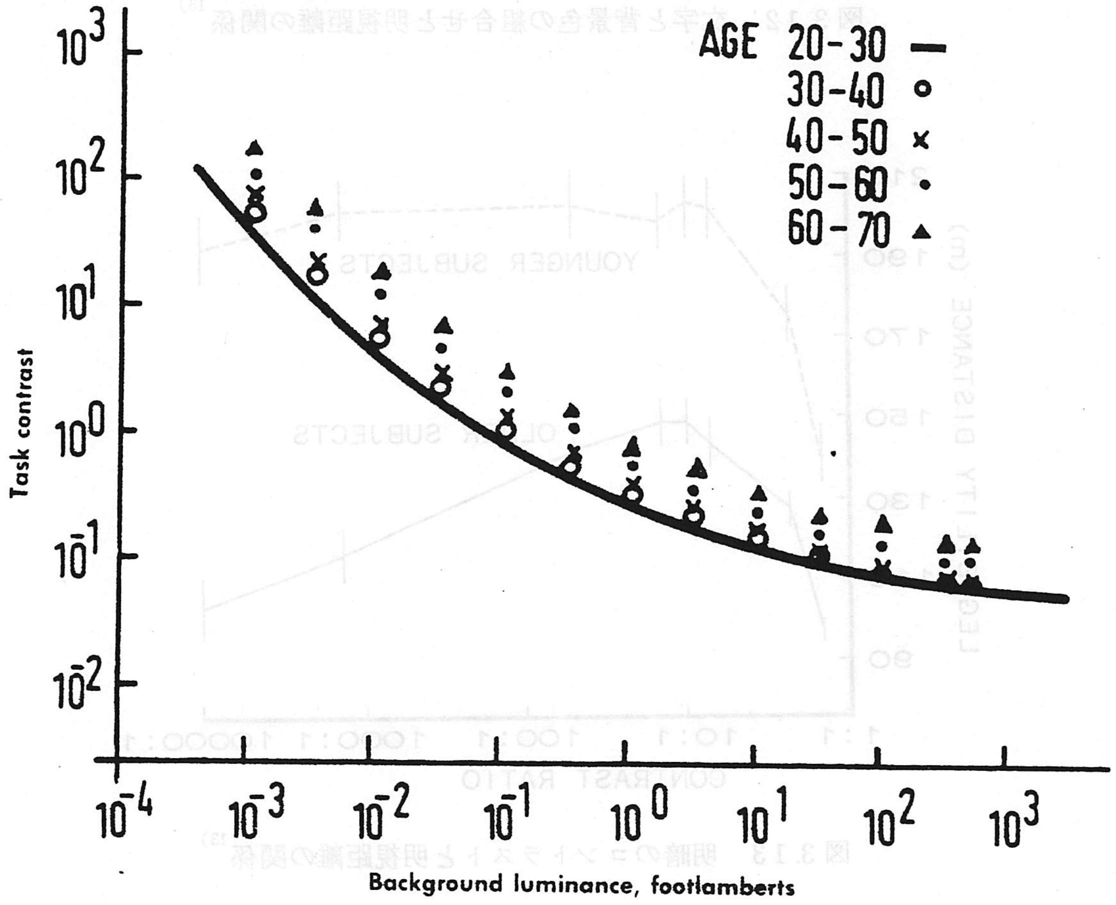


図 3.11　作業をするうえで必要なコントラストと年齢の関係[2)]

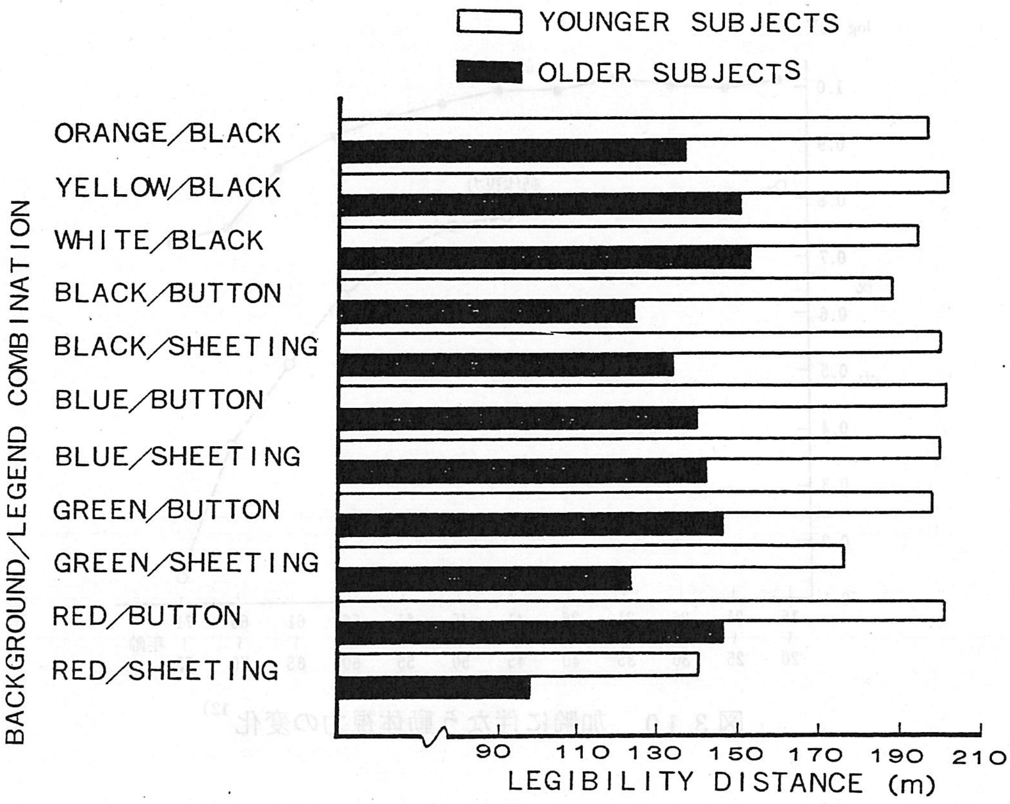


図 3.12 文字と背景色の組合せと明視距離の関係[13)]

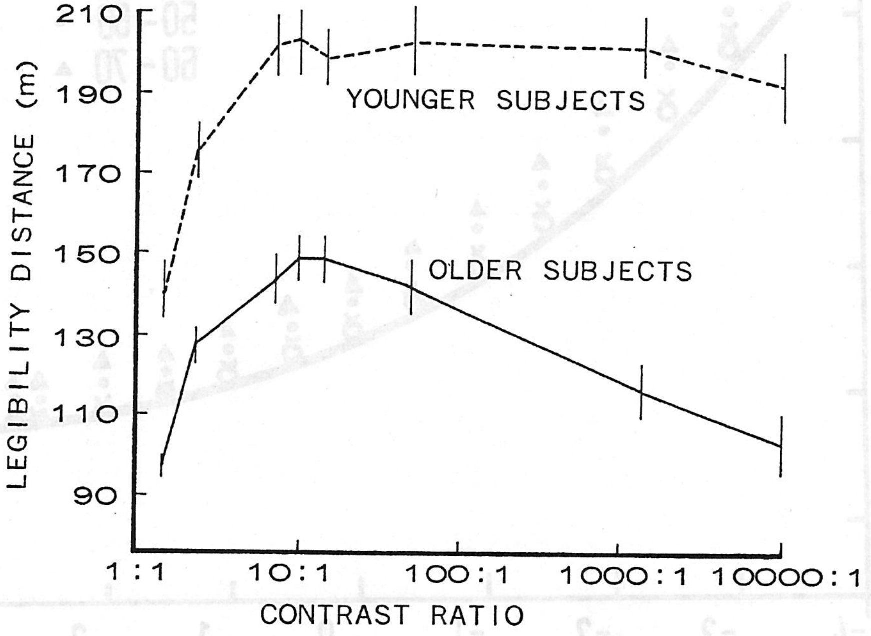


図 3.13 明暗のコントラストと明視距離の関係[13)]

図3.12 、図3.13 は、ハイウェーにおける信号に対する夜間のドライバーの視認性と年齢との関係を示している。すなわち文字Eが読みとれる距離を文字と背景の色の組み合わせやコントラストを変えて測定したものである。背景と文字の色の組み合わせにかかわらず、またコントラストがかわってもつねに若年群の方が老年群より視認距離が長い。[13]

これらの結果は、視認性が問題になる視覚情報の表示や視環境の設計には老人群の特性が不可欠であることを示している。

4. 近距離視力の測定

4.1　近距離視力測定装置

4.1.1　順応視野

視力測定時の順応視野はできるだけ均一な照明であることが望ましいので、日常眼科臨床において視野検査に用いられているゴールドマン型量的視野計の半球状（半径30㎝）の視野面を応用した（図4.1）。

半球状の視野面中央の小窓（直径12㎜）に視表を提示できるようにして、視野面の周辺3カ所（12時、4時、8時の位置）に、順応視野照明用の光源（110V 100Wのハロゲン電球）を設置した（図4.2）。

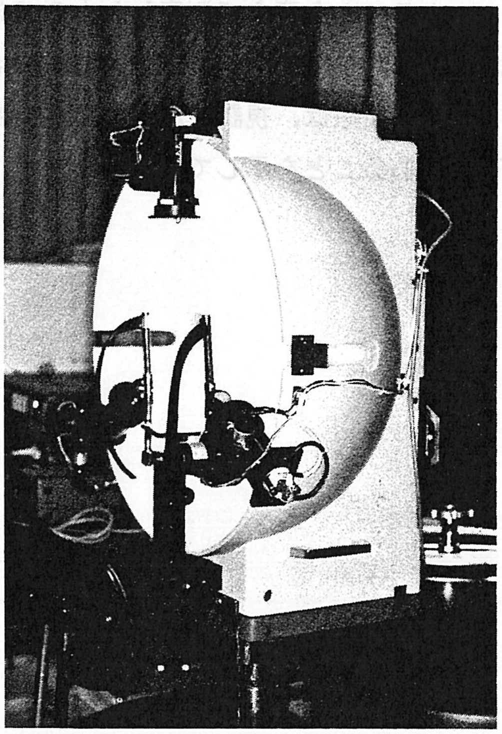


図4.1　近距離視力測定装置
（半球状の順応視野面）

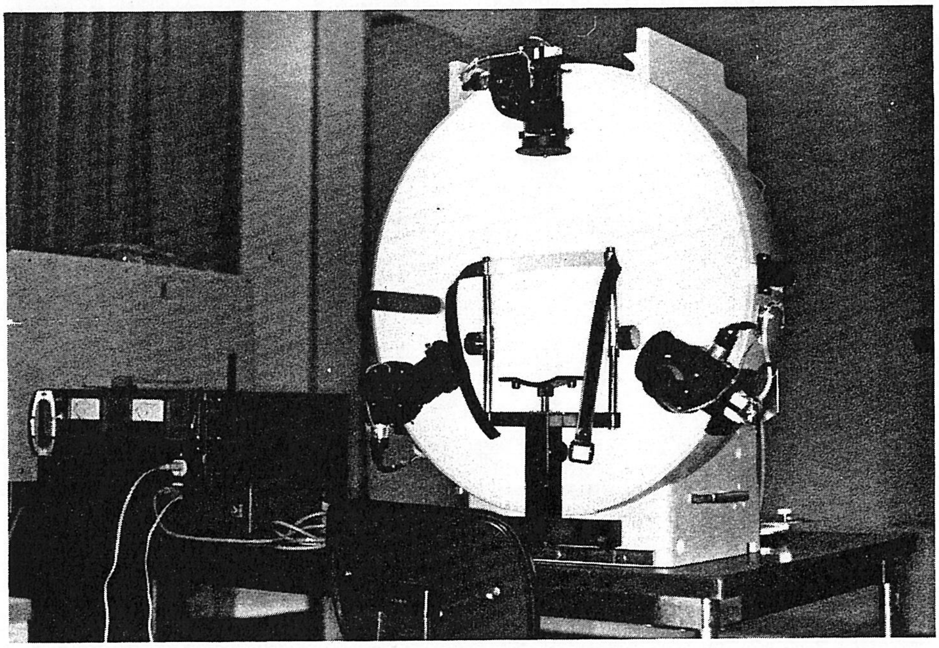


図4.2　順応視野面の照明装置

装置の概略を図 4.3 に示す。

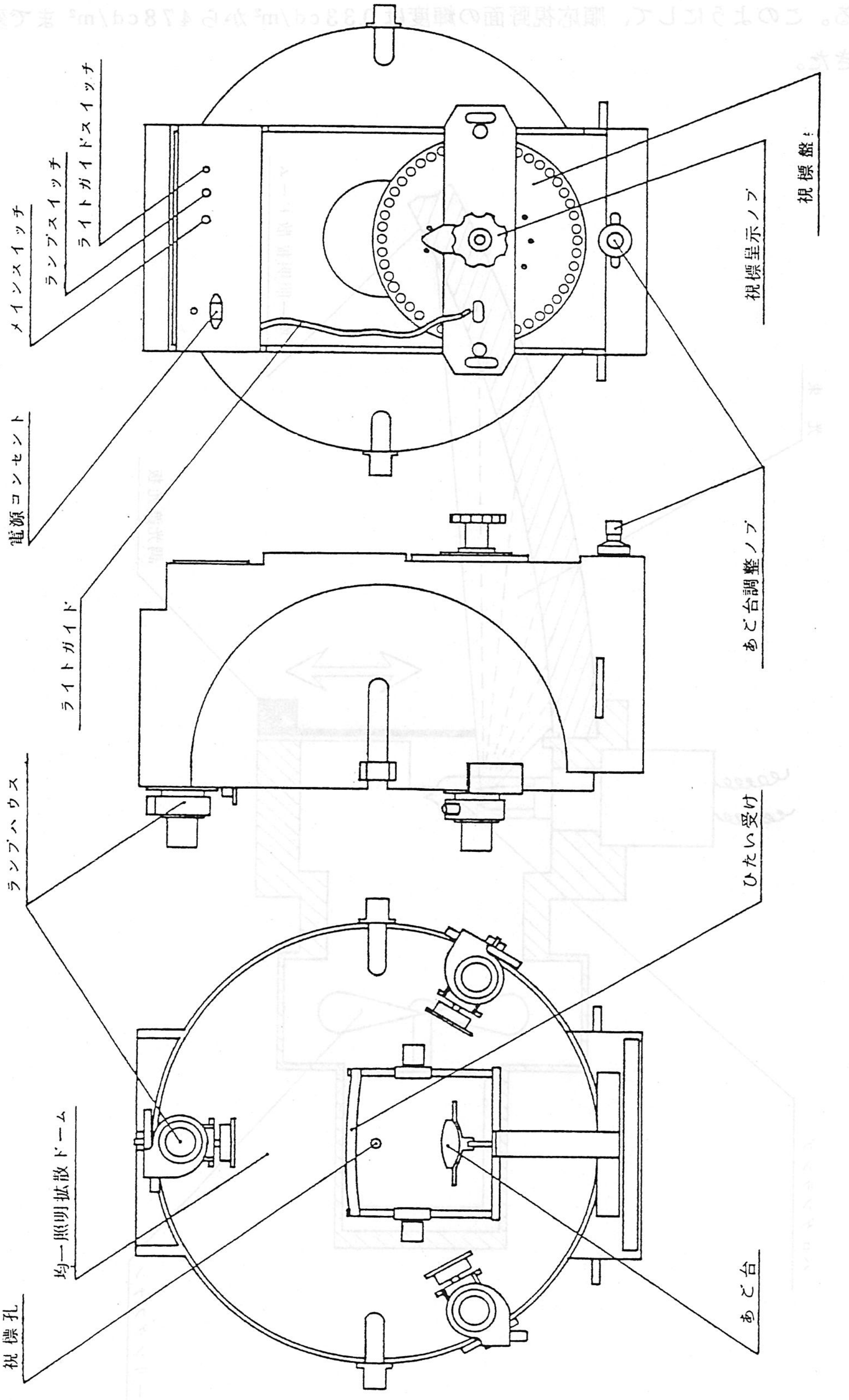


図 4.3　近距離視力測定装置の概要

順応視野面の輝度変化は、照明用光源の周囲に筒状のカバーをつけ、これを移動することにより光量を加減して行なった（図4.4）。照明の増減は筒状のカバーの目盛によって提示される。このようにして、順応視野面の輝度は0.33cd/m²から478cd/m²まで変えることができた。

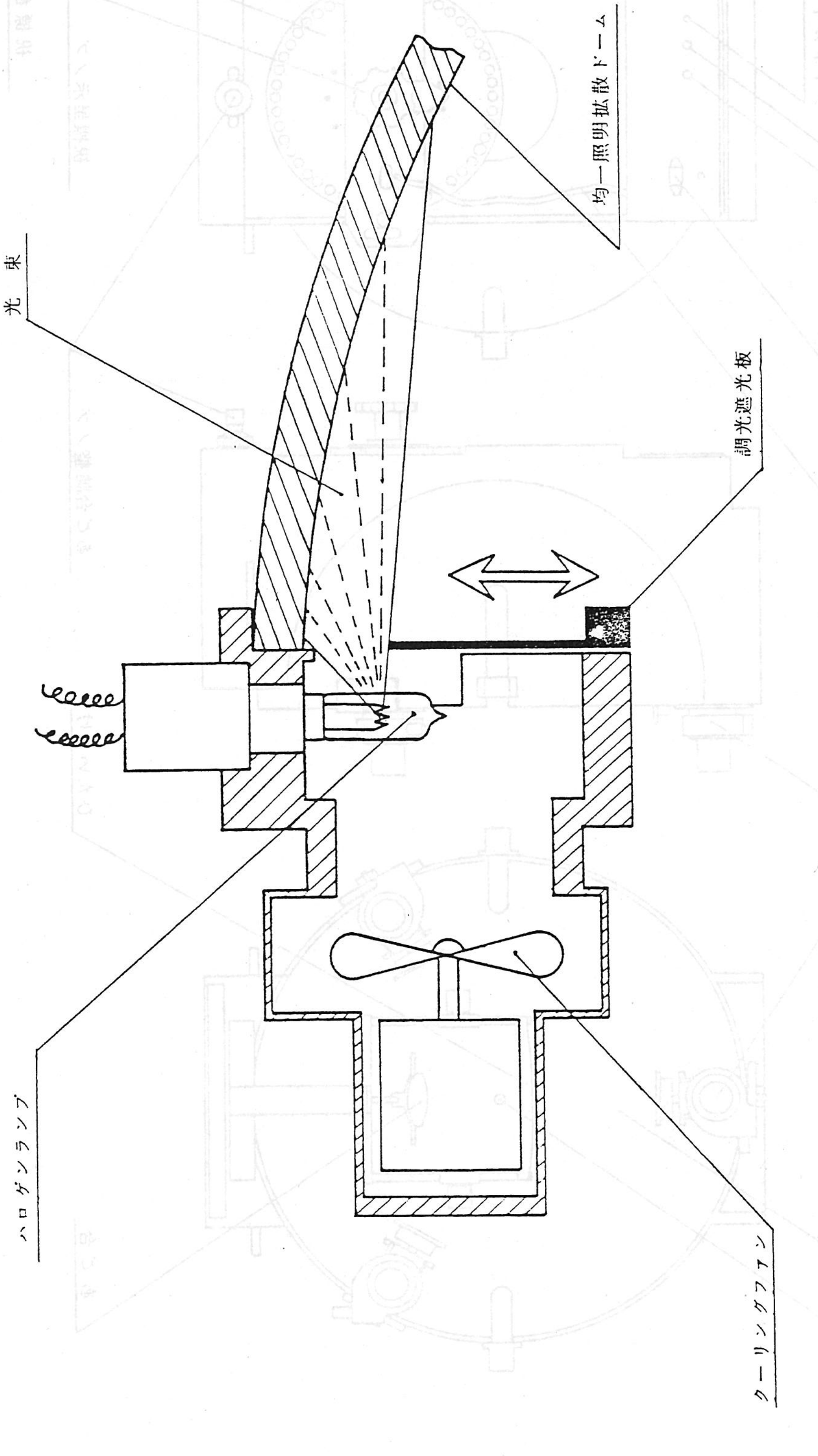


図4.4　調光装置（しぼり）

4.1.2 視　　標

視標はすべてランドルト環とし、視力段階は1.0までは日常使用されている視力表と同じであるが、1.0を越える部分は対数的に等間隔に細分して、1.13、1.3、1.5、1.75および2.0として視力を細かく測定できるように配慮した。

これらの視標は、合計120個となるが、円形の台（直径15㎜）にはられて、3個の円盤の周辺にそれぞれ40個ずつ埋めこまれ、円盤を回転することによって1個ずつ順応視野面の中央に提示できるようにした（図4.5）。視標のランドルト環の切れ目の方向は、上下左右斜方向の8方向で、その方向はat random に決めた。

視標として用いたランドルト環の寸法は、表2に示すように±1.5％以内で極めて正確であった。環の外径、内径は誤差がさらに小さく±0.5％以内であった。

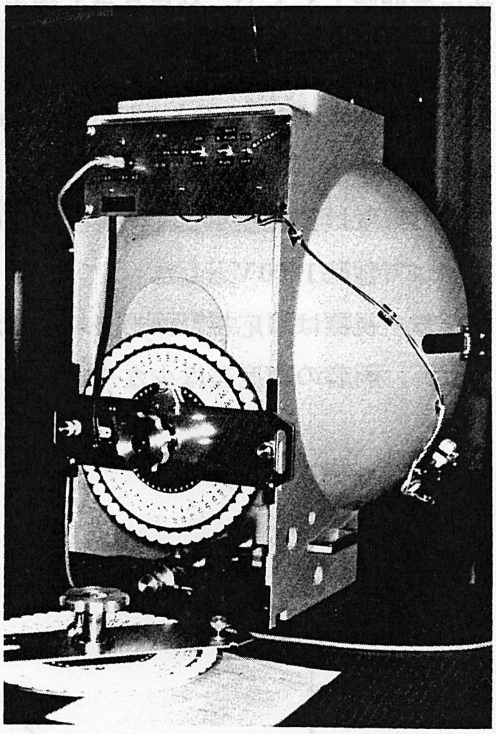


図4.5　視標を埋めこんだ円盤の裏面

表4.1　視標の寸法誤差

視力値	切れ目の幅（㎜） 規格値	切れ目の幅（㎜） 実測値	誤差（％）
0.1	0.9	0.900	0
0.15	0.6	0.600	0
0.2	0.45	0.450	0
0.3	0.3	0.304	+1.333
0.4	0.225	0.225	0
0.5	0.18	0.180	0
0.6	0.15	0.150	0
0.7	0.128	0.128	0
0.8	0.112	0.112	0
0.9	0.1	0.100	0
1.0	0.09	0.091	+1.111
1.13	0.0796	0.0800	+0.503
1.3	0.069	0.0694	+0.580
1.5	0.0599	0.0602	+0.501
1.75	0.0514	0.0517	+0.584
2.0	0.045	0.0454	+0.889

4.1.3　順応輝度

照明用光源の絞り（調光）の目盛と順応輝度との関係を図 4.6 に示す。順応輝度は対数的に等間隔としたが、結局目盛と輝度との関係より 0.33 cd/m²（目盛 0）、0.90 cd/m²（目盛 2）、2.90 cd/m²（目盛 4）、12.50 cd/m²（目盛 7）、34.0 cd/m²（目盛 10）、99.3 cd/m²（目盛 16）、320 cd/m²（目盛 31）および 478 cd/m²（目盛 40）の 8 段階となった。

順応輝度は再現性がよく、実験ごとの誤差は 3 ％以内であった。また電圧は、定電圧装置を介して常時 100V とした。

なお、視標は順応視野面中央の小窓から提示したために、視標面と順応視野面に段差が生じたが、両者の輝度差は少なく無視できる程度であった。

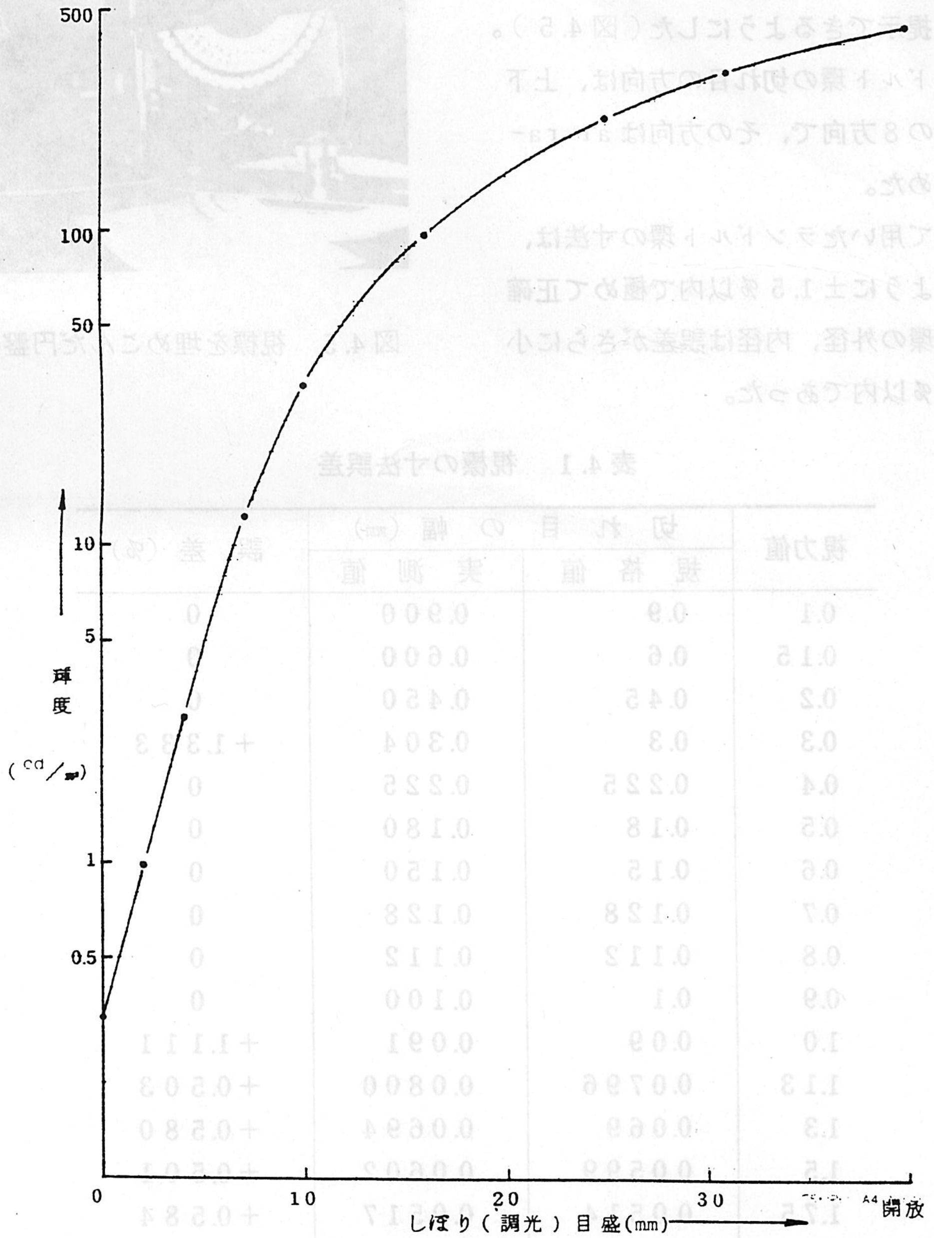


図 4.6　視標周辺輝度としぼり（調光）目盛との関係

4.2　近距離視力測定方法

4.2.1　観 測 者

観測者は、２８歳から８５歳までの男女２９名で、屈折異常以外に眼疾患がなく、矯正によって1.0以上の視力を有するものである。調節力が低下している４０歳以上の者は、３０cm視力（近距離視力）が、1.0以上になるように完全矯正し、近距離視力測定にはこの完全矯正の眼鏡を装用した。

観測者の年齢、視力（５ｍ）および測定時の装用眼鏡の屈折度を表 4.2に示す。

表 4.2　観測者の屈折状態と測定時の装用眼鏡

No.	年齢	左右別	視　力（矯正視力）	近距離視力使用眼鏡	備　考
1	85	右	0.3（0.8×＋0.5D⌒cyl－1.0D 65°）	＋3.0D⌒cyl－1.0D 65°	白内障
		左	0.15（0.4×－1.0D⌒cyl－0.75D 160°）	＋2.50D⌒cyl－2.75D 160°	
2	79	右	0.3（0.4×－1.0D⌒cyl－1.5D 90°）	＋2.0D⌒cyl－1.0D 90°	白内障
		左	0.5（0.6×－0.5D⌒cyl－1.0D 90°）	＋2.5D⌒cyl－1.0D 90°	
3	76	右	0.4（0.8×＋3.0D⌒cyl－1.0D 90°）	＋6.0D⌒cyl－1.0D 90°	白内障
		左	0.4（0.7×＋2.75D）	＋5.75D	
4	74	右	0.9（0.9×＋0.75D）	＋3.5D	白内障
		左	1.2（1.2×＋0.25D）	＋3.0D	
5	72	右	0.5（0.7×＋2.25D⌒cyl－1.0D 120°）	＋5.0D⌒cyl－1.0D 120°	白内障
		左	0.4（0.7×＋2.5D⌒cyl－0.75D 70°）	＋5.25D⌒cyl－0.75D 70°	
6	72	右	0.15（1.2×－3.0D⌒cyl－0.25D 10°）	cyl－0.25D 10°	
		左	0.1（1.0×－3.0D⌒cyl－0.75D 110°）	cyl－0.75D 110°	
7	71	右	0.3（0.6×＋1.0D⌒cyl－1.0D 100°）	＋4.0D⌒cyl－1.0D 100°	白内障
		左	0.8（1.0×＋2.0D⌒cyl－1.25D 100°）	＋5.0D⌒cyl－1.25D 100°	
8	71	右	0.1（0.7×－1.75D⌒cyl－0.50D 135°）		
		左	0.2（1.0×＋2.8D）	＋5.0D	
9	69	右	0.15（0.2×－1.75D）		白内障
		左	0.4（0.7×－0.50D）	＋1.50D	
10	68	右	0.2（1.2×＋0.50D⌒cyl－1.75D 100°）	＋4.25D⌒cyl－1.75D 100°	
		左	0.8（1.5×＋1.00D⌒cyl－1.50D 90°）	＋4.50D⌒cyl－1.50D 90°	
11	67	右	0.5（0.9×＋2.00D⌒cyl－0.75D 85°）	＋4.50D⌒cyl－2.0D 5°	
		左	0.7（0.9×＋2.0D⌒cyl－1.00D 85°）	＋3.25D⌒cyl－1.75D 180°	
12	66	右	0.15（0.9×＋4.5D⌒cyl－0.75D 80°）	＋7.25D⌒cyl－0.75D 80°	
		左	0.2（1.0×＋3.75D⌒cyl－0.25D 140°）	＋6.5D⌒cyl－0.25D 140°	
13	64	右	1.0（1.5×＋1.0D⌒cyl－1.50D 80°）	＋3.75D⌒cyl－1.5D 80°	
		左	0.9（1.5×＋0.50D⌒cyl－0.50D 90°）	＋3.25D⌒cyl－0.5D 90°	
14	64	右	0.7（1.0×＋1.25D⌒cyl－0.50D 120°）	＋4.25D⌒cyl－0.50D 120°	
		左	0.8（1.0×＋1.5D⌒cyl－0.75D 60°）	＋4.5D⌒cyl－0.75D 60°	
15	63	右	0.2（0.7×－2.5D⌒cyl－1.5D 110°）	⌒cyl－1.5D 110°	
		左	0.6（0.9×　⌒cyl－1.25D 90°）	＋2.5D⌒cyl－1.25D 90°	
16	63	右	1.0（1.2×＋0.5D⌒cyl－0.25D 180°）	＋3.5D⌒cyl－0.25D 180°	
		左	0.9（1.2×＋1.0D⌒cyl－0.5D 100°）	＋4.0D⌒cyl－0.5D 100°	
17	62	右	0.7（1.2×＋2.25D⌒cyl－2.25D 75°）	＋5.25D⌒cyl－2.25D 75°	
		左	0.8（1.2×＋1.25D⌒cyl－1.15D 90°）	＋4.25D⌒cyl－1.25D 90°	

No.	年齢	左右別	視　力（矯正視力）	近距離視力使用眼鏡	備　考
18	62	右	0.7（1.2×−0.25D⌒cyl−1.50D180°）	+2.75D⌒cyl−1.5D180°	
		左	0.7（1.2×　cyl−1.5D180°）	+3.00D⌒cyl−1.5D180°	
19	59	右	0.1（1.2×−2.00	+0.75D	
		左	0.15（1.2×−2.25D⌒cyl−0.50D105°）	+0.5D⌒cyl−0.5D105°	
20	59	右	0.7（1.2×+1.25D⌒cyl−0.75D85°）	+4.0D⌒cyl−0.75D85°	
		左	1.0（1.2×+0.25D⌒cyl−0.5D100°）	+3.0D⌒cyl−0.5D100°	
21	59	右	0.7（1.0×−0.75D⌒cyl−0.75D100°）	+3.25D⌒cyl−0.75D100°	
		左	0.7（1.0×+1.0D⌒cyl−1.0D90°）	+3.5D⌒cyl−1.0D90°	
22	55	右	0.8（1.0×+1.75D⌒cyl−1.75D95°）	+4.5D⌒cyl−1.75D95°	
		左	0.7（1.2×+1.25D⌒cyl−1.5D95°）	+4.0D⌒cyl−1.50D95°	
23	55	右	1.0（1.2×+1.0D⌒cyl−0.75D90°）	+3.75D⌒cyl−0.75D90°	
		左	1.0（1.2×+1.0D⌒cyl−0.75D90°）	+3.75D⌒cyl−0.75D90°	
24	46	右	1.0（1.2×−0.25D⌒cyl−0.5D80°）	+2.5D⌒cyl−0.5D80°	
		左	0.4（1.2×−0.25D⌒cyl−1.0D95°）	+2.50D⌒cyl−1.0D95°	
25	45	右	0.1（1.5×−1.25D⌒cyl−0.75D90°）	+1.0D⌒cyl−0.75D95°	
		左	0.1（1.5×−1.75D⌒cyl−1.25D100°）	+0.75D⌒cyl−1.25D100°	
26	43	右	1.0（1.5×　cyl−0.50D75°）	+2.0D⌒cyl−0.5D75°	
		左	0.9（1.5×−0.25D⌒cyl−0.75D135°）	+1.75D⌒cyl−0.75D135°	
27	37	右	1.0（1.5×+0.5D⌒cyl−0.75D105°）	左に同じ	
		左	1.0（1.5×+0.75D⌒cyl−1.0D90°）		
28	30	右	0.1（1.5×−1.75D⌒cyl−1.5D90°）	左に同じ	
		左	0.1（1.5×−1.50D⌒cyl−1.5D90°）		
29	28	右	1.5（n.c）	なし	
		左	1.5（n.c）		

注　⌒cyl：乱視レンズ付加の意味

4.2.2　測定方法

近距離視力測定前に10分間以上の暗順応を行い、測定装置の顎台および額帯にそれぞれの部位を密着せしめて頭部を固定し、視標から眼の角膜頂点までの距離を常に30㎝になるように額帯を前後させて調節した。

視力の測定は順応輝度0.33 cd/m²より始め、漸次輝度を高めていき、同じ視力値の視標を8個順次提示し、ついで漸次小さい視標を提示した。このようにして視力を測定していくが、ランドルト環の切れ目の方向が確認できなくなったときには、でたらめにでも切れ目の方向を応答させた。8個の視標のうち、正答が3個以内になったとき測定を中止し、のち推測法により視力値を決定した。

なお、ある順応輝度での視力測定から次の順応輝度での視力測定までに、目の疲労を防ぐために約5分以上休憩し、また視力測定時には、順応面の輝度変化を防ぐために、上衣を脱いで白いシャツだけになるようなことは避けた。

5. 近距離視力測定結果

5.1 明るさと視力

4.2節で得られた観測者の各視標に対する正解数の中には図5.1に示すように偶然に正解した数が含まれている。そこで見かけの正解率から偶然に当たった確率を除くと以下のような式になる。

$$P' = P + \frac{1-P}{N} \qquad (5.1)$$

$$P = \frac{NP'-1}{N-1} \qquad (5.2)$$

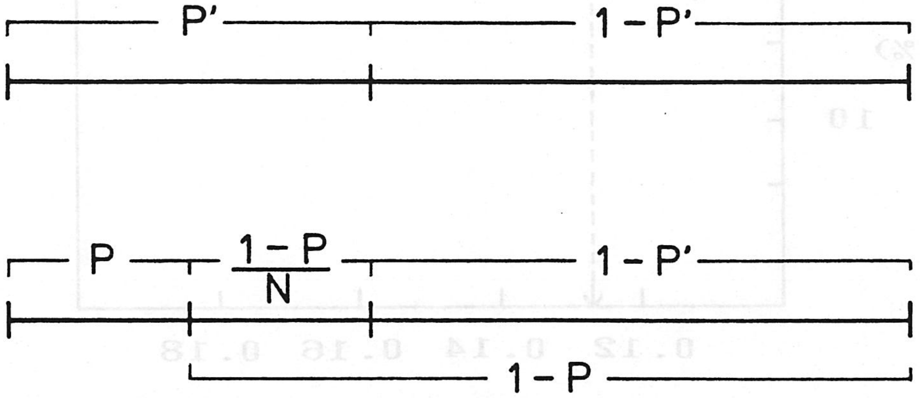


図5.1 見かけの正解率と真の正解率の関係

ここでPは真の正解率、Pは見かけの正解率、Nはランドルト環の切れ目の方向数である。

各順応輝度ごとにこれらの真の正解率をランドルト環の切れ目幅に対して正規確率紙上にプロットしたグラフの例を図5.2に示す。これらの点に対して最小二乗法により回帰直線を引き、真の正解率が50％となる直線との交点のランドルト環の切れ目幅を分解能と定義した。このランドルト環の切れ目幅w（㎜）と視距離d（㎜）から分解できる視角θ（分）は次の式で求められる。

$$\theta = 57.3\ \tan^{-1}\frac{w}{d} \quad (分) \qquad (5.3)$$

視力はθ（分）の逆数として定義される。

上記の方法により求めた各観測者ごとの視力の測定結果を表5.1に示す。なお表5.1(b)は昨年度の測定結果である。

また、これらの視力を順応輝度に対してプロットした例を図5.3に示す。順応輝度が数cd/m^{2}から数百cd/m^{2}までの範囲において視力はほぼ直線的に変化し、これまでに行なわれた明るさと視力の関係と同様の傾向を示しているが、高齢者の場合、順応輝度が500 cd/m^{2}付近でも視力が1.0以下である場合がある。

