CRT ディスプレイの表示モードおよび適正コントラストに関する実験的研究

正会員 窪 田 悟[†], 大 倉 元 宏[†]

あらまし CRT ディスプレイの表示モード（陽画表示と陰画表示）について、視作業のパフォーマンス、視覚負担などの点から比較検討した。実験 1 では、さまざまなコントラスト条件を設定し、両表示モードを比較した。結果は、コントラストが極端に低い場合は、陽画表示の方が陰画表示よりも作業パフォーマンスが良い。しかし、適正なコントラストが確保された条件では、表示モードの違いによる作業パフォーマンスの有意な差は認められない。瞳孔径は、発光部分の輝度およびコントラストが等しい条件で比較すると、陽画表示の方が陰画表示よりも 0.2~0.3 mm 小さい。両表示モードとも、管面外光反射輝度が 2~21 cd/m² の範囲では、適正コントラストはおおむね 5:1~20:1 の範囲にあると考えられる。実験 2 では、表示モードと視覚負担の関係を検討したが、適正なコントラストが確保された条件では、表示モードの違いによる視覚負担の有意な差は認められなかった。

1. ま え が き

VDT (Visual Display Terminals: 視覚表示端末) の表示モードは、現在のところ陰画表示 (Negative Presentation=Positive Contrast: 明文字暗背景) が主流を占めている。しかし、高解像、高フレーム周波数のディスプレイが製品化されるようになって、陽画表示 (Positive Presentation=Negative Contrast: 暗文字明背景) も徐々に普及しだした。

VDT の表示モードについて、作業者のパフォーマンスや主観評価などから比較検討した研究の結果をみると、陽画表示の方が有利であるとするもの^{(1)~(5)}、表示モード間で有意差は認められないとするもの^{(6)~(13)}、逆に陽画表示の方が視覚負担が強いとするもの⁽¹⁴⁾などさまざまである。

これらの研究は、以下のいずれかの点で、最終的な結論を得るには至っていないように思われる。

- (1) 使用した CRT のフレーム周波数が 50~60 Hz で、陽画表示では、ちらつきの影響が出る範

囲にある。

- (2) 操作的に設定された単一のコントラスト条件でしか比較していない。
- (3) 視覚負担におよぼす影響を検討するためには、作業時間が短すぎたり、注視対象が CRT スクリーンに限られた作業であるなどの問題が残されている。

本研究では、(1)については、フレーム周波数が 75.6 Hz で長残光の蛍光体を使った CRT を使用することによって対処した。陽画表示では、フレーム周波数を 90~100 Hz にしないとちらつきを生じるという研究^{(15)~(17)}がある。しかし、長残光の蛍光体を使えば陽画表示で輝度が 100 cd/m² あっても、70 数 Hz でちらつきが生じなくなるという報告もある⁽¹⁸⁾。

(2)については、実験 1 において、現実には生じ得るさまざまなコントラスト条件を設定し、作業パフォーマンスを指標として、両表示モードを比較した。また、各表示モードにおける適正コントラストについても検討した。条件の設定にあたっては、VDT 作業場の照明環境の実態を調査した報告^{(19)~(21)}を参考にした。

(3)については、実験 2 において、比較的明るい文書とディスプレイを交互に注視する作業を約 2 時間にわたって被験者に課し、作業パフォーマンス、焦点調

[†] 成蹊大学 工学部経営工学科

"Studies on an Optimal Presentation Mode and Appropriate Contrast Level for a CRT Display" by Satoru Kubota and Motohiro Ohkura (Department of Industrial Engineering, College of Technology, Seikei University, Tokyo)

節機能の変化、疲労自覚症状から両表示モードを比較した。

2. 実験 1

2.1 方法

(1) 被験者

16名，うち女性1名．大学生および大学教員，年齢21～34歳，視力0.6～1.2（矯正含む）．

(2) 装置

実験は，全般照明のレベルを0 lxから1200 lxまで連続的に調整することができる実験室内で行った．使用したCRTディスプレイの諸仕様は表1に示した．このディスプレイは，従来の表示モードの比較実験で使われたほとんどのディスプレイよりもフレーム周波数が高く，また，長残光の蛍光体を使っているために，高輝度の陽画表示でもちらつきを生じないのが特徴である．

(3) 実験条件

(a) コントラストの定義と設定条件 本研究では，コントラスト(C)は以下のように定義した．

$$C = \frac{L_c}{L_b}$$

ただし， L_c ：文字輝度＝文字発光輝度＋外光反射輝度

表1 実験に使用したCRTディスプレイの諸仕様
Specifications of the CRT display used in the experiment.

