

原 著

## 実視標と VDT 視標に対する調節刺激反応の検討

難波哲子<sup>\*1,2</sup> 深井小久子<sup>\*1</sup> 森めぐみ<sup>\*1</sup> 藤本奈津子<sup>\*1</sup>

### 要 約

実視標および Visual Display Terminals (VDT) 視標に対する調節刺激反応が、測定条件により変化が認められるかを明らかにするため、屈折異常以外の眼科的異常所見のない11名(20~22歳、女性)11眼を対象に検討した。刺激視標に実視標と VDT 視標、動的と静的の視標の動き、500lux と 5 lux の背景照度および検査距離の4つの測定条件を組み合わせ、オートレフラクトメーターを用いて屈折値を測定した。その結果、実視標を用いた場合、屈折値がマイナス側に变化したのは11眼中6.5眼(59.1%)、変化なしは11眼中4.5眼(40.9%)であった。VDT 視標の場合、変化なしは11眼中9.5眼(86.4%)であった。実視標における屈折値の平均変化量は、500lux のとき実視標では眼前90cm から50cm へと距離が短くなると、動的視標では0.45D、静的視標では0.64D マイナス側に变化し、ともに有意差があった( $p < 0.05$ )。

視標による屈折値の違いは、実視標では距離の変化に対応した屈折状態を示したのに対して、VDT 視標では視標に対して主観的な立体感を感じて、眼前50cm に設置した CRT 画面に対応した屈折を行ったためと考えられる。また、VDT 視標では奥行き知覚が不十分であったため、屈折値に変化が認められなかったと示唆された。

### 緒 言

近年、情報社会の急速な進展とともに情報技術 (Information Technology: IT) が進み、視覚端末機 (Visual Display Terminals: VDT) は、職場や家庭において必要不可欠になっている。VDTの導入は作業能率を飛躍的に発展させたが、これらの機器を用いる作業に従事する人たちに、眼を中心とした視覚、身体的、精神的な疲労が発症し、VDT作業による眼の疲労に関する研究報告がなされた<sup>1)</sup>。最近では、生理的な眼の疲れである眼疲労も病的な疲れである眼精疲労も包括して症候群として捉えてIT眼症という言葉が使用されるようになってきた<sup>2)</sup>。IT眼症は、コンピュータ画面を長期間見ることによる眼の疲労で生じ、視覚情報処理に関わる神経疲労に関わるところが大きく、持続すれば視覚情報処理速度が低下するといわれている。中村<sup>3)</sup>は、眼精疲労の発症メカニズムには視器要因(眼の能力)、外環境要因(眼の使用状況)、内環境・心的要因(耐える力)と疲労回復要因のバランスの崩れにより発生すると述べている。

VDT作業は調節機能に左右されることが報告されている<sup>4)</sup>。VDT画面上には多くの情報が呈示され、

特に、眼はVDT画面上を明視するために調節が要求される。そのため調節機能障害は眼精疲労の要因になり、休息によって容易に回復しないのが特徴である<sup>5-7)</sup>。平井ら<sup>8,9)</sup>はVDT作業中の疲労の原因について、VDT画面が調節刺激として作用しており、VDT作業中に画面にうつる映像が実空間上での調節刺激と異なるためと報告している。さらに、VDT画面上では屈折状態が不規則に変化することも一因であると述べている。そこで、私どもは、実視標とVDT視標を用いて、刺激条件の変化がどのような調節刺激反応を示すかを明らかにするために検討を行った。

### 対象と方法

#### 1. 対象

対象は、川崎医療福祉大学医療技術学部感覚矯正学科に所属する20歳代の屈折異常以外の眼科的異常所見のない学生11名11眼である。年齢は20~22歳(平均20.9歳)の女性である。裸眼または矯正視力が1.0以上で、顕性の眼位異常がなく、不同視がないものとし、屈折矯正が必要な場合はソフトコンタクトレンズを装着した。対象の屈折値は、ポータブルレフラクトメーター(以下、ポータブルレフ)

\*1 川崎医療福祉大学 医療技術学部 感覚矯正学科 \*2 川崎医科大学 眼科学教室  
(連絡先) 難波哲子 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学

WV-500( グランド精工 )を用いて球面レンズ度数, 円柱レンズ度数および軸角度を求めた( 表1 ). 調節幅は VDT 近点計 NP-200(TOMEY) を用いて調節遠点, 調節近点を測定し, 算出した調節幅は年齢に応じた値8.5D~11.6Dであった. 輻湊近点は光視標を用いて 6 cm 以内であった.