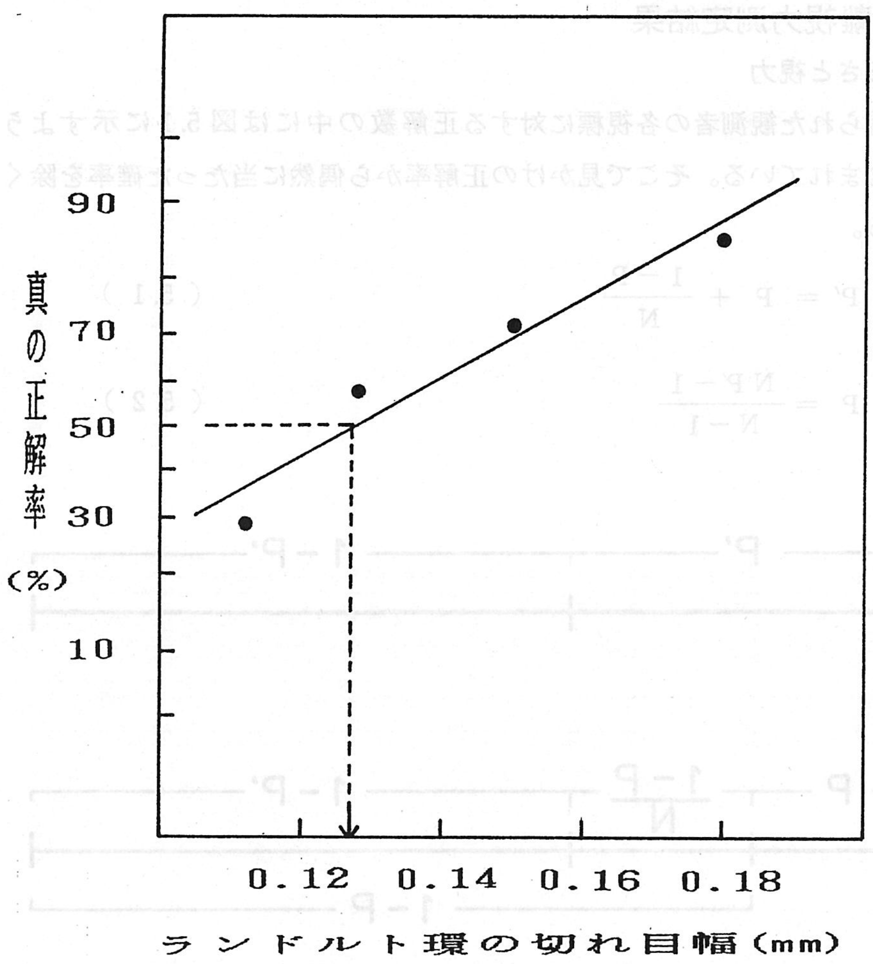


図 5.2　ランドルト環の切れ目幅と真の正解率の関係

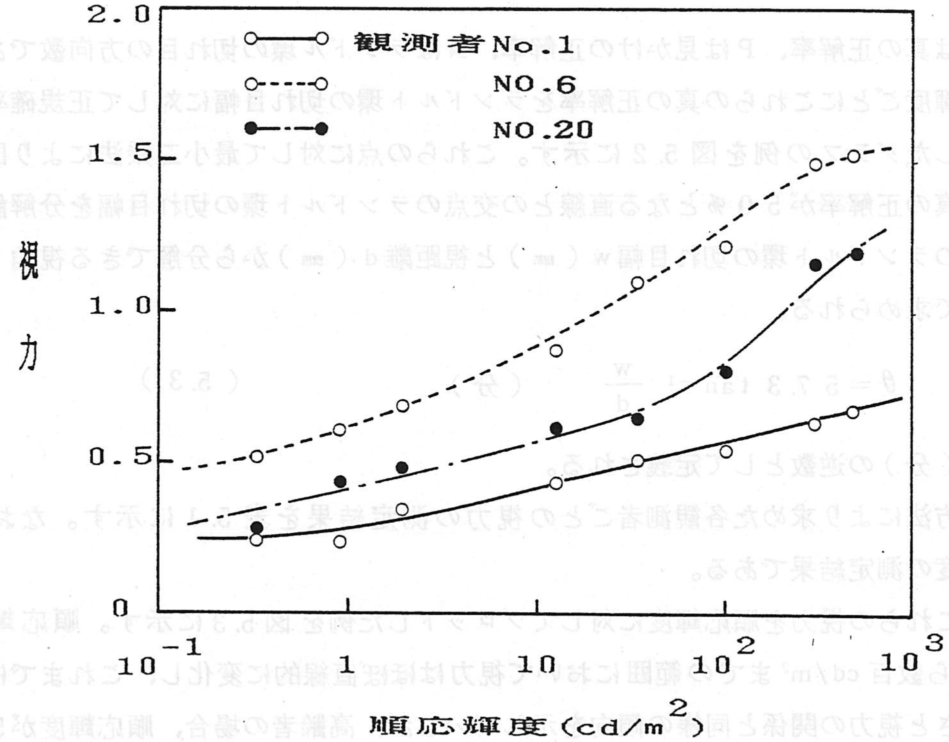


図 5.3　順応輝度と視力

表5.1(a)　視力の測定結果

観測者No.	年齢	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
		0.33cd/m²	0.90cd/m²	2.91cd/m²	12.5cd/m²	34.0cd/m²	99.3cd/m²	300cd/m²	478cd/m²
1	85	0.238	0.238	0.340	0.430	0.505	0.541	0.629	0.674
2	79	0.238	0.340	0.340	0.264	0.448	0.419	0.545	0.583
3	76	0.238	0.368	0.526	0.627	0.631	0.845	1.408	1.760
4	74	0.411	0.520	0.647	0.799	0.911	0.869	1.051	0.984
5	72	0.191	0.326	0.405	0.444	0.627	0.815	0.887	1.060
6	72	0.512	0.605	0.685	0.872	1.096	1.219	1.493	1.524
7	71	0.467	0.520		0.895	0.941	1.267	1.606	1.606
8	71	0.433	0.660	0.583	0.752	0.930	1.031	1.141	1.357
9	69	0.297	0.260	0.288	0.471	0.417	0.516	0.678	0.603
10	68	0.356	0.444	0.602	0.715	0.749	0.985	1.051	1.200
11	67	0.340	0.505	0.631	0.782	0.833	0.933	1.051	1.051
12	66	0.429	0.512	0.734	0.965	1.159	1.280	1.565	1.851
13	64	0.340	0.430	0.444	0.578	0.647	0.647	0.727	0.806
14	64	0.444	0.681	0.776	1.200	1.805	1.778	1.850	2.348
15	63	0.229	0.482	0.563	0.723	0.839	0.964	1.128	1.292
16	63	0.368	0.464	0.734	1.097	1.225	1.769	1.800	1.850
17	62	0.459	0.600	0.631	0.782	1.047	1.304	1.606	1.459
18	62	0.595	0.520	0.758	1.126	1.230	1.606	1.778	1.804
19	59	0.444	0.612	0.663	1.000	1.565	2.085	1.941	>2.0
20	59	0.273	0.429	0.483	0.612	0.647	0.810	1.161	1.196
21	59	0.411	0.612	0.749	0.911	0.975	0.935	1.256	1.203
22	55	0.578	0.730	0.707	1.051	1.252	1.452	1.606	1.672
23	55	0.516	0.710	0.740	1.393	1.121	1.682	1.646	1.646
24	46	0.647	0.722	0.977	1.494	1.862	2.037	>2.0	>2.0
25	45	0.780	1.096	1.798	1.758	1.941	>2.0	>2.0	>2.0
26	43	0.469	0.673	0.978	1.459	1.452	1.851	2.115	1.851
27	37	0.696	0.730	0.834	1.130	1.297	1.545	1.815	1.815
28	30	0.483	0.718	0.999	1.606	1.677	2.032	1.941	1.851
29	28	0.466	0.669	0.748	1.149	1.267	1.569	1.825	1.672

表 5.1 (b)　視力の測定結果（昨年度）

観測者No.	年齢	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
		0.33cd/m²	0.90cd/m²	2.91cd/m²	12.5cd/m²	34.0cd/m²	99.3cd/m²	300cd/m²	478cd/m²
1	71	0.444	0.626	0.900	1.088	1.361	1.698	1.850	1.815
2	69	0.250	0.773	0.788	0.925	1.311	1.645	1.900	1.889
3	62	0.448	0.628	0.848	0.956	1.461	1.524	1.700	1.851
4	60	0.524	0.637	0.765	1.102	1.203	1.500	2.037	1.851
5	58	0.535	0.647	0.998	1.482	1.487	1.798	2.060	2.200
6	58	0.315	0.575	0.821	1.051	1.360	1.891	2.040	1.916
7	54	0.512	0.647	0.834	1.219	1.203	1.641	1.649	1.807
8	46	0.650	0.753	1.017	1.352	1.465	1.804	2.037	2.200
9	45	0.459	0.651	0.799	1.236	1.236	1.680	1.798	1.798
10	44	0.440	0.680	0.903	1.102	1.484	1.740	2.119	2.250
11	32	0.582	0.724	1.050	1.200	1.836	1.980	2.260	2.400
12	31	0.505	0.650	0.750	1.219	1.372	1.700	2.030	2.100
13	23	0.551	0.673	0.776	1.053	1.102	1.192	1.759	1.941
14	21	0.520	0.824	0.970	1.372	1.606	1.847	2.140	2.250

5.2　年齢と視力

前節で得られた結果を各順応輝度ごとに、観測者の年齢に対してプロットしたグラフを図5.4に示す。図5.4において、白丸は昨年度の測定値である。年齢50歳以下の測定値については、年齢と視力の間にははっきりとした相関は認められない。しかし50歳以上の測定値において、直線で近似を行なうと、表5.2に示すような相関々係が得られる。

そこで、今回の調査報告では、年齢50齢以上の観測者の年齢と視力の間には表5.2に示した近似が成り立つものとする。

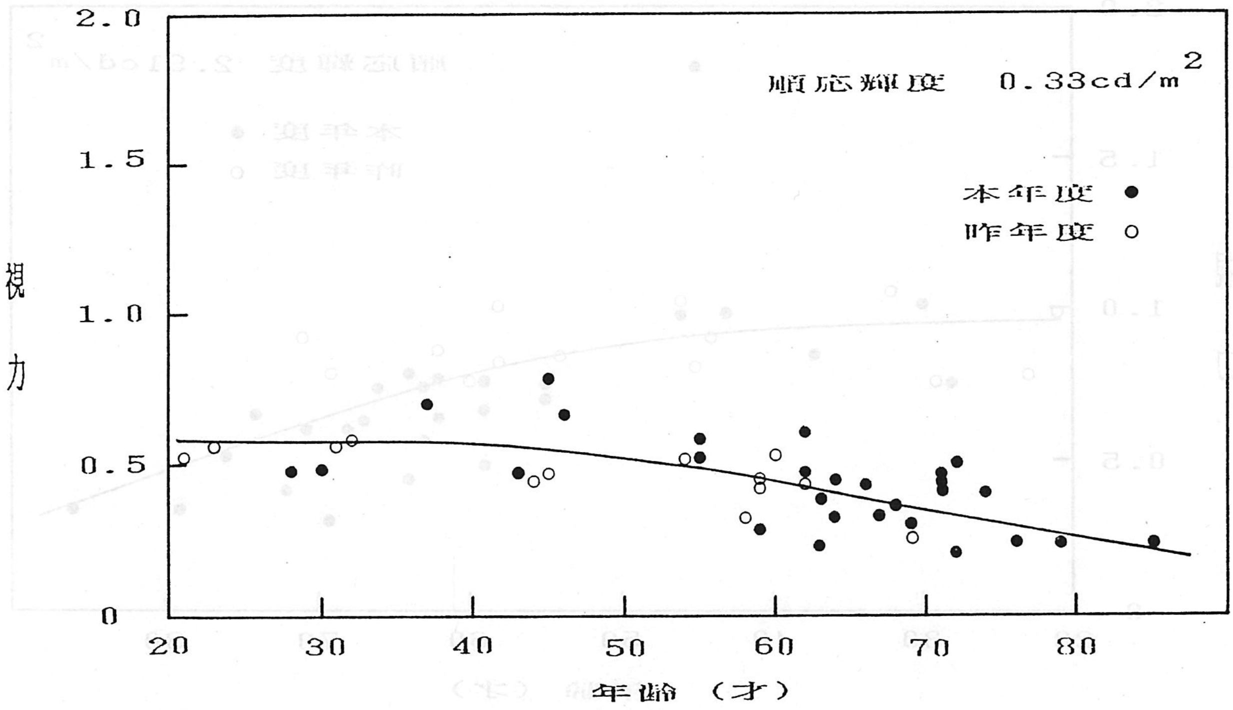


図 5.4 (a)　年齢と視力(1)

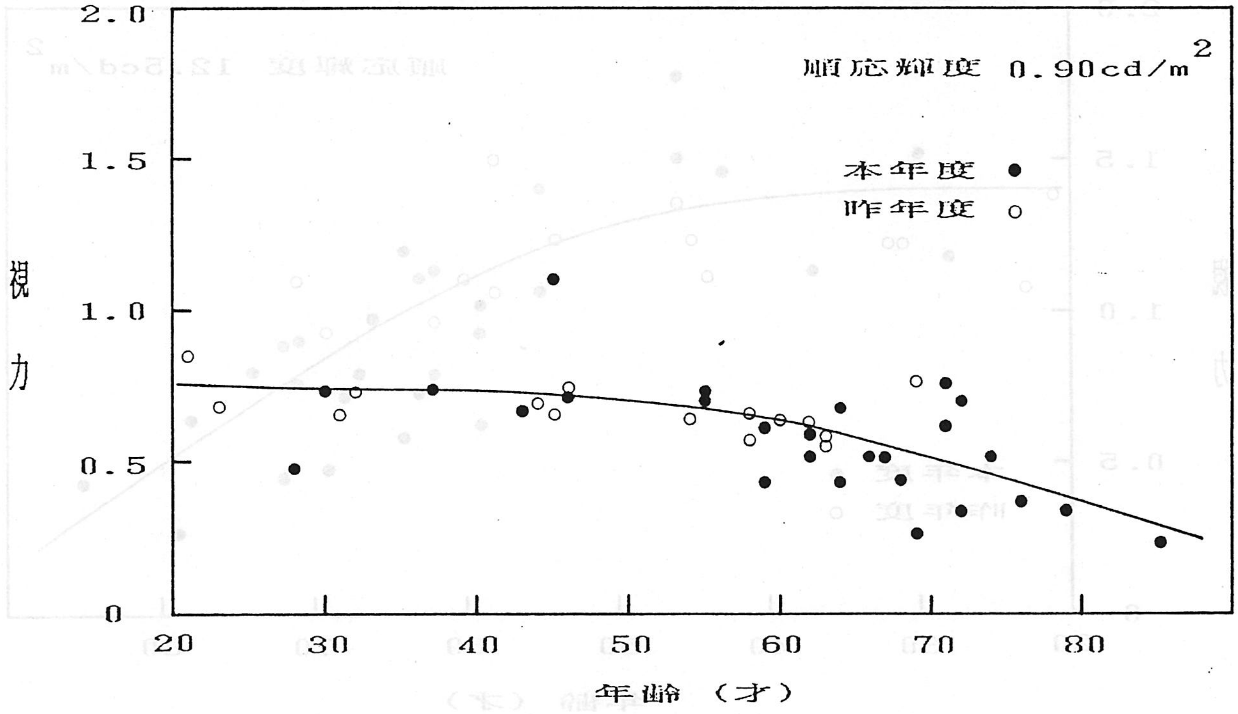


図 5.4 (b)　年齢と視力(2)

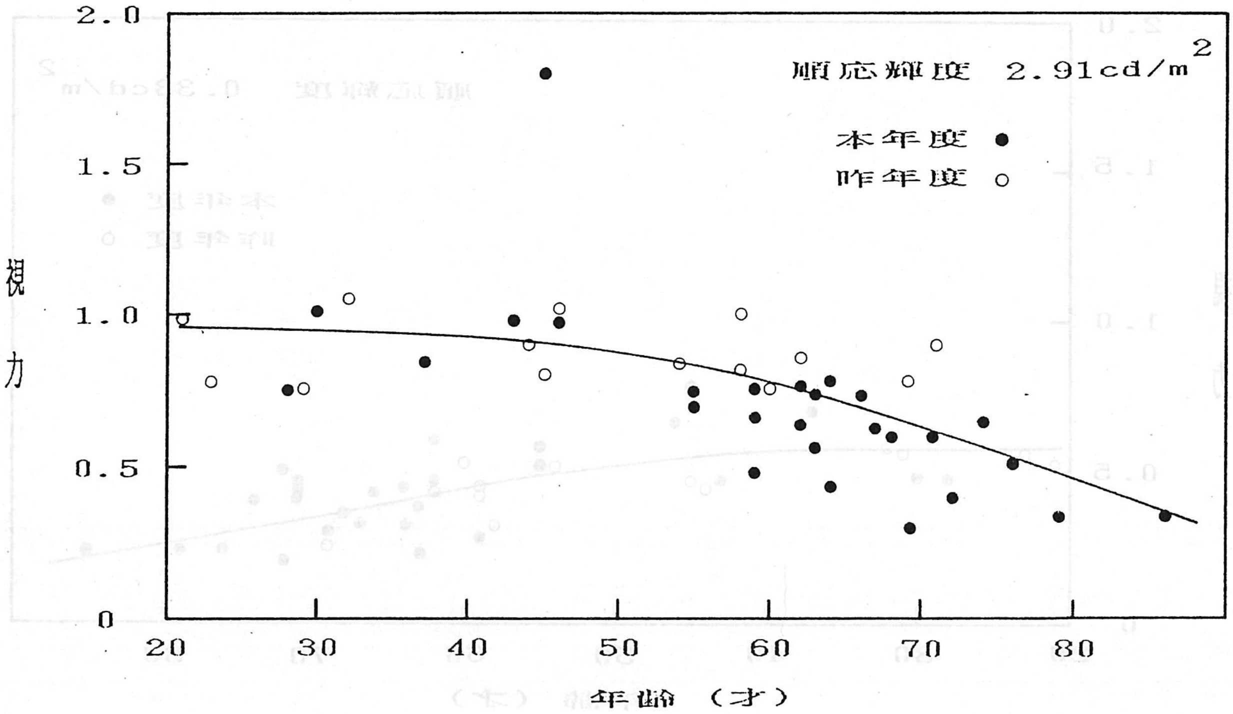


図 5.4 (c) 年齢と視力(3)

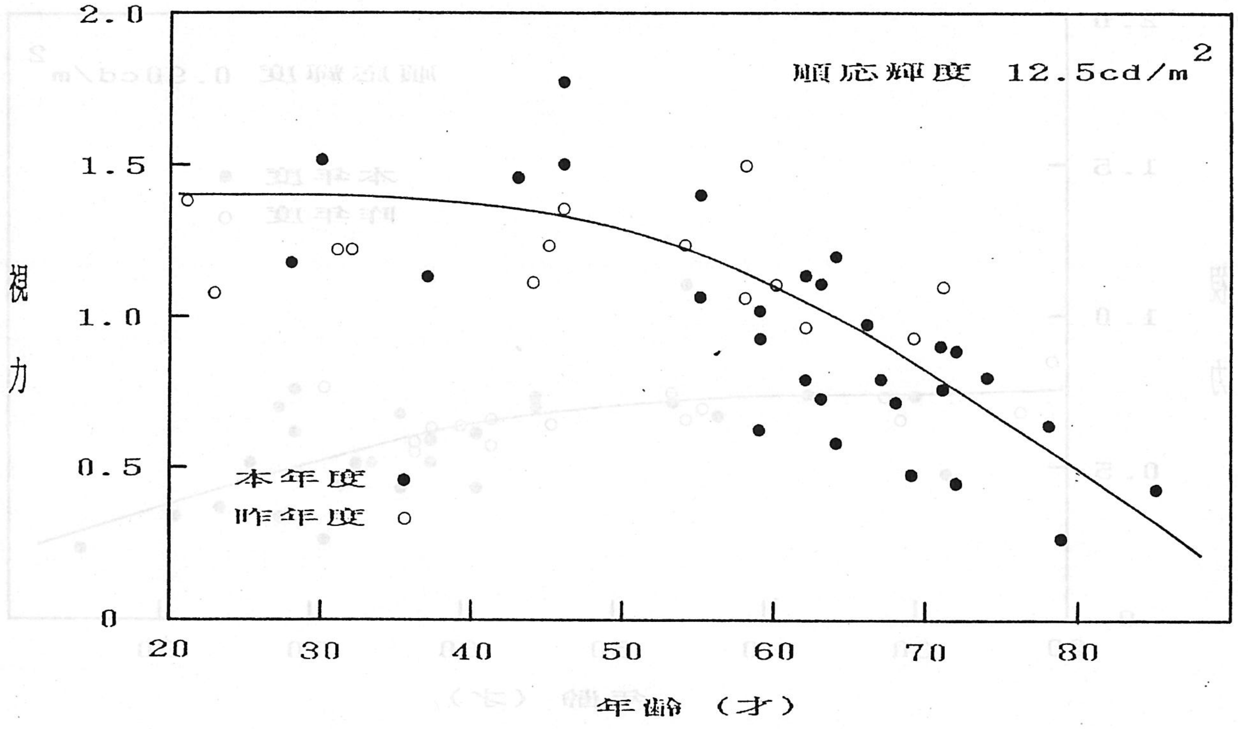


図 5.4 (d) 年齢と視力(4)

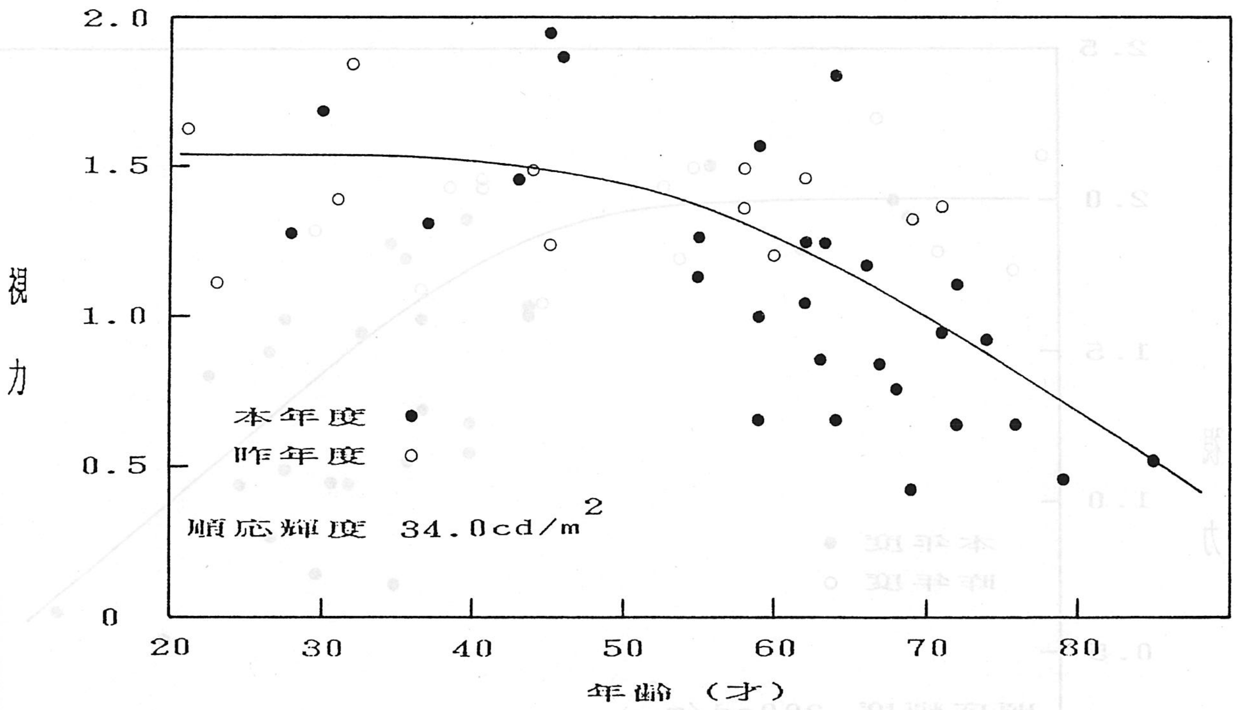


図 5.4 (e) 年齢と視力(5)

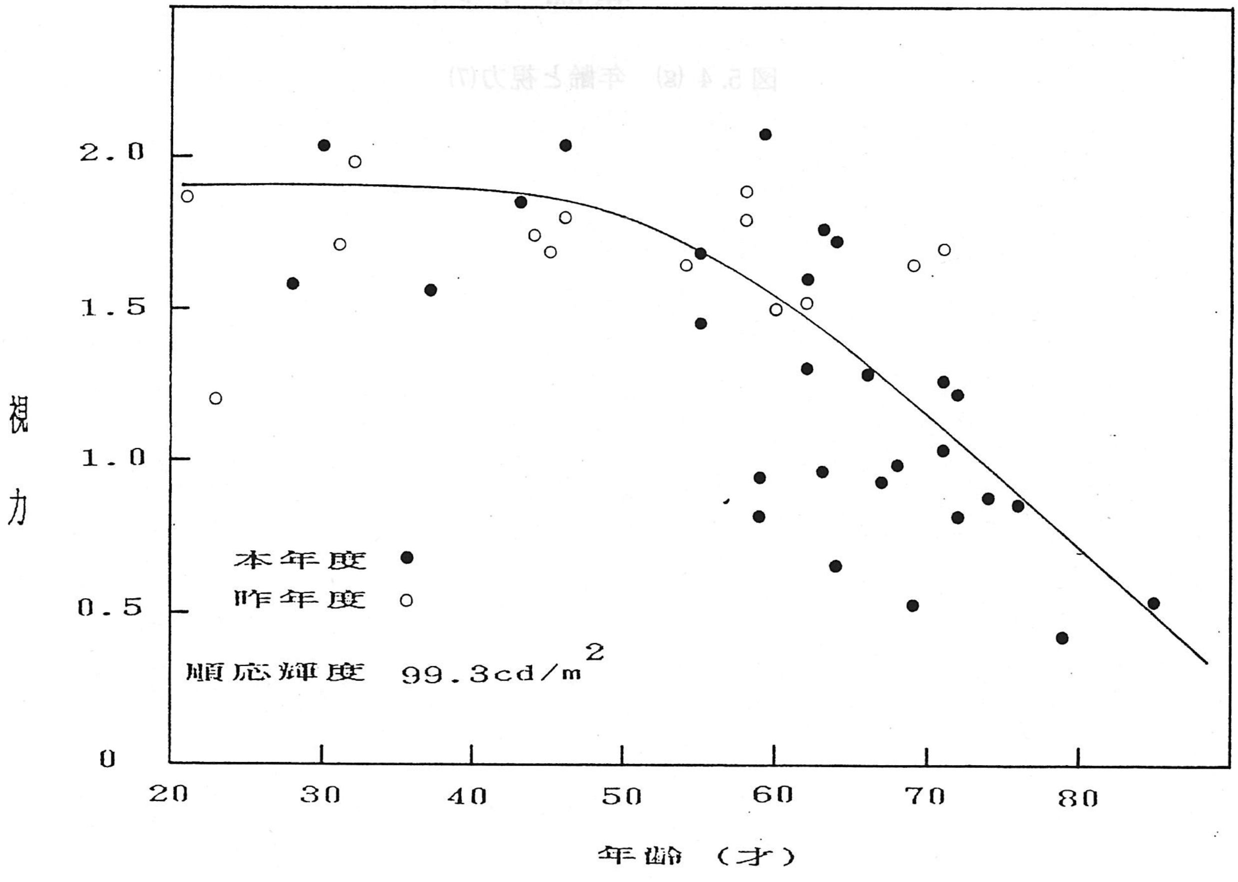


図 5.4 (f) 年齢と視力(6)

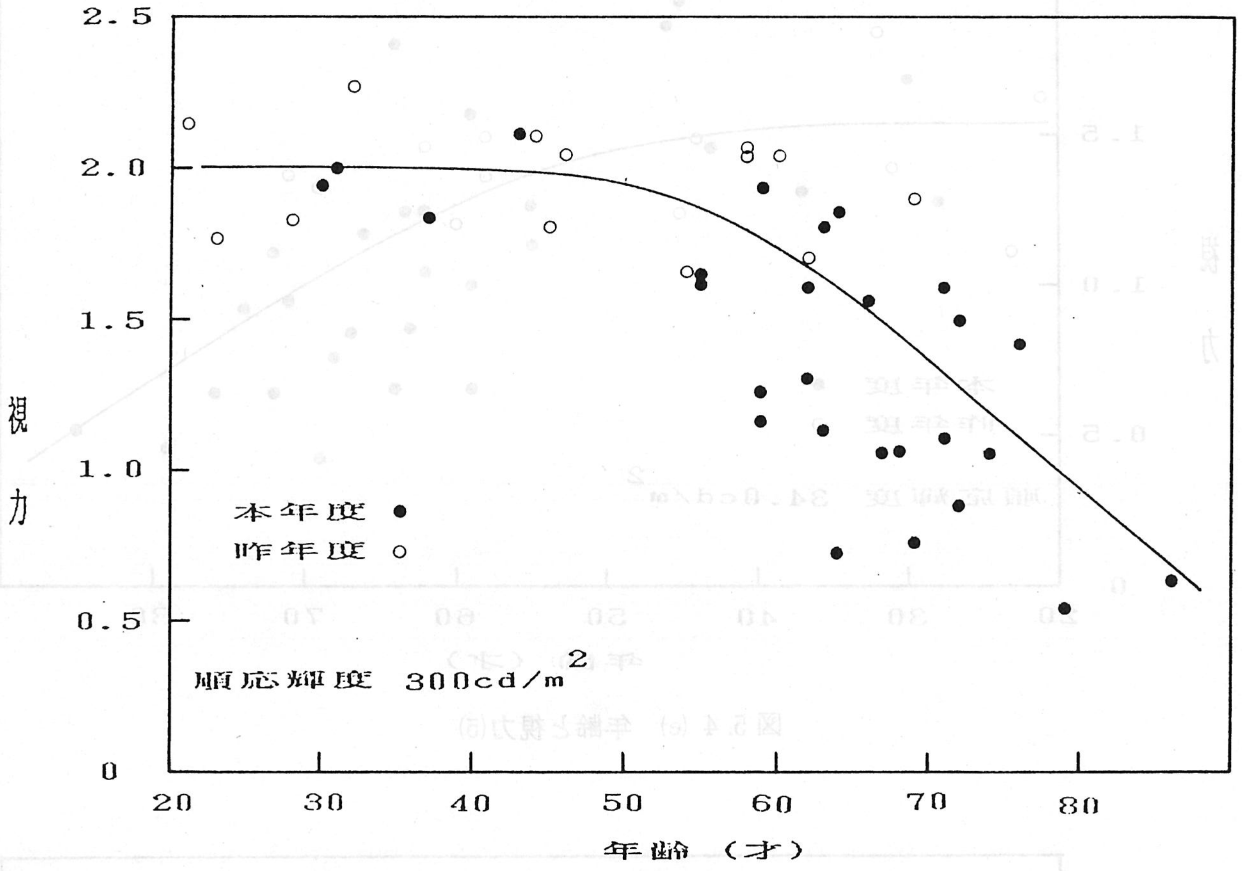


図 5.4 (g) 年齢と視力(7)

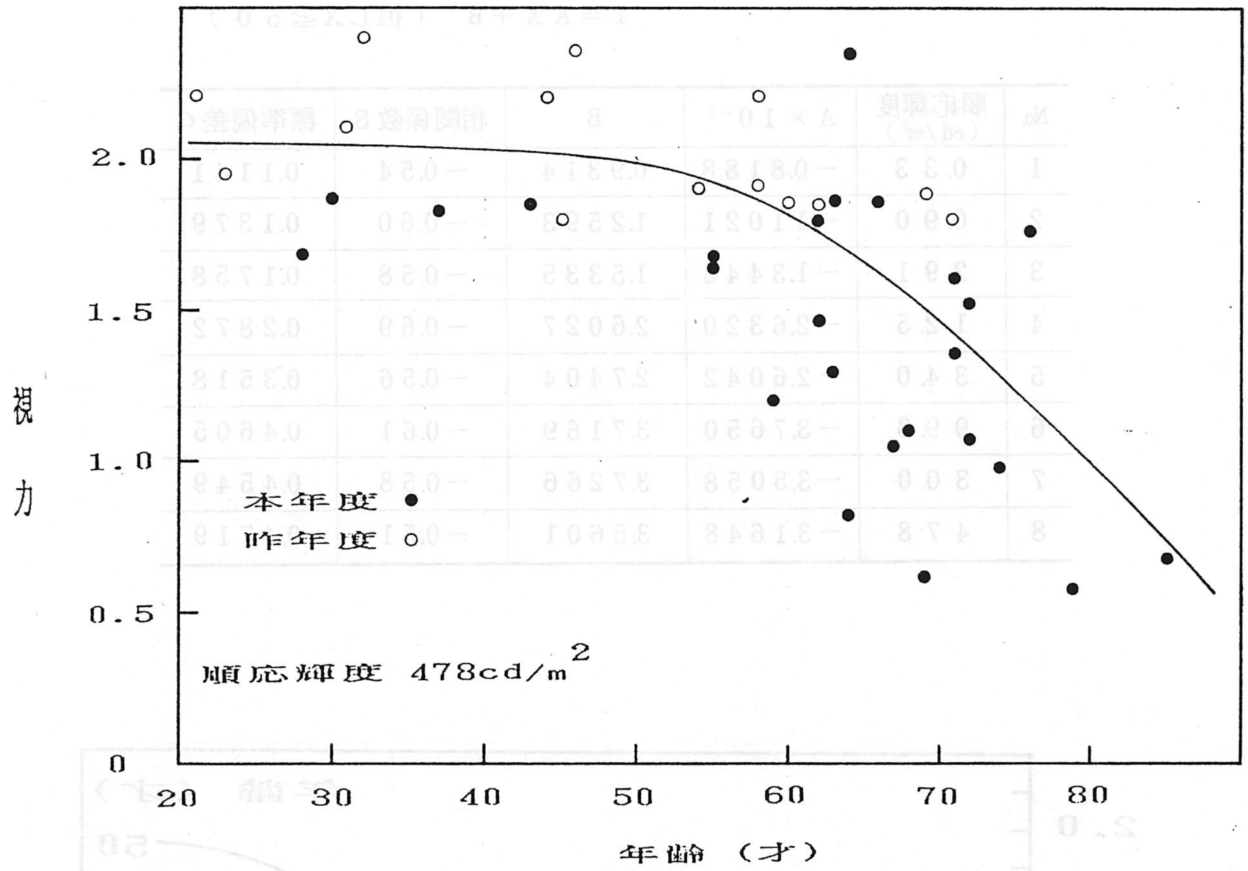


図 5.4 (h)　年齢と視力(8)

表 5.2　近似式の係数

Y＝AX＋B　（但しX≧５０）

No.	順応輝度（cd/㎡）	A×10⁻²	B	相関係数S	標準偏差α
1	0.33	−0.8188	0.9314	−0.54	0.1141
2	0.90	−1.1021	1.2593	−0.60	0.1379
3	2.91	−1.3443	1.5335	−0.58	0.1758
4	12.5	−2.6320	2.6027	−0.69	0.2872
5	34.0	−2.6042	2.7404	−0.56	0.3518
6	99.3	−3.7650	3.7169	−0.61	0.4605
7	300	−3.5058	3.7266	−0.58	0.4549
8	478	−3.1648	3.5601	−0.51	0.4719

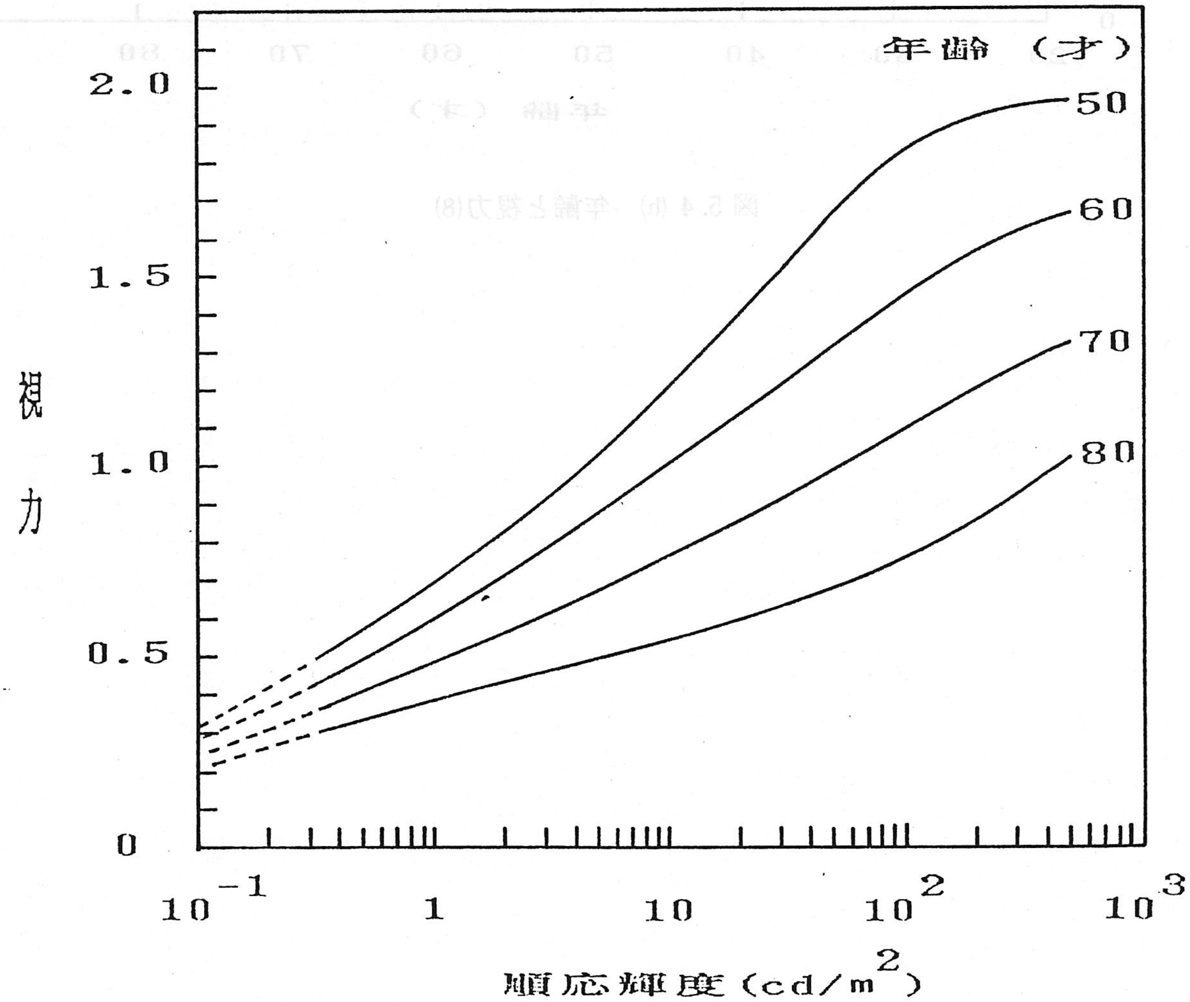


図 5.5　年齢別の順応輝度と視力

これらの関係を用いて、年齢５０歳から８０歳までの順応輝度に対する視力の関係を図５－５に示す。一般に視力は３０代後半から徐々に衰え、５０歳前後からは年齢と共に低くなる傾向にある。しかしながら、今回の調査研究では若年層のデータが少なく、はっきりとした傾向が得られなかったため、５０歳を若年者の視力を代表するものとして扱う。５０歳における視力の明るさに対する変化はこれまでに行なわれた結果と同じように、順応輝度が１０００cd/m²前後から視力の曲線がゆるやかになる傾向にある、しかしながら、年齢が高くなるにつれて、明るさの増加に伴なう視力増分は少なくなっている。さらに８０歳前後では、順応輝度が５００cd/m²付近でも、視力1.0程度しか得られない。表5.3に各年齢ごとの同じ視力値を与える順応輝度および５０歳を基準とした場合の比率を示す。

表5.3　等しい視力値を得る順応輝度

視　力（ポイント数）*	５０歳	６０歳	７０歳	８０歳
0.3 （８Ｐ）	0.08 （１）	0.13 （1.6）	0.19 （2.4）	0.32 （4.0）
0.4 （６Ｐ）	0.17 （１）	0.25 （1.5）	0.48 （2.8）	1.1 （6.5）
0.5 （５Ｐ）	0.30 （１）	0.54 （1.8）	1.2 （4.0）	5.4 （18）
0.6 （４Ｐ）	0.6 （１）	1.1 （1.8）	3.0 （5.0）	2.0 （33）

上段　順応輝度　cd/m²
下段　５０歳を基準とした比率
＊　ポイント数は視距離を３０cmとして算出

同じ視力を与える順応輝度の比率は視力の値によって異なり、視力が高くなるにつれて高齢者と５０歳との比が大きくなっている。したがって、視作業を行なう際の適性な明るさを求める場合、視作業を行なう人の年齢だけではなく、視対象の大きさを考慮する必要がある。

但し、表5.3は閾値としての視力に対する順応輝度であり、文字を読む場合の順応輝度とは異なることに注意する必要がある。実際には3.2で述べたように閾値の最低500倍の明るさが必要と言われている。

6. 視作業と必要照度

6.1 視作業と視対象

人間の視作業は時と場合により異なり、その内容は千差万別である。また、それぞれの視作業における視対象も種々であり、また視対象に対する見え方要求レベルも視作業の目的によって異なる。従って、実際面から考えると視作業とか視対象を一元化して単純に規定することはできない。