画面サイズ	15インチ (262mm×178mm)
蛍光体	長残光
解像度	1066 ドット×725 ライン，ドットピッチ 0.25mm
文字の大きさ (大文字のM)	半角 2.6mm×5.0mm 全角 4.5mm×5.0mm
フレーム周波数	75.6Hz ノンインタレース
発光輝度	0 ～ 180 cd/m ²
表示色	黄色，x=0.44 y=0.52，主波長 572nm
管面の反射率	拡散反射率 16%，鏡面反射率 0.23%

表2 実験で設定したコントラスト条件（表のコントラスト値は陰画表示の場合，陽画表示の場合はこの逆数）

Luminance contrast conditions employed in the experiment.

キーボード 上照度 (lx)	管面入 射照度 (lx)	外光反 射輝度 (cd/m ²)	発光輝度 (cd/m ²)				
			5	12	27	64	150
100	40	2	3.5	7.0	14.5	33.0	76.0
200	80	4	2.3	4.0	7.8	17.0	38.5
350	140	7	1.7	2.7	4.9	10.1	22.4
550	220	11	1.5	2.1	3.5	6.8	14.6
1050	420	21	1.2	1.6	2.3	4.1	8.1

L_b ：背景輝度＝背景発光輝度＋外光反射輝度

である．また，陰画表示では，文字発光輝度>0 cd/m²，背景発光輝度=0 cd/m²，陽画表示では，文字発光輝度=0 cd/m²，背景発光輝度>0 cd/m²とした．外光反射輝度は，拡散反射輝度＋鏡面反射輝度であるが，本実験で使用したCRTの鏡面反射率はきわめて低く，また，CRTスクリーンに映り込む壁面の輝度は低くおさえてあるので，鏡面反射輝度は無視できる程度に低い．したがって，外光反射輝度は以下のような関係となる．

$$\text{外光反射輝度} = \frac{\text{管面入射照度} \times \text{管面拡散反射率}}{\pi}$$

以上の関係から，陰画表示の場合，

$$\text{コントラスト} = \frac{\text{発光輝度} \times \pi}{\text{管面入射照度} \times \text{管面拡散反射率}} + 1$$

となり，陽画表示の場合は，この逆数となる．

本実験では，表2に示すように，発光輝度を5段階，全般照明による管面入射照度を5段階設定することにより5×5=25のコントラスト条件を両表示モードについて設定した．

(b) 発光輝度の測定方法 CRTスクリーンの中央部に，それぞれの表示モードにおける発光部分の全面積とほぼ等しい面積の円形のぬりつぶしパターンを呈示し，暗黒中で約50cmの距離から視角2度の領域の輝度を東京光学製BM-3型輝度計で測定した．

(4) 文字検索作業

図1に検索画面の表示例を示す．文字は，比較的弁別しにくいと思われる14の英数字を選択し，全角で呈示した．画面中央下部の数字は，検索すべき行番号を示し，その右側の文字は検索すべきターゲット文字を示す．被験者は，指定された行に検索すべきターゲ

```
1 PEC9PS65BG5R3D58
2 CG36BEE5CG9EB339
3 362669RRRP55RC6R
4 29BRSC95BRE8SS58
5 33D99C5DSEEG2P28
6 BR96P8CPGPG6RRSC
7 E58D9C2BSSEGR5B9
8 2ED53R5PD6P2B26C
```

1-G

図1 検索画面の表示例
Example of displayed characters.

ット文字が何個含まれているか計数する。計数値のキー入力終了すると、次に検索すべき行番号とターゲット文字が表示される。1画面毎に発光輝度を変え、さらに5画面毎に全般照明のレベルを変えることにより外光反射輝度を変えた。

(5) 手続き

各被験者は、1回の実験で100画面(約1時間要する)を検索する。これを異なった日に4回(陽画表示2回、陰画表示2回)計4日で400画面を検索する。順序効果を相殺するため被験者毎に条件の呈示順を変えた。

被験者に対しては、できる限り速くかつ正確に作業を遂行するように教示を与えた。

また、4回の実験終了後に、被験者から陽画表示と陰画表示、いずれを好むか聞き取った。

2.2 結果と考察

図2に両表示モードのさまざまなコントラスト条件における1行当たりの文字検索時間を示した。両表示モードともコントラストが5:1以下になると検索時間が遅延する傾向にある。また、平均値でみる限り、陽画表示のほうが、若干検索時間が短い。

しかし、分散分析(コントラスト(25)×表示モード(2)×被験者(16))の結果、表示モード間では有意な差が認められなかった($F(1, 15)=1.70, p>0.1$)。ただし、コントラスト条件間($F(24, 360)=23.6, p<0.01$)と、コントラスト×表示モードの交互作用($F(24, 360)=2.28, p<0.01$)は、いずれも有意であった。コントラスト条件毎に表示モード間で t 検定を行った結果、コントラストが低い方から2つの条件で、陽画表示

図2 各コントラスト条件における平均検索時間
Mean search time under different contrast conditions.