## 2. 方法

### 2.1 刺激視標

刺激視標には実視標とVDT視標の2種類を用いた. 実視標は前後に振れる直径7cmのスポンジ製の球をメトロノーム221( NIKKO )の先端に取り付けて固視させた( 図1 a ). VDT 視標は, デジタルビデオカメラ AG-EZ1 ( Panasonic )を用いて前述の実視標を撮影し, 29インチの Cathode Ray Tube(CRT) C-8329( Victor )の画面に再生した( 図1 b ). 視角は実視標と VDT 視標が同じになるように設定した.

### 2.2 視標の動き

視標の動きは静的と動的の2種類を用いた. 静的視標とは, 実視標と VDT 視標を静止させて用いた. 動的視標とは, 実視標と VDT 視標を眼前70cmの位置に固定して, 運動幅が前方20cm, 後方20cm, 周期2秒で前後に揺れるように設定した.

### 2.3 背景照度

背景照度は, 視標周辺の明るさを示し, VDT 作業に適した照度が500~600lux<sup>10,11)</sup>, 視標を視認できる明るさの実測値が5luxであることから, 500luxと5luxの2種類の条件を設定した. VDT 刺激視標の輝度は, 背景照度が500luxの場合は146.50cd / m<sup>2</sup>, 5luxの場合は21.95cd / m<sup>2</sup>であった.

### 2.4 検査距離

正常人において眼の焦点は, 調節休止時の平均が

眼前70cmのところにあるといわれている<sup>12,13)</sup>. したがって, 被検者の検査距離は, 実視標を眼前70cmのところ置き, その前後20cmである眼前50cmおよび90cmの位置に設定した. VDT 視標は, 眼前から50cmの位置に CRT 画面を設置して, 被検者には CRT 画面上に映る視標を見るよう指示した.

### 2.5 使用器機および測定方法

屈折値の測定は, 器械近視が入らないようにポータブルレフを使用した. 測定方法は, 裸眼またはソフトコンタクトレンズを装着して屈折矯正を行い, 視標を両眼開放下で観察させて右眼の屈折値を測定した( 図1 c ). 動的視標を用いる場合は, 眼前70cmを中心に, 運動幅が20cmで最大に揺れた位置の眼前90cmと50cmの両方で, 測定モードをマニュアルに切り替えて屈折値を測定した. 静的視標を用いる場合は, それぞれ眼前90cmと50cmに固定した位置で, 測定モードをオートにして測定した. 屈折値を連続10回測定して, 代表値の球面レンズ度数, 円柱レンズ度数, 軸角度を求め, 円柱レンズ度数の2分の1を球面レンズ度数に加えて, 等価球面屈折値で表した.

### 2.6 測定条件

測定条件は, 視標を実視標と VDT 視標, 動きを動的と静的, 背景照度を500luxと5lux, 距離を眼前90cmと50cmに設定して組み合わせ, 計16通りの刺激方法とした. たとえば, 実視標を用いて動的な動きで500luxの背景照度下で眼前50cmの位置において観察した場合は以下, 実視標・動的・500lux・50cmと表した.