しかし物の見え方に影響する基本的要素をとり上げて見ると、次のものが挙げられる。

(1) 大きさ（寸法）
(2) 反射率
(3) 対比
(4) 色
（(1)〜(4) 視対象の条件）
(5) 照度または輝度
(6) 視距離
(7) 時間

JIS Z9110照度基準においては、種々の場所および作業ごとに推奨照度を与えているが、例えば事務室に対しては、(a)、(b)の2階級に分け、また工場に対しては組立、検査などの視作業をa、b、cの3階級に分けてそれぞれの照度値を規定している。事務所(a)、(b)は視作業の精粗の比較区分であり、工場のa、b、cについては備考で以下のように説明されている。

(1) aは細かいもの、暗色のもの、対比の弱いもの、特に高価なもの、衛生に関係ある場合、精度の高いことを要求される場合、作業時間の長い場合などを表わす。

(2) bは(1)と(3)との中間のものを表わす。

(3) cは粗いもの、明色のもの、対比の強いもの、さほど高価でないものを表わす。

このような表現がとられているのは、場所により視作業の内容や目的が種々であり、また視対象もとくに工場の場合には工場の種類によって対象物が異なり、すべてをとり上げて規定することは不可能であるため、上記の基本的要素の項目により分類して基準化したものである。

視距離について検討すると、事務所における机上視作業においては30cm程度が基準となるが、工場においては作業の種類によっては異なって来る。たとえば流れ工程における熔接、配線、組立、検査などの作業では50cm〜1m程度が多い。

同一寸法の視対象に対して、視距離が異なると当然見え方の程度が変わって来るので、一般的には視対象自体の大きさではなく、見かけの大きさ（視角）におきかえて、見え方との関係を求める方法がとられる。

以上述べたように視作業や視対象は実際面では種々であり、1つの条件のみに規定することはできない。しかし照明と見え方との関係について技術的検討を進めるためには、まず基礎的標準条件を定める必要がある。今回の調査研究においては年齢による見え方への影響を

明らかにすることが目的となっている。この面から高齢者を含む社会人全体（男女）に対する標準的視作業としては、職場だけでなく家庭における状況を考察して机上作業を選ぶことが妥当である。

従って以下は視距離３０㎝の近距離視作業を対象として検討することとする。

6.2 視対象と必要照度

机上の近距離視作業における視対象の種類を考えると、事務作業では一般に活字または手書きの文章、経理作業の数字を並べた伝票などがあり、家庭では新聞、図書、雑誌などの印刷物がある。

わが国で一般に使用される文字には、漢字、ひらがな、カタカナ、数字およびアルファベットなどがある。通常の日本文は漢字とひらがなで構成されていることが多い。これは欧米諸国の文章の構成と大きく異なる点である。外国文における文字要素はアルファベットの26文字だけであり、これの組合せにより規定された単語、術語によって文章が構成される。

これに対して日本文における漢字の数はきわめて多く（当用漢字で１８５０字）、またひらがなは４８字がある。

このように文章を構成する基本要素の文字数を比較すると、外国文に比較して日本文ははるかに多く複雑であるといえる。また、漢字やひらがなはアルファベット文字より形がずっと複雑であり、両者とも同じ大きさの文字とした場合判読しにくいということになる。

しかし、他の面から考えると漢字は外国文には見られないすぐれた特長をもっている。すなわち、漢字は１字で豊かな内容を表現できる形象文字で、外国語でその内容を示すには数文字並べた表現が必要となる。このように文章の表現が簡略になるとともに、文章を読む時の理解速度が早くなる利点がある。

漢字の画数は、当用漢字の場合もっとも簡単な形の１画から２３画のものまであり、画数が多く複雑な文字ほど判読しにくく、照度を高くすることが必要となる。

漢字の見え方に影響する要素としては、画数のほかに活字の大きさ、書体などがあるが、新聞、雑誌などの一般印刷物では、画数は８画が最多頻度であり、活字の大きさは８ポ、書体は明朝体が多いと報告されている。

漢字に対する以上の要素によって必要輝度（あるいは照度）がどのように変化するかについて、国内の研究発表例がいくつかあり、３章にまとめて紹介されている。ただし、これらは文字が判読できるための閾値輝度を求めたものであり、観測距離も３０㎝よりずっと大きく、また観測者も若年層で年齢による影響は検討されていない。

視力検査に一般に使用されているランドルト環を対象として行われた実験例は比較的多くあるが、これはランドルト環の切れ目が判る限界の見え方に対する閾値輝度を求めているもので、この値をそのまま満足できる見え方がえられる適正輝度（照度）とすることはできない。

漢字とひらがなによる文章の読みやすさについての実験例はきわめて少なく、３章にその

大要が述べられている。漢字とひらがな文字（濁音および半濁音を含んで）を比較すると一般に漢字の方が複雑な形であり、従って文章を対象とする場合には漢字が判読できることが必要条件となる。

しかし、文章を読む場合と、１つの文字を正確に判読する場合とでは基本的に異なる点があると思われる。われわれが文章を読むときには１字ずつ順次見て判読する過程によって文書の意味を理解するものではなく、瞬間に文章のある範囲全体を目におさめて理解していると考えられる。アイカメラによって視線の動きを記録した実験結果を見ると、視線は急速な不規則的振動を続けながら文章を走査している状況が示されている。

従って、文章中の漢字の意味もその前後の文章との関係から判断することができ、字画の多い複雑な漢字まで完全に判読できることは必ずしも必要ではないと思われる。

以上の考察から、文章を視対象とした視作業における必要照度は単独文字に対する必要照度から定めることは無理であり、別途この面の実験を進めて検討する必要があろう。

文章以外の経理計算作業などの数字を対象とする場合には、１つずつ数字が全部確実に認識できることが必要である。数字の見え方に対する信頼できる実験データは見られないが、文字にくらべて種類は少なく、また簡単な形であるから必要照度は文字の場合より低くてよいと思われる。

6.3　年齢と必要照度

文字の見え方について年齢による影響を調べた報告例はきわめて少ないが、国内における実験資料を参考として紹介する。（住宅性能標準化のための調査研究報告書(財)建材試験センター　昭和５２年３月および昭和５３年３月）

観測者は、男２２名、女２７名の計４９名で、年代別分布は20歳代１１名、３０歳代１０名、４０歳代１３名、５０歳代６名、６０歳代９名となっている。

これらの観測者について、万国式近点視力表により近距離視力の測定を行なった。視距離は３０㎝、検査表の照度は３００～５００lxで、老眼鏡など日常眼鏡を使用している人についてはその状態で観測させた。その結果を年代別に整理し、視力により次の３群に分けた。ただしここにおける視力は検査表に記されている表示視力である。

A群　：　近距離視力　　1.0以上のもの
B群　：　近距離視力　　0.9～0.7のもの
C群　：　近距離視力　　0.6～0.3のもの

この実験結果を図 6.1に示す。

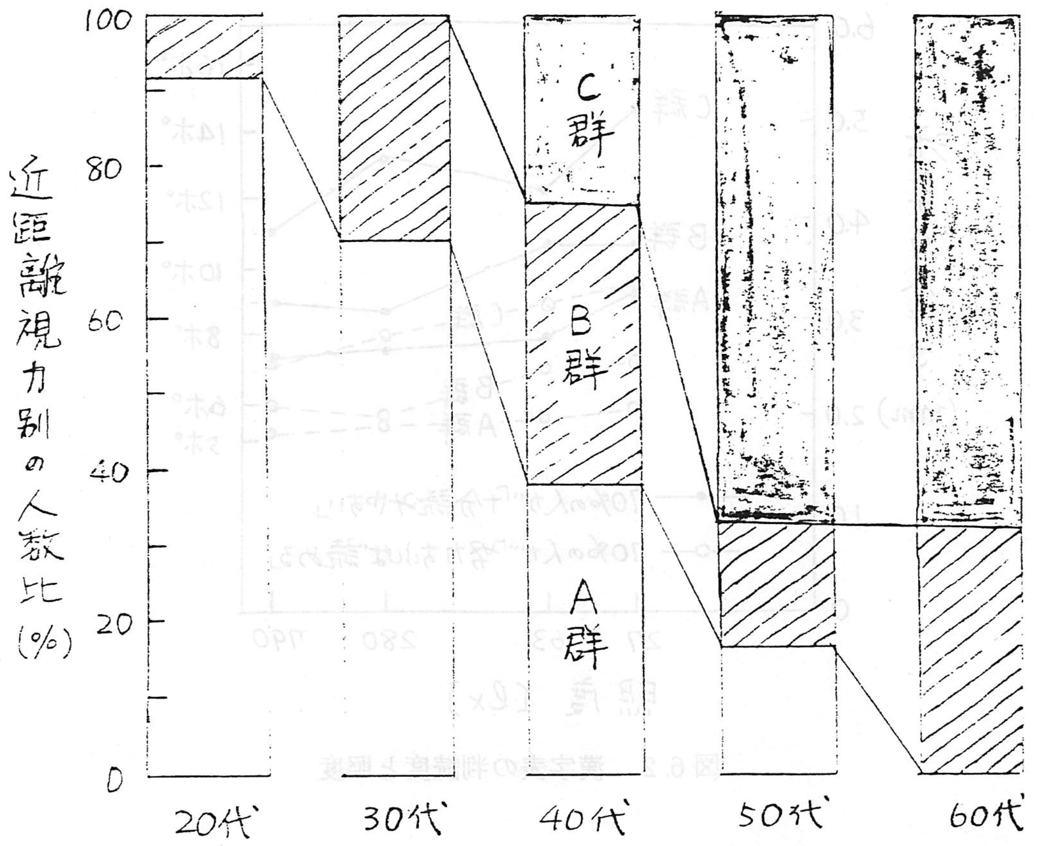


図 6.1　観測者の年齢と近距離視力

この図を見ると年齢が高くなるほど近距離視力が低下する傾向が明らかであり、とくに40歳代より著しくなる。また一方、同一年代の中でも個人差によるばらつきが大きく、必要照度を考える際に平均視力値をもとに定めるのは必ずしも適当ではないと考えられる。

次に同じ観測者群により漢字列の見え方について実験を行なった。「写真植字印字割付表」の９字の漢字列の印刷文字を、順番に大きさを変えたものを上から下に並べた表を観測させたもので、文字の大きさは１番上の行が最も小さく５ポイント（約1.8㎜）であり、以下順次大きくなり、一番下の１７行目の文字は３１ポイント（約１３㎜）となっている。

この文字表の照度を４段階に変えて、視距離５０㎝で観測させ、それぞれ見えやすさの評価として「十分見えやすい」および「努力すれば読める」に相当する文字列の行番号を回答させた。

この結果から７０％の人が満足する文字の大きさをとり、図 6.1の結果を総合して最終的にまとめたものを図 6.2に示す。

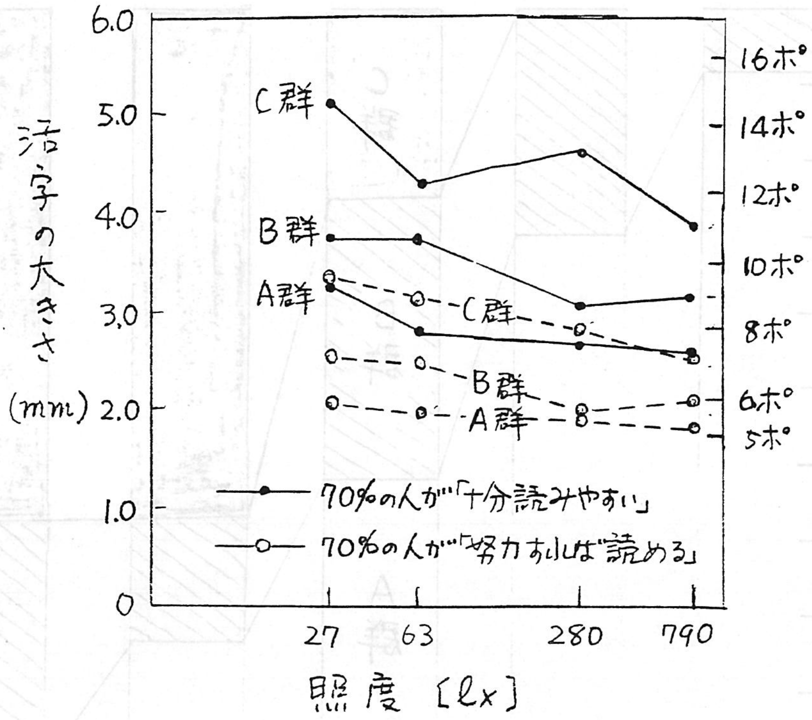


図 6.2　漢字表の判読度と照度

この図より検討すると次の諸点が挙げられる。

(1) 観測者の近距離視力が低いほど大きな文字を必要とする。

(2) 各群とも照度を高くすると、より小さな文字まで読めるようになり、かつ読みやすくなる。

(3) 照度を高める効果は、視力の低い群になるほど顕著である。A群では約200lx以上で曲線は水平に近くなるが、B群、C群では800lx以上でもなお照度上昇による効果が見られる。

(4) 新聞記事欄の活字の大きさは約7～8ポに相当するが、これをA群では約300lxあれば「十分読みやすい」としている。一方C群では800lx以上ないと「努力すれば読める」というレベルには達しない。

以上紹介した実験例においては、近距離視力の測定は近点検査表観測による方法で必ずしも精密なものではなく、また、観測者が使用している老眼鏡も近距離用としてどの程度適しているものであるかの疑問はあるが、年齢による見え方への影響についての基本的傾向は示されていると考えられる。

7. 年齢と視作業

わが国ではとくに近年高齢化が急速に進み、平均寿命は世界各国の中で最高級となって来た。これに伴なって高年者比率も次第に高くなり、高年者に対する対策が社会における重要問題の1つとして各方面でとり上げられつつある。

企業においても定年の引き上げ、定年再就職の増加なども加わって平均年齢は次第に高くなり、高年者の有効活用のための対策が重要視されている。また、家庭においても核家族化の進展傾向が頭打ちとなり、逆に親と子ども家族との同居世帯が増加の傾向が見られて来た。

このように職場においても、また家庭においても、高年者に対してこれまで以上に考慮することが必要となって来たが、職場作業、家庭生活の両者とも、もっとも重要なものとしてとり上げられるのは視作業である。人間の諸機能は一般に年齢が高くなるに伴って低下して来るが、とくに顕著に現われるものは視機能の面で、視力の低下がさけられない。また、一般的視作業の内容から考えると、これに対する視力はいわゆる5m視力ではなく、30cmの近距離視力であり、本調査研究ではこの近距離視力と年齢との関係を解明することを目的としたのもそこに意義をもつものである。

年齢による近距離視力の低下は高年齢になる程著しく、このために生ずる見え方の劣化は照度を高くすることによって補なうことができる。この意味で高年者の視作業に対して照明のもつ役割はきわめて大きい。

諸外国において年齢と照度との関係を求めたいくつかの実験結果の発表例がある。これらはモデル化したいくつかの視作業例に対して行われたもので、データとしては対象となる視作業の内容が異なるので一致しないが、全般的傾向はよく一致している。図6.3はそれらをまとめて照度と作業能率との関係をモデル的に示したものである。

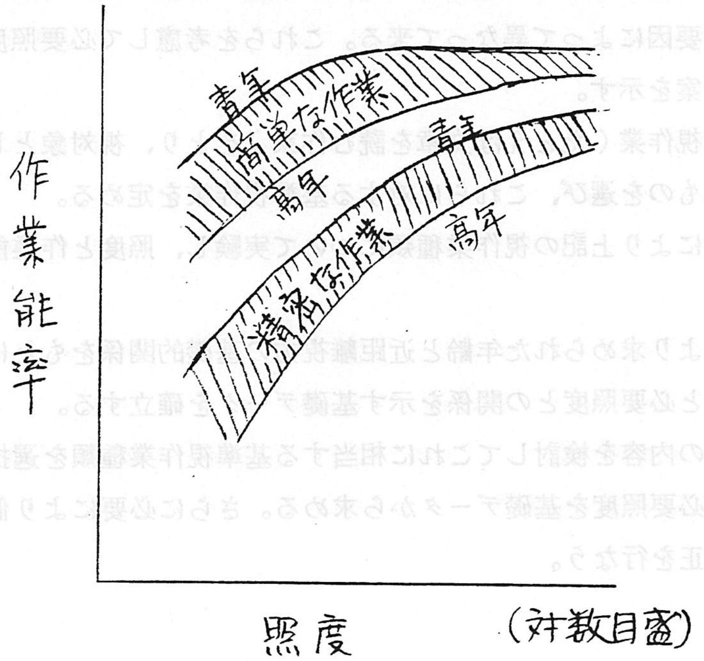


図6.3　年齢と作業能率

図を見ると分るように、低い照度では高年者は青年よりも作業能率の低下が著しく、また照度を高くする効果はとくに高年者に対して大きい。高度な視作業ほど高い照度が必要となることはもちろんであるが、照度による作業能率の変化も作業の精粗によって異なる。たとえば精密な視作業とは、視対象物が小さい、黒っぽいなどにより見にくい場合、また作業の内容が高精度を要求される場合などを意味している。

職場においては、生産性向上の面から作業能率を高くすることがまず重要な目標とされる。作業能率の値としては、一定量の作業を遂行するための所要時間、一定時間内の作業量、ミス率など種々の方法による結果で表出される。

作業能率に影響する人間側要素としては視力のほかに疲労の問題がある。一定の視作業を長時間にわたって続けると、次第に疲労によって作業能率が低下して来る。この疲労による作業能率の低下は、照度を高くすると小さくなることが実験により確かめられている。この点からも高照度による効果は大きい。

疲労については、視力低下などの生理的面だけでなく、心理的面における影響も考えられ、高年になる程、この両面における疲労は大きくなるものと推察されるが、信頼しうる実験データは見当らず、今後検討すべき問題である。

疲労の測定方法としては目の遠近調節時間、フリッカ値など視力（広い意味）を対象に測定するもののほか、呼吸数、脈拍数、皮膚抵抗など生体現象の変化に測定する方法もある。

高年者に対する視作業の必要照度はどのようにして定めるかの問題がある。視作業の種類はきわめて多く、個別にとり上げて検討することは不可能である。照度基準ＪＩＳにおける規定照度は青年に対するもので、高年者に対しては別途考慮するよう述べている。

これまで検討して来たように高年者に対しては青年の場合よりも高照度にする必要があるが、その照度比は一律ではなく、視作業の目的、精粗の程度、作業時間、対象とする高年者の年令など多くの要因によって異なって来る。これらを考慮して必要照度を求めるための方法として以下に一案を示す。

(1) １つの代表的視作業（たとえば文章を読む作業）をとり、視対象として精粗の条件に対応する数種類のものを選び、これらに対する基準視作業を定める。

(2) 年齢観測者群により上記の視作業種類について実験し、照度と作業能率との関係を求める。

(3) 本調査研究により求められた年齢と近距離視力の基礎的関係をもとに解析整理し、作業種類ごとに年齢と必要照度との関係を示す基礎データを確立する。

(4) 実地の視作業の内容を検討してこれに相当する基準視作業種類を選択し、対象の高年者の年齢における必要照度を基礎データから求める。さらに必要により個人差によるばらつきを考慮した補正を行なう。

8. 視作業と照明方式

前章までの調査研究では、「年齢と生理機能あるいは視作業」の問題も論じられ、高齢者に対する照明には十分な配慮が必要であることが明らかにされている。

現在のところ、高齢者のために特別の照明技術が十分開発されているとはいい難いが、一般的に、各種の空間において、視作業性を配慮した照明の所要条件およびその照明技法の代表的なものは以下に述べるようである。

これらの各分野において、高齢者については、特に作業面照度あるいはグレア規制などには一層十分な配慮をしつつ良質な照明を提供することが望まれる。

8.1 事務所の照明方式

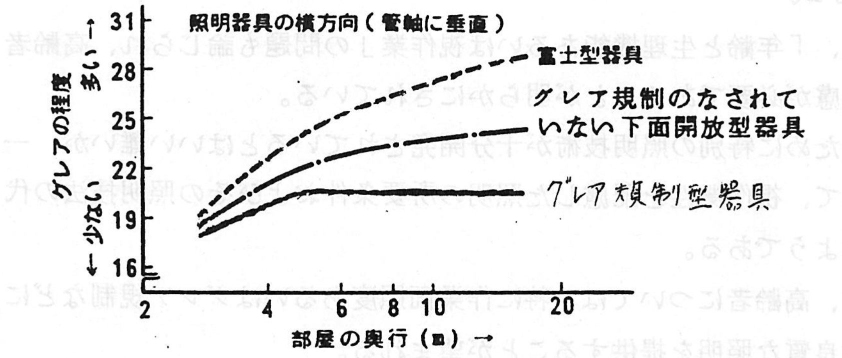
8.1.1 一般オフィスの照明

最近のオフィスビルは、壁や間仕切の少ない広い部屋が多くなっている。このような部屋では、天井も遠くまで見通すことができ照明器具やランプが目に多く入る。従来から広く用いられている下面開放埋込型器具や富士型を用いるとランプが見えるので、不快なグレア（不快なまぶしさ）を招きがちである。（図 8.1）

図 8.1　広い部屋の天井照明設備の見え方[14)]

この不快グレアは光源が視野に入ることにより生じるものである。不快グレアの多い環境は、不快であるだけでなく、視対象物（人の顔など）が見にくくなるため、視作業の能率を低下させる。従って、視対象物の見やすい、より明るさ感の高い照明を可能にするためには、グレアを抑えた照明が必要である。

グレアの程度の比較例として、照明器具が等間隔に配置されている一般的な事務室における、各 3 種類の照明器具によるグレアインデックスを図 8.2 に示す。



（天井高さ2.5ｍ）−部屋の幅5.2ｍ、部屋の反射率50、30、14（％）、目の高さ1.2ｍ（床上）（座った状態）。

図8.2　グレアインデックスの比較[15)]

図8.2よりいずれも、富士型は、部屋の奥行が大きくなるのに伴ないグレアが強くなることがわかる。下面開放埋込型器具も同様な傾向にある。しかし、グレア規制型器具は部屋が大きくなってもグレアが増えず、富士型などの器具よりはるかにグレアが少なく、快適性のすぐれた照明器具であることがわかる。このグレア規制型器具には用途や雰囲気に合わせて各種のタイプがあり、例えば、ランプの遮光角にも１５度タイプと３０度タイプ等があり天井高さと取り付け間隔に合わせて使い分ける。（図8.3、図8.4）

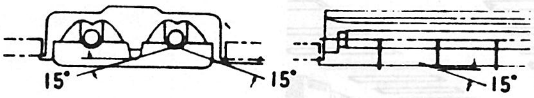


図8.3　遮光角１５°タイプ[15)]

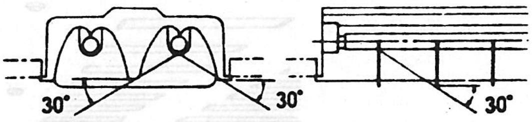


図8.4　遮光角３０°タイプ[15)]

8.1.2　ＯＡオフィスの照明

(1)　ＯＡ化時代のオフィス照明

近年作業効率向上や機械設備の自動化に伴ない、オフィスや工場の監視室などにＯＡ機器の導入が積極的に進められていることは周知の通りである。ＯＡ機器では、一時的な情報表示の為にはＣＲＴ（Cathode Ray Tube）ディスプレイが用いられることが多く、このＣＲＴを見ながら行う視作業の増加に伴なって、新しい重要な問題が生起しているので、その解決法を中心に説明する。

(2)　ＣＲＴディスプレイ作業における照明の問題点

ＣＲＴディスプレイ作業における照明環境を、模式的に図8.5に示す。主な留意点は次の２つである。

(i)　キーボードや書類の視作業に必要な照度の確保、ドイツ規格（ＤＩＮ 66234）では、机上面の適切な照度を５００ lx としている。[16)]

(ii)　室内照明光がディスプレイ表示面へ及ぼす影響の検討

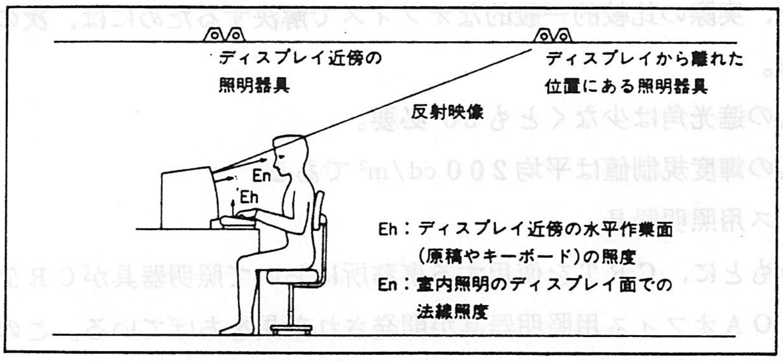


図 8.5　ＣＲＴディスプレイ作業における照明環境

(3)　室内照明光がディスプレイ表示面へ及ぼす影響

これには主に次の２項があり、この影響によりディスプレイ上の表示文字の判読性が低下する。（図 8.6 ）

(i)　ＣＲＴディスプレイ表示面へ入射している照明光が、表示面で拡散反射することによって生じる輝きで、表示文字のコントラストが下がる。

(ii)　作業者の後方にある光源（照明器具や窓など）が表示面で正反射し、文字に重畳して虚像を生じる。

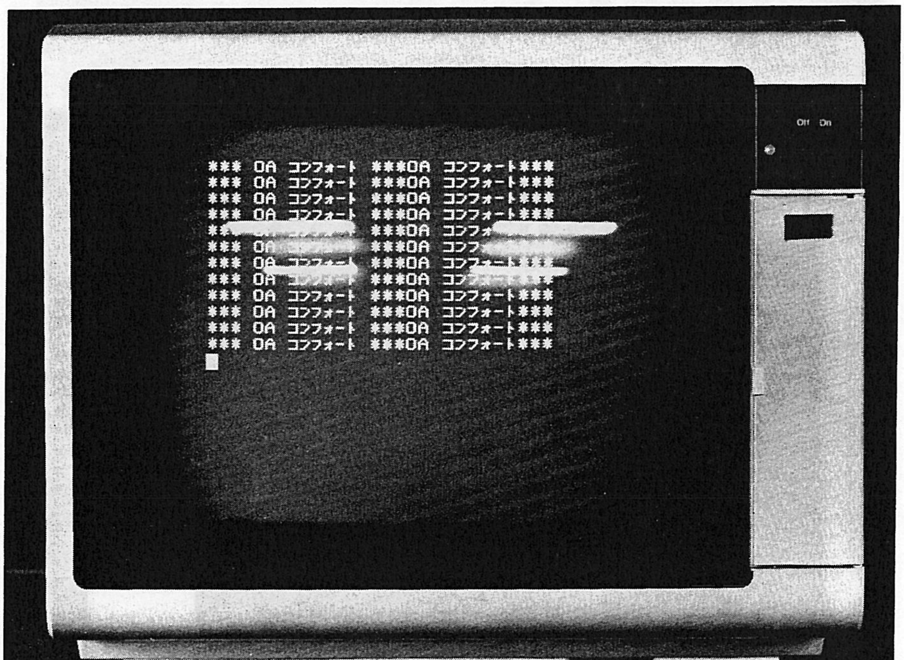


図 8.6　ＣＲＴに高輝度の光源が映り込んでいる状態

下面開放型器具（輝度 200 cd/m² 以上）

以上の問題を、実際の比較的一般的なオフィスで解決するためには、次の(i)、(ii)を満足させる必要がある。

(i) 照明器具の遮光角は少なくとも30°必要。

(ii) 照明器具の輝度規制値は平均200 cd/m² である。

(4) ＯＡオフィス用照明器具

以上の検討をもとに、ＣＲＴを使用する事務所において照明器具がＣＲＴ画面にほとんど映り込まない。ＯＡオフィス用照明器具が開発され効果をあげている。この一例について姿図と映り込みの度合いを図8.7に示す。ＣＲＴ画面にはほとんど映り込まないことが判る。

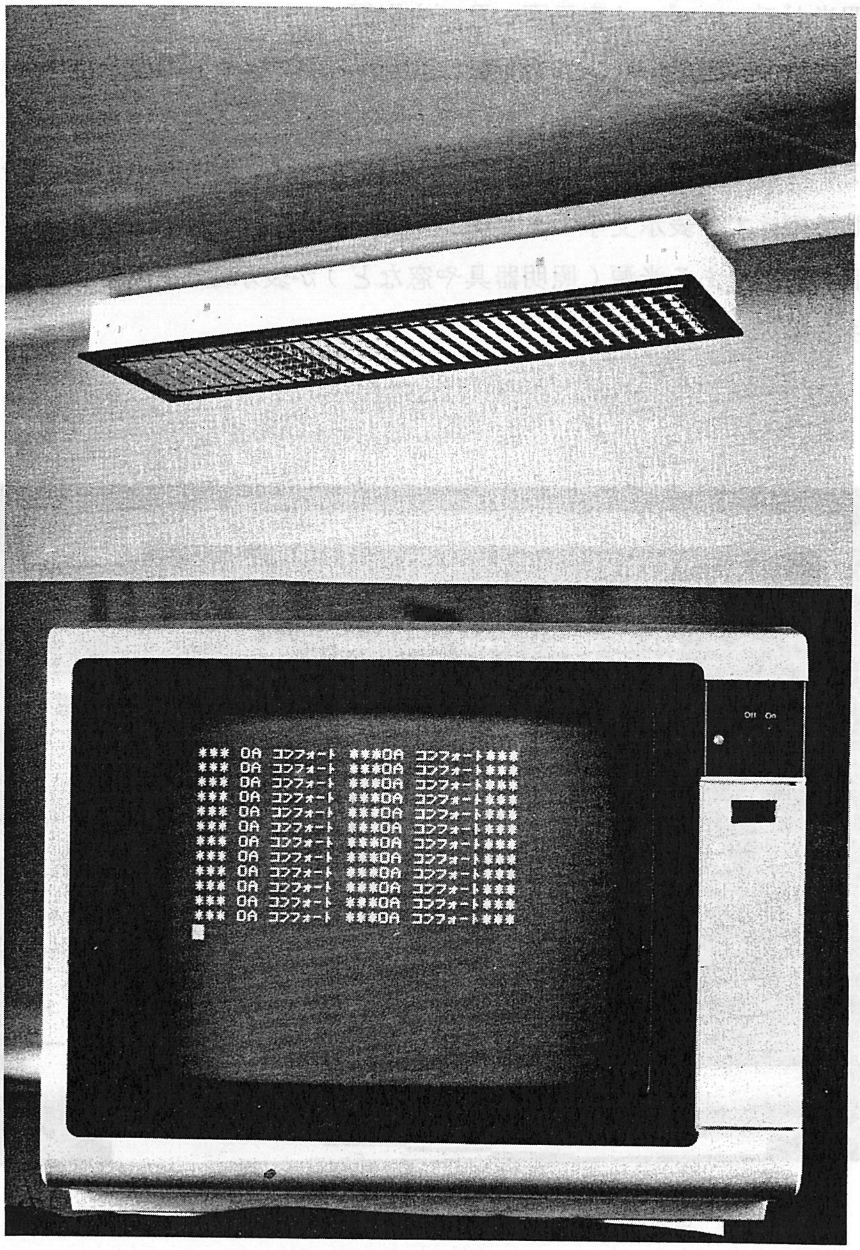


図8.7　ＯＡオフィス用照明器具の姿図と映り込みの状態

8.1.3 タスク・アンド・アンビエント・ライティング

従来の照明では、タスクとアンビエントの照明機能を分けて考えず、天井に均一に配した照明器具によってタスクに必要な照度を確保し、それによって得られる光でアンビエントの照明を兼ねている。この従来照明方式に対して"タスク・アンド・アンビエント・ライティング"とは、タスクとアンビエントそれぞれ専用の特性を有する照明設備をコンビで用いて照明する方式である。

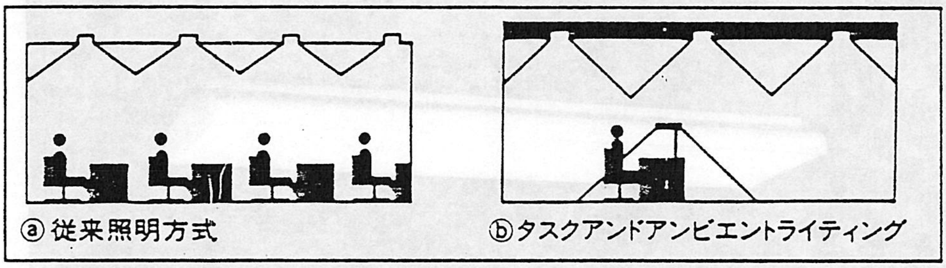


図8.8　従来照明方式とタスク・アンド・アンビエント・ライティング

タスクライトの例としては図8.9のようなものがある。アンビエントライトは、従来の天井取付器具（直接照明）の他に次のような方式がある。

(1)　直接・間接兼用照明（吊下型、床置型）

(2)　間接照明（天井付、吊下型、床置型、什器利用型）

これらのタスクライトとアンビエントライトの組合せが考えられる。

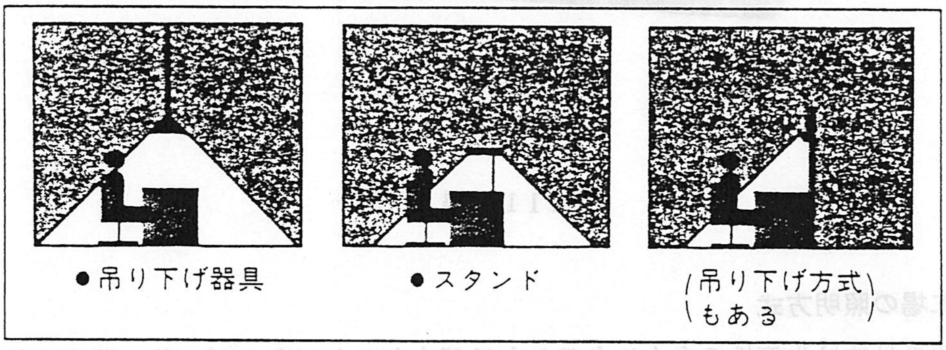


図8.9　タスクライト

8.2　学校の照明方式

学校照明は、児童生徒が視対象物を見やすくするのを助け、近視の予防、学習効果の向上などを図る上で大切である。特に教室の照明設計をする場合、生徒（学生）の机の上での読み書き、先生と生徒の顔の表情の判別、黒板の文字の見え方などに留意して、快適に能率的に学習できる環境を作ることが重要である。そのためには、不快なまぶしさをセーブしながら高い器具効率を維持するとともに、生徒から見てまぶしさを抑えて黒板上の文字を読みや

すくするよう反射板を設計した教室用グレア規制型照明器具が有効である。（図8.10）

又、一般教室の黒板の利用度は高く、従って、生徒はもちろん先生の立場も考えた専用照明器具が必要になる。そのために高効率で黒板を明るく、バランス良く照明できる黒板灯が使用され効果をあげている。（図8.11）

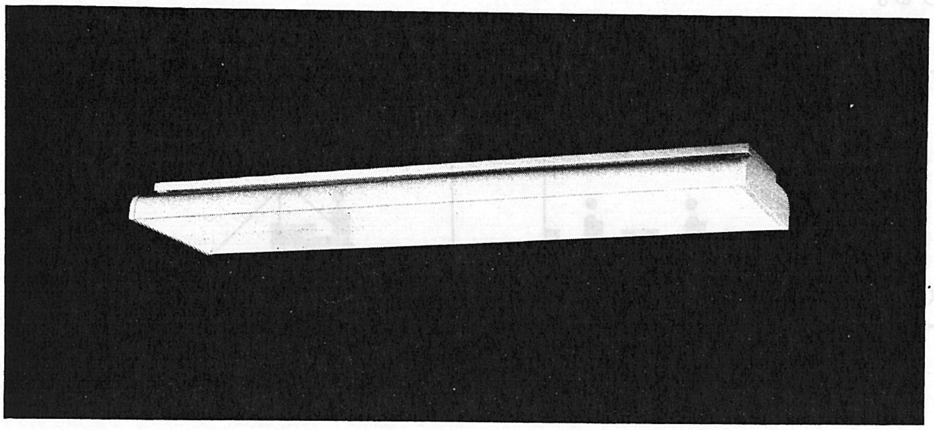


図8.10　教室用グレア規制型照明器具

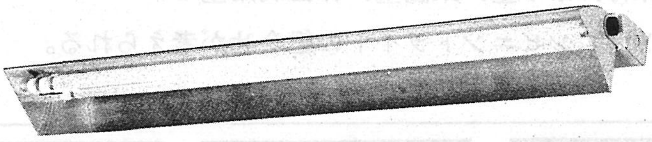


図8.11. 黒 板 灯

8.3　工場の照明方式

工場照明の目的は生産性の向上にあることは明白なことであるが、長い間安心して働くためには安全の確保が必須条件であり、私達が能力を充分発揮できるためには快適な環境が大切となる。それ故、生産性の向上・安全の確保・快適な環境づくりが工場照明にとって最も大切である。そのような作業環境をつくりだすために、全般照明用器具として遮光角をもたせることによりまぶしさを抑え、さらに天井面にも光を出す上方光束型とすることにより天井面と作業面との明るさの差を少なくしたグレア規制型照明器具が効果的である。（図8.12 図8.13）

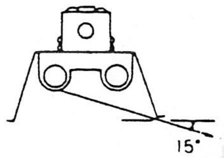


図8.12　遮光角

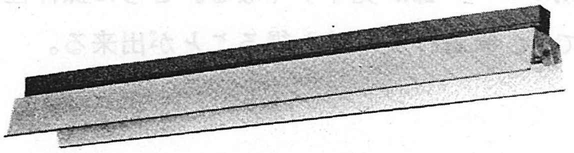


図8.13　工場用グレア規制型照明器具

又、用途に合わせ、均一照度型と直下高照度型を使い分けることも必要である。両者の照度分布の比較を図8.14に示す。

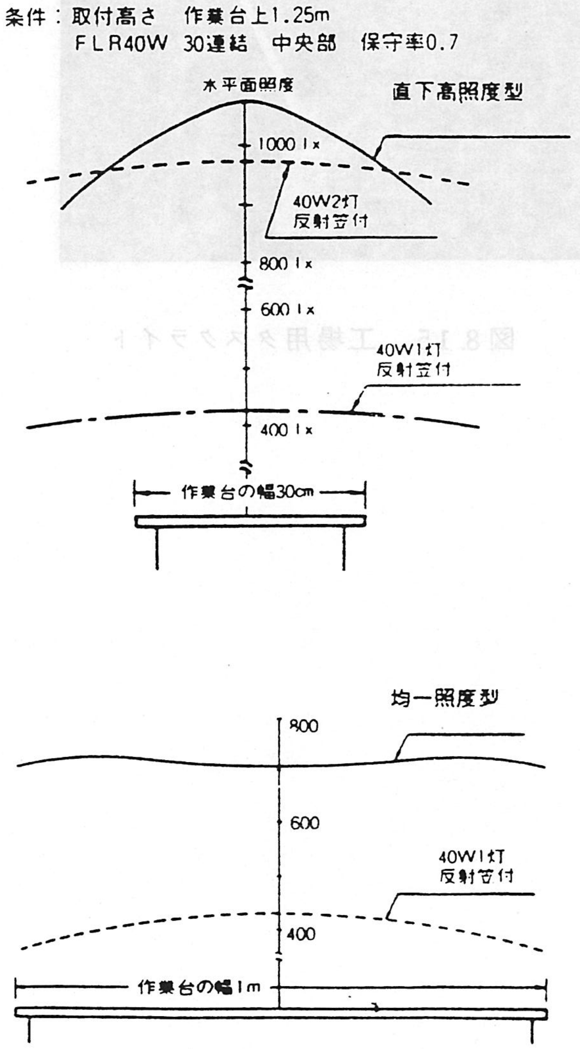


図8.14　照度分布の比較

工作加工工場においては、工作加工機械用の局部照明器具を有効に使用することにより、機械のワーク部が見やすくなる。さらに操作性の良いアームにより対象物にスムーズにセットでき、快適作業環境を得ることが出来る。