示の方が有意に検索時間が短かった($t=3.61, p<0.01$; $t=2.50, p<0.05$)。

エラー率については、ばらつきが大きく一貫した傾向は認められなかった。

図3は、両表示モードのさまざまなコントラスト条件における作業中の被験者の視距離を示したものである。視距離は、ビデオテープに収録された被験者の側面からの映像記録をもとに、ビデオディジタイザを用いて計測した。両表示モードとも、コントラストが2:1以下になると視距離が近くなり、20:1を越えると速くなる傾向が認められる。この傾向は、陰画表示において顕著である。被験者の内省報告からも、特に陰画表示でコントラストが2:1を割ると特に見にくく、20:1を越えるとまぶしさを感じるということであった。

検索時間と同様な分散分析の結果、表示モード間では有意な差が認められなかった($F(1, 24)=0.95, p>0.1$)。ただし、検索時間の結果と同様に、コントラスト条件間($F(24, 360)=9.41, p<0.01$)と、コントラスト×表示モードの交互作用($F(24, 360)=3.27, p<0.01$)は、いずれも有意であった。コントラスト条件毎に表示モード間で t 検定を行った結果、コントラストが低い方から3つの条件で陰画表示の方が有意に視距離が近かった($t=3.45, p<0.01$; $t=2.35, p<0.05$; $t=2.35, p<0.05$)。

図4は、両表示モードのさまざまなコントラスト条件における作業中の被験者の瞳孔径を示したものである。瞳孔径の計測は、新たな6名の被験者について、アイカメラとビデオディジタイザを用いて行った。発光部分の輝度およびコントラストが等しい条件で瞳孔径を比較すると、陽画表示の方が陰画表示より0.2

図3 各コントラスト条件における平均視距離
Mean viewing distance under different contrast conditions.

図4 各コントラスト条件における瞳孔径(6名の平均値)
Pupil diameter under different contrast conditions.
(Mean for 6 subjects)

～0.3 mm 小さい。しかしこの差は、焦点深度に影響をおよぼすほどではないと考えられる²²⁾。また、本実験で設定した条件下では、瞳孔径は主に画面の発光部分の輝度に依存しているようである。

Zwahlen²³⁾は、VDT 作業場で作業者がディスプレイや文書を注視している際の瞳孔径を測定している。その結果、陰画表示のディスプレイを注視している時の瞳孔径は、文書やキーボードを注視している時よりも小さいが、その差はさほど大きくないとしている。

画面上の輝度分布と瞳孔径の関係については、さらに基礎的な検討が必要となるよう。

以上の結果を総合すると、極端にコントラストが低い条件では、陽画表示の方が陰画表示よりも作業パフォーマンスが良く有利である。ただし、適正なコントラストが確保された条件では、表示モードによる作業パフォーマンスの有意な差は認められない。したがって、管面入射照度が高かったり映り込みが多い環境下で、しかも発光輝度が充分に出せない場合は、陽画表示の方が陰画表示よりも有利であると考えられる。しかし現実には、コントラストが2:1を割るような極端な状況はきわめて少ないことも事実である^{19)～21)}。

また、適正なコントラストについては、使用するディスプレイの性能(たとえば、文字のにじみを生じないで出せる最高輝度、管面の拡散反射率)が重要な要因となり得るために、一定の値を示すのは難しいが、本実験の結果からは、管面外光反射輝度が2～21 cd/m²の範囲で、いずれの表示モードについてもおおむね5:1～20:1に適正値があると考えられる。

CRT ディスプレイの適正コントラストについては、

すでにいくつかの報告がなされている^{13)24)～26)}。鑑沢ら²⁷⁾は、それらの報告からおおむね陰画表示では4:1～20:1、陽画表示では2:1～7:1の範囲に適正値があるとしている。陰画表示については、本研究の結果とほぼ一致しているが、陽画表示については本研究の結果の方が高めとなった。