### 2.7 分析方法

分析 I: 条件を変化させたときの屈折値の比較

実視標と VDT 視標における被検者別の屈折値の変化を検討した. 実視標を用いて, 動き, 背景照度,

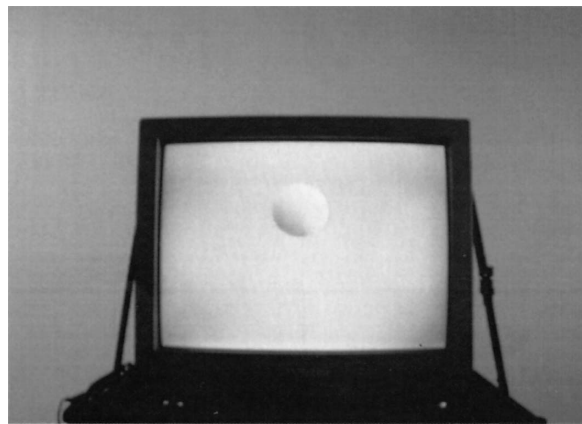
表1 対象の屈折値

対象11例11眼の屈折値を示す. Sは球面レンズ度数をジオプター(D), Cは円柱レンズ度数をジオプター(D), Aは軸角度を度(°)であらわす.

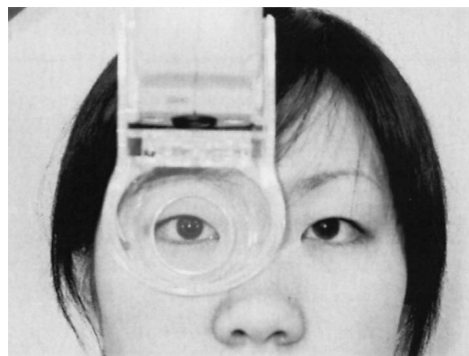
被検者	性別	年齢(歳)	屈折値		
			S(D)	C(D)	A(°)
1	女	21	-0.50	-0.75	17
2	女	21	+0.75	-1.25	56
3	女	21	-0.50	-0.50	143
4	女	21	+0.50	-1.50	152
5	女	21	0	-0.50	79
6	女	21	0	-0.25	125
7	女	21	0	-0.75	1
8	女	21	+0.75	-1.00	5
9	女	22	-0.75	-0.25	131
10	女	20	+0.25	-0.75	27
11	女	20	0	-1.00	59



a. 実視標を用いた屈折検査



b. VDT 視標



c. 両眼開放下における屈折値の測定

図1 刺激視標

距離を変化させたときの11名11眼の屈折値を測定した。VDT 視標の場合も同様に被検者別の屈折値を測定して、各々の屈折値を比較した。

分析 II：刺激視標の違いによる屈折値とその平均変化量の比較

分析 I で求めた実視標と VDT 視標における屈折値とその平均変化量を比較した。

分析 III：視標の動き（動的と静的）における屈折値の比較

動的および静的視標の動きによる屈折値を測定し

た。まず動的視標にし、刺激視標、背景照度、距離を変化させた時の屈折値を測定した。静的視標の場合も同様にして屈折値を測定した。

分析 IV：背景照度の違いにおける屈折値の比較

背景照度を500luxにして、刺激視標、動き、距離を変化させた時の屈折値を測定した。

次に5 luxの場合も同様にして屈折値を測定した。有意差検定はt検定を用い、危険率5%で行った。

## 結 果

## 1. 分析 I: 条件を変化させたときの屈折値の比較

刺激視標, 動き, 背景照度の各種条件下で, 検査距離90cmと50cmでの屈折値を比較した(表2). 予備実験として検査距離90cmと50cmでの屈折値を連続10回測定したところ, 同一個体内でも $\pm 0.50D$ の変化が出現した. このため検査距離90cmでの屈折値に比較して50cmでの屈折値が $0.50D$ 以上の近視度数の増加例を「マイナス側変化」,  $0.50D$ 以上の近視度数の減少例を「プラス側変化」とし,  $\pm 0.50D$ 未満は「変化なし」とした.

実視標を用いた4種類の実験条件では, マイナス側変化は11眼中, 動的・500lux(実験1)での6眼, 動的・5lux(実験2)での5眼, 静的・500lux(実験3)での8眼, 静的・5lux(実験4)での7眼であった. VDT視標を用いた場合では, マイナス側変化は, 動的・5lux(実験6)での2眼, 静的・500lux(実験7)

での1眼であった. プラス側変化は11眼中, VDT視標・静的・500lux(実験7)の3眼のみであった. VDT視標ではほとんどが変化なしであった.