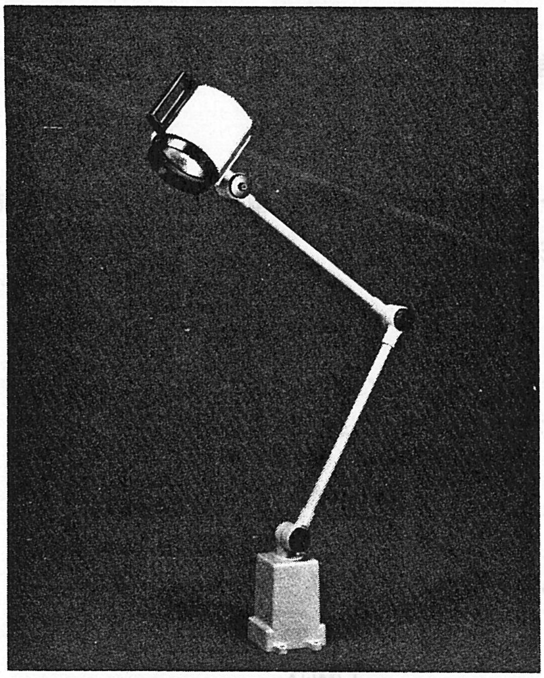


図 8.15　工場用タスクライト

9. まとめ

寿命が延び高齢者人口が増加し、さらに停年の延長などによって働く人の年齢が高くなるにつれて、これらの人々が安全に、かつ快適に作業できる照明環境をととのえておくことが社会的に大切な問題となってきた。

年齢が高くなるにつれて身体の生理的機能は全般に低下するが、特に視機能の衰えは作業や日常生活の安全に大きく影響をおよぼすため、その機能の低下をおぎなうような照明方式を考えることが肝要である。

本研究はこれらの問題の基礎となる視力と年齢との関係、視力と文字の読み易さとの関係、視作業と照明方式などについて調べることを目的とした。

まず視力に関しては、作業の多くが手のとどく範囲の近距離で行なわれることを考えて、30〔cm〕の近距離視力を測定することとし、58年度に制作した実験装置を再び用いることにした。

視標にはランドルト環を採用し、順応輝度を広範囲に変えて、それぞれの順応条件における視力を測定した。

観測者としては多くの方々の協力が得られ、広い年代にわたって多数のデータを収集することができた。

実験データを統計処理して分析を行なった結果、近距離視力と年齢および順応輝度との対応関係をより詳細に明らかにすることができた。

これらの結果をもとに視力と文字の読み易さについても検討を加え、さらに種々の視作業に対する照明方式に関しても調査を進め、いくつかの事例について考察を行なうことができた。

以上、研究目的に関してほぼ満足すべき成果をあげることができたが、高齢者の視作業についてはまだ調査すべき点もあり、さらに照明方式やその実施技術に関しても今後研究すべき課題は多い。

それらについて例をあげると

(1) 作業内容と視対象の関連、また、視作業の精粗または難易についての系統的な調査データはいまだないが、このような調査を進めて作業内容の分類をしておくことが望まれる。

(2) 視作業の内容および作業効率と照明レベルとの関連が年齢によってどう変わるのか、高齢者に対しては作業内容と照明レベルの関係をどう取り扱えば効率のよい作業ができるのか検討を進めることが必要である。

(3) 作業の安全性および疲労と照明条件との関連についても調査研究を進めて、より快適な条件を考えることも大切である。

(4) さらに、良い照明環境を作り出すための照明器具、照明方式などを研究開発し、これらを実現するための実施技術もあわせて発展させることが今後の課題となるであろう。

付録1　用 語 の 解 説

＜視力＞　一般には視距離５ｍで視角１分のランドルト環の切れ目の方向が識別できる場合を視力1.0と定義しているが、本委員会報告では特に断りのない限り、視力とは３０cm視力（近距離視力）を意味している。視力の分け方としては近距離視力（視距離３０cm）、中距離視力（視距離７０cm〜３m）、遠距離視力（視距離５m）等のほかに、３０cm視力、５m視力のように、視力の前に視距離を明記する方法もある。

付録2　参 考 文 献

(1) 斉藤 一 ； 向老者の機能の特性 ― 停年性問題を背景に考えて ― 、労働の科学、22、pp４〜9、（１９６７）

(2) IES Lighting Handbook、Illuminating Engineering Society、5Th Edition Ed.Kaufman, J.E.（１９７２）

(3) 懸田克躬編 ； 現代精神医学大系１８、老年精神医学、中山書店、（１９７５）

(4) 大島正先 ； 老化と生理機能、医学のあゆみ、Vol.97、No.9 pp６５６〜６６６、（１９７６）

(5) 池田、野田、山口 ； 照学誌６４（昭５５）５９１

(6) Ikeda,K.,Noda, K.and Yamaguchi,S. ; J.Light Vis.Environ. ４－２（１９８０）２２

(7) 池田、野田、山口 ； 照学誌６７（昭５８）５２７

(8) Ikeda,K.,Noda, K.and Yamaguchi,S. ; J.Light Vls.Environ. ７－１（１９８３）２８

(9) Ikeda,K.,Noda, K.and Obara,K. ; J.Light.Vis Environ. ８－１（１９８４）４０

(10) 中根 ； 建学論２２９（昭和５０）１１１

(11) 河合、黒沢 ； 照学誌５７（昭和４８）５８０

(12) 鈴村昭弘 ； 空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発、日本眼科会誌、７５、pp１９７４〜２００６、（１９７１）

(13) Sivak,M., et al.; Effect of Dnivers Age on Nighttine Legibility of Higlrway Signs,Human Factors,Vol.23,No.1,（１９８１）

(14) 田渕義彦 ； 下面開放白色塗装仕上反射板蛍光灯器具のグレア規制、照明学会誌、６７、（昭和５８）２２９

(15) 田渕義彦ほか ； 鏡面反射板を使用したグレア規制型蛍光灯器具、電気学会光応用・視覚研究会資料、（昭和５６）LAV−８１−９

(16) Deutsche Normen DIN66234. Video screen working position,part7, p1, Workroom illumination

第2編　視環境整備におけるグレア制御基準の調査研究

1.　研究の主旨

「グレア」は、照明の中の重要問題としてすでに50年間以上もの長い間、世界各国で研究の対象になっており、現在もなお研究がすすめられている。

しかし、わが国の照明施設の現状を見るとき、依然としてランプが直接視野内に見え、グレアを生ずるような形で使用されていることが多く、これらの研究結果が活用されているとはいえない。したがって、わが国に関する限り、わが国はもとより世界各国で、グレア制御の研究に投入された多大な知的エネルギーと研究投資は必ずしも有効に活用されているとはいえない。この主な原因は、

(1)　グレアを防止することそのものは技術的な困難性を伴わないが、多少とも、照明システムの測光的効率を低下させると考えられていること

(2)　グレアの少ない照明器具が高価だと考えられていたこと

(3)　グレアの防止によって視環境が改善されることは理解できても、それによって得られる効果が、測光的なメリットとして数値的に説明できなかったこと

にあると思われる。このため、グレアの制御を無視する場合に最もしばしば使用される理由がコストと効率の低下であった。

しかし、測光的にメリットが数値的に説明できないという理由だけでこれを無視することは技術的に正しい姿勢ではない。作業環境におけるグレアは、作業者に種々の影響をおよぼすものであるし、多くの技術分野で、グレアに似た人間工学的な事象が数値的取扱いなしに重視され、適切に取扱われて効果をあげているからである。

最近に至って事務室、工場をはじめ、多くの作業環境でVDT(Visual Display Terminal:視覚表示端末装置)が使用されるようになり、将来の事務作業が従来の事務作業と大きく異なったものになる様相を見せはじめた。これとともに、これらの作業に従事する作業従事者の一部から、これらVDTを使用する作業(以下、これをVDT作業という)によって従来経験していないような新たな疲労や苦痛が報告されるようになってきた。

これらの要因には、VDT作業の従来の事務作業と異なった作業姿勢、作業密度に加えてVDT作業そのものに関連する各種のストレスなど多種多様のものもあるが、VDU(Visual Display Unit :視覚表示部)の表面に光源など高輝度の物体が映って生ずる反射グレアなどもそのひとつである。

VDT作業の場合にグレアが特に大きく問題となるのは、VDUの表面に映る高輝度の物体の像が、作業対象となる文字や記号に直接重畳され、これらの輝度対比を減少させて見え難くさせるうえ、その位置が作業者の作業中の視野の中心に近い場所でもあり、その影響が強いためである。VDUの表示デバイスとして、現在最も多く用いられているCRT(Cathod Ray Tube :ブラウン管)の映像面は、曲面状で、鏡面性の強いガラスでできているから、この表面に天井の照明器具などの像が映ることは避け難い。この場合、CRT表面に映るこ

れらの反射像の輝度は、グレア源となる照明器具などの輝度に比例的に対応するから、もし照明器具などの輝度が妥当なレベルに制御されていれば、それがたとえCRTの表面に映ったとしても、グレアは著しく減少するであろう。このように考えるとCRTの表面に映る照明器具が、VDT作業のグレアの原因となるのは多くの場合、天井の照明器具自体が元来一般の事務室としてもグレア源となるような特性をもっているからであることがわかる。いいかえれば、VDT作業を行なう事務室において、CRTの表面に映る反射像によってグレアが問題となるということは、その場所がすでに“普通の事務作業”を行なう場所としても、不快なグレアのために問題を潜在している照明環境であるということを意味している。

したがって、VDT作業におけるグレアと一般の事務作業におけるグレアは、影響の大きさに差はあるにせよ、原因は共通的なものであり、その対策も類似したものである。

事務作業にコンピュータが導入された初期の段階では、一般の事務室にVDUが置かれることは少なく、VDT作業は専門の作業員によって特別の“コンピュータ室”で行なわれていた。このため、これらの作業環境をこれに適した最善の方法で照明することはそれほど困難ではなかった。このため従来、事務作業におけるグレアとVDT作業におけるグレアは独立的に取扱われてきた。しかし、最近のVDT作業の傾向は、従来の一般的な事務室にVDTを置く場合が急激に増加しつつある。したがって、現時点でVDT作業を全く行っていない事務室といえども明日には大量のVDT作業を導入する可能性が高い。このような意味でこれからはあらゆる事務室に、VDT作業にも対処できる照明を備えておくことが望ましいと考えられる。このため、本委員会では、与えられた調査研究問題「視環境整備におけるグレアの制御基準」をこのような背景に立脚して取扱うこととした。

なおこの報告の基礎となったのは、照明学会の「事務所照明基準および解説」「省エネルギー照明の適正化の調査研究報告書」「新時代における照明の調査研究報告書」である。これらは現在ほとんど絶版になっているので、この報告書では委員会の決定にしたがい、必要な部分をそのまま採録して読者の便宜をはかった。特に、付録3「CRTディスプレイの視覚的所要条件」は昨年、照明学会の「新時代における照明の調査研究委員会」が作成された報告の第2編4章に若干の補足を加えながらほとんどそのままの形で引用した。これらの作成に貢献された各委員会の委員長、幹事、委員の方々に感謝をあわせ、おことわりをしておく。

2. 事務作業における視環境整備の必要性

2.1 人間の要求と快適性

ＷＨＯ（世界保健機構）の種々の思想では人間の要求は次の四つに分類される。すなわち、

⑴ 安 全

⑵ 健 康

⑶ 能 率

⑷ 快適性

の四つである。これらの項目は重要さの順序に並んでいると考えてよい。

この分類をオフィスの機能に対応させると、例えば、安全は事務室の耐震耐火、健康は防虫防鼠、能率は使い勝手の便利さ、快適性は高度に整備された物理的環境にかかわっているといえよう。この例から見ても、上位の要求項目ほど、より基本的であることがわかる。

しかしながら、このことは下位の項目を軽視してよいということにはならない。むしろ下位の項目の整備、とりわけ最下位の快適性の整備こそが現在のオフィスには強く求められるのである。事務作業は安全、健康、能率などを満足する環境で行われなくてはならないが、安全、健康、能率などは環境を云々する以前のいわば前提である。人間にとっては生きがいやる気、仕事のおもしろさ、仕事をする満足感などが問題なのであり、これらは多かれ少なかれ快適性に関係がある。その意味で快適性は安全、健康、能率とはちがって、次元の高い要求項目なのである。快適性に不足のある環境は真に人間的環境とは言えない。

快適性の観点から、最近のオフィスにおける視環境整備のポイントを三つに分けて述べる。

2.2 オフィスの大空間化

最近のオフィスは世界的に大空間化の傾向がある。欧米では伝統的にオフィスは個室または４～５人が一室を使用する小規模な構成が多かったが、近来、大部屋のよさが認識されはじめている。わが国ではもともと大部屋だったものが、近来もっと大空間の大部屋が普及しつつある。大空間化の理由としては、都市の過密化により、空間をできる限り有効に利用する必要がおこったこと、建築の構造技術の発達により柱のない大空間が可能になったこと、照明や空調設備の発達により無窓の部屋又は奥行きの深い部屋が可能になったこと、多人数が同じ部屋で仕事をすることにより職場の人間関係も良好に保てることがわかってきたこと、などがあげられる。

ただ大空間の視環境に関しては問題があり、様々の工夫がなされてきている。ランドスケープト・オフィスはいわば「造園工事のされたオフィス」であり、沢山の観葉植物を配するなどして、大味になりがちな大空間を美的に整えている。オープン・プラン・オフィスでは、作業者が気が散るのを防ぐために衝立を使って見通しを区切ることが効果的である。個人の作業スペースをコンパートメント風に区切る場合には、タスク・アンド・アンビエント・ライティングを導入して、空間に明るさの変化を与えることができる。いずれにしても、作業者の快適性が損なわれることのないような配慮が必要である。

2.3 窓の効用の変化

最近のオフィスにおける今一つの傾向として、窓の機能が一変したことがあげられる。かつてのオフィスの窓は、第一に採光、第二に換気を考慮して設計されていた。蛍光ランプの発達とエア・コンディショニングの普及により、窓のこのような機能はオフィスではほとんど問題にされなくなってきている。

しかし、窓が不必要であるかというと決してそうではない。オフィスの雑多な物品の中での息苦しさや、仕事の単調さを補償するために窓が精神衛生上に果す役割は大きい。たとえば、窓から時刻や天候など外界の情報が入手できること、窓外の景色とくに目を安める中心となる物が見えること、在室者に開放感を与えうるだけの空間が窓外に望めることなどは、現代のオフィスの窓の重要な効用であろう。

一方、単なる窓の存在は窓からの日照や窓外のまぶしさなどのマイナス面をもつので、それらを防ぐ工夫もなされている。日照の遮蔽には様々な方法があるが、ベネチアン・ブラインドの設置が簡単で有効であろう。在室者の机上面と窓面の明るさのバランス、窓際の人物の顔の見やすさなどは、PSALI（Permanent Supplementary Artificial Lighting in Interiors）を適正に施すことによって快適に保つことができる。

2.4 オフィスの工場化

最近のオフィスにおける最も決定的な変化は、多種類のＯＡ機器が室内に置かれることによって、オフィスが工場のごとくなってきたことにある。すでにだいぶ以前から、オフィスの机、椅子、本箱、ロッカ、電話、タイプライタなどは、いわゆるオフィス・タイプのグレイ一色の機器類が主調となり、部屋の暖かさや落着きは損なわれていた。そこへ事務機器としては革命的な各種のＯＡ機器が加わってきたのである。オフィスは正に工場のごとくになりつつある。

現在、工場のオートメーション化はむしろ一段落してきており、生身の人間の働く工場空間はそれほど非人間的ではない。急激な変化に戸惑っているオフィスの工場化の方がよほど問題であろう。

ＯＡ機器の表面は材料、テクスチャ、光沢、色彩などによってある程度調節整備することができる。ただＣＲＴ画面上の文字や図形の見やすさやグレアの制御には特に慎重な配慮が必要であり、以下の各章では、特にこの点に立脚して視環境整備の方策が検討されている。ただし、ここでいう「快適性」は、オフィスで働く人間にぜいたくな「快適性」を与えようとするものではなく事務作業の機能性の範囲内で消極的な意味での、少なくとも「不快でないようにすること」を意味するといってよい。

ＯＡ機器は、今後ますます技術開発がすすみ、ＣＲＴディスプレイ以外のさまざまな表示デバイスをもつ機器も商品化されることが予想される。しかし、それらがいかに変貌しようとも、事務作業の視環境が快適であり続けるよう、視環境を整備することに遅れをとらないようにすべきである。

3. 光と視覚

物が見えるためには、外界からの光が眼に入り網膜上に像が形成されなければならない。しかしこれだけでは物は見えたことにならない。網膜で像に含まれた情報が光から電気信号へと変換され、これらが視神経を通り大脳に到達して、はじめて"見える"のである。つまり眼は光を受け取る受光器にすぎず、物を見るのは大脳である（例えば、Gregory，1966；Mueller and Rudolph，1968など）。

したがって事務作業、特にVDT作業などの労働における疲労を考える場合、受光器である眼そのものの機能低下と、大脳における視覚の機能低下の二つがあることに充分留意しなければならない。

3.1 光

光は電磁波である。その性質は、強度と波長（または周波数）で表わされる。人間が感じることのできる光の強度は数個の光量子によって与えられる微弱なものから、それの100億倍以上の強烈なものまでと広範囲である。一方知覚できる波長領域は、約400nmから約700nmと狭い。光の強度が強い場合、視覚系の分光感度は図3.1の実線で示される特性となり、各波長に対応した色を知覚することができる。これに対して、光の強度が弱い場合は図3.1の点線で示される特性となり、明るさは知覚できるが色を知覚することはできない。

（CIE 1924；CIE 1931；CIE 1951）

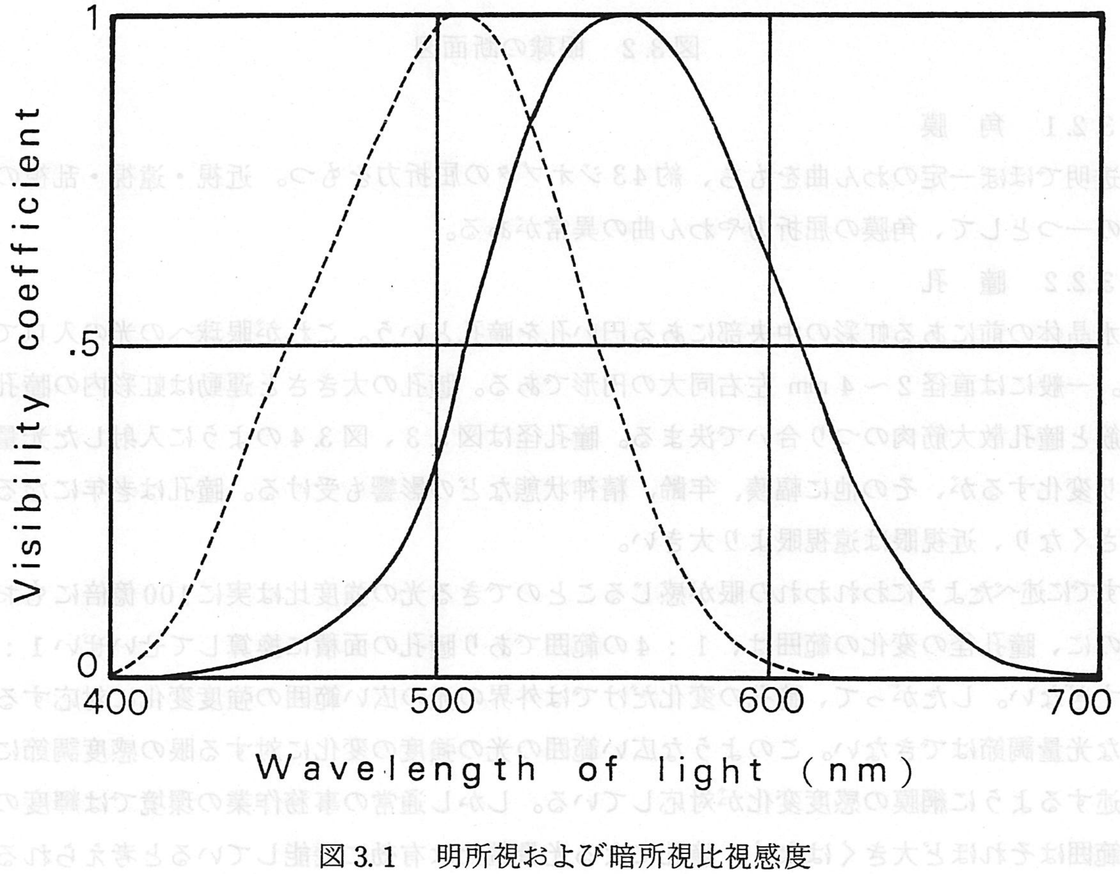


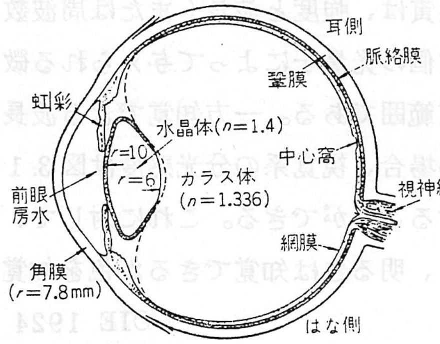
図3.1　明所視および暗所視比視感度

3.1.1　照度と輝度

照度とは、ある面を照らす光の強度で単位はルクス（lx）が使われる。輝度とは、ある面からある方向へ放射されている光の強度で単位はカンデラ／毎平方メータ（cd/m^2）が用いられる。人間は眼球内に入ってくる光の強弱で明るくまたは暗く感じるのであるから、例えば白色の紙と黒色の紙が同じ照度下におかれていても各々の反射率が異なるので、二種の紙の輝度は異なり、われわれは、それに応じて明るくまたは暗く感じることになる。

3.2　眼の光学的構造とその機能

外界の光は、図3.2のように受光器である眼の角膜、瞳孔、水晶体、硝子体を通り網膜に達する。この間を眼光学系という。以下各部位ごとにその構造と機能を述べる。



（n：屈折率，r：半径 mm）

図3.2　眼球の断面図

3.2.1　角　膜

透明でほぼ一定のわん曲をもち、約43ジオプタの屈折力をもつ。近視・遠視・乱視の原因の一つとして、角膜の屈折力やわん曲の異常がある。

3.2.2　瞳　孔

水晶体の前にある虹彩の中央部にある円い孔を瞳孔という。これが眼球への光の入口である。一般には直径2〜4 mm 左右同大の円形である。瞳孔の大きさと運動は虹彩内の瞳孔括約筋と瞳孔散大筋肉のつり合いで決まる。瞳孔径は図3.3、図3.4のように入射した光量により変化するが、その他に輻輳、年齢、精神状態などの影響も受ける。瞳孔は老年になると小さくなり、近視眼は遠視眼より大きい。

すでに述べたようにわれわれの眼が感じることのできる光の強度比は実に100億倍にもおよぶのに、瞳孔径の変化の範囲は、1：4の範囲であり瞳孔の面積に換算してせいぜい1：16にすぎない。したがって、瞳孔の変化だけでは外界の光の広い範囲の強度変化に対応するような光量調節はできない。このような広い範囲の光の強度の変化に対する眼の感度調節には、後述するように網膜の感度変化が対応している。しかし通常の事務作業の環境では輝度の変化範囲はそれほど大きくはなく、瞳孔による光量調節は有効に機能していると考えられる。

しかし、もし視野内の一部に特に輝度の高い部分があると、瞳孔で光量を適正に調節することができなくなり、いわゆるグレアを感じ、疲労の一原因となるので注意が必要である。

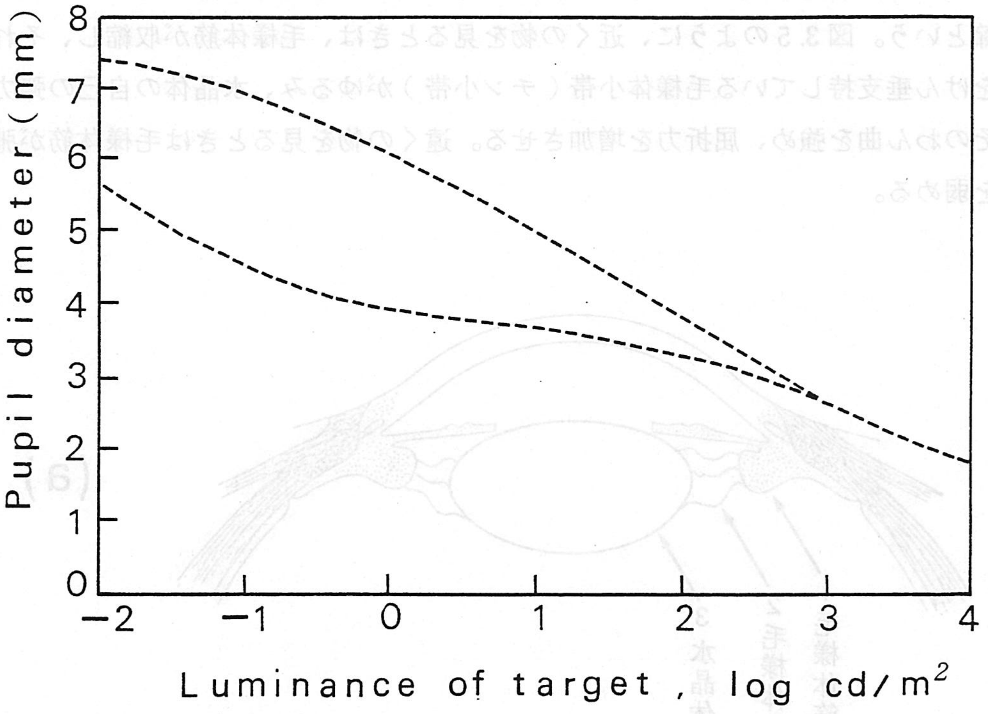


図 3.3　視標輝度に対する自然瞳孔の大きさ
（上の曲線が Reevs 、下の曲線が Crawford のデータ）

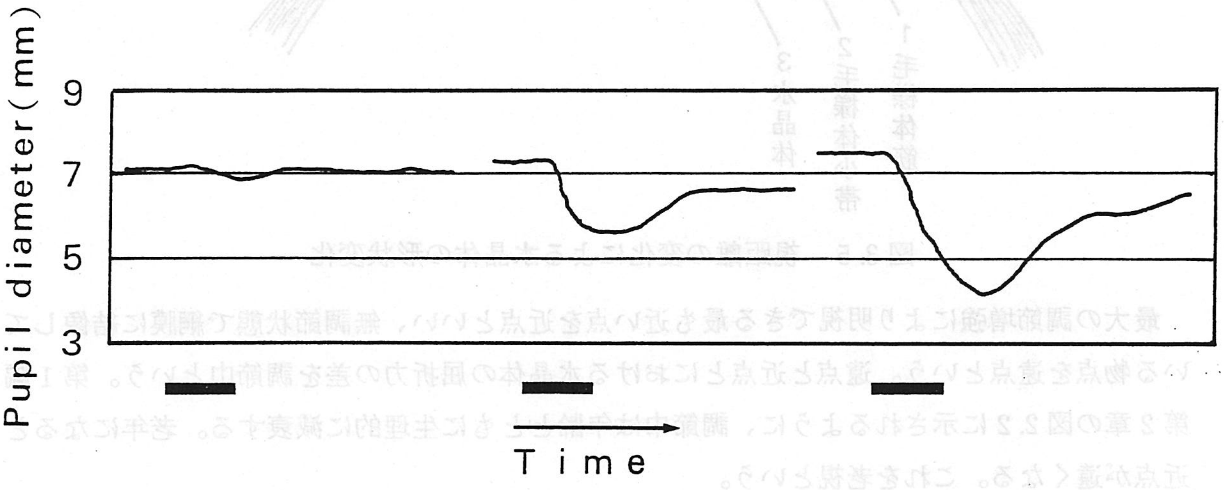


図 3.4　1 秒間の光（黒い横棒）に対する暗順応状態からの応答特性
（左から光の強さは閾値の 10, 10^4, 10^8 倍）

3.2.3　水晶体および調節機能

水晶体は両凸レンズ形をしている透明体で、19～20ジオプタの屈折力をもっている。この水晶体の屈折力を増減して、種々な距離にある物体の像を網膜上に結ばせ、明視する機能を調節という。図3.5のように、近くの物を見るときは、毛様体筋が収縮し、それにより水晶体をけん垂支持している毛様体小帯（チン小帯）がゆるみ、水晶体の自己の弾力性より、前後にそのわん曲を強め、屈折力を増加させる。遠くの物を見るときは毛様体筋が弛緩し、屈折力を弱める。

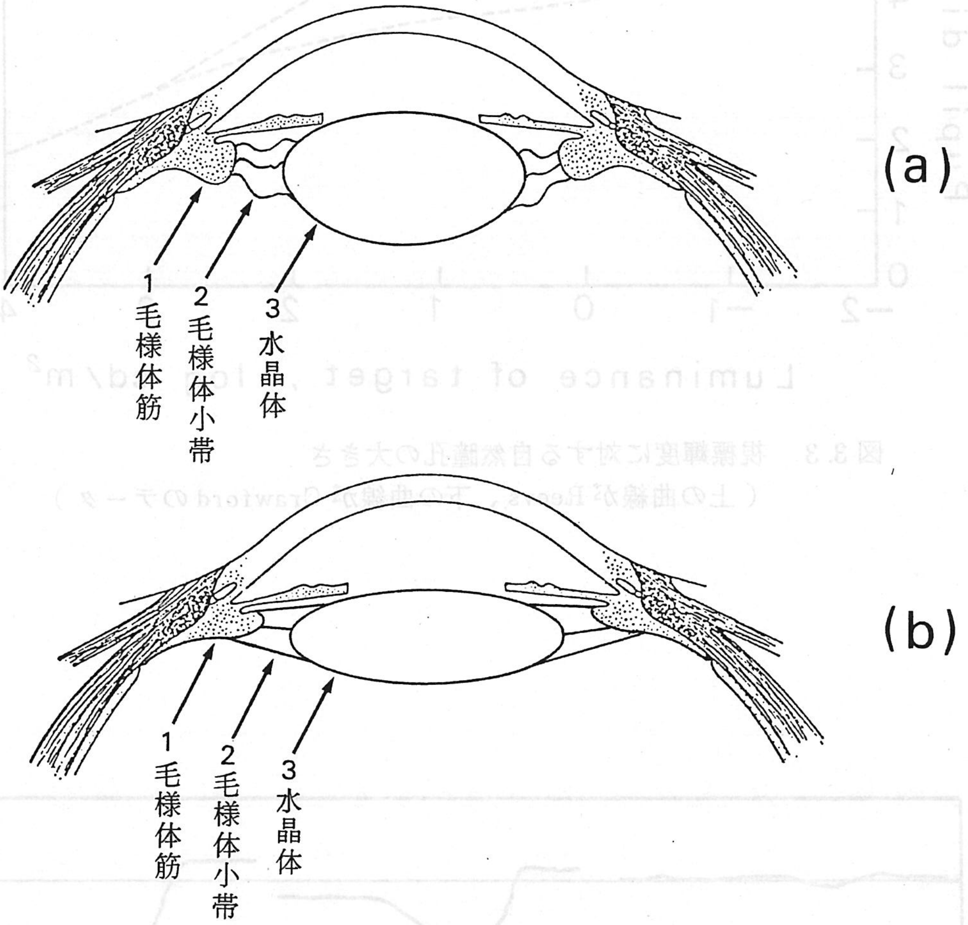


図3.5　視距離の変化による水晶体の形状変化

最大の調節増強により明視できる最も近い点を近点といい、無調節状態で網膜に結像している物点を遠点という。遠点と近点とにおける水晶体の屈折力の差を調節巾という。第1編第2章の図2.2に示されるように、調節巾は年齢とともに生理的に減衰する。老年になると近点が遠くなる。これを老視という。

遠視、または老視の人が近くにある物を見る作業を行なおうとする場合、強い調節が必要となり長時間の労働では、調節性眼精疲労になることがある。また老年になると水晶体に白濁が生じる場合が多く、グレアを強く感じやすいので、老齢者の場合はより質の良い照明が必要である。

3. 2. 4　網膜の構造

眼の構造とカメラが対比されるとき、その機能上、網膜は写真のフィルムにたとえられる。像が結像される面という点では両者が対応することは確かであるが、写真のフィルムがその特性が一様であるのに対し、網膜の特性はその位置において大変異なっている。すなわち網膜上、光を電気信号に変換する細胞（視細胞）は二種類あって、その分布が図3.6のように網膜の位置によって大変異なる。錐体は、網膜の中心部の中心窩と呼ばれる部分に密集し、中心窩より10°位までにその密度は急激に減少し、その後は周辺までほぼ一様である。錐体は強い光（明るい光）に対して良く反応し、分光感度特性から三種類に分けられる。これら三種の錐体により、我々は色覚を有する。一方、杆体は中心窩には存在せず、10°～20°位偏位した所に最も高密度で存在し、それより周辺に向かって徐々に数が減少する。杆体は一種類で弱い光に対して反応する。この二種類の細胞により我々の眼は非常に暗い所（0.003 lx）から直射日光による明るい所（100,000 lx）の物までを適切な明るさで見ることができる。しかし、暗ければ次に述べるように視力は低下するし、色も見えない。通常の事務作業では錐体が充分機能する照度が必要で、グレアのない質の良い照明では明るいほど良い（蒲山、1963）。

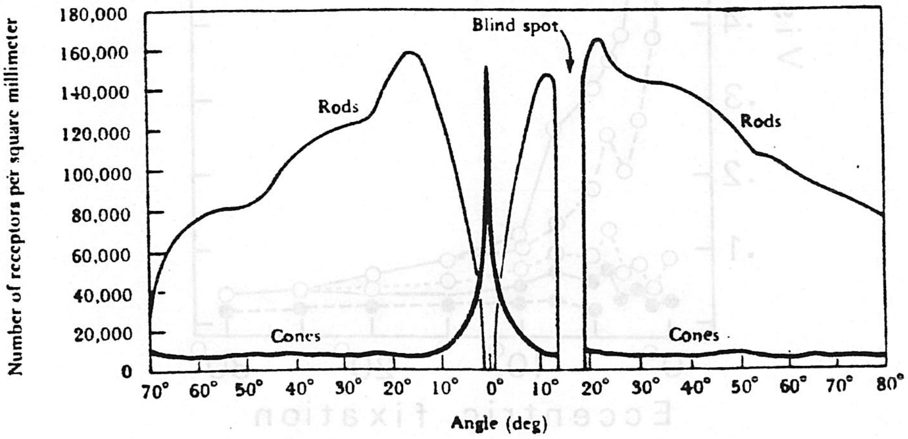
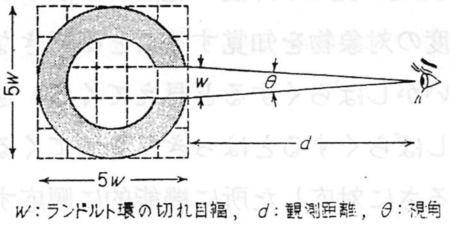


図3.6　錐体（Cones）と杆体（Rods）の分布

3. 2. 5　視覚の特性

(a)　視　力

視力の測定は通常5mの距離から図3.7のようなランドルト環の切れ目の位置が見分けられるかどうかによって行なわれる。切れ目の位置が見分けられる最小のランドルト環の切れ目が目に張る角度が、そのときの視力である。視力は、この角度に逆比例し、角度が1分（＝1/60度）のときを視力1とする。



W：ランドルト環の切れ目幅，d：観測距離，θ：視角

図3.7　ランドルト環

視力は図3.8に示すように網膜の構造上その位置と対象物の輝度とによって変化し、第1編3.3の図3.10に示すように年齢と共に低下する。

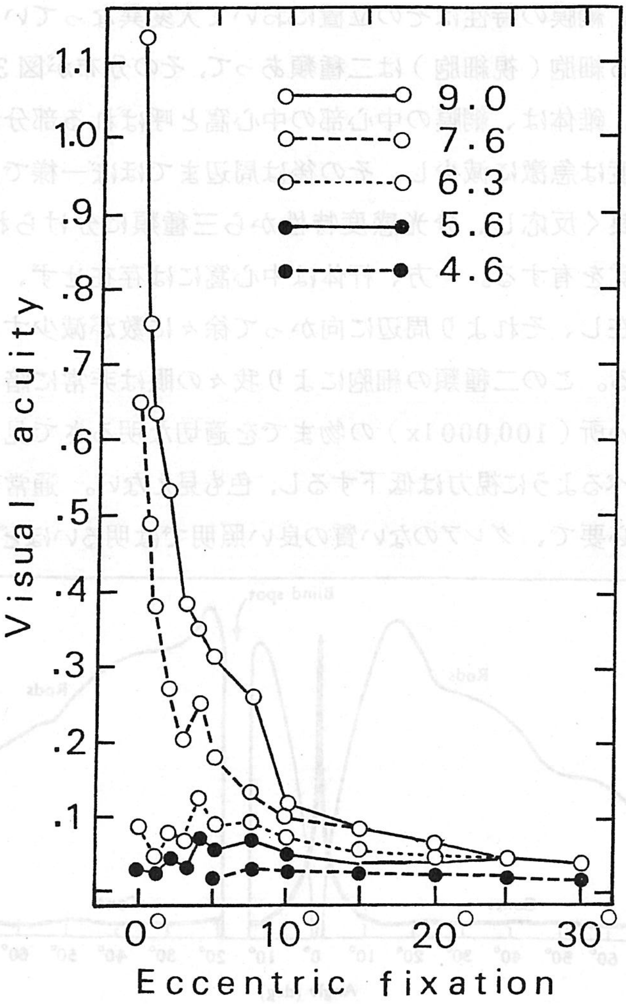


図3.8　水平方向耳側網膜における視力分布
（パラメータは輝度、単位　μμL）

事務作業では近距離を見ているので、ランドルト環を近距離から観察した場合の視力が問題となる。このような視力を近距離視力というが、これについては第1編を参考にされたい。

(b)　順応とグレア

前述のように視覚は、錐体と杆体の組合せによって、広範囲な強度の光を知覚する。しかし、いずれの場合も適当な明るさに見える輝度の範囲には限りがあるので、同時に広い範囲にまたがる種々なレベルの輝度の対象物を知覚することはできない。例えば暗い映画館に入ると館内の様子は良く見えないがしばらくすると見えてくる。逆に外に出ると今度は外景はまぶしくて良く見えないが、しばらくするとはっきり見えてくる。このように、我々の視覚系（特に網膜）はその場の明るさに対応した所に機能的に順応すればよく見えるようになるが、順応するには若干の時間を必要とする。

図 3.9 は眼が色々な輝度に順応しているときに、どの位の明るさの物が識別できるかを示したものである。ある明るさに眼が順応しているときに、非常に明るい対象物を見るとグレアが生じる、また対象物が暗すぎても正しく知覚できない。

作業照明レベルが 500 ～ 700 lx の場合、約200 cd/m^2 前後に順応していると考えられるので、高輝度の照明光源や良く晴れた日の窓などはグレアとなることがあり、不快感が生じたり、疲労の原因となることがあるので注意が必要である。

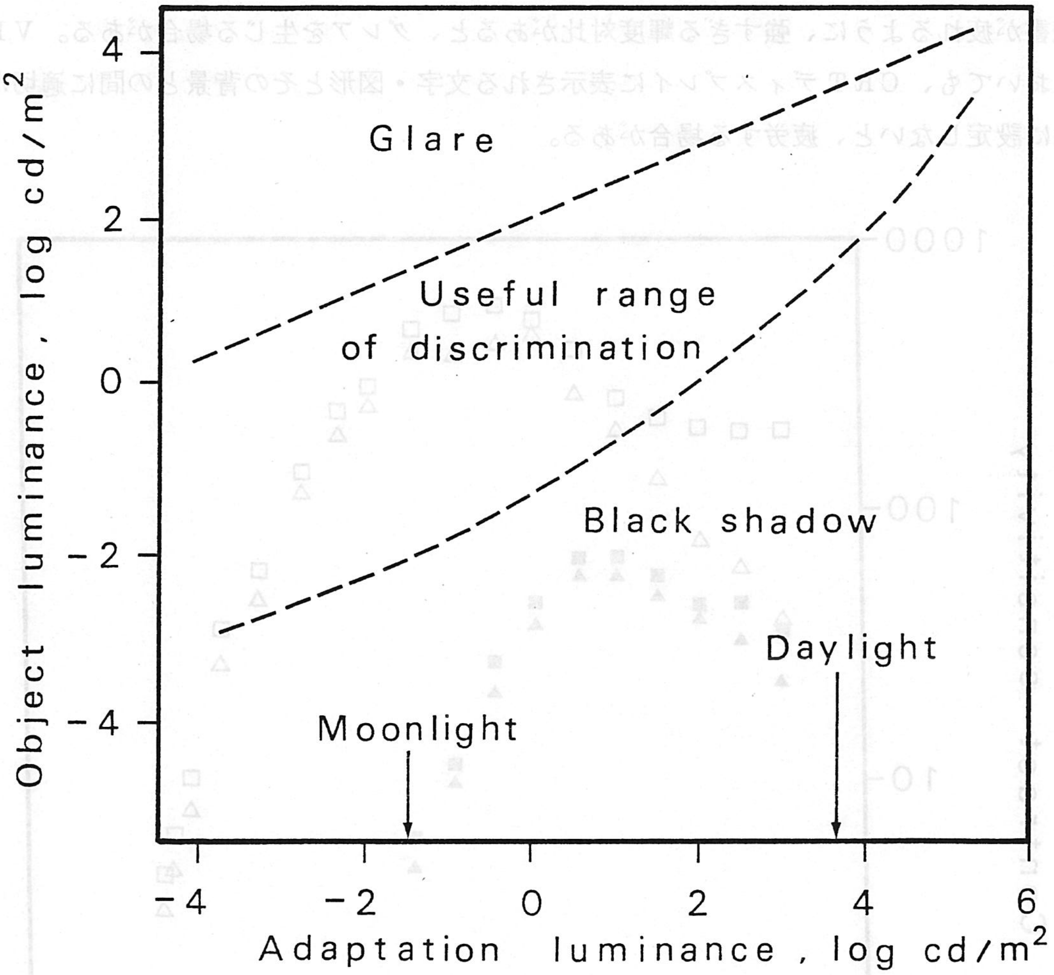


図 3.9　順応輝度と識別可能な対象物輝度範囲の概念図

(c)　輝度対比と識別力

眼がある輝度レベルに順応していて、対象物の輝度が識別可能な範囲にあったとしても、例えば文字の読み取りなどにおいて、その形の細部を読み取る必要がある場合は対象物の輝度と背景の輝度との間に適切な輝度対比を有することが必要である。