被験者がいずれの表示モードを好むかについては、16名中、9名が陰画表示、7名が陽画表示であった。

3. 実験 2

3.1 方法

(1) 被験者

24名、うち女性5名。大学生および大学教員、年齢20～31歳、視力0.4～1.5(矯正含む)。

(2) 装置

実験1と同一であるが、陰画表示時の背景輝度を下げるために、視感透過率約60%、鏡面反射率0.3%の光吸収型多層膜コートフィルタを装着した。これにより、スクリーンの拡散反射率は16%から5%となった。

(3) 実験条件

実験1の結果をもとに、陰画表示:文字輝度50 cd/m²、背景輝度3 cd/m²、陽画表示:文字輝度3 cd/m²、背景輝度50 cd/m²とした。照度は、キーボード上水平面照度:500 lx、管面入射照度:200 lxとした。実験2では、スクリーンと机上に置かれた表を交互に検索する課題を設定したが、机上に置かれた表の輝度は、約110 cd/m²であった。

(4) 文字検索作業

実験1と同様であるが、表示文字を半角文字にして1行の文字数を32文字にしたことと、検索すべきターゲット文字を机上に置かれた表から検索するようにした点が異なる。これは、陽画表示の長所のひとつとされている文書上とスクリーン上の明るさの差の小さいことの効果を調べるためである。

(5) 手続き

各被験者は、それぞれの表示モードで1ブロック＝15画面を6ブロック実行する。6ブロック実行するのに平均約2時間を要する。陽画表示と陰画表示は、異なった日に行った。また、順序効果を相殺するために24名中12名は陽画表示から、残りの12名は陰画表示から行った。作業開始直前と各ブロック終了毎に、疲労自覚症状の聞き取りと、レーザオプトメータ²⁸⁾による焦点調節機能の測定を行った。

疲労自覚症状は、以下の10項目について、7段階

評定させた。自覚症状がほとんどない場合：1，きわめて強い場合：7として評定させた。(1)目が疲れる，(2)焦点が合いにくい，(3)目が思うように動かない，(4)目が痛い，(5)目をあけているのがつらい，(6)涙が出る，(7)頭が痛い，(8)頸または肩がこる，(9)頭がぼんやりする，(10)眠い。

3.2 結果と考察

図5に，各表示モードにおける作業パフォーマンスの変化を示した。1行当たりの検索時間とエラー率の割りあいを24名の平均値で示したものである。分散分析(表示モード(2)×ブロック(6)×被験者(24))の結果，有意な効果が認められたのは，エラー率における表示モード間($F(1, 23)=6.35, p<0.05$)だけであった。 t 検定では，第4，第5ブロックで陽面表示の方が有意にエラー率が低かった($t=2.35, p<0.05$; $t=2.86, p<0.01$)。ブロック間および表示モード×ブロックの交互作用については，検索時間，エラー率ともに有意な効果は認められなかった。

一部の被験者については，EOG法により作業中の眼球運動を記録した。その結果，1行当りの平均検索時間を約7秒とすると，そのうち約5秒がディスプレイに，約2秒が机上の表に注視点がおかれていた。

図6は，被験者の目から1.5 mの距離に置かれた赤色LEDを注視している際の焦点調節距離をレーザオプトメータで測定した結果である。作業ブロックが進むにつれて，調節が近方に移動する被験者と遠方に移動する被験者がおり，いずれも作業による調節系の負担を示すと考えられる²⁸⁾ので，作業開始前の値を基準にした調節距離の偏位を絶対値で示した。

分散分析(表示モード(2)×ブロック(6)×被験者(24))の結果，有意な差が認められたのは，ブロック

図5 視作業のパフォーマンス (24名の平均値)
Visual task performance in each presentation mode. (Mean for 24 subjects)

間($F(5, 115)=6.35, p<0.01$)だけであった。図をみると，調節距離が作業前値から徐々に偏位し，2ブロック(約40分間)経過した時点では，0.3Dの変化が出現している。しかし，表示モード間および表示モード×ブロックの交互作用については，有意な効果は認められなかった。

図6 作業開始前からの焦点調節距離の偏位 (24名の被験者の平均値，本文参照)
Changes of accommodative distance in each presentation mode. (Mean for 24 subjects.)

図7 作業前と各作業ブロック終了毎の疲労自覚症状の評定値 (10項目中の3項目)
Results from 3 of 10 items subjects rated at the beginning of the experiment and after each work block.