## 2. 分析 II: 刺激視標の違いによる屈折値とその平均変化量の比較

実視標を用いた実験では, 動的・500lux(実験1)で $0.45D$ , 動的・5lux(実験2)で $0.55D$ , 静的・500lux(実験3)で $0.64D$ , 静的・5lux(実験4)では $0.60D$  マイナス側に变化し, 4条件のすべてで有意差を示した( $p < 0.05$ ). 屈折値が最もマイナス側を示したのは実視標・動的・5lux・50cm(実験2)であり, マイナス側への変化量が最も大きかったのは実視標・静的・500lux(実験3)であった. しかしVDT視標では, 動的・500lux(実験5)で $0.01D$  マイナス側, 動的・5lux(実験6)で $0.06D$  プラス側, 静的・500lux(実験7)で $0.08D$  プラス側, 静的・5lux(実験8)で $0.10D$  プラス側に变化

表2 等価球面屈折値の変化

刺激を実視標とVDT視標, 動きを動的と静的, 背景照度を500luxと5luxに分けて屈折値の変化を示す. マイナス側変化, 変化なし, プラス側変化の3通りに分類して眼数および割合(%)で示す.

	刺激	動き	背景照度	-0.50D以上		±0.50D未満		+0.50D以上	
				眼	(%)	眼	(%)	眼	(%)
実験1	実視標	動的	500lux	6	(54.5)	5	(45.5)	-	(-)
実験2	"	"	5lux	5	(45.5)	6	(54.5)	-	(-)
実験3	"	静的	500lux	8	(72.7)	3	(27.3)	-	(-)
実験4	"	"	5lux	7	(63.6)	4	(36.4)	-	(-)
実験5	VDT視標	動的	500lux	-	(-)	11	(100)	-	(-)
実験6	"	"	5lux	2	(18.2)	9	(81.8)	-	(-)
実験7	"	静的	500lux	1	(9.1)	7	(63.6)	3	(27.3)
実験8	"	"	5lux	-	(-)	11	(100)	-	(-)

表3 等価球面屈折値とその平均変化量

刺激, 動き, 背景照度を変化させたとき, 距離90cmおよび50cmによる等価球面屈折値を平均値±標準偏差で示す. また平均変化量は, 実視標とVDT視標では差が見られ, 実視標では有意にマイナス側に变化した. \* ( $p < 0.05$ )

	刺激	動き	背景照度	90cm		50cm		平均変化量
				(平均値±標準偏差)		(平均値±標準偏差)		
実験1	実視標	動的	500lux	-0.90±0.26D	-1.35±0.31D	-0.45D	*	
実験2	"	"	5lux	-1.07±0.36D	-1.62±0.53D	-0.55D	*	
実験3	"	静的	500lux	-0.82±0.22D	-1.46±0.23D	-0.64D	*	
実験4	"	"	5lux	-0.74±0.25D	-1.34±0.40D	-0.60D	*	
実験5	VDT視標	動的	500lux	-1.30±0.33D	-1.31±0.43D	-0.01D		
実験6	"	"	5lux	-1.37±0.50D	-1.31±0.41D	+0.06D		
実験7	"	静的	500lux	-1.30±0.33D	-1.22±0.40D	+0.08D		
実験8	"	"	5lux	-1.24±0.24D	-1.14±0.35D	+0.10D		

し、いずれも有意差はなかった(表3)。

このように実視標では距離の変化に対応して有意なマイナス側への屈折値の変化を示したのに対し、VDT 視標では屈折値に有意な変化を示さなかった。

### 3. 分析 III: 動き(動的と静的)における屈折値の比較

実視標・5 lux では、動的(実験2)と静的(実験4)の検査距離90cmと50cmでの屈折値に有意差があり( $p < 0.05$ )、動的(実験2)が静的(実験4)よりもマイナス側を示した。実視標・500lux(実験1と3)、VDT 視標・500lux(実験5と7)、VDT 視標・5 lux(実験6と8)での屈折値には、動的と静的の間に有意差はなかった(表3)。