図 3.10 はいろいろな細かさの格子の高さを知覚するのに必要な輝度対比である。この場合、

$$C=\frac{(L_{max}-L_{min})}{(L_{max}+L_{min})}$$

L_{max}、L_{min} は格子の高さの明るい部分、暗い部分の輝度を示す。輝度対比感度は $1/C$ とする。

細かいものを見分けるには輝度対比を大きくしなければならない。しかし、直射日光下での読書が疲れるように、強すぎる輝度対比があると、グレアを生じる場合がある。VDT作業においても、CRTディスプレイに表示される文字・図形とその背景との間に適切な輝度対比に設定しないと、疲労する場合がある。

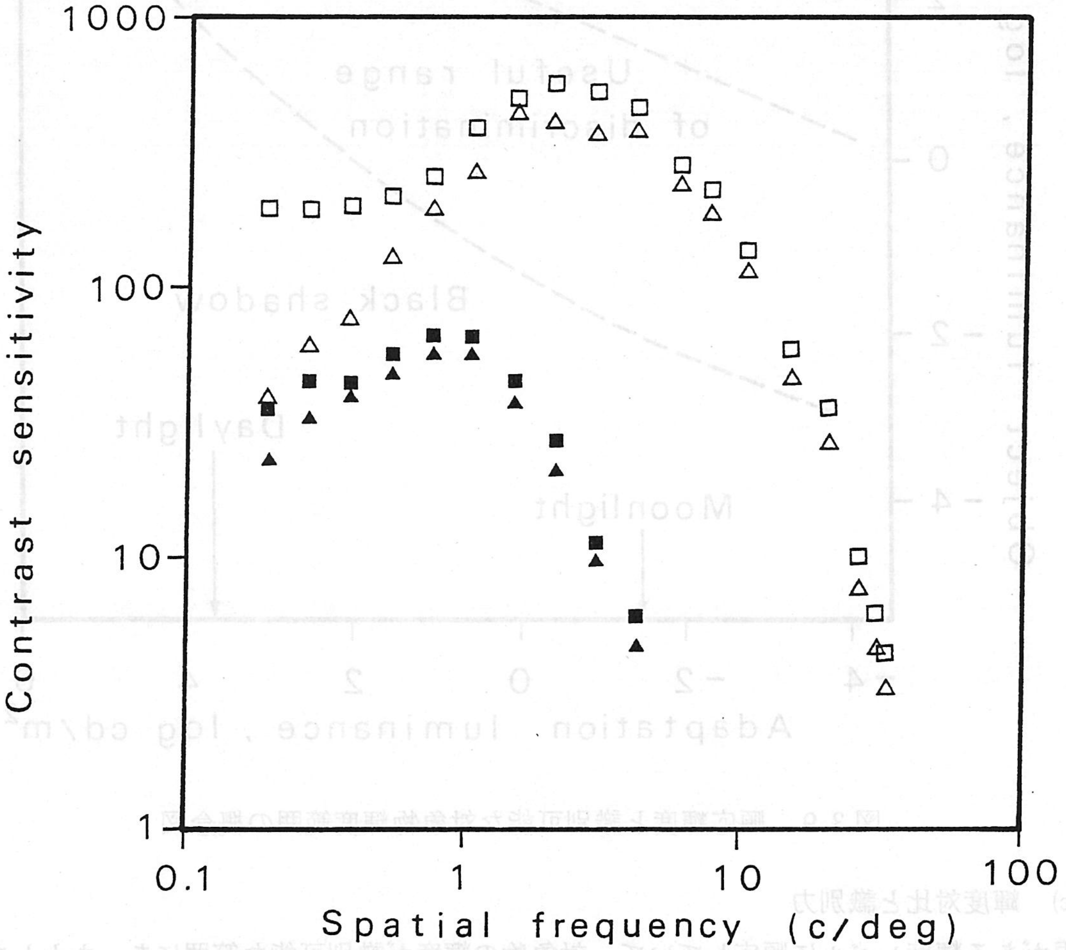


図 3.10　格子縞の空間周波数と輝度対比感度の関係
（□，■印は矩形波状の縞、▲，△印は正弦波状の縞で、□印・△印は平均輝度が500 cd/m^2、■印・▲印は 0.05cd／m^2）

(d) ちらつき（フリッカ）

目に入る光量の変動の周期がある程度より低いと、光のちらつきとして知覚される。特に、ＶＤＴ作業ではこのちらつきが疲労の原因の一つとなることがあるので、その特性について充分把握しておく必要がある。

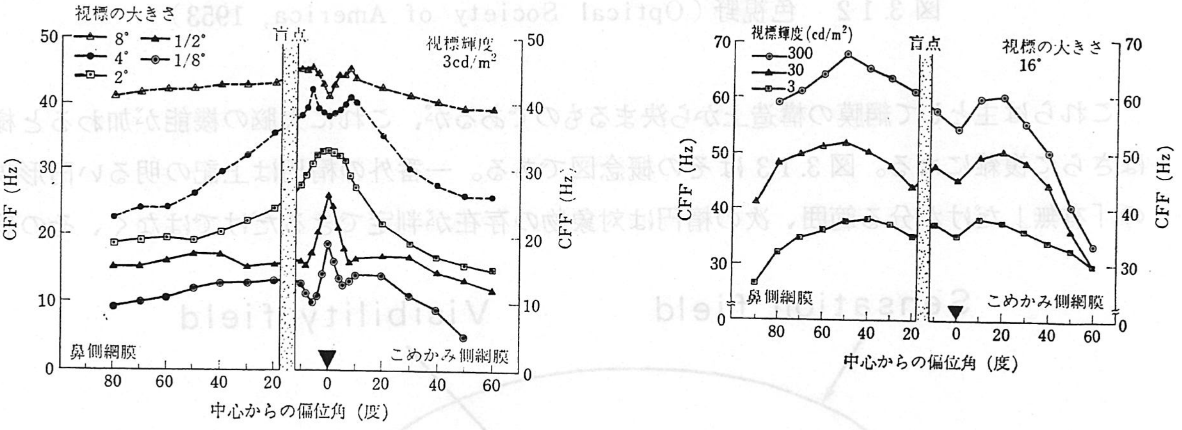
ちらつきが見えるか否かの限界のちらつき頻度を臨界融合周波数（Critical Fusion Flicker Frequency：CFFと略す）と呼び、ちらつき光に対する視覚系の感度を表わす尺度として用いる。ＣＦＦの値は視対象の輝度および面積によって規則的に変化し、Ferry-Porter 則（式 3.1）あるいは Granit-Harper 則（式 3.2）として

$$F = a \log L + b \qquad (式 3.1)$$

$$F = c \log S + d \qquad (式 3.2)$$

ただし、F：ＣＦＦ、L：輝度、S：面積、a，b，c，d：定数

で表わされる。しかし、これらの法則にはそれぞれ適用範囲があり、視対象の形や観察する視野の位置によって異なるほか、観察者、特に、年齢によって左右される。このうち、視野の大きさと観察する視野の位置に関しては図 3.11 のように、視対象の大きさが視角で 4 度を超えると、網膜中心部より、周辺部でのＣＦＦが高くなる。また、ＣＦＦは背景の輝度レベルや視対象エッジの解像度、観察者の視線の動き、さらには大脳での機能変化（例えば疲労）など、多くの要因に左右されるので、表示装置の使用に関して考えられるあらゆる状態を想定してちらつきのない画面を構成することが望まれる。



(a) 視標の大きさによるＣＦＦの変化（点線は 2 名、実線は 6 名の平均値、背景は暗黒）

(b) 視標が大きい場合（背景光は視標平均輝度の 2/3）

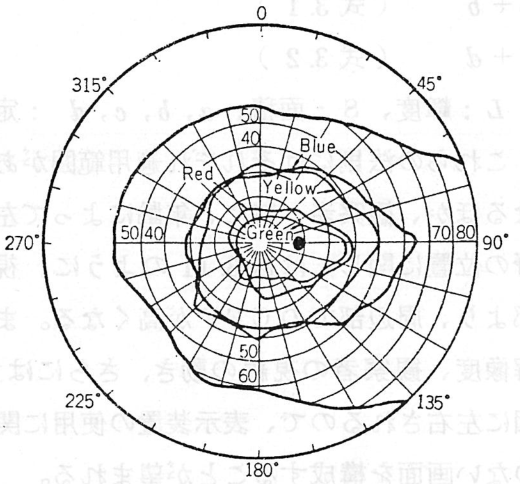
図 3.11　網膜部位におけるＣＦＦの変化

3.3　視覚系の情報の取りいれかた

すでに述べたように物が“見える”のは大脳の働きによる。以下に大脳での視覚情報収集処理と関わりのあるいくつかの視覚特性について述べる。

3.3.1　視野・有効視野

視野と一口でいっても定義の仕方で大変異なる。眼を固定させたまま充分に明るい1 cm程度の円形視標を検出できる範囲は水平200°垂直130°位の範囲である。しかし色の見える範囲は、図3.12に示すようにずっと狭くなる。細かい物を見分けられる網膜の範囲はすでに述べたように非常に狭い中心窩付近だけで、視線中心を含む直径1〜1.5°の範囲である。



色に対する網膜上の感度

図3.12　色視野（Optical Society of America, 1953）

これらは主として網膜の構造上から決まるものであるが、これに大脳の機能が加わると様子はさらに複雑になる。図3.13はその概念図である。一番外の楕円は上記の明るい円形視標の「有無」だけが分る範囲、次の楕円は対象物の存在が判定できるだけではなく、その物の

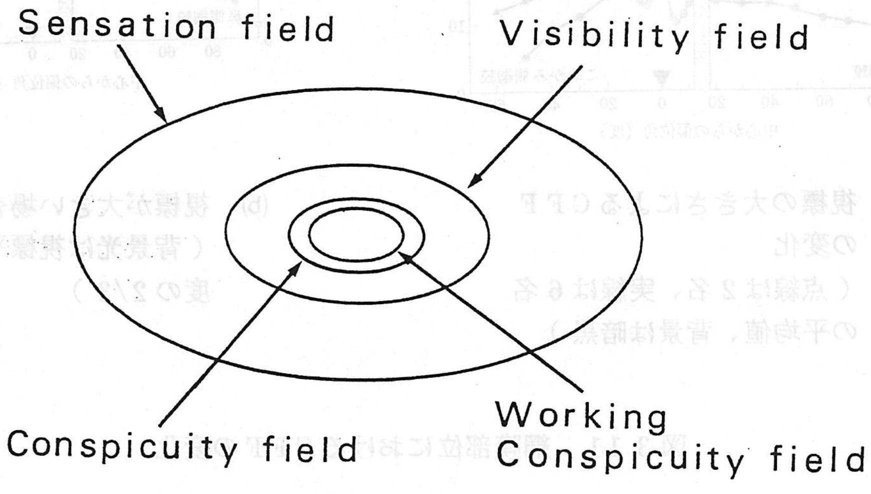


図3.13　各視作業をしているときの視野の大きさの概念図
（Ikeda, Uchikawa and Saida, 1979）

形なども分る範囲である。対象物の大きさや輝度によってもこれらの範囲はかわる。

以上二つは対象物が一つだけでそれ以外何も無い状態であるが、次の検出能視野（Conspicuity area）は、ノイズの中から対象物を見つけだせる範囲で、この場合もノイズの密度や対象物とノイズの類似度、そしてそれらの輝度でその範囲は決まる。ノイズの有無以外に他の条件が同じなら可視視野（Visibility area）のほうが検出能視野（Conspicuity area）より広い。（Engel 1970，1971）

最後の作業時検出能視野（Working conspicuity area）は中心で文字を読み取るなどの作業をしているときに、周辺でノイズの中から対象物を捜しだせる範囲で、単なる検出能視野（Conspicuity area）より狭い。（Ikeda and Takeuchi， 1975）

以上のように、視野とは与えられた視覚的な仕事によって大変機能的に変化するといえる。いいかえれば、機能的な視野（Functional visual field）はその視作業をするのに有効に用いられる視野という意味から有効視野（Useful visual field）ということができる。（Ikeda, Uchikawa and Saida, 1979 ; Villani 1979 ; Barca and Fornaro，1980）

有効視野の大きさは主として視野の状況と大脳における情報処理能力で決まる。（Ikeda and Saida, 1978 ; Saida and Ikeda, 1979）

一般に事務作業では種々の視作業が含まれているので、有効視野もこれに応じて大きく変動している。つまり、あるときはその視作業の有効視野が図3.13の光覚視野（Sensation area）までおよぶ場合も考えられる。したがって網膜の周辺部といえどもグレア、ちらつきなどの視覚妨害要因があってはならない。

3.3.2　眼球運動

通常の事務作業やVDT作業を行なっている場は、視力を要する場合がほとんどであるので、視対象物を中心窩でとらえる必要があり、そのために頻繁に眼球を動かしている。この時生じている眼球運動はサッケード（Saccade）と呼ばれる非常に高速な眼球運動である。これは、例えば視線を10°変えるときには最高角速度が500°/sec にもおよび、その時必要な時間はわずか50msec前後である。通常われわれはこのサッケードを1秒当り3～4回行なっているが、この時の各視点の位置は見ようとする物に正確に合っている。例えば絵を見ているときの視点の分布は、意味があると思われる部分に集中しているのに対して（例えば、Yarbus, 1967）、半径15°の円のどこかに視標がある探索課題での注視点の分布はランダムである。（Ford, White and Lichtenstein，1959）

サッケードの役割は、見たい所へ視線を移動させることであるが、サッケードは高速眼球運動であるので、サッケードの最中に方向を変えることはできない。したがってサッケードをする前に次にどこへ視線を向けるかが決まっていることになる。つまり次の注視点は、周辺視によって見出されることになる。この周辺視によって選別される次の注視点の認識のされやすさは、そのコントラスト、中心からの隔りの程度、網膜の輝度順応レベル、さらには右視野か左視野かなどによって影響される（例えば、Santucci and Chevalerand，1975）。

したがって眼球運動の観点からも、たとえ網膜の周辺部であってもグレア、ちらつきなど

の視覚妨害要因があってはならない。

3.4 まとめ

事務作業は近距離で視力を要する仕事が多い。視覚系を充分機能させるためには充分明るい照明が必要である。しかし情報を収集している視野の範囲はかなり広いのでこの範囲内にグレア、ちらつきなどの妨害要因を生じないような質の良い照明および質の良い表示端末装置が望まれる。

4. 視環境に関する一般的事項

視環境とは、視覚で知覚される外界の状況のことである。人間は、各種の生存活動を続けていくために、次々に変化する視環境の中から、必要とする情報を知覚し、認識し、その情報に適切に対応していかなければならない。これは、人間にとってほとんど本能的な反応になっている。したがって、もし、視環境が“物を見難い視環境”であると、その中にいる人間は自分が行なう活動を安全に続けられるかどうか、活動を達成できるに足る視覚情報が保たれているのかどうかが不安になり、視覚情報を得ようとして特別な努力を行なうようになる。このため、このような視環境で長時間重要な活動を続けようとすると、精神的な疲労やストレスを生じやすい。したがって、人間が活動を行なっている時は、視野にあるものがどれもよく見えるような“物の見やすい視環境”を好ましく思う。その視環境の中から必要な視覚情報を自由に選んで活動を続けられるということは、その人間にとって最も安全な状態にあるからである。

人間の視覚が、視環境を知覚できるのは、外界の各部からの光が目に入射し、その網膜上に外界の映像が生成され、網膜上の外界の映像の極微小部分の輝度、色彩それぞれに対応する独立した視覚信号が視覚の中枢に伝達されるからである。このような、視環境の極微小部分の輝度、色彩は、視野の中に見えている外界の、その部分の光の反射特性と、その部分に照射されている、あるいはその部分から放射されている光の強さと、その光の分光的な特性によって決まる。

したがって、ある視環境の中で物が見えやすいか否かは、その外界がどのような外界であるか、ということと同時に、それがどのように照明されているかによって大きく左右される。

現在までに、どのような照明条件のもとで人間の視覚が物を見やすいか、見難いかに関する多くの研究が行なわれてきた。ここでは、これらの研究に基いて、物の見やすい視環境とはどのようなものかについて、一般的に知られている事項を述べる。

4.1 照度のレベル

視環境を照明している照度のレベルは、その環境の中での物の見やすさを大きく左右する。しかし、その影響は、見ようとする物が、自分で光を発する物なのか、自分では光を発生しない物なのかによって著しく異なってくる。自分で光を発しない書類など普通の事務作業に使用される対象物の大部分は、これを照明している光の照度を高くするほど、前章で述べたように、人間の視覚が輝度対比を識別する能力が高くなるので、その表面に書かれたり、印刷されたりしている文字や図、写真が見やすくなる（照度を増加させても、文字などとその背景との間の輝度対比は変化しない）。これに対して、例えば、自分から発する光によって、画面上に文字や記号を表示しようとするＣＲＴ（ブラウン管）の場合には、その画面上に外部から照明が与えられると、不要な部分の輝度が高くなり、文字や記号との間の輝度対比が減少するから、かえって、これらが見にくくなる。したがって、このような対象物の場合

にはその表面に与えられる照度は低い方が見やすくなる。同一平面におかれたあるものに与える照度を高く、別のものに与える照度を低くすることは容易ではないが、幸い、実際の事務作業では書類は机の上に水平に置かれることが多く、ＣＲＴの画面は鉛直に置かれることが多いので、両者を見やすくするような照明を与えることは不可能ではない。

一般事務作業に対して机の上に与えるべき水平面の照度は、ＪＩＳ規格（照度基準 ＪＩＳ Ｚ 9110－1979）表5.2などに示されており、ＶＤＴ作業に対して与えるべき照度は、ＣＩＥのテクニカル・レポート（ＣＩＥ，1984）などに記述されている。

4.2 明るさの一様性

人間の視覚は、視野全体が輝度や色彩が全く一様な視環境では、何物の存在も認めることはできない。視環境の中に何かが存在していることを知覚できるのは、そのものが、視野の他の部分と輝度や色彩が異なっているからである。この場合、色彩の効果は補助的であって、輝度に差があることの方が重要である。このように、視環境の中に、他とは輝度（や色彩）の異なった部分があってこそ、視野の中に物が見え、視覚情報が得られるのではあるが、このことは決して、視野の各部分の輝度の分布が無制限に大きい差をもっていてもよいことを意味するものではない。視野の中に他の部分と極端に輝度の異なる部分があると、かえって物が見にくくなることがあるからである。

例えば、視野の一部に他より極端に輝度の高い部分があると、これを非常にまぶしく感じ、そのものの存在は強く印象づけられる反面、その輝度の高いものがどのようなものであるかというそのものについての詳細や、それ以外の視野の比較的輝度の低い部分が見分けにくくなる。

反対に、他より極端に輝度の低い部分があると、この部分は“まっ黒”に見え、その中がどのようになっているのか識別できなくなる。

これらは人間の視覚が、ある視環境からできるだけ多くの視覚情報を知覚しようとして、視野全体の輝度に対してその感度を調節する、いわゆる“順応”というメカニズムをもつためである。すなわち、視覚は視野内の輝度が高くなると感度を低くして、その視環境が明るく見えすぎないようにし、視野内の輝度が低くなると感度を高めてその視環境が適当な明るさになるようにしている。順応は、視野内の輝度が比較的一様に近い場合には、視野内のあらゆる部分が“適当な明るさ”に見えるように働くが、一部分が極端に他と異なった輝度をもっていると、これによって影響をうけ、視覚の感度が視野の他の部分に対して適切さを欠くように働いてしまうのである。同様の現象はカメラでもおこる。

このため、視野内の輝度分布は、個々の物体の部分部分がその周辺とは異なった輝度をもちつつ、全体としては互いに極端に大きい輝度差をもたないものでなければならないのである。

前述のように、視野内の輝度は、視野内各部の反射特性と、これを照明する光の照度によって決まるが、極端に大きい差を生ずる原因は、

a）視野内の物体の反射率の分布が極端に不均一である

b）視野内の各部の照度分布が極端に不均一である

c）光源または他の高輝度物体が直接目に入る

d）光源の反射像が目に入る

などである。

このうち a）は、視環境の構成そのものの問題であり、その視環境のデザイナによって取扱われるべき問題である。一般に、特に意図的に反射率を選択しない限り、また、c）d）が不注意で避けられなかった場合をのぞき、重大な問題が生ずることはない。

b）は照明技術的な問題である。すなわち、視環境の照度分布が極端に不均一であると、視環境のデザイナが意図しなかったような極端な輝度分布が発生する可能性がある。この場合、実際の場における視環境デザイナと照明技術者の役割の現状を考えると、照明技術者は、視環境デザイナが"計画したように、視環境が実現する"ような照明環境を用意する必要があるように思われる。すなわち、視環境内の照度分布をできるだけ一様に、照度の場所的な変化をできるだけなだらかにすることである。

このため照度分布については、照明の目的や場所に応じて均斉度が与えられているが、通常は、最小照度／平均照度の比を 0.7 以上にすることが望ましいとされている（照明学会技術指針　JIEG-004）。 c）d）については「グレア」として次節で取り扱う。

視覚が異なった明るさの視野に順応するためには、多少の時間を必要とするので、ある方向に視線をむけている時の視野の輝度と、視線の方向を変えたときの新しい視野の輝度とが著しく異なっていると、新しい視野の輝度に対しては視覚の順応が不適当な状態になり、視野内の輝度が極端に均一でない場合と同様に、物が見えにくくなる。物の見えやすい視環境をつくるためには、ある特定の視線方向に対する視野だけではなく、通常の範囲で視線を向けるかなり広い範囲の視環境の輝度にあまり大きい差がないようにすることが必要である。

4.3　グレア

はじめに述べたように、グレアは、目の順応レベルより高い輝度によって生ずる感覚であって、物を見難くしたり、邪魔になったり、このために不快な感じを生じたりするものである。グレアはしばしば"まぶしさ"の同意語と考えられているが、"まぶしさ"は、グレアのある部分であっても全部ではない。たとえ"まぶしさ"は生じなくても、視野の中に明らかに目立つような輝度の高い物体がある場合には、グレアを生じることがあるし、極端な場合には、視野の中に全然輝度の高い物体が見えなくてもグレアが生じていることがあるからである。照明学会でこの問題に対して、"まぶしさ"という日本語を使用する代わりにグレアという外来語をカタカナにして使用している理由はこの辺りにあるものと考えられる。

すでに、グレアについては、永年にわたって、各種の研究が行なわれ、基礎的な現象については明らかにされていることが多い。

その一つは、グレアの、対象物を見え難くする働きと、グレアによって生ずる不快な感じ

は異なった要因によって影響されることである。このため、グレアを、対象物を見え難くする視機能低下グレアと、不快な感じを生ずる不快グレアに分け、別々に取扱う。

視機能低下グレアは、周辺視野からの光が、眼球の中で散乱して、光幕を生じ、これが視野の輝度に重畳されることによって対象物とその背景の間の輝度対比が減少し、対象物が見難くなる現象である。これに対して、不快グレアは、視野の中に、対象物より輝度の高い物があって、そのものの輝度が高いために、不快な感じが生ずる現象である。この場合、周辺からの光の一部または全部が、見掛けの寸法の小さいものからきていると、その輝度が高いため不快な感じが強くなり、反対に大きいものからきていると、その輝度が低く対象物の輝度との間に差が少ないため、不快な感じは生じ難い。したがって、視機能低下グレアが同じであっても、不快グレアは視環境の輝度分布によって必ずしも同じになるとは限らない。

視機能低下グレアは、対象物を見え難くするという意味では照明工学的に不快グレアより重要性が高いように思われやすいが、必ずしもそうではない。なぜなら、普通の条件では、視機能低下グレアによって影響を受けるのは、見えるか見えないかの境界にある、非常に“見難い”ものだけであるからである。このような境界にある対象物は、グレアが増加したら見えなくなるのに、グレアが減少したら見えるようになり、グレアによってその見え方は決定的に左右される。これに対して普通に見えている対象物（見えるか見えないかの境界からかなりよく見えると考えられる側にあるような対象物）は、グレアが発生しようが消滅しようが、それは相変らず見えるから、グレアによる不快な感じがない限り、グレアの存在そのものにも気が付かず、たとえグレアが増減しても（増減した瞬間以外）見え方に差が生じたとは感じない。したがって、これらの普通に見えている対象物（一般の事務作業などで取扱うのはこれら普通の対象物である）の場合には、不快グレアが充分にコントロールされて

図 4.1　照明器具がCRTディスプレイ面上に映りこんでいる状態

いれば、グレアによる障害は生じないので、事務作業環境などで、問題にしなければならないのは、ほとんどの場合、不快グレアであって、視機能低下グレアではない。

ただし、VDT作業については新しい形のグレアが生ずる。すなわち、CRTの映像面（ガラス）など作業視野の中心付近のツヤのある表面に、図4.1に示すようにVDT作業者背後の天井の照明器具や採光窓など高輝度の物体が映り込み、これがCRTに表示される文字や記号の画像の輝度より著しく輝度の高い反射像を生じて、グレア源となり、これらの文字や記号を読み難くしたり、不快な感じを生じたりする現象である。

この場合、高輝度物体の像の輝度は、ツヤのある表面の反射特性によって著しく異なるので、最近のVDT機器ではCRTの表面をはじめ、装置全体に反射像の輝度が低くなるような表面仕上げになっているものが多い。

4.4　CRT映像など鏡面反射性の物体の表面に生ずるグレアに類似した現象

上述の、最後に述べた、VDT作業に関連する新しい形のグレアと類似した別の現象が照明器具などによってCRT面に生ずる。すなわち、高輝度物体の反射像が、CRTに表示される文字や記号の画像の輝度と大差のない比較的低い輝度（したがってグレアは生じない）ではあっても、それらが画像に直接重畳し、背景との輝度対比を失わしめたり、画像を変形させたりして読み難くする現象である。この現象は、前節の最後で述べたVDT作業に関連する新しいグレアとよく似ているが、別の現象である。何故なら後者は、読もうとしている文字や記号とは別の方向に、高輝度な反射像が存在し、それから眼球に入射する光が眼球内で散乱を起こして、その文字や記号を見え難くしたり、視野内に他の部分とは異なる高輝度な反射像があるために起こる不快な感じを生ずる視覚のメカニズムに関連する視覚の"生・心理的"な現象であるのに対して、前者は、CRTの画像に表現される内容が、その表面に対して高輝度な反射像が重畳されたために画像が見え難くなる"物理的"な現象であるからである。

そのひとつは、ツヤのある紙などの表面に光源など高輝度の物体の像による一種の（物理的な）光幕を生じてその紙のうえに印刷された文字の輝度対比を弱め、これを見えにくくする現象である。

いまひとつは、CRTの表面に、光源や採光窓の反射像（上と同様、光幕的な像の場合もある）が生じ、その像が画面上の文字や記号に直接重畳されて、これを読みにくくする現象である。この現象が生ずると、VDT作業者は、その反射像が読もうとする文字の上に重畳しないようにして作業しようとするため、姿勢に無理を生じて筋肉の疲労や痛み、更には不快感を生じやすい。

この現象と類似の現象としては、CRTの表面に強い照度が与えられるため、たとえ光源などの反射像が文字や記号に重畳されなくても、CRTの映像の拡散反射のためにCRTの画面の輝度対比を減少させてこれらを読みにくくする現象がある。これら何れの現象も、対象物の表面に生ずる物理的な現象であるが、後述のように最初に述べた紙の表面に生ずる現

象が、“光幕反射グレア”と呼ばれてグレアと同様に取扱うのが一般的であるので、ここではこれらのグレアと類似した現象をすべて広義のグレアとして取扱うことにする。

4.5 色彩（光源の演色性）

視環境の中の色彩は、特定の対象物が存在していることを気付かせやすくしたり目立たせたりすると同時に、その視環境全体の雰囲気に独特な影響を与える。

視環境の色彩は、主として、その中に見える物体各部の分光反射特性と、これを照明する光の分光分布特性によって左右される。したがって、同じ外界でも、照明に使用する光の分光分布特性によって、異なった視環境となる。

人間は色彩に関して、物体が自然光（昼光）で照明された場合の色彩を“標準”と考える傾向があり、実際に見ている物体がその“標準の色彩”と異なった色彩に見える場合には、その色彩を不自然な色彩と感じ、時には不快な印象をもつ。

ある照明が物体の色彩をどのように見せるかということを、その照明（光源）の演色性という。また一般に、その照明によって見える物体の色彩が自然光で照明された場合の色彩に近いときに“演色性が良い”、異なっているときに“演色性が悪い”という。

したがって一般的には、演色性の良い光源で照明されている視環境では、すべての色彩が自然に美しく見え、人々に好ましい印象を与える。しかし照明によっては、特定の物体を、自然光で照明されたときより“美しい”と感ずる場合があり、この場合、その照明は“演色性は低いが色彩は美しく見える”ことになる。このような光源は“演色効果のよい光源”である。

したがって一般的には、演色性の高い光源を用いることによって好ましい色彩効果を得ると考えて差し支えないが、場合によっては、実際に照明しようとする物体の色彩をよく観察して光源を選んだ方がよい場合もある。

近年、演色性の良い光源の下では、同じ室内を同じ照度で照明しても、明るく見えることが明らかになりつつあり、演色性の良い光源の新しい効果として注目されている。この効果については、現在活発な研究がすすめられているので、やがてはこの効果を実用面でもっと広く活用できるようになるであろう。

4.6 陰　影

陰影は、対象物の立体感や、その表面の質の感じを表わすうえで重要な役割を果たす。陰影は、その場所へ入射してくる光が、方向の揃った“平行光線”に近い光なのか、あらゆる方向に向いている“拡散光”なのかによって、（その端のハッキリした）鋭い影になったり、（その端のハッキリしない）柔らかい影になったりする。

鋭い影を作る照明は、精度の高い小形の光源に光学システムを組合わせた照明器具の光の照射方向を揃えて用いるときに作りやすいし、柔らかい影を作る照明は、精度の低い大面積の照明器具を用いたときに作りやすい。

鋭い影を作る照明は、対象物を立体的に見せ、比較的照度の低い視環境でも、明るい印象を生じやすい。その代わり、影になる部分でいわゆる手暗がりを生じると、作業の邪魔になるので、照明器具の取付場所と、作業の位置、作業姿勢との関連を慎重に選ぶ必要があり、これらの間に自由度が少ない。

これに対して、柔らかい影を作る照明は、その下のどこで作業を行なっても、普通の状態では邪魔になるような手暗がりを生ずることが少ない。

その代わり、陰影が少ないために自然界の曇天のような雰囲気になり、照度の高い視環境でも活気の乏しい、暗い印象を生じやすい。

普通の照明は、これらの中間的な特性をもっているが、照明方式によって多少何れかの性質を強くもつので、作業の特質や作業の方法に応じて適切なものを選ぶことが必要である。

4.7 ちらつき（フリッカ）

視環境の一部または全体の輝度が短い周期で変動していると、ちらつきを感ずることがある。

ちらつきは、不快であるばかりでなく、ちらつきのある視環境に長時間いると、視覚的な、あるいは視覚を通じての疲労を生ずる。

人間がちらつきを感ずるのは、数10ヘルツ以下の比較的低い周波数の領域の輝度の変動であり、周波数が10ヘルツ前後の場合に最も不快度が高くなる。

輝度の変動周波数が高くなるにつれて、不快度は少なくなり、やがて60ヘルツ前後の周波数に到達するとちらつきを感じなくなる。

しかし一般の光源などの光出力の変動周波数は100または120ヘルツ（電源周波数の2倍の周波数）であるので、通常は、これらのちらつきが知覚されることはない。

5. 屋内照明におけるグレアとその防止

5.1 照明器具のグレア

作業の視野の中に輝度の高い窓や照明器具があるとグレアの原因になる場合がある。グレアは不快感をひきおこし、長時間の作業においては疲労を生じさせ、作業能率を低下させる場合が多い。このような不快グレアの感覚は一般に、グレア光源の輝度が高く面積が大きいほど、また、視線とのなす角度が小さく作業者の順応輝度が低いほど強く感じられる。

5.2 屋内照明のグレア防止

5.2.1 照明器具のグレア分類

従来、欧米各国の照明基準には、それぞれの国で行われた実験研究をもとに、グレア制限についての独特な基準が設けられてきたが、世界的に統一的な方法とはなっていなかった。しかし、1975年CIE(Commission Internationale del'Eclairage : 国際照明委員会)の屋内照明技術委員会(TC-4.1)は、その「屋内照明ガイド」(CIE Publication No.29, 1975)の作成にあたって、西独の輝度規制方式を基礎とした方法を採用し、「CIE グレア規制方式」と呼んだ。その後、TC-4.1で屋内照明ガイドの改訂作業が行われ、1983年に開催されたCIE アムステルダム大会で、これまで「CIE グレア規制暫定方式」は「CIE グレア規制方式」に改められた。(CIE, 1983 a)

その後、CIEの不快グレア技術委員会(旧TC-3.4)は、この「CIE グレア規制方式」を含め、各国の基準の基礎となっている研究を比較検討し、不快グレアに関する、詳細な技術報告書(CIE, 1983 b)をまとめた。

最近に至り、ISO(International Standardization Organization : 国際標準化機構)・TC 159の作成した国際規格「作業システムの照明に適用すべき視覚工学の原理」(Principles of Visual Ergonomics to be Applied to the Lighting of Work Systems)の素案にも、CIE グレア規制方式を基にしたグレア規制方式(以下、これをISOのグレア規制方式という)が採用されていることが明らかになった。

昭和58年、事務所照明基準(以下学会基準という)を制定するにあたって、照明学会はこれに注目し、わが国で事務所照明に使用されている照明器具を11種類の光学的構造に分け、CIE/ISO の方法を基礎としながら、グレアの少ない順にG1、G2、G3の3種類に分類した。

表5.1は、これら11種類の照明器具の光学的構造、構造的特徴と、それぞれのグレア分類を示す。

5.2.2 種々の作業に対して推奨できる照明器具のグレア分類

事務室には、作業内容、室の種類に応じて、表5.2に示すような作業面照度を与えると同時に、表5.2に示されたグレア分類もしくは、これよりグレアランクの高い(G3よりG2、G2よりG1)照明器具を使用する。ただし、奥行の狭い室で、最小観測角(α_{min})が定常的に70度以上となるような場合には、表に示すグレア分類より一ランク低いグレア分類

（Ｇ１の場合はＧ２、Ｇ２の場合はＧ３）の照明器具を使用することができる。

表 5.1　照明器具の光学的構造とグレア分類

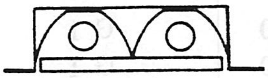
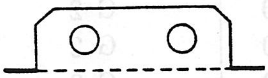
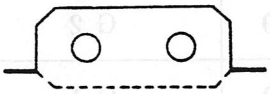
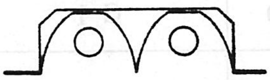
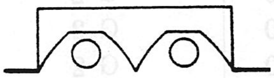
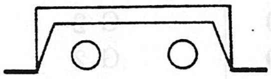
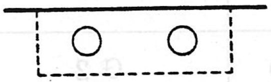
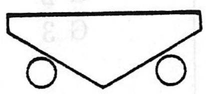
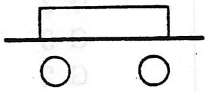
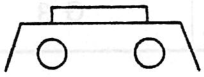
光学的構造	器具No.	構造的特徴	グレア分類
	器具１	ルーバおよび（拡散又は鏡面）反射板によってランプがかなり深く遮光されているもの	Ｇ１
	器具２	拡散形の反射板を持ち下面の平面状の乳白パネルまたはプリズムパネルにより、ランプが覆われているもの	Ｇ１
	器具３	拡散形の反射板を持ち下面の浅い箱形乳白パネルにより、ランプが覆われているもの	Ｇ１
	器具４	鏡面反射板を持ち下面からはランプが直視できる下面開放構造で、ランプを縦方向から見たときには、ほとんど遮光されていないが、横方向に対しては、比較的大きい遮光角でランプが遮光されているもの	Ｇ１
	器具５	器具４と同様の下面開放構造であるが、反射板が拡散面であり、ランプとランプの間に拡散性の遮光反射板があって遮光角が比較的小さいもの（ただし、ランプの軸を主な視線に平行させて使用するときは、Ｇ２として取り扱う。）	Ｇ１
	器具６	下面開放構造で、拡散反射板をもち、器具５と類似の照明器具であるが、ランプとランプの間に遮光反射板がなく、ランプを横方向から見たときの遮光角が浅いもの	Ｇ２
	器具７	ランプが箱形の拡散パネルによってその全面が覆われているもの	Ｇ２
	器具８	ランプが露出していて、ランプ上方には反射板がなく、２本のランプの間には拡散性の反射板があるもの	Ｇ３
	器具９	ランプが露出していて、ランプ上方に拡散反射板があり、それが２本のランプの間の拡散遮光板を兼ねているもの	Ｇ３
	器具10	ランプが露出していて、ランプ上方に天井面と同一面の拡散反射板があり、２本のランプの間の遮光板がないもの	Ｇ３
	器具11	拡散反射板によってランプを横方向から見たとき遮光されているものが、ランプを縦方向から見たときにはほとんど遮光されていないもの	Ｇ３

表5.2　作業内容・室の種類に適応する照度と照明器具のグレア分類

作業区分	作業内容	室の種類	照度（lx）	照明器具のグレア分類（下限）
A	(a)　細かい視作業	事務室(a)　営業室	1000	G 2
	(b)　通常の視作業	事務室(b)　印刷室	500	G 2
B	役員室などでの執務・会議・面談・応接	役員室	500	G 1
		応接室・重要会議室	500	G 1
		会議室	500	G 2
		待合室・集会室	300	G 2
		受　付	500	G 2
		玄関ホール（昼）	1000	G 2
		（夜）	300	G 2
		エレベータホール	300	G 2
C	設計°　製図°	設計室、製図室	1000	G 1
	タイピング°		1000	G 1
	キーパンチング°		1000	G 1
	ワードプロセッサ・コンピュータなどの端末機器の操作	電子計算機室　事務室(b)	500	G 2
	計器盤の監視・操作°	制　御　室	500	G 2
	電話交換	電話交換室	500	G 2
	多人数を対象とした講演	講　　堂	200	G 2
D		診　察　室	500	G 2
		食　　堂	300	G 2
		調理室、娯楽室	300	G 3
		修養室、守衛室		
		エレベータ	200	G 2
		電気室・機械室	200	G 3
		書庫、金庫室	200	G 3
		雑作業室		
		廊下、階段	150	G 2
		洗い場、湯沸場、浴室	150	G 3
		洗面所、便所		
		喫茶室	100	G 2
		休養室、宿直室、更衣室	100	G 3
		玄関（車寄せ）、倉庫	100	G 2
		屋内非常階段	50	G 3