10項目の疲労自覚症状の7段階評定値については、分散分析（表示モード（2）×ブロック（6）×被験者（24））の結果、いずれの項目についても、ブロック間では有意な差が認められた（ $p < 0.01$ ）。つまり、作業ブロックが進むにつれて、評定値が徐々に大きくなる傾向が認められる。しかし、表示モード間では有意な差が認められなかった。ただし、目に関する自覚症状のうち図7に示した3項目については、表示モード×ブロックの有意な交互作用が認められた（涙が出る： $p < 0.01$ 、目が痛い： $p < 0.05$ 、目が疲れる： $p < 0.05$ ）。ブロック毎にt検定を行った結果、前半ブロックでは、陽画表示の方が有意に訴えが高い場合が多い（図中の*は、*： $p < 0.05$ 、**： $p < 0.01$ を示す）。しかし、6ブロック終了後の評定値は、平均値でみる限り、10項目すべて陽画表示より陰画表示の方が訴えが高くなっていた。

また、両方の表示モードで作業した後、陽画表示と陰画表示いずれを好むかを聞き取った結果、24名中15名が陽画表示、2名が陰画表示、7名はあまり差がないということであった。

以上の結果を総合すると、本実験で設定したような作業で、しかも比較的長時間にわたる場合は、陰画表示よりも陽画表示の方が有利とも考えられる。ただし、適正なコントラストが確保されていれば、その差はきわめて小さいと考えるのが妥当である。

4. む す び

CRT ディスプレイの表示モードと適正コントラストについて、視作業のパフォーマンス、視覚負担などの点から実験的に検討した。

結果は、以下のようにまとめられる。

（1）コントラストが極端に低い条件では、陽画表示の方が陰画表示よりも作業パフォーマンスが良い。

（2）適正なコントラストが確保された条件下では、表示モードの違いによる作業パフォーマンスの有意な差は認められない。

（3）瞳孔径は、発光部分の輝度およびコントラストが等しい条件で比較すると、陽画表示の方が陰画表示より0.2~0.3 mm 小さい。

（4）いずれの表示モードについても、管面外光反射輝度が2~21 cd/m²の範囲では、適正コントラストはおおむね5:1~20:1の範囲にあると考えられる。

（5）適正なコントラストが確保されていれば、表示モードの違いによる視覚負担の有意な差は認められない。

今後は、被験者の年齢なども実験変数として、さら

に幅広い環境条件下でVDTの視認性や視覚負担の問題を検討していくことが必要となろう。

最後に、本研究の機会を与えて下さった、(財)労働科学研究所の西岡所長、飯田主任研究員と高橋研究員に感謝します。また、実験にあたっては、荻山博文君（立石電機株式会社）の協力を得た。記して感謝の意を表する。

（昭和61年6月18日受付、昭和61年7月25日再受付）

【参 考 文 献】

- 1) G. W. Radl: "Experimental Investigations for Optimal Presentation-mode and Colours of Symbols on the CRT-screen", *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, Taylor & Francis, pp. 127-135 (1980)
- 2) D. Bauer and C. R. Cavonius: "Improving the Legibility of Visual Display Units through Contrast Reversal", *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*, Taylor & Francis, pp. 137-142 (1980)
- 3) D. Bauer, M. Bonacker and C. R. Cavonius: "Influence of VDU Screen Brightness on the Visibility of Reflected Images", *Displays*, 3, pp. 242-244 (Apr., 1981)
- 4) D. Bauer: "Reducing Reflexions of External Light on VDU Screens: Comparison of Bright and Dark Background Screens", *Proceedings of International Scientific Conference: Work with Display Units*, Stockholm, pp. 204-205 (May, 1986)
- 5) D. Bauer: "Improving the VDU Workplace by Introduction of a Physiologically Optimized Bright Background Screen with Dark Characters", *Proceedings of International Scientific Conference: Work with Display Units*, Stockholm, pp. 206-207 (May, 1986)
- 6) S. H. Isensee and C. A. Bannet: "The Perception of Flicker and Glare on Computer CRT Displays", *Human Factors*, 25, 2, pp. 177-184 (1983)
- 7) J. K. Habinek, P. M. Jacobson, W. Miller and T. W. Suther III: "A Comparison of VDT Antireflection Terminals", *Proceedings of the Human Factors Society 26th*, pp. 285-289 (1982)
- 8) T. Berns and V. Herring: "Positive and Negative Visual Display Screens: A Comparison", *Proceedings of the 9th Congress of the International Ergonomics Association*, pp. 145-147 (Sep., 1985)
- 9) B. W. McVey, C. K. Clauer and S. E. Taylor: "A Comparison of Anti-Glare Contrast-Enhancement Filters for Positive and Negative Image Displays under Adverse Lighting Conditions", *Ergonomics and Health in Modern Offices*, Taylor, & Francis, pp. 405-409 (1984)
- 10) S. E. Taylor B. W. McVey and W. H. Emmons: "Cognitive Complexity Related to Image Polarity in the Aetiology of Visual Fatigue", *Ergonomics and Health in Modern Offices*, Taylor & Francis, pp. 175-180 (1984)
- 11) S. E. Taylor and B. W. McVey: "The Dynamics of Dark Focus and Accommodation to Dark and Light Character CRT Display", *Ergonomics and Health in Modern Offices*, Taylor & Francis, pp. 405-409 (1984)
- 12) H. T. Zwahlen and N. Kothari: "The Effects of Dark and Light Character Displays upon VDT Operator Performance, Eye Scanning Behavior, Pupil Diameter and Subjective Comfort/Discomfort", *Proceedings of International Scientific Conference: Work with Display Units*, Stockholm, pp. 220-223 (May, 1986)
- 13) 栗田, 宮本, 位下, 綱島: "読みやすさの観点より求めた CRT