### 4. 分析 IV: 背景照度の違いによる屈折値の比較

実視標・動的での屈折値は、背景照度5 lux(実験2)で500lux(実験1)よりマイナス側に変化し、屈折値に有意差があった( $p < 0.05$ )。実視標・静的(実験3と4)、VDT 視標・動的(実験5と6)、VDT 視標・静的(実験7と8)での屈折値には、背景照度による有意差はなかった(表3)。

## 考 按

実視標と VDT 視標に対する調節刺激反応が、測定条件によってどのように変化するかを検討した。眼前70cm付近は、調節安静位であり交感神経系と副交感神経系の緊張が互いにバランスのとれた距離である<sup>14)</sup>。したがって、本研究での検査距離は眼前70cmを中心にその前後である眼前90cmと50cmに設定したことは妥当である。また、立体的な視標を用いたことにより日常視での屈折値に近い測定が可能となった。メトロノームを使用することにより一定した運動幅と連続した前後運動を誘発することができた。

両眼開放下での優位眼について、今井ら<sup>15)</sup>は、正常者では潜在的に優位性が存在すると考えられるが、日常の視覚刺激に対しては、その優位性は認められにくいと報告している。したがって、今回は不同視がないことから、両眼開放下で右眼を測定眼とした。

実視標と VDT 視標における屈折値は、調節刺激の測定条件を変化させたとき、実視標では距離を90cmから50cmに変化させた場合、マイナス側に变化したのは59.1%、変化なしは40.9%、VDT 視標では変化なしは86.4%、マイナス側に变化したのは6.8%、プラス側に变化したのは6.8%であった。すなわち、実視標では距離の変化に対応した屈折値を示したのに対して、VDT 視標では対応した屈折値を示さなかった。また、実視標と VDT 視標にお

ける屈折値を比較したところ、VDT 視標は実視標よりも屈折値の平均変化量が少なかった。坂東<sup>16)</sup>は奥行き知覚に伴い、調節が起こると述べており、また岩崎ら<sup>17)</sup>も視機能における奥行き知覚の手がかりは、主に調節機能によって得られていることを立体像の認識から実証している。奥行き知覚の手がかりには、両眼視差、像の大きさ・明るさ、像のぼけの程度、色収差、図形のみかけなど多くのものがあるといわれている<sup>18)</sup>。細畠ら<sup>19)</sup>は、テレビ・映画などのいわゆる2Dメディアでは左右眼の像は基本的には同じであるため、重ね合わせだけの処理で人間側の処理は少ないと述べている。このことから、今回の VDT 視標には視差がなく奥行き知覚が不十分なため、VDT 視標の距離の変化に対しての調節反応は起こりにくいと考えられる。

VDT 視標の屈折値がプラス側に变化した原因として、平井ら<sup>8)</sup>は VDT 視標では実視標に比べ高空間周波成分が減少していること、瞳孔径の変化による被写界深度の変化が影響しているためと報告している。VDT 視標は CRT 画面に映し出すことにより実視標に比べて画像が不鮮明であるので高空間周波成分が減少することを意味している。したがって、屈折値に变化が認められなかった原因としては、VDT 視標を眼前50cmの位置に固定していたため、VDT 視標の物理的な存在位置が一定量の調節刺激になったと考えられる。このように被検者により刺激に対する反応に違いが見られるのは、調節状態が CRT 画面からの情報による誤作動であることが示唆される。

大串ら<sup>20)</sup>は、2次元情報から受ける立体感は、見かけの遠近感に対して調節反応を示し、主観的な立体感を反映すると述べている。したがって、VDT 視標の屈折値がマイナス側に变化した原因は、VDT 視標に主観的な立体感を感じ、距離の変化に対応した屈折が働いたためと考えられる。