(注)　作業内容の右肩に○印を付したものは、局部照明でこの照度を与えてもよい。

5.3　反射グレア及び光幕反射

5.3.1　反射グレア

採光窓や照明器具の高輝度体が光沢のある塗装面や金属面、ガラス面に反射すると、反射グレアが生じる。これが通常の作業における視線近傍に生ずると、作業に支障をきたしたり、不快感をひきおこすことがある。

このほか最近では事務室の中にＶＤＵが導入されるようになり、そのＣＲＴディスプレイ面にうつった採光窓や照明器具の輝度がＣＲＴディスプレイ面のそれより大きい場合に、この種の作業の見え方を阻害することがある。これも反射グレアの一種であるが、これについては次章で取扱う。

5.3.2　光幕反射

光幕反射は照明器具や採光窓などが光沢のある紙に書かれた文字や印刷物で拡散反射されて生じる。この場合、鉛筆やインキあるいは印刷された文字や図が正反射する場合と、紙そのものが正反射する場合、あるいはこれら両者が同時に正反射する場合がある。いずれの場合も輝度対比の低下が生じる。

これを軽減するには、光源と視対象物と眼との相対的な配置関係を調整して、正反射光が眼に入らないようにすることが最良である。

光幕反射による輝度対比の低下を評価する方法には、米国の照明学会で発表されたContrast Rendition Factor（略して、CRF-NA）を用いる方法（IES Lighting Hand Book 1980）と、デンマークとノルウェーの共同開発によるContrast Reduction Factor（略して、CRF-DN）を用いる方法（CIE，1980）の二つがある。両者の差は標準とする照明条件と使用する反射物体にあり、CRF-NAが作業性の評価を目的としていることに対して、CRF-DNは快適性の評価を目的としていることから生じている。

いずれの方法を用いるにせよ、どの程度までの輝度対比の低下が許容できるかという問題が残されている。なぜなら、光幕反射による見え方の低下は本来見え方の問題ではあるが、同時に見え方低下による不快感をも内包しているからである。

5.4　窓のグレア

最近特に事務所環境において、身体的、精神的な面での快適性に対する関心が強い。窓の効用についても、採光の機能だけでなく、在室者に解放感を与えるなどの効用は重要な点である。

反面、窓は、視環境の中では面積の大きい高輝度光源であり、在室者に与えるグレアが大きい問題となる。

窓からの不快グレアの評価にはイギリスの照明学会の方法（イギリスＩＥＳ，1972）などがある。

窓によるグレアへの本質的な対応としては、

(1)　窓と在室者の位置関係を適切にする。

(2)　遮光用のカーテンやブラインドを用いて高輝度面を適切に制御する。

ことなどが必要である。

このほか、最近の事務所に見られるように衝立などを配置して、在室者の視野から窓をしゃへいする方法も有効である。

また、窓に関する視環境問題としては、高輝度の窓を背にした人物などがシルエットとして見える現象がある。これを防止するために、昼光と人工照明とのバランスを適正化しようとするPSALI（Permanent Supplementary Artificial Lighting in Interiors）が検討されている。

6. ＶＤＴ作業に関連するグレアの防止

6.1　表示デバイスの種類と照明

6.1.1　表示デバイスの種類

従来の事務作業では机の上に水平に置かれた書類が主な視対象物であった。これに対して、ＶＤＴ作業では、従来の視対象物に加えてＶＤＵ（Visual Display Unit ： 視覚表示部）、キーボード、入力用原稿などが新たに視対象物になる。このうちＶＤＵ以外の視対象物は通常の視対象物と同様、非発光形の視対象物であって、これらに照明光が与えられたとき、はじめてその表面の文字などが見える特性をもっている。これに対して、ＶＤＵには照明光が与えられなくてもその表示が見える自発光形と、照明光によって表示を見せる非発光形がある。ＶＤＵに用いられる自発光形の表示デバイスにはＣＲＴ（Cathode Ray Tube：ブラウン管）、ＰＤＰ（Plasma Display Panel ： プラズマディスプレイ）、ＬＥＤ（Light Emitting Diode ： 発光ダイオード）、ＶＦＤ（Vacuum Fluorescent Display ： 蛍光表示管）、ＥＬＰ（Electro Luminescent Panel ：エレクトロルミネッセントパネル）などが、また非発光形表示デバイスには、ＬＣＤ（Liquid Crystal Display ：液晶ディスプレイ）、ＥＣＤ（Electro-Chromic Diplay ：エレクトロクロミックディスプレイ）などがある（付録２：“ＶＤＴ機器の現状”参照）。

6.1.2　自発光形デバイスと非発光形デバイス

非発光形のＶＤＵの場合は、その裏面に光源を組込んで自発光形と同じように文字や図形を表示し、外部の照明を必要としないものと、光源をもたず、外部からの照明なしにはこれらを表示することができないものとがある。前者は外界の照明が強い場合、組込まれた光源を消灯すれば非発光形として使用できる。非発光形の場合は、当然のことながら一般の文書などと同様、照明のレベルが高くなるほど、その表示は見やすくなり、照明との間に、通常の事務作業の場合と特に異なった問題はない。これに対して自発光形は、外部からの照明が強くなりすぎると、表示のために発光している部分と発光していない部分との間の輝度対比が減少し、かえって表示された文字や図形が見難くなるような特性をもっている。したがって自発光形の表示デバイスに対する照明の影響には、種々の配慮が必要である。

前述のように自発光形ディスプレイには、各種のものがあるが、この点については類似した特性をもっていると考えて大きい誤りはないので、ここでは自発光形の表示デバイスのうち現在最も広く用いられているＣＲＴディスプレイを対象に、この問題について検討する。

6.2　ＶＤＴ作業に関連するグレア

４章で触れたように、また上述のように、自発光形の表示デバイスのひとつであるＣＲＴのディスプレイ面に過剰な光が照射されると、ＣＲＴのディスプレイ面の表面に反射光幕が生じて、表示された文字と背景との間の輝度対比が失われ、文字が見え難くなるような特性をもっている。これは従来の事務作業における拡散反射によるグレアに類似した現象である。またＣＲＴのディスプレイ面の表面のガラスは鏡面に近い反射特性と曲面を帯びた形状をも

っているため、遠景の照明器具や窓など高輝度の物体が高い輝度で映りこみやすい特性をもっている。もし、これらの正反射像（窓や照明器具の形などが比較的よくわかるような反射像）が事務作業者の視野に入ると、その正反射像の視野内での位置や輝度に応じて、グレアが生じたり、ＣＲＴのディスプレイ面に表示されている文字や図形にその像が直接重畳して輝度対比を低下させ、これらを見難くする。このうちグレアは、通常の事務作業で視野内の対象物表面の鏡面反射によって生じるグレアと類似した現象であって、従来の事務作業でも起こり得た現象であるが、その位置が作業の対象となっている視野の中心に極めて近いという点で影響が大きい。また高輝度物体の正反射像が作業対象の文字や図形に重畳してこれらを見難くする現象は、通常の事務作業では生じることの比較的少なかった新たな現象である。ＶＤＴ作業に従事する人々を対象とした実態調査などでも、ＣＲＴの表面に映り込む高輝度光源の、正反射像のために画面上の文字や図形が見えにくくなるという苦情が多いことは、この問題の深刻さを示している。

6.3　ＶＤＴ作業の視野構造との問題点

これらの問題とは別に、ＶＤＴ作業に従事する場合、作業者の視野構造が通常の事務作業と異なるために起こりつつある問題も少なくない。たとえば、

(a)　従来の通常作業でも多少生じていた天井の照明器具による不快グレアがより大きな問題となりつつあることである。すなわち、従来の事務作業では作業者の視線はほとんどの場合、机の上に置かれた書類の方向に向けられ、水平より下向を向いていた。これに対して、現在のＶＤＴ作業では、作業者の視線は顔のほぼ正面におかれたＶＤＵに最も多く向けられている。このため、作業中の長い時間、視線が天井の照明器具の方向に接近し、照明器具による不快グレアの影響が著しく強くなる傾向にある。

(b)　また従来の事務作業では、書類などの視対象物を作業しやすい位置に自由に移動でき、比較的自由な姿勢で作業を行なうことができたが、ＶＤＴでは、作業机のほぼ中央をかなり大形で、重量のあるＶＤＴ機器が占めており、たとえ多少不便でも、姿勢をこれに合わせて作業を継続しなければならない。このため、不自然な姿勢や無理な姿勢を長時間続けることになり、肉体的な疲労や苦痛の原因になりやすい。

(c)　従来の事務作業の場合、机の上に置かれた書類が最も集中力を要する視対象物であったのに対して、ＶＤＴ作業の場合には、情報の入力作業、データの照合作業、対話作業などの作業に応じて、作業者の正面に近い場所に置かれたＣＲＴ端末、机の上に置かれたキーボード、原稿またはインプットすべきデータの書かれた書類、向い合って座っている人などが集中力を要する視対象物である。

このため、従来の事務作業では、視線の動く方向が比較的狭い範囲に限られていたのに対して、ＶＤＴ作業では輝度のレベルもかなり異なる種々の視対象物の間を、極めて頻繁に、極めて急速に動かされる。このため、ＶＤＴ作業では、関連する視対象物の輝度について関心が払われていないと、視線の移動とともに視野内輝度が急変する傾向にあり、こ

れが新たな疲労の原因になりやすい。

(d) また、従来の事務作業では、作業が一段落する都度、視線を机の上の書類から離し、水平に近い方向にあげて遠景を見、視覚の休息を行なうことができたが、前述のようにVDT作業では、顔の正面にＶＤＵが位置しているため、このような"視覚の休息"ができないことも多い。これも視覚的な疲労の起こりやすい原因である。

これらの問題のすべてを照明で解決することはできないが、互いに関連している問題ではあるので、常に考慮に入れる必要がある。

6.4 ＣＲＴの輝度特性と表示形態

6.4.1 ＣＲＴの輝度と輝度対比

ＣＲＴに表示される文字や図形の見えかたはＣＲＴ自体の発光の輝度だけで定まるものでなく、ＣＲＴが照明をうけたことによって生ずる反射輝度によっても変化する。ＣＲＴでの反射輝度は、拡散反射成分と鏡面反射成分からなりたっているが、これらの成分はＣＲＴが同一照明環境下に置かれていたとしても、ＣＲＴの輝度、その表面の反射特性、幾何学的形状などによっても異なる。しかし、現在使用されているＣＲＴの代表的な拡散反射成分、鏡面反射成分を基礎にすれば、これらについて、ＣＲＴに表示される文字や図形とその背景との間に維持すべき輝度対比および、ＣＲＴ上に許容できる鉛直面照度、ＣＲＴに映り込む可能性のある照明器具の輝度などの限界を知ることはできる（図6.1）。

ＣＲＴに表示される文字や図形とその背景との間に維持すべき輝度対比については、これまでに種々の実験研究が行われている。ネガティブ表示（暗い背景に明るい文字や図形が表示されている）の場合に許容できる輝度比の範囲は３：１～１５：１であるが、望ましい範囲は５：１～１０：１である。輝度比が３：１以下になると輝度が不足して１５：１を超えると輝度が過度になり、かえって文字や図形が見難くなる。図6.1は鏡面反射成分が比較的高い、表面性状がポリッシュのＣＲＴ（拡散反射特性が20％前後、鏡面反射特性が５％前後）を用い、表示文字輝度（Lc）を40cd/m²、80cd/m²に設定した場合の、輝度対比(C)と発光面輝度（Lo）の関係をＣＲＴディスプレイ面の鉛直面照度（Ev）をパラメータとして示した曲線を示す。

たとえばLcを40cd/m²、ＣＲＴディスプレイ面の鉛直面照度（Ev）を100lxとした場合、輝度対比（C)を５に維持するためには、照明器具などの発光面輝度（Lo）を270cd/m² 以下に制限する必要があることを示している。したがって、ＡＲ処理などＣＲＴを表面に反射防止処理を施したＣＲＴを用いる場合には輝度対比（C)はさらに改善される。輝度対比が許容範囲内であっても、文字や図形が高輝度の場合はやや低めの輝度対比に、低輝度の場合は高めの輝度対比にする方が良い。ＣＲＴディスプレイの非発光部の輝度は周囲光による影響を含めると、３～25cd/m²の範囲になることが多いので、文字や図形の輝度の適正な範囲は30～125cd/m²であると考えてよい。

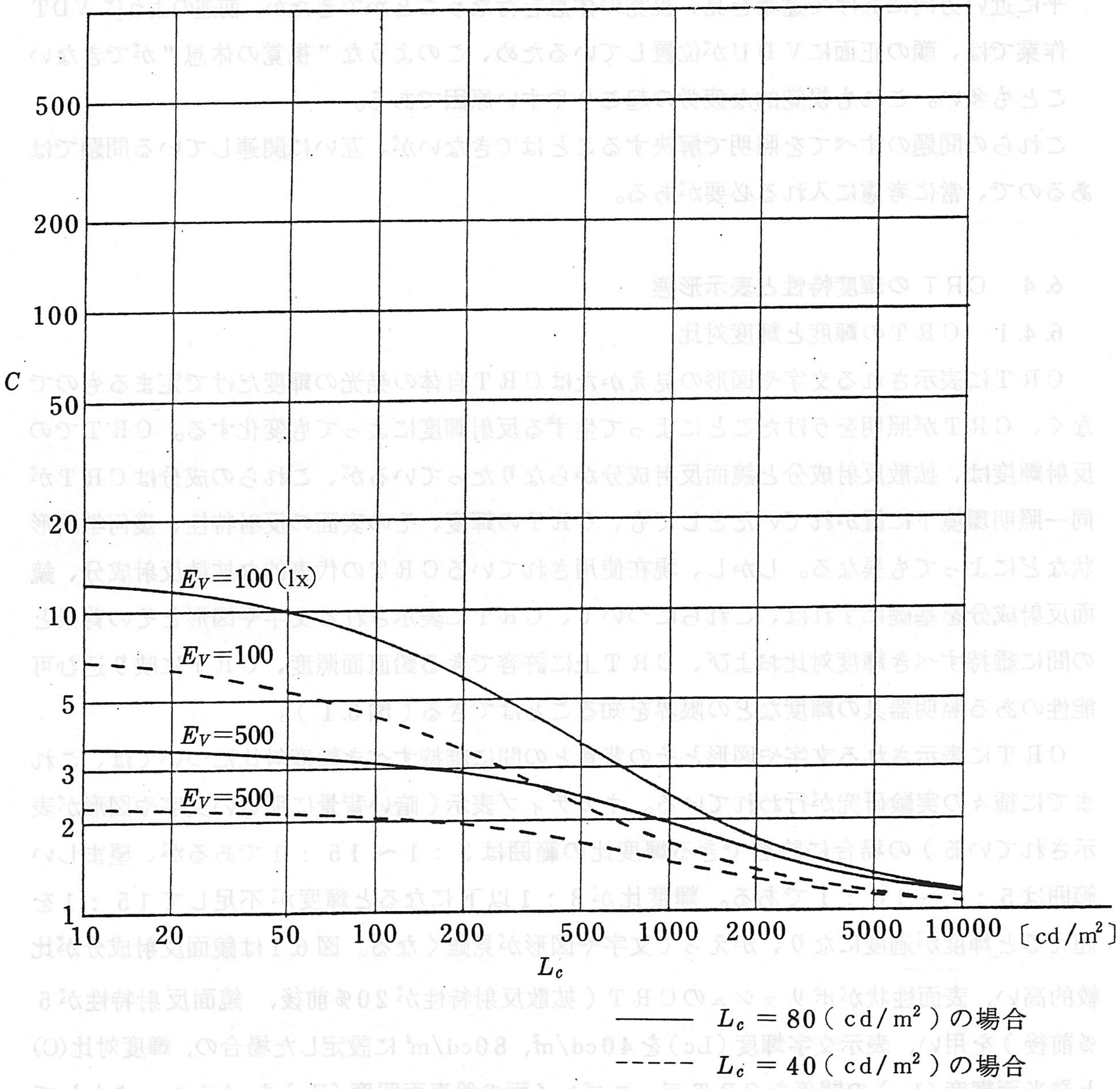


図6.1　発光面輝度（L_o）と輝度対比（C）

輝度対比を確保しながら非発光部の輝度を高くすると、ＣＲＴのスクリーン上に対して遠景の高輝度物体からの映り込んだ場合の影響が小さくなる。

いっぽう、印刷と同じような輝度関係にあるポジティブ表示（明るい背景に暗い文字や図形が表示されている）の好ましい輝度比は１：７程度である。

6.4.2　ポジティブ表示とネガティブ表示

ＣＲＴディスプレイの表示形態には図6.2に示すように明るい背景に暗い表示を表示するポジティブ表示と、図6.3に示すように暗い背景に明るい文字を表示するネガティブ表示が

ある。

ポジティブ表示の場合、作業性にすぐれ、より快適であると考えられている。なぜなら、ポジティブ表示は、

- ＣＲＴディスプレイ面での拡散反射の影響が少なく、遠景の高輝度物体が映り込んでもこれが目立たない
- ＣＲＴディスプレイ全体の輝度が高くなるので、原稿と画面の輝度の差を小さくでき、作業者が視線を激しく移動させても視野の輝度の変化が小さくなる
- ＣＲＴの映像に残像が残りにくい

などのメリットがあるからである。

ただし、ポジティブ表示の場合、ＣＲＴディスプレイの輝度の時間的変化によるちらつきが目立ちやすくなるなどの問題点もあるので、十分な検討が必要になる。

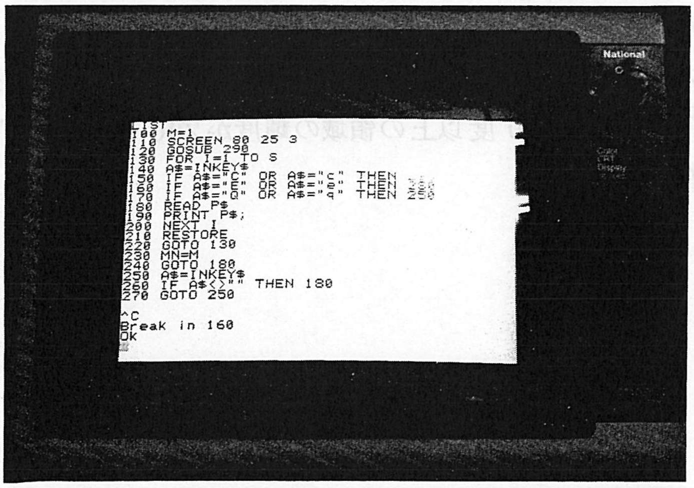


図 6.2　ポジティブ表示

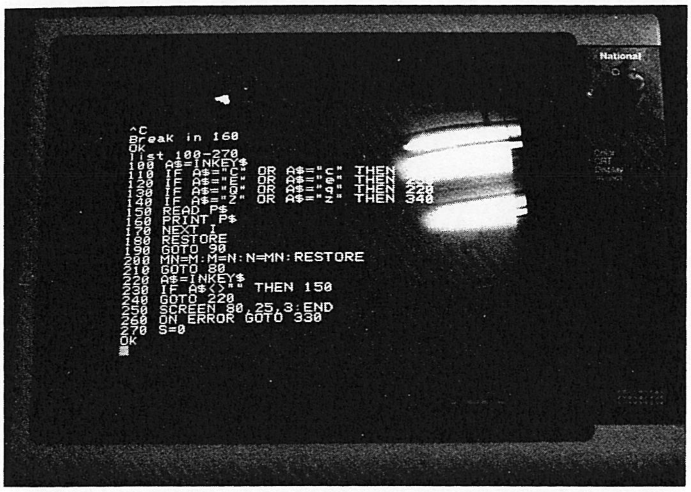


図 6.3　ネガティブ表示

6.5　拡散反射によるグレアとグレアに類似した現象とその防止

前述したように、ＣＲＴは他の視対象物と異なって自発光体であるため、ＣＲＴ面に入射する光が過剰であると、ＣＲＴディスプレイに表示される文字や図形とその背景との間の輝度対比が低下し、表示された文字や図形が見えにくくなる。このため、ＣＲＴディスプレイ面の鉛直面照度を、適切なレベルに抑制する。一般のＣＲＴの場合、ＣＲＴディスプレイ面に表示される文字や図形と背景との間の輝度対比を適切な値に維持するためには、ＣＲＴ表面の鉛直面照度を 200 ～ 500 lx の範囲に制限する必要がある。

6.6　鏡面反射によるグレアとグレアに類似した現象とその防止

ＣＲＴディスプレイ面に高輝度の照明器具や昼間の窓などが映りこまないようにするためには、ＶＤＵを置く場所やその方向を慎重に選ぶ必要がある。また、室内の照明にはグレアを充分に制限した照明器具を使用し、ＣＲＴにも反射防止処理を加えたものを使用するなどの方策を講じる必要がある。

ＶＤＴ作業を行なう事務室には５章に示すような３つのグレア分類の照明器具のうち、グレア分類Ｇ１に属し、鉛直角６０度以上の領域の輝度が 200 cd/m^2 以下に制限された照明器具を用いることが望ましい。

7. 視環境整備におけるグレアの制御基準と関連する照明の基準

第５章、第６章で述べたような考え方をもとに、現在または、近い将来ＶＤＴ作業が行なわれる、あるいは、行なわれるであろう事務室に、作業しやすい、快適な視環境を設計する場合に考慮すべきグレアの制御基準とこれに関連する照明の基準をまとめると次のようになる。

7.1 グレアの制御基準とグレアに類似した現象の防止

7.1.1 一般の事務室に対するグレアの制御基準

(1) 照明器具のグレア

a) 照明器具のグレア分類は下記の３種類とする。

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

b) 事務室には、作業の種類、室の種類に応じて、表5.2に示すようなグレア分類の照明器具を使用する。ただし、奥行の狭い室で、最小観測角（α_{min}）が定常的に７０度以上となるような場合には、グレア分類の一ランク低い照明器具を使用することができる。

(2) 反射グレアおよび光幕反射

a) 露出したランプ・照明器具あるいは採光窓など、輝度が著しく高い物体の反射像が作業対象物に映らないように留意する。

7.1.2 ＶＤＴ作業に対するグレアの制御基準

(1) 照明器具のグレア

a) ＶＤＴを行なう事務室には３つのグレア分類の照明器具のうち、グレア分類Ｇ１に属し、鉛直角６０度以上の領域の輝度が200 cd/m^{2}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°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。

b) ＣＲＴ表面の鉛直面照度を200～500 lx の範囲とする。

(2) 反射グレアおよび光幕反射

a) 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込む場合には、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。

b) 作業者が高齢な場合には、グレアの防止に特に留意する。

7.2　関連する照明の基準

7.2.1　一般の事務室に対する照明の基準

(1)　作業面の照度

(a)　事務室には作業の種類に応じ、日本工業規格ＪＩＳ　Ｚ　9110（1979）照度基準に定められた作業面照度を与える。表 5.2 はこの照度基準を基礎として制定された平均的な視作業に対する照度の学会基準を示す。とくに指定がない場合、照度を与える作業面は床上 0.85 mの水平面とする。事務所には、その作業を行っている時間中、表 5.2 に示す照度値を与えることを原則とする。

(b)　次のいずれかの場合には、表 5.2 に示す作業面照度をその 1.5 倍程度増加させることが望ましい。

- 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
- 高齢年者など視機能の劣る作業者がいる場合

(c)　作業が比較的単純で、作業時間が短い場合には、表 5.2 に示す作業面照度をその 0.7 倍程度まで減少させてよい。

(d)　事務作業のうち、表 5.2 のａまたはｂに区分される作業区画においては、別に定める「採光窓に平行な作業区画線上の鉛直面」上の床上 1.2 ｍにおいて当該鉛直面に沿い、その作業区画側に面する表面に入射する、人工照明からの直射光束のみによる鉛直面照度を少なくとも 150 lx とする。ただし、表 5.2 に示すような照度を与える照明設備において、人工照明のみによる照度均斉度が作業区画全域にわたって以下に定める値を満足している場合にはこの限りではない。

(2)　照度の均斉度

(a)　全般照明の作業区画内における水平面照度の均斉度（最小照度／平均照度）は、0.5 以上とする。ただし、照明器具を「標準配置」にする場合はこの限りではない。

(b)　補助照明を使用する場合には、補助照明単独の最大照度（E_{max}）と室内全体の平均照度（E）（補助照明を含まない）の比（E_{max}/E）を 3 以下とすることが望ましい。

(c)　作業対象とその周辺との間には極端な輝度の差がないことが望ましい。

(3)　照度の連続性

(a)　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。ただし、

- 低い側の平均照度が 200 lx 以上の場合はこの限りではない。
- 昼光と人工光との間の照度の比については適用しない。

(4)　光源の光色

(a)　全般照明に使用する光源の色温度は 3,500 K～6,500 K の範囲を原則とする。ただし、特に指定のない限り、4,000 K 以上のものを使用することが望ましい。

(b)　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。ただし、局部照明はこの限りではない。

(5) 光源の演色性

(a) 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 R_a は原則として、60以上とする。

(b) 役員室、重要な会議室・応接室などに使用する光源の平均演色評価数 R_a は80以上とすることが望ましい。

(c) 演色性の重要な作業区画、設計室などに使用する光源の平均演色評価数 R_a は80以上とし、対象物の表面には500 lx 以上の照度を考える。

(6) 陰 影

(a) 作業面上には作業の障害となるような強い陰影が生じないように、照明器具の取付け位置などに留意しなければならない。

(b) 作業面上にほとんど陰影が生じない過度に拡散された光によって照明する場合は照度レベルがじゅうぶん高くなるようにし、散慢、陰気な雰囲気にならないように留意することが望ましい。

7.2.2 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表5.2のワードプロセッサ・コンピュータなどの端末器の操作に対する値を準用し、500〜1,000 lx とする。

その他の事項は7.2.1(1)に準ずる。

(2) 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整度（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は、7.2.1(2)を準用する。また、作業対象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。

(3) 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過ぎないようにする。そのためには、天井、壁等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。

8. ＶＤＴ作業照明の実験的検討とその実施例

事務所へのＶＤＴ機器の導入が進むにつれ、労働産業衛生面からもオフィス環境のあり方が問われるようになった。これについては、関係機関が一応の目安を発表しているが、現状ではＶＤＴ機器の進歩は著しく、これらの目安は最終的なものとしてより、問題点を整理したものであると考えるべきであろう。

ＶＤＴ作業に対する照明を考える場合、ＶＤＴを切離して考えることはできない。現状のＶＤＵの多くは表示デバイスとしてＣＲＴを使用しており、そのディスプレイは、多くの場合に文字を明るく表示する形態（ネガティブ表示）であるからである。この場合、当然のことながら画面が暗い方が文字が見やすく、“暗い画面”が好まれやすい。このため、ＣＲＴディスプレイ面に照明器具の像が反射されると、ＣＲＴディスプレイとの輝度差が大きく、グレアが発生しやすい環境となる。

このような環境のもとでは、過剰な照度が、かえってＶＤＵの表示を見難くするので、従来のように設計照度に対して初期照度が高い場合に、これを“好ましいもの”あるいは“サービス”として処理することは問題であり、常に、ある限界内の好ましい照度を確保するように考慮することが必要である。ＶＤＴ施設用として輝度制限を行なった照明器具は従来の下面開放埋込形器具より保守率が低いのが一般的であり、設計照度に対して初期照度が著しく高い値になりやすいので、このような過剰照度がＶＤＵに与えられないよう十分注意しなければならない。

今一つの問題は、ＶＤＵの見え方を確保するため、輝度制限を行なった照明器具は、器具効率が低いうえ、上方に対する配光が少ないために、天井面が暗くなることである。オフィス全体の環境作りの観点からは、単なる輝度制限だけではなく、もっと広い観点から従来と異なった考慮が必要となる。

日本航空㈱予約センターの照明施設は、このような点がよく検討された照明設計がなされている。参考となると考えられるので、以下にその概要、設計の考え方などについて紹介する。

8.1　日本航空㈱予約センターの業務内容

予約センターの予約業務には、一般旅客や旅行代理店から直接予約を受ける一般予約業務と、予約を総括し自社航空便の座席のみならず他社の航空便への乗継ぎ、機内食、ホテル、特殊旅客等の予約管理を行なう予約管理業務とがある。これらの業務は旅客との間で電話による応対をしながら、手指によるキーボード作業を行ない、同時にＶＤＵの表示を目で読みとるというような特殊な作業が主体である。

表 8.1は、これら両部門のＶＤＵ操作業務の内容、必要な環境、ＶＤＵの台数などをまとめたものである。これらの中には、書類（原稿）を見る業務を行なっていない部門もあるが、ここではＶＤＴ作業と同時に、書類を対象とする業務も行なっている予約管理部門について述べる。

表8.1　㈱日本航空予約センターにおけるＶＤＵ操作業務の内容

業務分類	予約受付業務	予約管理業務
操作内容	電話で予約客と対話しながらＶＤＵを操作し、データ照会およびデータ入力を行なう。	原稿を基にＶＤＵを操作し、データ照会およびデータ入力を行なう。
作業環境	常時、ＶＤＵだけを注視するため画面の見やすい環境が必要。	原稿とＶＤＵを交互に見る作業のため、机上面の適正な照度と画面の見やすい環境が必要。
ＶＤＵ台数	250 台	100 台

8.2　照明設計の考え方

日本航空㈱としては、オフィス環境に関して、作業員の眼精疲労・頸肩腕障害、職場の雰囲気、身障者対策等に関して特に注意を払っており、今回の施設に対しては、ＶＤＴ機器のハードウェア、ソフトウェア、机、椅子、壁の色彩、照明、床（静電防止カーペット）、天井高（消音効果）、空調、健康診断に至るまで多岐にわたって検討が加えられた。ここではこのうちの照明に関する部分について報告する。

8.2.1　基本事項

照明設計を実施するにあたり、次の各項目を考慮した。

⑴　適正な机上面照度と、できるだけ均一な照度分布を確保する。（ＪＩＳ Ｚ 9110「照度基準」を基本としながら、作業者の経験的要求をあわせ、考慮する）

⑵　ＶＤＵへの照明器具の映り込みを皆無とする。

⑶　ＶＤＵ面の鉛直面照度を適正値にする（作業者による観測実験から値を決定する）。

⑷　オフィスの作業環境としての明るさ感を損わない。

⑸　経年変化による照明条件を最小限度にとどめる。

8.2.2　照明設計のプロセスのフロー

今回の照明設計の具体的な検討フローを示すと図8.1のようであった。

8.3　照明器具の検討

検討に際しては、羽田の旧予約センターで実態調査を実施した。

⑴　ＶＤＵへの照明器具の映り込みを防止するために、表面鏡面仕上げ放物線断面の遮光角45°（桝目寸法14.5×14.5mm）、35°（桝目寸法39×39mm）、35°（桝目寸法200×200mm）の三種類のルーバについて検討を加えた。その結果、ＶＤＵへの照明器具の映り込みが少ないと同時に、桝目が小さく（14.5×14.5mm）、照明器具を見上げたときの

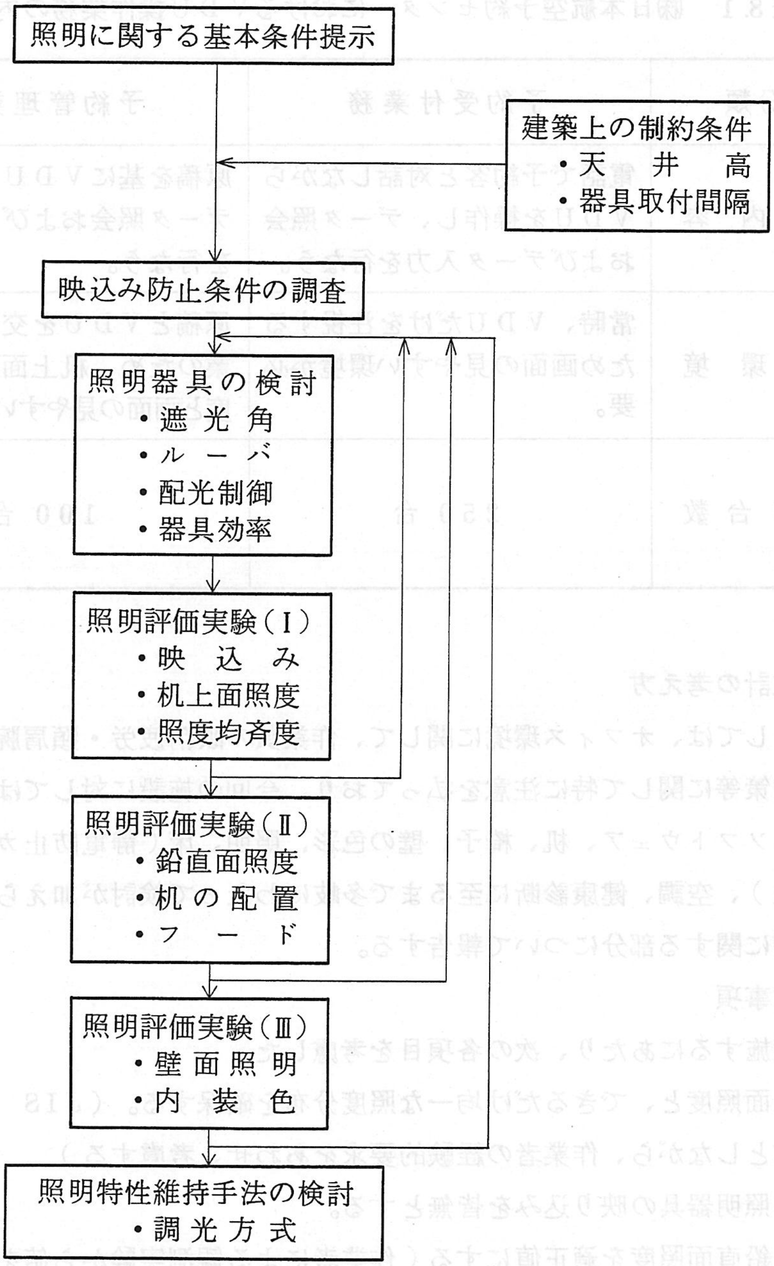


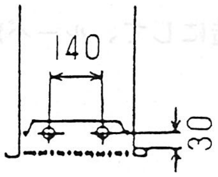
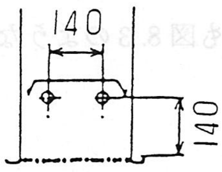
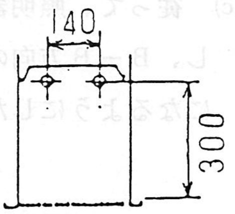
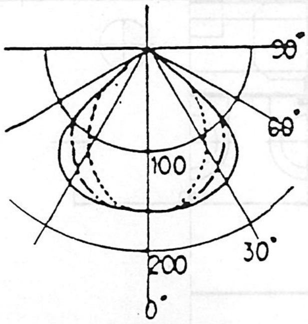
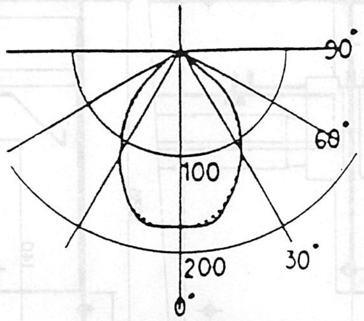
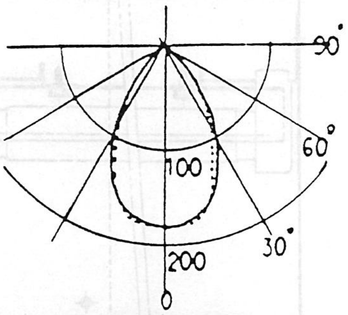
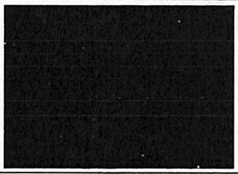
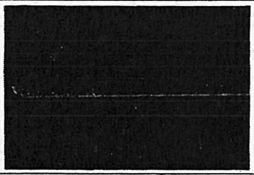
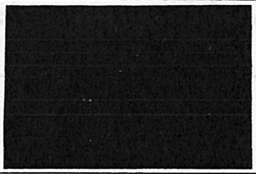
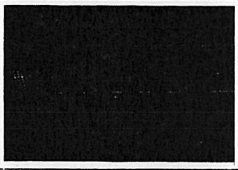
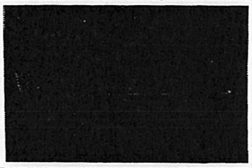
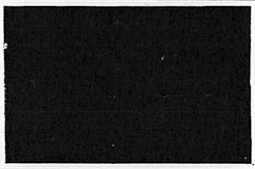
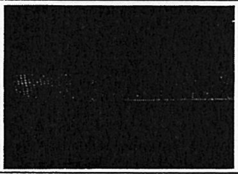
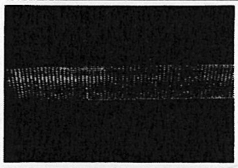
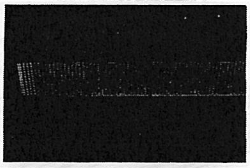
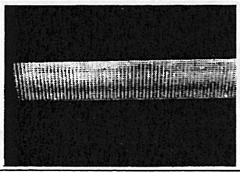
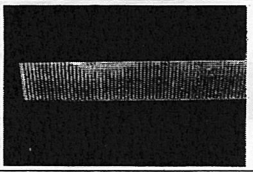
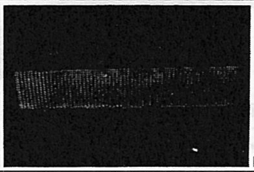
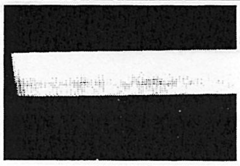
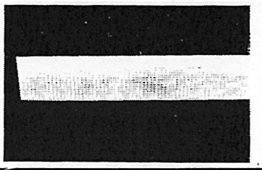
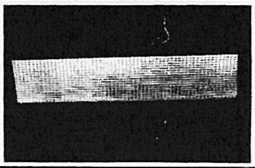
図 8.1　照明設計のフロー

直視グレアの少ない遮光角45°のルーバを採用した。

(2)　全般照明用器具については、A－A方向の器具間隔が、1.85mおよび2mとすることが決められていたので、このルーバを用い、ランプとルーバの距離（ランプの埋込深さ）を30mm、140mm、300mmの三種類の照明器具を試作し、ルーバの輝度と照度均斉度と、配光特性との関係を検討した。検討結果を表8.2に示す。

(a)　表8.2に示されているように、何れの照明器具も、鉛直角60°以上でのルーバ輝度は50 cd/m² 以下で、VDUへの照明器具の映り込みは問題はない。しかし、直視グレアは、明らかに、ランプ埋込み深さが深くなるほど少なくなる。

表 8.2　全般照明用器具の特性

		浅形　ルーバ〜ランプ距離 30mm		中形　ルーバ〜ランプ距離 140mm		深形　ルーバ〜ランプ距離 300mm	
ランプ埋込深さ							
配光曲線		 器具効率 28.6%		 器具効率 24.0%		 器具効率 20.2%	
輝度特性・鉛直角（度）	80		(cd/m²) 3〜5		(cd/m²) 2〜4		(cd/m²) 2〜3
	70		5〜14		3〜10		2〜5
	65		6〜20		5〜16		3〜8
	60		15〜49		8〜38		4〜15
	55		38〜155		19〜89		8〜45
	50		235〜420		70〜340		50〜200

(b) 一方、照明効率の点から見ると、ランプ埋込み深さの深いものは器具効率が低く(300mmの場合、20.2%)、前述の器具間隔で所要の照度を得るためには40W3灯以上の照明器具が必要となるうえ、照度均斉度もあまり良好ではない。

(c) 従って、照明器具としては、図8.2に示すように、ランプの埋込み深さを140mmとし、B－B方向の器具連結部も図8.3のような通し連結構造にして、ルーバ輝度が一様になるようにした。