- ディスプレイにおける日本語表示条件”, テレビ誌, **39**, 11, pp. 71-77 (Nov., 1985)
- 14) W. H. Cushman : “Reading from Microfiche, a VDT, and the Printed Page : Subjective Fatigue and Performance”, *Human Factors*, **21**, 1, pp. 63-73 (1986)
 - 15) D. Bauer, M. Bonacker and C. R. Cavonius : “Frame Repetition Rate for Flicker-free Viewing of Bright VDU screen”, *Displays*, **5**, pp. 31-33 (Jan., 1983)
 - 16) D. Bauer : “Causes of Flicker at VDUs with Bright Background and Ways of Eliminating Interference”, *Ergonomics and Health in Modern Offices*, Taylor & Francis, pp. 364-370 (1984)
 - 17) S. Gyr, K. Nishiyama, T. Läubli and E. Grandjean : “The Effects of Various Refresh Rates in Positive and Negative Displays (Introductory Paper)”, *Ergonomics and Health in Modern Offices*, Taylor & Francis, pp. 359-363 (1984)
 - 18) 大竹, 猪野原, 武内 : “CRT ディスプレイの画面がちらつきを生じないフレーム周波数の検討”, 第16回画像工学コンファレンス論文集, pp. 81-82 (1985)
 - 19) 高橋, 飯田, 富永, 西岡 : “VDT 作業における照明環境の実態調査”, テレビ学技報, **8**, 19, pp. 1-6 (Sep., 1984)
 - 20) 高橋 : “VDT の文字の見やすさと照明環境 : フィールド調査と実験的研究からの検討”, 第1回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 239-244 (1985)
 - 21) 窪田, 大倉 : “VDT 作業に関する実態調査 (I) 照明環境について”, 人間工学会第26回大会講演集, **21**, 特別号, pp. 154-155 (May, 1985)
 - 22) F. W. Campbell and R. W. Gubisch : “Optical Quality of the Human Eye”, *Journal of Physiology*, **186**, pp. 558-578 (1966)
 - 23) H. T. Zwahlen : “Pupillary Response when Viewing Designated Locations in a VDT Workstation”, *Ergonomics and Health in Modern Offices*, Taylor & Francis, pp. 339-345 (1984)
 - 24) 小川, 堀口, 望月 : “主観評価実験により求めた CRT 漢字表示装置への文字表示条件”, テレビ誌, **32**, 1, pp. 40-45 (Jan., 1978)
 - 25) 鉦沢, 井上 : “CRT 文字表示における視認性”, 照明学会視覚情報と視環境研究会資料 (Dec., 1983)
 - 26) 長田, 安田, 長谷川, 吉田, 福田 : “文字放送画像の好ましいコントラスト”, テレビ誌, **39**, 6, pp. 30-36 (June, 1985)
 - 27) 鉦沢, 長谷川, 村崎 : “表示文字の評価 : 特集 視覚と画像”, テレビ誌, **40**, 4, pp. 72-78 (Apr., 1986)
 - 28) 高橋 : “CRT ディスプレイ観察時の目の調節機能 : レーザー・オプトメータによる測定”, 労働科学, **59**, 8, pp. 345-353 (Aug., 1983)