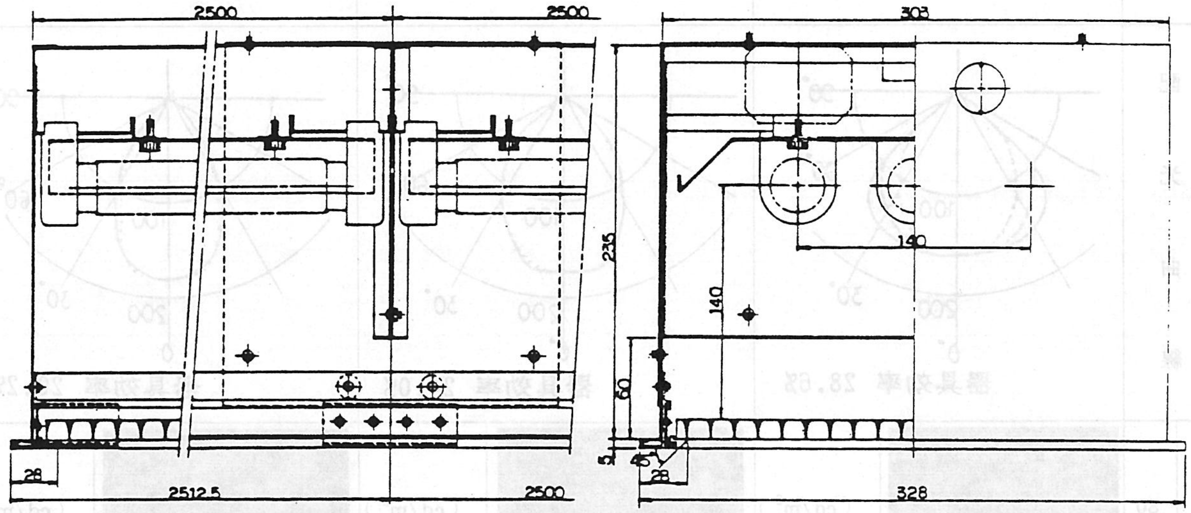


図8.2　照明器具の断面図

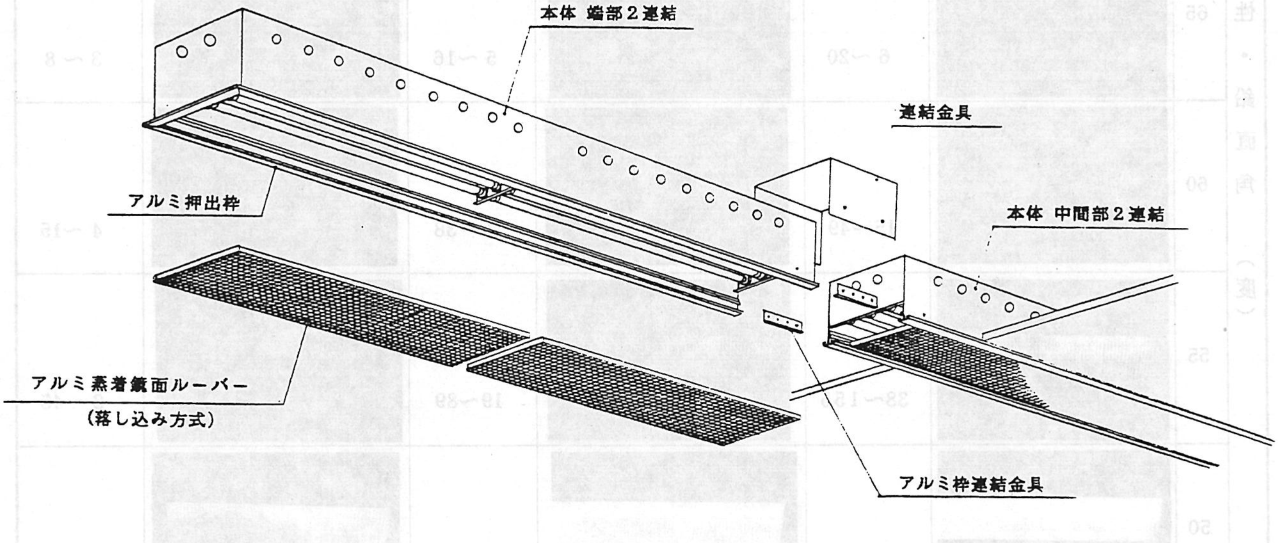


図8.3　照明器具の連結

(d) ルーバ輝度を一様にすることに特に留意し、図8.4のように、額縁、およびルーバ近辺の器具内面の反射特性について留意した。

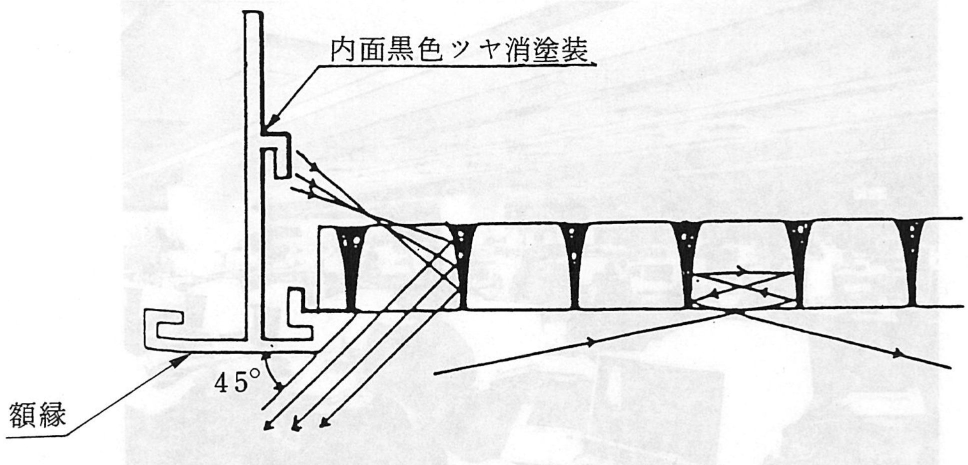


図8.4　全般照明器具構造

(3) 壁面照明用器具については、直射形の教室の黒板灯のような高効率の器具も考えられたが、意匠的な点を優先し、図8.5に示すように全般照明用器具と同一のルーバを用いた40W1灯用器具とし、照明器具と壁面の距離を慎重に選んで、壁面照明効果をあげるようにした。

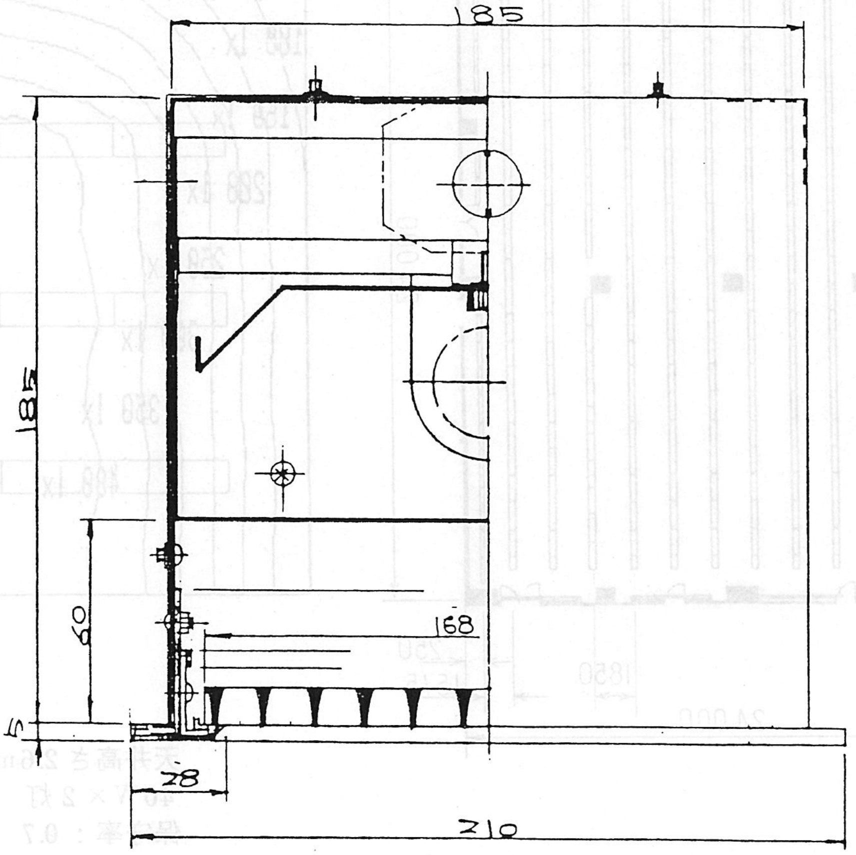


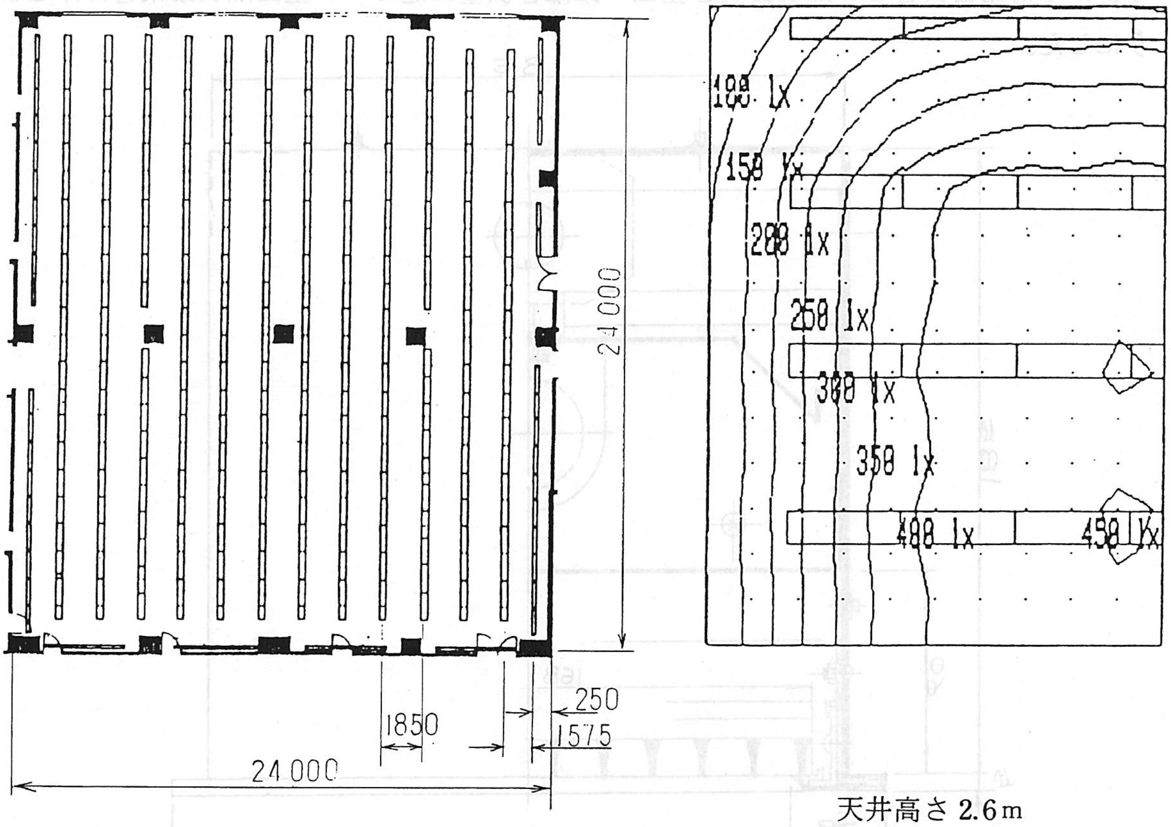
図8.5　壁面照明器具の断面図

8.4 照明効果の検討

8.4.1 机上面照度および照度均斉度

(a) 図8.6、図8.7に予約センターの写真、および、照明器具の配置図を示す。

図8.6　予約センターの照明



天井高さ 2.6m
40W×2灯
保守率：0.7

図8.7　照明器具の配置及び照度分布

(b) 照度値については、平均400～450 lx を確保することが実験的に求められた。この値はＶＤＴを使用しない一般の事務室の照度値（300～750 lx）との間にも、あまり大きな照度差がなくバランスのとれたものといえる。

(c) 照度分布については、作業区画周辺部で300 lx 程度で、平均値約400 lx に対して問題ない。

8.4.2　ＶＤＵの見え方

(a) 表8.2の結果をもとに鉛直角と照明器具ルーバの輝度の関係を示したのが図8.8である。ＶＤＵに映り込む照明器具の輝度によるグレアを防止するためには、6章、7章で述べたように、鉛直角60°以上の輝度が200 cd/m^{2}以下でなければならないが、表8.2のように、今回の照明器具では30 cd/m^2 で全く問題はない。

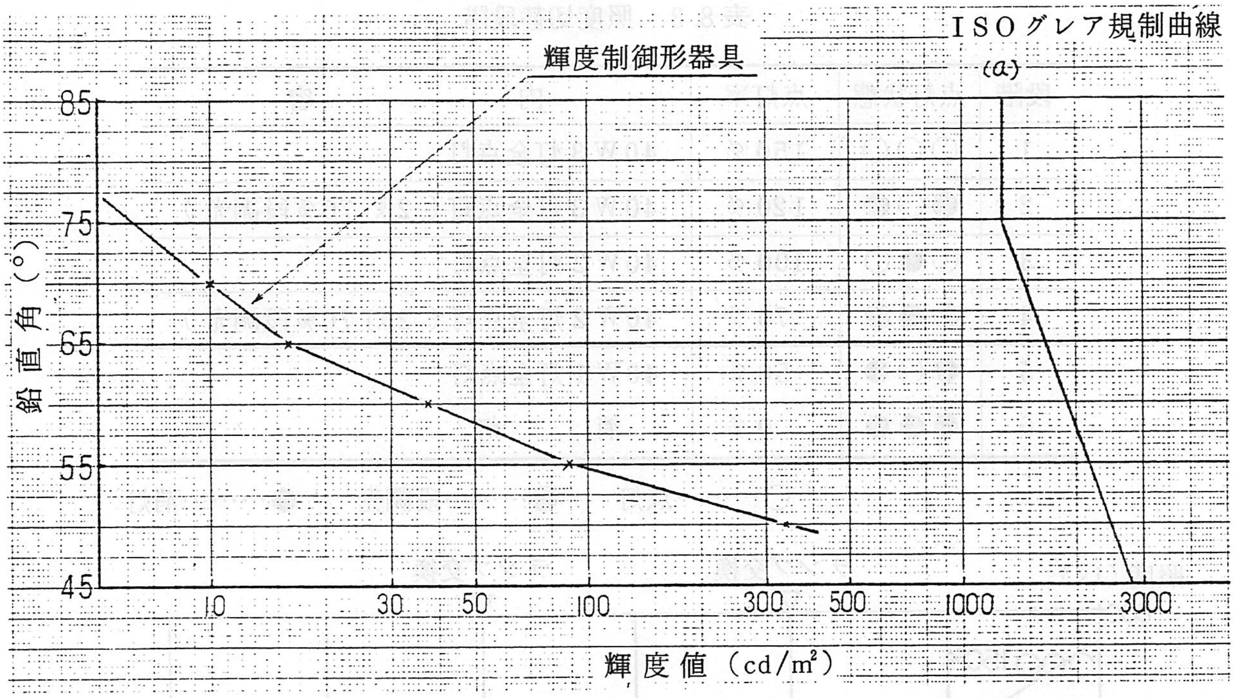


図8.8　輝　度　特　性

(b) ＶＤＵ面の鉛直面照度については、ＶＤＵの位置を種々移動し検討を行なったが、200 lx 以下で問題はなかった。しかし、ＶＤＵにフードを設けた場合、ＶＤＵの位置によっては、ＶＤＵ面上中央にフードの陰ができ、見え方に歴然とした差がでることが明らかになった。この場合、鉛直面照度を60 lx 程度とし、ＶＤＵの文字輝度を6 cd/m^2 程度におさえるとよいとの評価が一部の観測者から得られたが、このような条件で長時間作業を行なうことは好ましくないので、ＶＤＵを照明器具直下に配置することとし、フードは作業者の好みによっては使用してもよいことにした。

8.4.3　オフィス照明環境

前述のような照明器具によって、グレアについては全く問題のない照明環境が得られた。

しかし、図8.2～8.4のような照明器具だけの照明では天井面、壁面が暗くなり事務室全体が活気のない照明環境となるため、壁面照明器具を設け、壁面照度約300 lxを確保した。これは単に明るさ感のある照明環境となるばかりではなく、ＶＤＵ作業の視野輝度に順応した目の状態に対して適当な照度であると考えられる。

8.4.4　保守管理

以上述べた特性が最適値であるとした場合、実際の使用条件におけるランプの劣化、照明器具、室内面の汚れなどによる照度の変動を考慮することが必要となる。今回の照明では表8.3に示すように、ランプ点滅、および段調光の組合せにより、これらの変動を最小限度におさえて、絶えず最適条件が維持されるような考慮を払った。

この場合、照度の経年変化を机上面平均照度でとらえると、図8.9のようになり、確認を行なう計画である。

表8.3　照度切替段階

段階	点灯状態	点灯率	内　　容
1	○○○	150％	40W3灯全点灯
2	◍○◍	120％	40W3灯全点灯（2灯70％段調光）
3	○●○	100％	40W2灯全点灯
4	◍●◍	70％	40W2灯全点灯（2灯70％段調光）
5	●○●	50％	40W1灯全点灯
6	●●●	0％	消　　灯

○………点灯　◍………段調光　●………消灯

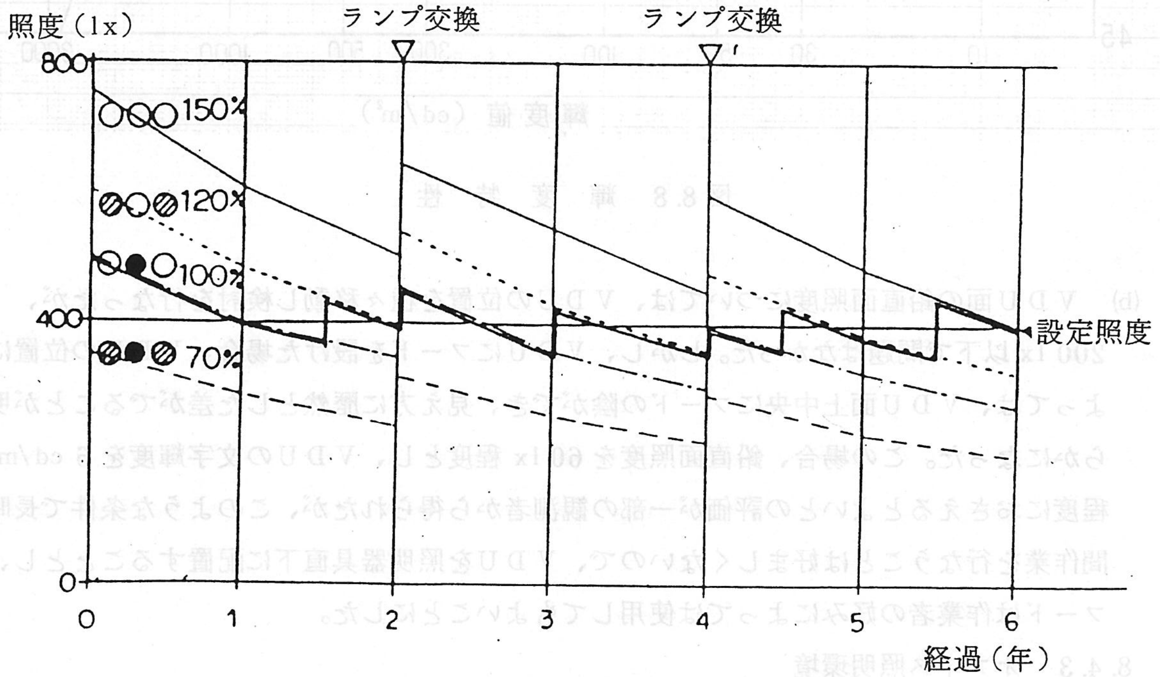


図8.9 照度の推移と照度切替の一例

9. 今後の課題

視環境の整備において、グレアの防止は重要な要素のひとつである。国内外においてグレアについての基礎的な研究は、長年にわたり多数の研究者によって行なわれてきた。しかし、わが国の照明施設ではグレアの防止について必ずしも十分な考慮が払われていない場合が少なくはなく、これらの研究とその応用との間にはかなり大きい断層があるように見受けられる。

最近に至って普通の事務室にもＶＤＴが広く用いられるようになり、照明のグレアに起因する多くの複合的な現象が発生し、ＶＤＴに従事する作業者から疲労、苦痛などが多く訴えられるようになってきた、

第２分科会ではこの点についての検討を担当し、

a) 視環境の整備の重要性を明らかにし、

b) 視環境の整備に必要な一般的事項をまとめ、

c) 作業者の視覚を中心としてその機能特性を解説し、

これらを基礎として、

d) 屋内照明におけるグレアとその防止、および、

e) ＶＤＴ作業に関連するグレアの防止

について述べ、あわせて、これらに関連する照明の基準を示すとともに、これらの基準に適合する実験施設の例として㈱日本航空予約センターの照明設備についての概要を紹介した。

末尾に、本報告に関連ある用語とその解説、ＶＤＴ機器についての最近の傾向、ＣＲＴディスプレイの視覚的所要条件、に関連する事項をまとめ、付録とした。

本報告で取りあげたようなＶＤＴと照明に関する問題は、照明設備の設計に従事する人だけで解決できるものではなく、ＶＤＵの設計・開発に従事する人、ＶＤＴを選択し、その設置場所や設置方向を決定する人、ＶＤＴ機器を操作する人などが問題を正しく理解し、それぞれの立場で可能な対策をとると同時に、その対策がこれら関係ある他の人にとってどのような影響を与えるかということを誤りなく判断するとき、はじめて本質的に解決できるものである。

このような意味で、今回の報告では、現在明らかになっている点についてはできるだけ網羅したつもりであるが、ＶＤＴの問題には研究的にも、技術的にも未解明、未解決な点が多く残されていることも否定できない。今後、学会の活動を通じて、この解明・解決がすすむとともに、再び、この問題に取り組むことが必要であろう。

末筆ながら、本分科会の活動に熱心に協力された方々に心から感謝の念を表わし、筆をおく。

付録1.　用語とその解説

付1.1　基本用語、基本単位

付1.1.1　基本用語

⑴　ＶＤＴ（Visual Display Terminal）

コンピュータ本体、視覚表示部、キーボードからなるデータ処理装置の視覚表示端末装置

⑵　ＶＤＵ（Visual Display Unit）

ＶＤＴを構成するユニットのうち、ＣＲＴ（ブラウン管）などの表示デバイスを使用した視覚表示部

⑶　鏡面反射

光がある面に入射し、反射する時、入射光と反射光の方向が、鏡面のように反射の法則（入射角＝反射角）の関係にある反射。強い光沢のある表面で起こる。

⑷　拡散反射

ある面に入射した光が反射の法則と無関係な多くの方向へ反射する（拡散する）ような反射。光沢のない表面で起こる。

付1.1.2　基本単位

⑴　光　束

＜意味＞

一般に100Ｗ電球は、６０Ｗ電球より“明るい”と言う。これは100Ｗ電球から出る光の量の方が大きいことを意味する。このような光の量を表わす概念を光束と呼ぶ。

＜定義＞

光源から放射する放射束（電磁波）のうち、光として目に感じる部分を比視感度（波長に対する明るさの感じ方の度合）で評価したものを光束と言う。

＜単位＞

lm（ルーメン）

⑵　光　度

＜意味＞

スポットライトを正面の方向へは非常に強い光が出ているが、横あるいは後へはほとんど出ていない。これは照明器具から出る光の強さが方向により異なるためである。このように光源あるいは照明器具から出る光のある方向に対する強さを表わす概念を光度と呼ぶ。

＜定義＞

光源から出る光のある方向における単位立体角当りの光束。

＜単位＞

cd（カンデラ）

光源あるいは照明器具から光が出る状態を方向（角度）に対する光度の関係で図に表したものを配光曲線という。

(3)　照　度

＜意味＞

昼間の部屋の中でも窓の近くの床面は明るく、窓から離れた奥の方の床面は暗い。これは場所によって床面に降り注ぐ光の量（光束）の密度が異なるからである。この場合の床面のように、ある場所に入射する光束の多少を表わす概念を照度と呼ぶ。

＜定義＞

被照面へ入射する光束の面積密度。

＜単位＞

lx（ルクス）＝（lm/m^2）

(4)　輝　度

＜意味＞

一般に４０Ｗ電球の方が４０Ｗ蛍光ランプよりも輝きが大きい。これは光源から出る光の総量は蛍光ランプの方が大きいが、光源を見た時の光源の見かけの面積が電球の方がはるかに小さいために、その見かけの面積当りの光の強さでは電球の方が蛍光ランプを上回るためである。このようにある方向から見た面の輝きを示す概念を輝度と呼ぶ。

＜定義＞

発光面のある方向への光度を、その方向に垂直な平面上への、その発光面の投影面積で割ったもの。発光面には、光源、照明器具のほか光が照射されている面も含まれる。

＜単位＞

cd/m^2（カンデラ毎平方米）

付 1.2　グレア関連用語

(1)　順応輝度

人間の眼は、0.5 lx 以下の満月の夜でもかなりの明るさで物を見ることができるし、10万ルクス以上の晴天の日中でも、それほど激しい明るさは感じない。人間の眼が２０万倍以上も異なる広い範囲の照度の明るさを適当な感じに知覚できるのは、その明るさに対する感度を大幅に調節し、明るい場所では感度を低く、暗い場所では感度を高めているからである。人間の眼が、このようにその場所の明るさに応じて感度を変化させることを順応といい、ある順応の状態を表現するために、その順応状態と同じ順応状態を作り出す均一な視野の輝度を用い、これを順応輝度という。

(2)　輝度比・輝度対比

文字の見えかたは文字輝度（Lc）とその背景の輝度（Lb）に関係する。この程度を表わす場合、文字輝度（Lc）とその背景輝度（Lb）の単純な輝度比Ｒ＝Lc／Lb、またはLb／Lc（いずれか数値の小さいほうを分母とする）あるいは、輝度対比Ｃ＝Lc－Lb／Lb、（Lc－Lb）/（Lc＋Lb）などが用いられることもあり、定義によって意味が異なるので、注意を要する。

(3) 視機能低下グレア

直接見ようとしている対象物以外の輝度によって、眼球内で起こる光の散乱のために、光幕が生じ、その輝度が、対象物の輝度に重畳され、これが対象物の見かけの輝度対比を減少させ見え方を低下させる現象

(4) 不快グレア

視野内にある、他の部分より一段と輝度の高い物体の存在によって不快な感じを与える現象

(5) 直接グレア

輝度の高い光源などを直接見ることによって生ずるグレア。一般にその光源などの輝度が極めて高い場合には、視機能低下グレアと不快グレアが同時に起こる。

(6) 反射グレア

光源、照明器具あるいは窓などの輝度の高い物体からの光が光沢のある表面（机上面・ガラス・什器備品等の表面）で反射し視野内に見えることによって生じるグレア。

(7) 光幕反射

良質の紙など光沢のある表面で照明器具からの光が正反対に近い拡散反射を生じ、これによって紙などの一部で比較的大きい範囲で白く光り、一種の光幕となって文字などを見にくくする現象。この現象が生ずると、視対象物（文字）とその背景(紙)との輝度対比を減少させ、視対象物を見にくくさせる。

付 1.3　照明器具関連用語

(1) 器具効率

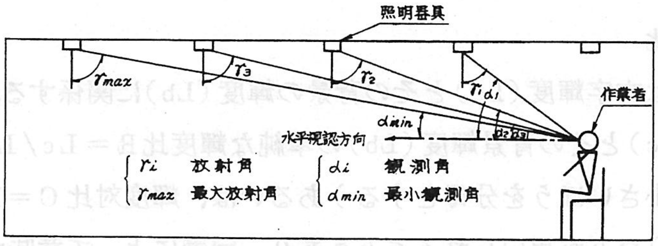
照明器具から発散する全光束と、器具内におさめた光源の全光束の比

(2) 照明器具グレア分類

グレア制限の程度によって照明器具を分類するもの。ＣＩＥあるいはＩＳＯにより定められたものもあるが、本文では照明学会・技術指針ＪIEG-004（1983）で設定した3段階の分類を用いている。Ｇ１、Ｇ２、Ｇ３のランクがあり、グレアが十分制限されている照明器具をＧ１とし、以下Ｇ２、Ｇ３と順次グレア制限の程度を低くしている。

(3) 放射角・最大放射角・最小観測角（付図 1.1 参照）

照明器具中心と作業者の眼の位置を結ぶ直線が、照明器具中心を通る鉛直軸との間に成



付図 1.1　放射角と最大放射角

す角を放射角といい、複数の照明器具が取り付けられた室において作業者から最も遠い位置にある照明器具の放射角を最大放射角と呼ぶ。

また、照明器具中心と作業者の眼の位置を結ぶ直線が、水平視線との間に成す角を観測角といい、作者から最も遠い位置にある照明器具の観測角を最小観測角と呼ぶ。

なお、ここでいう照明器具中心とは、照明器具の測光上の中心である。

付 1. 4　照明設計関連用語

(1)　保守率

照明施設の使用中にランプの光束低下、室・器具の汚れなどによって起こる照度の低下を照明設計に見込むための数値。保守作業（ランプの取替え、照明施設の清掃）の直前に到達すると予想される照度（Ｅ２）と照明施設の新設時の照度（Ｅ１）との比(E2/E1)で表わす。

(2)　設計照度

照明設計の段階で保守率を考慮し、ランプの光束低下、室・器具の汚れなどによって照度が最も低下する保守作業の直前に確保しようとする照度。

(3)　照度均斉度

作業面上の最小照度と平均照度との比。最小照度と最大照度との比をいう場合もあるが、本報告では用いない。

(4)　ランドスケープト・オフィス（Land-scaped Office）

広い事務室に什器、事務機器のほか、多数の植物を配置して、自然の風景の中で仕事をしているような環境を作った事務室の形。

(5)　オープンプラン・オフィス（Open Plan Office）

小さい個室を多く配したオフィスと反対に、大きい部屋を開放的に多人数で使用するような事務室の形。

(6)　タスク・アンド・アンビエント・ライティング（Task and Ambient Lighting：局部全般併用照明）

高い照度の作業用の局部照明と比較的低い照度の周辺照明用全般照明の組合わせで必要な照明条件を得ようとする照明の方式。作業の照明（タスクライティング）とその周辺の照明（アンビエントライティング）との組合わせでできているためにこの名がある。

(7)　ＰＳＡＬＩ（Permanent Supplementary Artificial Lighting in Interiors）

昼間、採光窓から強い光が入射していると、これによって眼が高い輝度に順応し、たとえば窓を背にする人の顔が黒いシルエットに見えるようになる。このような現象を防止するために、採光窓から多くの自然光が入射している昼間に室内に設ける高いレベルの人工照明。

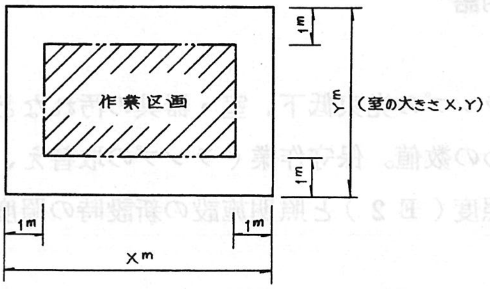
(8)　照明器具の標準配置

照明器具中心相互間の水平距離（取付間隔Ｓ）が、その照明器具に許容される最大器具

取付間隔以下であり、かつ、壁面と照明器具中心との最短水平距離がＳ／２以下になるような照明器具の配置。

(9) 作業区画

定常的に視作業が行なわれる領域。作業区画が指定されていない場合には、室周辺の壁の中心線から１ｍ離れた仮想線で囲まれる領域（付図1.2斜線部分）。



付図1.2　作　業　区　画

(10) 作 業 面

通常作業が行なわれる指定された平面をいう。

付録 2. VDT 機器の現状

情報処理機器が高度化、多様化するなかで、これらの機器と人間とのマンマシンインタフェイスとしての視覚表示端末装置VDT(Visual Display Terminal)に用いる各種デバイスのニーズは益々高度化し、高品質化、大容量化、カラー化などに向け精力的な技術開発が活発に行なわれている。

一方、VDU(Visual Display Unit : 視覚表示部)に表示される画面の光学特性は、VDT作業人口の増加に伴い、作業者の視覚条件、視覚特性に適合させて作業を効率良く、快適に継続出来るような人間工学的配慮の追求がなされようとしている。

付 2.1 表示デバイス産業の現状

表示デバイスを発光形と非発光形とに分け分類すると付表 2.1 のようになる。これら表示デバイスの生産額は年々上昇し、昭和 59 年は3,500億円に達するものと予想される。

付表 2.1 表示デバイスの分類と動作原理

	名称	略称	動作原理
発光形	陰極線管	CRT(Cathode Ray Tube)	蛍光体へ電子ビーム衝突
	蛍光表示管	VFD(Vacuum Fluorescent Display)	蛍光体へ電子ビーム衝突
	発光ダイオード	LED(Light Emitting Diode)	p－n 接合での発光
	プラズマ表示パネル	PDP(Plasma Display Panel)	ガス放電 / 紫外線励起 蛍光体発光
	エレクトロ・ルミネセント・パネル	ELP(Electro Luminescent Panel)	蛍光体膜中の電子衝突
非発光形	液晶表示	LCD(Liquid Crystal Display)	施光性 / 光散乱 / 二色性吸収 / 相転移
	エレクトロ・クロミック表示	ECD(Electro Chromic または Chemical Display)	酸化還元
	エレクトロ・フォレティック表示	EPID (Electro Phoretic Indication Diplay)	色素の電気泳動

このうちVDUに用いられるデバイスは、高性能な表示品質をもち、低価格であるCRT (Cathode Ray Tube : ブラウン管)がその大半を占めている。通産省の統計によると、昭和59年1～8月までで、カラー管が生産額では477億円、生産本数220万本、モノクローム管では生産額124億円、生産本数334万本で、カラー管の伸びが著しい。カラー管、モノクローム管を合わせた昭和59年度の総生産額は1,100億、生産本数860万本に達すると予測されている。

一方、VDUに用いられるCRT以外の表示デバイスの生産はごく僅かである。CRTに次いで用いられているのはLCD(Liquid Crystal Display : 液晶ディスプレイ)で、ハンディコンピュータ、ポケッタブルコンピュータなどの携帯用機器では独占的体制にある。

ＶＤＦ（Vacuum Fluorescent Display：蛍光表示管）、ＰＤＰ（Plasma Display Panel：プラズマディスプレイ）はディスクトップシステムに適用され、増加の傾向にある。ＬＣＤ、ＶＦＤ、ＰＤＰ、ＥＬＰ（Electro Luminescent Panel：エレクトロルミネッセントパネル）は、ＣＲＴで実現不可能とされる薄形、軽量化がはかられる表示デバイスとして、ＣＲＴ並みの表示能力を目標に、640×400ドットのものをターゲットに開発が精力的に行なわれており、着実に"カラー・フルドット時代"へ移行している。近い将来、ＶＤＵの表示用として進出することになろう。

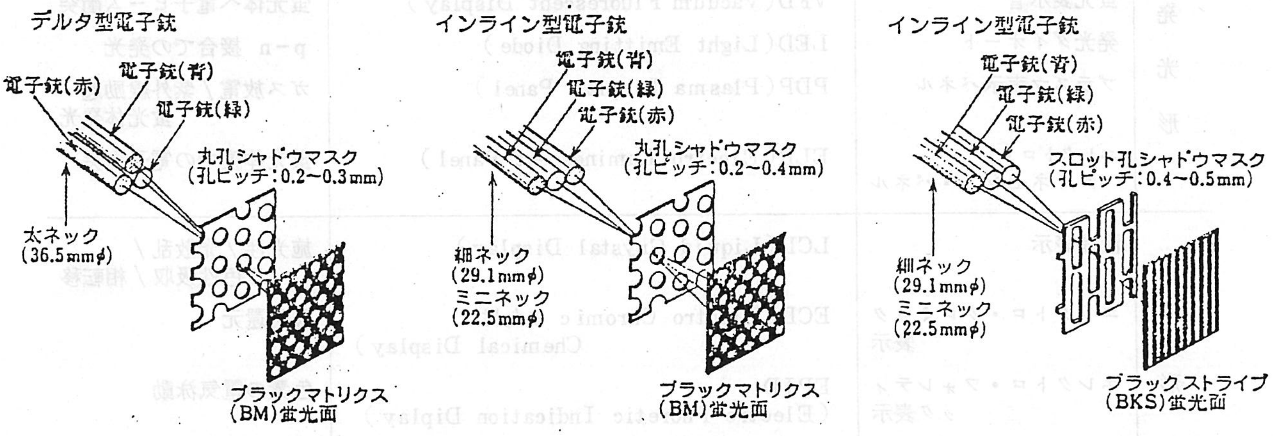
ＬＥＤ、ＬＣＤはＶＤＵのデバイスとしてはまだ検討の段階にある。

付2.2　ＣＲＴ

技術的にほぼ確立されたとされるＣＲＴも、ＣＡＤ／ＣＡＭへの応用あるいはＡ４フルページ表示のワードプロセッサの適用にむけ、高精細度化が計られるとともに、更に付録3で詳述するＣＲＴディスプレイの視覚的所要条件を満たすべき種々の改良が行なわれつつある。以下その主な改良点をあげる。

付2.2.1　電子銃の改良による高精細度化

ディスプレイ用カラーＣＲＴには、電子銃とマスクの組み合わせにより、付図2.1に示す3種のタイプがある。



(a) DRL　　(b) IRS　　(c) ISS

付図2.1　カラーＣＲＴのタイプ

ＤＲＬ（Delta gun, Round aperture mask, Large neck：デルタ型電子銃）は、デルタ形電子銃をもつ、ドットシャドーマスク形のＣＲＴで、ダイナミックコンバーゼンス回路と共に用いられ、ドットマスクピッチ0.2～0.3mmで、超高精細度が要求される漢字・グラフィック用の超高級ディスプレイに用いられるが、高価格である。

ＩＲＳ（In-line gun, Round aperture mask, Small neck：インライン型電子銃）は、インライン型電子銃をもつドットシャドーマスク形のＣＲＴで、ダイナミックコンバーゼンスフリーで低価格である。このタイプは電子銃の改良、偏向ヨークの改良などにより解像度

が改善され、ＤＲＬに迫るまで改良されている。ドットマスクピッチ0.4〜0.2 mm のものが量産されている。0.4 mmピッチの中精細度管はパーソナルコンピュータに使用されている。漢字・グラフィック用の主力は0.3 mmピッチの高精細度管である。0.2 mmピッチの超高精細度管はCAD/CAM用のワークステーション用に使用されはじめた。

ＩＳＳ（In-line gun, Slotted apertuer mask, Small neck ：インライン型電子銃）は、インライン型電子銃をもつスロットシャドーマスク形のＣＲＴで、最も安価にできる。スロットピッチ0.4〜0.5 mm で、普及品としてパソコンやパソコンテレビに使用されている。

付 2.3　グレアの低減

６章で詳述したような、ＶＤＴ作業に関連したグレアの低減のため、ＣＲＴ自体に外光の反射防止処理が行なわれている。

外光の反射防止には、従来からブラックストライプ、着色蛍光体、グレイパネルの使用が行なわれてきたが、最近では更にＣＲＴ表面での反射をできるだけ防止するため、干渉膜を作ること、表面をエッチングすること、微細粉末を塗布することなどが行なわれている。干渉膜では表面反射率は１％以下になるが高価になるので、反射率が数％以下になる付表 2.2、付表 2.3に示すような方法が併用されている。

さらに最近では、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インチ型で表示面の曲率が820mmであったが21インチで1,730mmとなり、平面性が進み、表示面積も10％増加した。これはガラス質、偏向ヨーク、シャドーマスクなどの改良の結果で、これによって付図 2.2に示すように外光が反射して直接目に入る角度範囲が大幅に狭くなっている。

付表 2.2　ＣＲＴ表面の外光の反射防止技術

反射防止	マルチコーティングパネル	……反射防止膜を蒸着したガラス板を表面に透明樹脂で貼り付ける
反射拡散	メッシュノングレア	……………表面にメッシュを設置する
	サンドブラストノングレア	……表面をサンドブラスト法で凹凸にしたもの
	化学腐食ノングレア（ダイレクトエッチノングレアー）	……………フッ酸エッチングで凹凸にしたもの
	スプレーノングレア	……………樹脂を吹き付けて凹凸を形成したもの
	DMコーティング（スプレー方式）	……………表面にシリカの微細凹凸を焼き付け、ノングレア処理をしたもの

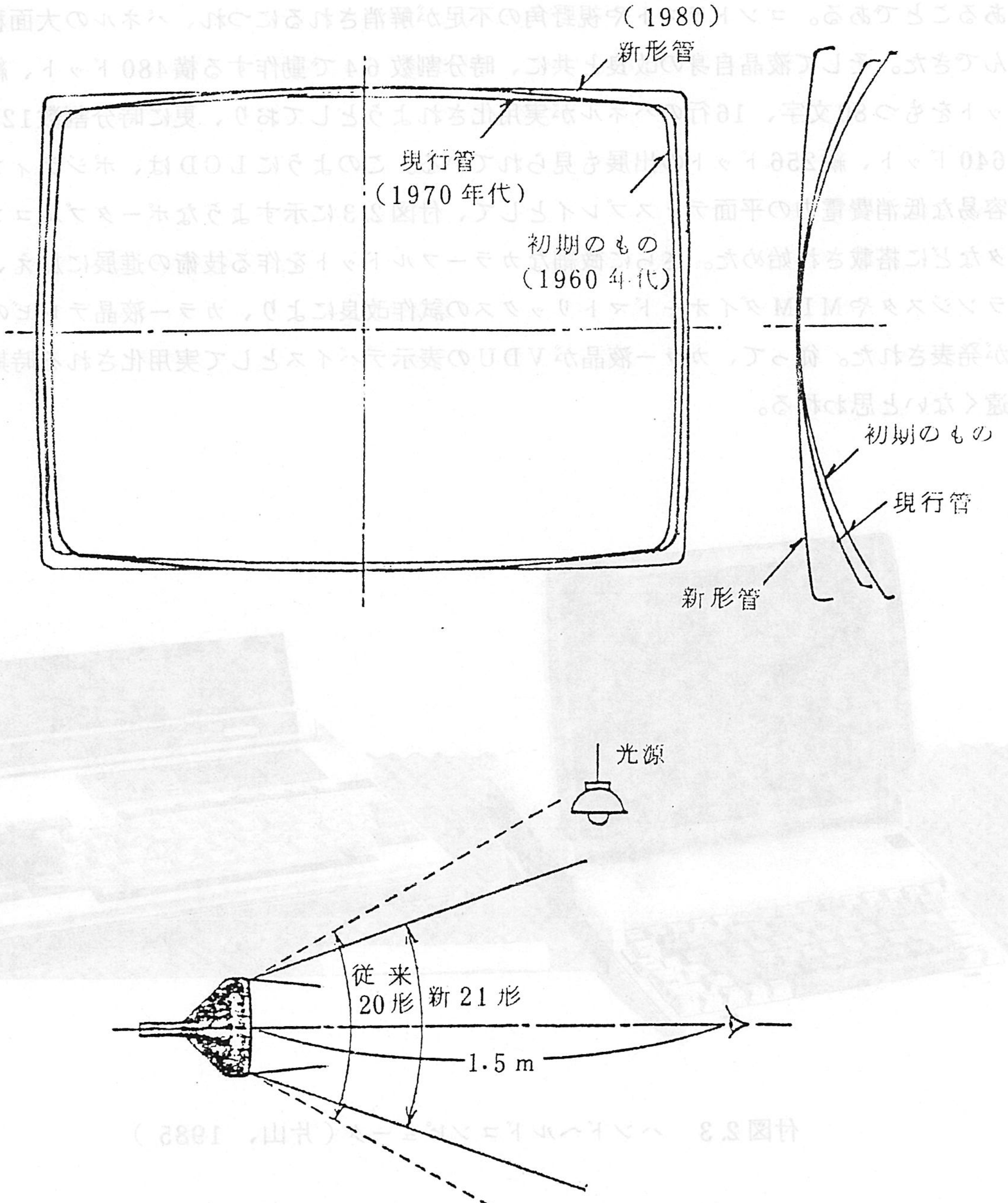
付表2.3　ＣＲＴ表面処理の各方式の比較

		Multi Coating （マルチコーティング式）	ＤＭコーティング式 （スプレー式）	ダイレクトエッチング
無反射 ノングレア	効果	◎	○	○
解像度		◎	○	○
画強度	機械的	◎	○	△
	化学的 （耐薬品）	◎	◎	◎
画質	コントラスト	◎	△	△
	見やすさ （目障さ）	○ （指紋）	◎	△ （キラ）
コスト		△	○	◎

◎効果大　○よい　△問題あり

付2.4　ちらつき（フリッカ）の減少

画面のちらつきは、長残光蛍光体の使用や高速走査で、フレーム周波数も60~80 Hzに上がり、走査線間のちらつきも、メモリーを使ったノンインターレスによって改良されてきた。更に、高度の画質にするため、ドット間の色や、輝度のちらつきの改善や静止画を出すことも行なわれているが、現在高価であり、その将来は、ディジタル画像技術と超ＬＳＩの進歩にかかっている。



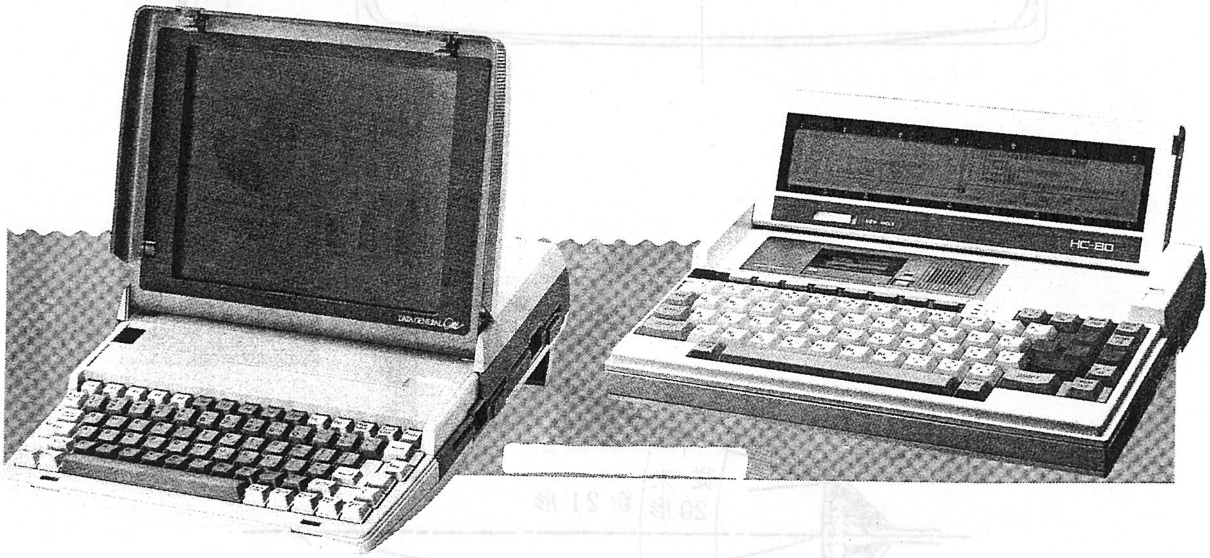
		従来20形	新21形
目に入る反射光の範囲	水平	68 度	46 度
	垂直	50 度	32 度

付図2.2　新21インチ型ＣＲＴと反射範囲の軽減

付2.5　ＣＲＴ以外の平面ディスプレイ

付2.5.1　ＬＣＤ（Liquid Crystal Display：液晶ディスプレイ）

ＬＣＤの特徴は、低電圧動作、低電力消費のためＩＣとの相性がきわめて良く薄型軽量であることである。コントラストや視野角の不足が解消されるにつれ、パネルの大面積化が進んできた。そして液晶自身の改良と共に、時分割数６４で動作する横480ドット、縦128ドットをもつ80文字、16行のパネルが実用化されようとしており、更に時分割数128で、横640ドット、縦256ドットの出展も見られている。このようにＬＣＤは、ポジティブ表示が容易な低消費電力の平面ディスプレイとして、付図2.3に示すようなポータブルコンピュータなどに搭載され始めた。さらに微細なカラーフルドットを作る技術の進展に加え、薄膜トランジスタやＭＩＭダイオードマトリックスの試作改良により、カラー液晶テレビの試作品が発表された。従って、カラー液晶がＶＤＵの表示デバイスとして実用化される時期もそう遠くないと思われる。



付図2.3　ハンドヘルドコンピュータ（片山、1985）

付2.5.2　ＶＦＤ（Vacuum Fluorescent Display：蛍光表示管）

最近、前面発光形ＶＦＤが開発され、大容量表示化が進んでいる。

ドットピッチ0.375㎜、ドット数320×240のマトリックス表示や、40文字×20行のモノクロ表示などが作られ、640×400ドットの試作品も出されている。また、フルドットカラーのＶＤＦの開発も進められており、640×400ドットのマルチカラー表示が考えられている。今後が期待されるデバイスである。

付 2.5.3　ＰＤＰ（Plasma Display Panel ：プラズマディスプレイ）

ＰＤＰは高輝度、高コントラストの平面ディスプレイで、表示容量の大きいものが早くから開発されていた。しかし、ＶＤＵ用として大容量化を進めるうえで、高駆動電圧のためＩＣ化が困難で、高コストとなる。

最近、低電圧駆動法の開発とＩＣ化が進められ、ＣＲＴディスプレイでは１２形の表示能力に相当する640×400ドットの出荷が始まった。今後、コスト面でどれだけＣＲＴに近づけるかが問題である。ただ、フルカラー化については、他のデバイスに比べるとかなり遅れている。

付 2.5.4　ＥＬＰ（Electro Luminescent Panel ：エレクトロルミネッセントパネル）

従来のＥＬＰは、発光輝度が低い、寿命が短いなどの問題があった。1974年に発光層の両側を絶縁膜でサンドイッチ状に挟んだ薄膜ＥＬＰが開発され、これらの問題が解決され実用化に至った。

駆動回路がＩＣ化され、320×240ドット、有効表示面積 90mm×120mm のグラフィックタイプと512×128ドット、有効表示面積 44.8mm×179.2mm のメッセージタイプとが量産されている。これは携帯用のパーソナルコンピュータやラダープロセッサに利用され始めている。更に512×256、1,028×256ドットのパネルが発表され、高解像・大容量表示化が進んでいる。しかし、高駆動電圧、フルカラー化という点でＰＤＰと同様な問題を抱えている。

以上述べたように、何れの表示デバイスもＣＲＴの表示性能を目標として改良が進められているので、ＶＤＵの表示デバイスとして次第に増えていくものと思われる。マンマシンインタフェイスとしてのＶＤＵに要求される条件は、それぞれのデバイスにより多少異なってくるが、基本的にはＣＲＴで検討したものがベースとなるであろう。

付録3.　CRTディスプレイの視覚的所要条件

VDU作業に従事する作業者にとって、作業がしやすく、不快感や疲労感を訴えることがないようにするには、表示装置の像を見やすくすることが重要である。そのためには表示装置の映像をできるだけ明瞭に安定に提示しなければならない。

ここではVDU表示装置の質を決定するうえに関わりの深い視覚所要条件の主なものについて、CIE（国際照明委員会）においてまとめられた“Vision and the Visual Display Unit Work Station”（CIE, 1984）を中心に概観する。

付3.1　文字の見やすさ

表示装置に表示される映像の良し悪しは、文字の見やすさ、読みやすさに関わる。文字がはっきり、容易に読めるか否かを表わす言葉は legibility である。一方、表示された文字や図形の理解・解釈に関する言葉は readability である。readability がオペレータの視覚的な容量とか理解の特性であるのに対し、legibility はVDU表示装置の機能自身であり、ディスプレイの質に対応する。（Australian Gavernment, 1981）legibility と readability は時として同様の意味に使われるが、厳密には区別して使うべきである。

本稿では主として legibility について述べるが、最終的には readability を対象にすべきことは言うまでもない。readability からの検討はまだ現段階では極く少い。

付3.2　表示装置における文字の提示条件

今日最も多く用いられているVDU表示装置はCRTである。したがって、本稿では表示装置をCRTに限定することとする。

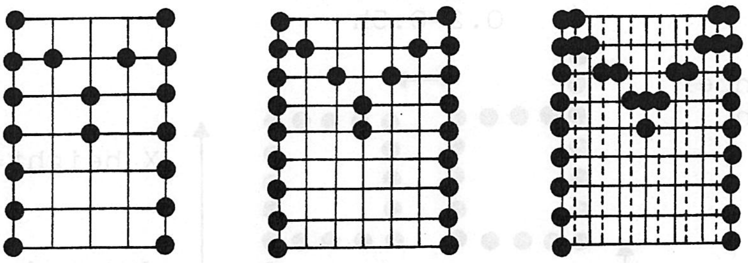
付3.2.1　文字の構成と形

多くのCRTにおいてはドット（または短いライン）マトリックスによって文字を発生させている。このような文字表示においては、ドットまたはラインの数と間隔が文字の読みやすさに関係する。一般にはドット間隔が連続ストロークに近づくほど、文字は読みやすくなる（Snyder, 1981）。

ドット表示ではアルファベットおよびアラビア数字の場合、文字として弁別できる最低許容ドット数は5×7マトリックスであり、7×9または9×13マトリックスの方が読みやすい。これ以外の文字では、たとえば漢字の場合は16×16または24×24マトリックスが多く用いられている。ラインマトリックスでアルファベットなどを表示する場合は、4×5マトリックスが最小許容値である。

いずれにしても、文字が迅速にかつ正確に読み取られるためには、読み手に受けいれられやすい形態をしていること、細部の詳細がはっきりと分かること、各文字が他の文字と紛らわしくないことなどが考慮され、デザインされなければならないが、マトリックスの標準位置のドット、またはラインだけで文字を構成すると不自然な見え方になることがある。この場合は付図3.1のような適当なエンハンスメント技術を用いることによって不自然さを少な

くし、文字として見やすくなるような工夫をしている。



付図3.1　表示文字のエンハンスト

付3.2.2　文字の大きさ

文字の大きさには上限と下限がある。下限は文字を同定できるか否かで決まる。いっぽう、上限はドットまたはラインで構成される文字が文字として読みやすいか否かで決まる。したがって最適な大きさはこの中間にある。

文字の大きさの表現は視距離によって異なるので、文字の絶対的な大きさより、目に見える文字の大きさ、すなわち視角で表現するほうが良い。ドット表示によるアルファベットとアラビア数字を対象とした場合、推奨値は大文字の高さ(h)を基準にすると、15～22分となる。視距離が与えられる場合は、文字のスクリーン上での絶対的な大きさは、

大文字の高さ：h(mm)＝0.0003×視角(分)で表わした文字の高さ×視距離(mm)

となる。ただし、視距離が50cm以下の場合は文字の大きさが2.6mm以下にならぬよう配慮すべきである。文字の大きさに関する他の推奨値は付図3.2のように示されている。

付3.2.3　文字間隔と行間隔

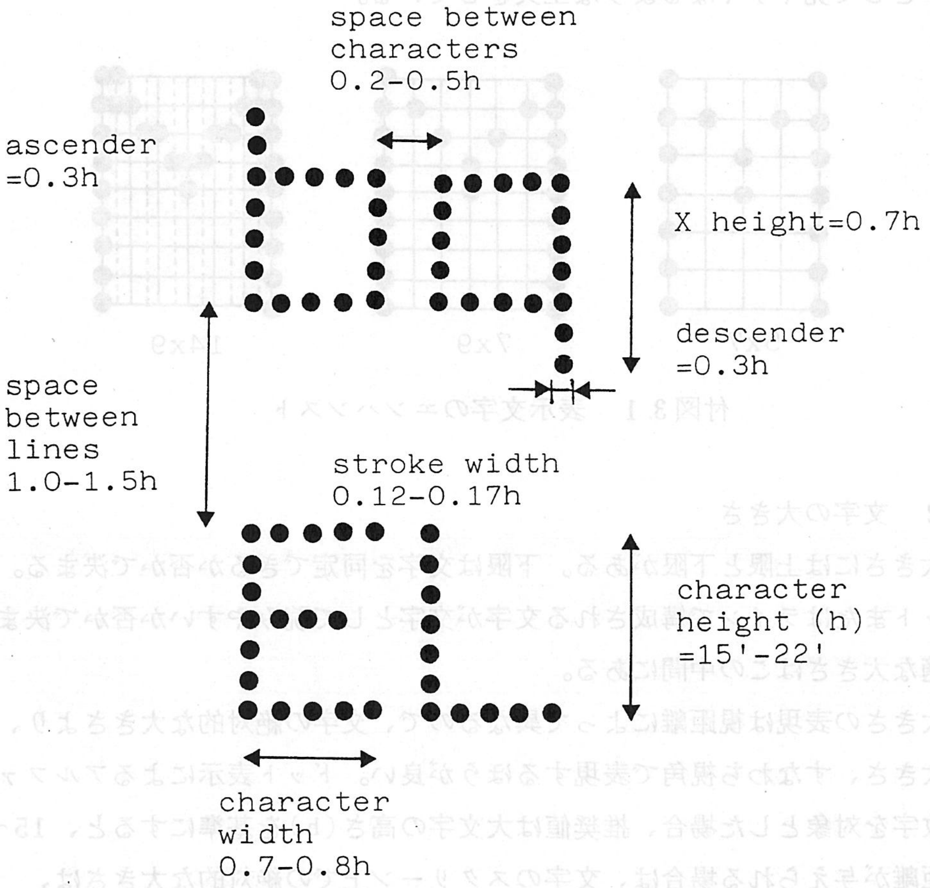
文字と文字との間隔も文字の読みやすさに関係する。あまり間隔が狭いと1字1字の文字の同定が困難となり、広すぎると単語としてのまとまりがなくなるうえ読む速度の点からも好ましくない。アルファベットとアラビア数字の場合、これらの点を考慮して、文字間隔は大文字の高さ(h)の20～50％の範囲にするのが良いとされている。

一方、行間隔に関しては ascender と descender（付図3.2）が接しないことが条件であり、付図3.2のように、文字の高さの100～150％あけるのが良い。

付3.2.4　大文字と小文字

連続する文章の表示では、大文字のみの文章は大文字と小文字が混合した普通の文章や、小文字のみの文章に比べると読み難い。それは小文字に ascender と descender があり、単語を象徴する形状を構成しやすいからである。したがって一般の文章と同様、大文字と小文字で表示されるのが望ましいが、この場合 descender がベースラインの下にでるように配慮されていなければならない。

なお、小文字のみの場合は疲れやすいとの報告もある。



付図 3.2　表示文字の幅・行間隔等についての推奨値

付 3.2.5　フォーマット

以上の表示文字に関する推奨値はＶＤＵ表示装置に固有のものであるが、その他の諸元、たとえば、単語間の間隔や行の長さなどの問題は、印刷における推奨値を参考にすれば良い（Cakir, Hart and Stewart, 1980）（Rouma, 1980）。

付 3.2.6　解像度とボケ

解像度は文字の見やすさ、読みやすさを決める基本的な問題の1つである。一般のＶＤＵ表示装置の解像度を表わすために、2,000文字対応とか4,050文字という表現が用いられているが、同じ表現でも実際には機種によって解像度は異なってみえる。統一的な表現の必要性をまず指摘しておきたい。

さて、ディスプレイ上のすべての文字はシャープでなければならないし、輝度むらがあってもならない。文字のエッジがシャープだと文字は読みやすいが、ボケると文字が崩壊したり、隣り合う文字が重なって読みにくくなる。文字輝度が低い場合は文字はシャープに表示されるが、文字輝度が高くなると、一般にボケを伴なう。文字の輝度を上げた場合に、ボケが問題になるか否かがそのＶＤＵ表示装置の品質を決めるといって良い。

解像度と解像のボケに関しては使用上の問題もある。解像度はディスプレイの表面あるいはフロントパネルなどのよごれによって、また指先の跡によっても低下する。

付 3.2.7　ネガティブ表示とポジティブ表示

ＶＤＵ表示形態は暗い背景に明るい文字を表示するネガティブ表示と、明るい背景に暗い文字を表示するポジティブ表示に大別できる。

従来、多くのＶＤＵが、ネガティブ表示であったが、管面輝度を高めるため、ポジティブ表示が製品化されはじめている。これらの表示形態のうち、いずれを用いるかによって、表示文字や図形の視認性、視作業性など視覚的効果は異なるといわれている。

(1)　視覚生理的効果

Westheimer（Westheimer, 1980）はＣＲＴディスプレイ面の平均輝度10cd/m^{2}から、100cd/m^2 に増加すると、瞳孔径が約４mmから３mmに縮少することを明らかにしている。焦点深度が深くなることは焦点調節能力が低下した高齢作業者にとっては非常に好ましいといえる。このことは若年齢層の作業者にとっても同様であり、Cakir（Cakir, 1980）らの実験によれば視野輝度が10cd/m^{2}から30cd/m^{2}に上昇することによって、20歳代の観測者が近点 0.3 ｍから 1.0 ｍに焦点を調節するに要する時間が約$\frac{1}{2}$に短縮することを明らかにしている。このように、画面の平均輝度の高いポジティブ表示の画面は、ネガティブ表示の場合に比べて瞳孔径が小さい状態になり、視力や輝度対比感度が高まると見られる。

6.3の項で述べたようにＣＲＴ作業を行なう作業者はＣＲＴディスプレイ面から入力用原稿へ、入力用原稿からキーボードへとその視線を逐次移動させながら作業を行なっているので、これらの間に大きい輝度の差がありすぎると、視線を移動させるごとに眼は順応状態を急激に変化しようとし、眼精疲労を生じやすくなる。このような状態を少なくするためには、ＣＲＴディスプレイと入力用原稿およびキーボードの輝度の差が少なくなるポジティブ表示が有効であろう。

(2)　心理的不快感に与える影響

ネガティブ表示の画面とポジティブ表示の画面を比較した場合、反射像による文字と背景との輝度対比の低下による影響は両者に差はないが、反射像が文字や図形の表示位置をはずれた位置に映りこんだ場合、作業者の感ずるわずらわしさや、作業者が文字や図形の表示面ではなく、無意識のうちに前面プレート上の反射を通じて遠方の照明器具などに目の焦点を合わせることによる注意力の低下などは、ポジティブ表示の画面を使用することによって大幅に改善できるであろう。反面、ポジティブ表示の場合、ＣＲＴの性能によってはチラツキが感じやすくなることがある。

(3)　視作業性、作業の快適性

Bauer ら（Bauer and Cavonius, 1980）はネガティブ表示とポジティブ表示のＣＲＴを用いて視作業性の比較実験を行ない、ポジティブ表示の画面のほうが、キーボードへのデータ入力作業のミスが約23～26％減少し、作業能率が約８％改善されることを明らかにした。また、Radl（Radl, 1980）はデータ入力作業による両者の比較を行ないポジティブ表示の画面のほうが作業能率で約１０％改善されることを報告している。

Bauer ら（Bauer and Cavonius, 1980）の作業の快適性についてポジティブ表示とネ

ガティブ表示の比較実験では、23名中22名の作業者がポジティブ表示の画面を好ましいと解答している。また、Radl（Radl，1980）が同様の評価実験を行ない、24名の作業者のうち、19名がポジティブ表示の画面が好ましいと答え、2名が同じと答え、3名がネガティブ表示の画像の方が好ましいと答えたことを報告している。

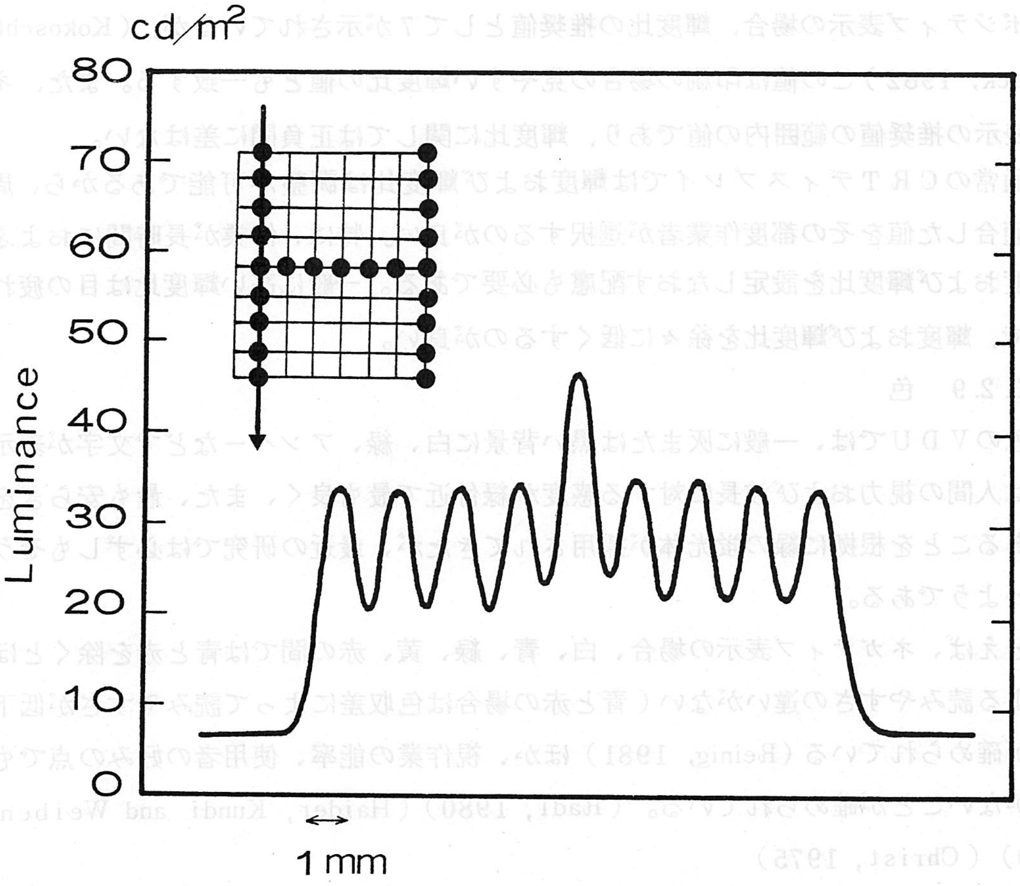
以上の結果から、ポジティブ表示の画面は、チラツキに関する心理的不快感を除けば、ネガティブ表示の画面にくらべて視覚的効果はすぐれているといえる。しかし、ＣＲＴそのものの技術的な問題との関連もあるので、直ちにポジティブ表示のほうが優れていると断定できる段階には達していない。

付3.2.8　輝度と輝度対比

文字の輝度は、それ自体表示装置の品質を決めるうえで重要であるが、それ以上に、文字と背景の輝度の相対関係すなわち、輝度対比が重要な視覚的要件になる。表示装置の文字あるいは背景輝度は、解像度やストローク幅とも深くかかわり、互いに独立には取扱うことができない側面を持つ。このような表示装置固有の内部的な特性に加えて、照明条件など、外部要因によっても文字の読みやすさ、見やすさは大きく左右される。表示装置はこれらがすべて満足されることが望まれるが、実際には一部を犠牲にしなければならない。

(1)　文字輝度の測定

ＶＤＵスクリーンに表示された文字の輝度は精密に測定すると、複雑な輝度分布になっている。付図3.3は文字“Ｈ”について垂直方向に走査して測定したときの輝度のプロフィールである。文字の輝度といっても、その文字を構成している要素ごとに輝度は異なる。したがって、どの部分の輝度を文字の輝度とするかが問題である。文字輝度を表わす一つの方法は、文字を構成しているマトリックス中の個々のドット（もしくはライン）の輝度のうち、最大の輝度を文字輝度として定義する方法である。この測定を行なうためには、開口角の小さい高感度の輝度計が必要であり、この方法には3つの欠点がある。第一に、このような輝度計はどこにでもある一般的なものではないということ。第二に、高感度の輝度計をディスプレイ面に非常に近づけて測定しなければならない。このため、室内からＣＲＴディスプレイ面に入射する光をさえぎることになり、実際の輝度が測定できないということ。第三に、文字を構成するドットの輝度のうち、最大輝度を文字の実際の輝度として用いてもよいかどうか疑わしいということである。文字輝度を測定する、より適切な方法は、文字の発光部分の平均輝度を文字の輝度と定義する方法である。この定義によれば、文字を構成する全てのドット（もしくは全てのライン）が発光しておれば、通常の視距離から、一般の輝度計で測定できる。



付図 3.3　ＣＲＴ文字の輝度分布例

(2) 輝度と輝度比の推奨値

ネガティブ表示の場合、輝度比の許容範囲は３～15（Australian Department of Science and Technology, 1981）であり、この中でも５～10の方が望ましいとされている。（Kokoschka and Bodmann, 1978）３以下では輝度が低く、15を超えると輝度が高くなりすぎて文字が見えにくくなる。また、許容範囲内の輝度比についても文字が高輝度の場合はやや低めの輝度比に、低輝度の場合は逆に高めの輝度比にする方が良い。（Kokoschka and Bodmann, 1978）ＣＲＴディスプレイの背景輝度は周囲光を含めると、３～25cd/m^2 の範囲に調整されることが多いから、（Haubnen and Kokoschka, 1980）文字の輝度は30～125 cd/m^2）になるものと推定される。

輝度対比を確保しながら背景輝度を高くすると、ＣＲＴディスプレイ面への周囲からの映り込みを小さくするので有利である。

いっぽう、印刷と同じような輝度関係にあるポジティブ表示の場合、ネガティブ表示の画面に比べると作業量の点ではほとんど差がないようであるが、ポジティブ表示画面は反射光が目立たない、原稿と画面の輝度レベルの差を小さくできる、残像が残りにくいなどのメリットがあるので、とくに西欧では、将来ポジティブ表示にすべきだという主張がある。（ZH1/618 西独ＴＣＡ安全規格）ただし、フリッカが発生しやすい条件になるなど

の問題があるので、これらの点に関する配慮が必要になる。

ポジティブ表示の場合、輝度比の推奨値として7が示されているが、(Kokoschka and Fleck, 1982)この値は印刷の場合の見やすい輝度比の値とも一致する。また、ネガティブ表示の推奨値の範囲内の値であり、輝度比に関しては正負間に差はない。

通常のCRTディスプレイでは輝度および輝度比は調整が可能であるから、周囲状況に適合した値をその都度作業者が選択するのが良い。特に、作業が長時間におよぶ場合は輝度および輝度比を設定しなおす配慮も必要である。一般に高い輝度比は目の疲れを招くので、輝度および輝度比を徐々に低くするのが良い。

付 3.2.9　色

単色のVDUでは、一般に灰または黒い背景に白、緑、アンバーなどで文字が表示される。従来は人間の視力および波長に対する感度が緑付近で最も良く、また、最も安らぎを与える色であることを根拠に緑の蛍光体が採用されてきたが、最近の研究では必ずしもそうとは限らないようである。

たとえば、ネガティブ表示の場合、白、青、緑、黄、赤の間では青と赤を除くとほとんど色による読みやすさの違いがない(青と赤の場合は色収差によって読みやすさが低下する)ことが確められている(Reinig, 1981)ほか、視作業の能率、使用者の好みの点でも色による差がないことが確められている。(Radl, 1980)(Haider, Kundi and Weibenbock, 1980)(Christ, 1975)

多色ディスプレイの場合、注意を引いたり、1部を他と区別して見やすくするには、用いる色が色度図上で離れるほどよい。カラーコーディングは目的によっては有効であるが、白黒を含めて8色が限界であり、3～4色が最も効果的である(ZHI/618)。また、彩度が高すぎると、不快感を生じる場合がある。さらに、彩度の高い多色が用いられると、輝度が同じでもそれぞれの輝度にふぞろいが生じ、異なった明るさに感じられる。そのため、色ごとに違った視距離に感じられ奥行感が生じるので、文字の解像度が部分的に低下したように見え不都合である。

付 3.2.10　不安定要素

VDU表示装置、とくにCRTによる表示が印刷物と異なる点の1つに不安定要素がある。主なものはちらつき(フリッカ)、ジッタ、スウィムである。ジッタ、スウィムは技術的に解決できる。ちらつきについては第3章、第4章で述べているので、これを参照されたい。目に感じられるような明暗のちらつき(フリッカ)が表示画面にあると、目には負担となるのでこのような状態での使用は避けなければならない。フリッカの程度は蛍光体の種類とリフレッシュレートで決まるが、ちらつきを感じるか否かはほかの多くの要因も関係する。

付録4. 参考文献（アルファベット順）

Australian Department of Science and Technology (1981)

Visual display units at work. Australian Government Publishing Service.

Barca, L. and Fornaro, G. (1980)

The functional visual field, a preliminary annotated bibliography. Atti Fond. G. Ronchi, 35, 491-510

Bauer, D. and Cavonius, C. R. (1980)

Improving the legibility of visual display units through contrast reversal, in Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals, edited by Grandjean, E. and Vigliani, E., Taylor and Francis, London

Cakir, A., Hart, D. J. and Stewart, T. F. M. (1980)

Visual display terminals, John Wiley, Chichester

Campell, F. W., Robson, J. G. (1968)

Application of fourier analysis to the visibility of gratings. Journal of Physiology. Vol. 197 p. 551 ~ 566

Christ, R. E. (1975)

Review and analysis of colour coding research for visual displays. Human Factors, 17, 542-570

CIE (1924)

CIE Recueil des Travaux et Compte Rendu, 6 th Session, Geneva, (Cambridge University Press, London, 1926) Principales decisions, p.67 ; Report of the national committee of the USA, pp. 232-238

CIE (1931)

CIE Recueil des Travaux et Compte Rendu, 8 th Session, (Cambridge University Press, London, 1932) Offical Recommendations, p. 19, 25, 26

CIE (1951)

CIE Compte Rendu, 12 th Session, Stockholm, (Central Bureau of CIE, New York, 1951) Vol. I, Tech. Committee No. 7, Colorimetry and Artificial Daylight. pp. 7 (1-52)

CIE (1975)

Publication 29, Guide on interior lighting

CIE (1980)

Publication 50, Proc. CIE, Kyoto, 1979. p. 79-49, A proposal for recommendations for the limitation of the contrast reduction in office lighting

CIE (1983 a)

Publication 29/2, Guide on interior lighting (Draft)

CIE (1983 b)

Publication 55, Discomfort glare in the interior working environment

CIE (1984)

Publication 60, Vision and the visual display unit work station

電波新聞 (1984)

ディスプレイ総合特集　昭和59年11月28日

Engel, F. L. (1970)

Visual conspicuity and directed attention. IPO ann. Progr. Rep. 5, 123-128

Engel, F. L. (1971)

Visual conspicuity and directed attention and retinal locus. Vision Res. 11, 563-576

Ford, A., White, C. T. and Lichtenstein, M. (1959)

Analysis of eye movements during free search. J. opt. Soc. Amer. 49, 287-292

福田忠彦 (1978)

CFFで示される中心視と周辺視の感度差。テレビ誌, 32, 3

Gregory, R. L. (1966)

Eye and Brain-the psychology of seeing. World University Library McGraw-Hill Book Company (New York)

Haider, M., Kundi, M. and Weibenbock, M. (1980)

Worker strain related to VDUs with differently coloured characters, in Ergonomic aspects of visual display terminals, edited by Grandjean, E., and Vigliani, E., Taylor and Francis (London)

Haubner, P. and Kokoschka, S. (1980)

Bewertung verschiedner antireflexmabnahmen fur bildschirmgerate, Licht Furschung, 2, 91

北米 IES (1972)

IES Lighting Handbook 5th Edition, edited by Kaufman, J. E.

北米 IES (1981)

IES Lighting Handbook, Reference Volume edited by Kaufman, J. E.

Hopkinson, R. G., Collins, J. B. (1970)

The ergonomics of lighting. Macdonald Technical and Scientific Company. (London)

伊吹順章 (1984)

OA用ディスプレイ機器の現状と動向, 照学誌, 68, 103-107

イギリス IES (1972)

IES Technical Report No.4, Daytime lighting in buildings

Ikeda, M. and Saida, S. (1978)

Span of recognition in reading. Vision Res. 18, 83-88

Ikeda, M. and Takeuchi, T. (1975)

Influence of foveal load on the functional visual field. Perception and Psychophysics, 18, 255-260

Ikeda, M., Uchikawa, K. and Saida, S. (1979)

Static and dynamic functional visual field. Optica acta, 8, 1103-1113.

Ishii, T. et al (1983)

Proc. 3rd Int. Disp. Conf. (1983) 120

ISO

TC 159, Principles of visual ergonomics to be applied to the lighting of work systems

蒲山久夫 (1963)

照度と目の疲労に関する研究についての討論。照学誌, 47, 184

亀ヶ谷武夫 (1984)

プラズマディスプレイ・エレクトロニクス 昭和59年3月, 43-48

片山圭一朗 (1985)

液晶の世界を探る Oh! HC 10, 65-78

川口順也 (1984)

EL ディスプレイ エレクトロニクス 昭和59年3月, 38-42

Kokoschka, S. and Bodmann, H.W. (1978)

Untersuchungen zum Beleuchtungsniveau und Zeichenkontrast am Bildschimabeitsplatz. Lichttechnik, 30, 315 (see also CIE Publication 50, Proc. CIE, Kyoto, 1979)

Kokoschka, S and Fleck, H.J.

Experimentellen vergleich Von negative and positiv darstellung der bildschim-jeichen, Licht Technische Gemeinschftstat Lugano 1982 Tagungsband

小島健博 (1984)

パネル形ディスプレイ テレビ誌 38, 30-35

Lowenstein, O. and Loewenfeld, I. E. (1962)

The eye. Davson, H. ed. Vol.3. Academic Press (London)

森 英男 (1984)

OA用CRTディスプレイ エレクトロニクス 昭和59年3月, 20-25

Morimoto, K. et al (1983)

Proc. 3rd Int. Disp. Conf. (1983) 242

Morozumi, S. et al (1983)
A 250 × 240 - Element LCD Addressed by Lateral MIM
Proc. 3rd Int. Disp. Conf. (1983) 404
Mueller, C. G., Rudolph, M. (1968) (田口三郎 日本語監修)
光と視覚の話 ライム・ライフ・インターナショナル (東京)
日本工業規格 JIS Z 9110 照度基準 (1979)
日経エレクトロニクス (1984)
テルカラー表示の4～7インチ液晶ディスプレイが続々登場
日経エレクトロニクス 1984. 11. 19, 209-213
西村 武 (1983)
VDUと疲労 テレビ誌 38, 389-394
大倉俊哉 他 (1985)
高精細大容量プラズマディスプレイ NEC技報 38, 127
Österberg, G. (1935)
In the eye (Edited by Davson, H.) Vol. la, 195 (1984) Academic Press (London)
Radl, G. W. (1980)
Experimental investigation on optimal presentation mode and colour of symbols on CRT screens, in Ergonomic aspects of visual display terminals, edited by E. Grandjean and Vigliani, E., Taylor and Francis (London)
Reinig, H. J. (1981)
Reinig, H. J. Legibility of characters with differentation and colors, Proceeding of SID
Rouma, H. (1980)
Ergonomic aspects of visual terminals, edited by Gradjean, E. and Viglian, E., Taylar and Francis (London)
Saida, S. and Ikeda, M. (1979)
Useful visual field size for pattern perception. Perception and Psychophysics, 25, 119-125
Santucci, G. F. and Chevaleraud, J. (1975)
Influence de l'excentricite et de la couleur du stimulus lumineux sur le delai de reponse oculomotrice. C. R. ler Congr. int. Vision Securie Routiere (Paris)
照明学会 (1983)
技術指針 JIEG-004, 事務所照明基準とその解説

Snyder, H. L. (1981)
Human factors and display image quality, SID Seminar Note, April 27 and May 1

竹延真哉 (1983)
広視角ブラウン管 エレクトロニクス 昭和58年9月, 17-20

Thomas, Y. and Crowell, Co. (1953)
The Science of Color, Committee on Colorimetry, Optical Society of America, (New York)

Villani, S. (1979)
Some ergonomical terms. Visual vs. functional visual field. Atti Fond. G. Ronchi, 34, 706-717

若菜 忠 他 (1984)
表示 テレビ誌 38, 674-676

渡辺 治 (1984)
電子ディスプレイ技術の動向 電学誌 104, 251-253

Westheimer G. (1980)
Visual acuity and spatial modulation thresholds. Handbook of Sensory Physiology Ⅶ/4 Visual Psychophysics, Springer-Verlag.

Yamano, M. et al (1983)
a - Si TFT Active-Matrix Full Color LC TV
Proc. 3rd Int. Disp. Conf. (1983) 214

Yarbus, A. L. (1967)
Eye movements and vision. (Translated by Haigh, B. and Edited by Riggs L. A.) Plenum Press (New York)

Yokozawa, M. et al (1983)
Color TV Display with AC PDP, Proc. 3rd Int. Disp. Conf. (1983) 510

ZH 1/618
西独TCA安全規格(Visual Display Terminal 用)