動きおよび背景照度を変化させたときの屈折値では、最も屈折値がマイナス側に变化した条件は、実視標・動的・5 lux・50cmの時であった。勝ら<sup>21)</sup>は動的特性においては最大調節刺激が瞬間的に負荷されることで、水晶体の厚みの変化が容易となり静的調節幅よりも大きい調節幅が得られるのではないかと考えている。また、日常生活において視対象を見るときは、ほとんどの場合動的調節であって、静的調節を行うことは稀であり、調節作用の形態からすれば、動的特性がより生理的な調節作用を表していると述べている。現在まで動的調節幅についての報告は少なく、不明な点も多いため、動的調節幅についての性質が明らかにされる必要があると考える。

また今後、被検者数を増やし輻湊反応、瞳孔反応も検討する必要がある。

知覚が不十分であったためと考えられた。

### 結 論

実視標と VDT 視標がどのような調節刺激反応を示すか、刺激条件を変化させて検討した。その結果、実視標ではマイナス側への変化がみられ、VDT 視標は実視標よりも屈折値の変化量が少なかった。VDT 視標は、実空間の調節刺激反応とは異なり、奥行き

稿を終えるにあたり、ご校閲を賜りました川崎医療福祉大学感覚矯正学科学科長、川崎医科大学眼科学教室田淵昭雄教授に深謝申し上げます。

最後になりましたが、本研究内容にご理解いただき、快くご協力して下さった被検者の皆様方に心より感謝申し上げます。

### 文 献

- 1) 石川哲：VDT 医学マニュアル。石川哲編，全日本病院出版会，金原出版，東京，26-34，1989。
- 2) 木下茂：IT 眼症の捉えかた。日本の眼科，74(8)，859-861，2003。
- 3) 中村芳子：眼精疲労の診断と対策。あたらしい眼科，14(9)，1319-1326，1997。
- 4) 石川哲：VDT による健康障害(テクノストレス眼症)の診断に関して。日本眼科医会 VDT 研究班業績集(1986~1989)，7-9，1989。
- 5) 小嶋良宏，石川哲，青木繁，岸田千穂子，伊藤幸江：VDT 作業における近見反応。日本の眼科，59(8)，859-862，1988。
- 6) 栗本晋二，岩崎常人，野村恒民，相良久美，野呂影勇，山本栄：Cathode ray tube(CRT) 使用者の眼精疲労について。臨床眼科，36(9)，1155-1160，1982。
- 7) 土屋邦彦，青木繁，石川哲：VDT 作業と調節。眼科，33(1)，41-49，1991。
- 8) 平井宏明，西信元嗣，山本弘弘：VDT 上での調節・輻湊反応。日本の眼科，64(3)，259-262，1993。
- 9) 平井宏明，藤本浩代，西信元嗣：VDT 上での調節刺激反応。日本の眼科，63(4)，494-497，1992。
- 10) 三澤哲夫：VDT 作業における照度の検討。労働の科学，53(5)，299-302，1998。
- 11) Taptagaporn S and Saito S : Visual comfort in VDT operation : Physiological resting states of the eye . *Industrial Health* , 31(1) , 13-28 , 1993 .
- 12) Woung WH , Ukai K , Tuchiya K and Ishikawa S : Accommodative adaptation and age of onset of myopia . *Ophthalmic & Physiological Optics* , 13(4) , 366-370 , 1993 .
- 13) 畑田豊彦：VDT と目の疲労。大山正，今井省吾，和気典二編，感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，東京，900-906，1994。
- 14) 鶴飼一彦：調節機構の機能的解析。あたらしい眼科，4(4)，491-497，1987。
- 15) 今井良江，三村治，岡本祐二，井崎篤子，可児一孝：正常者における優位眼，非優位眼—Saccadic latency からみた優位性—。神経眼科，5(1)，74-78，1988。
- 16) 坂東武彦：奥行知覚に伴う眼球運動のメカニズム。神経進歩，40(3)，419-427，1996。
- 17) 岩崎常人，田原昭彦：両眼視差を用いた立体像の見かけの大きさと調節機能。日本眼科学会雑誌，105(2)，119-124，2001。
- 18) 清水豊：焦点調節と奥行知覚。大山正，今井省吾，和気典二編，新編 感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，東京，886-900，1994。
- 19) 細島淳，近江源次郎，不二門尚：3D 映像における融像性輻湊の限界。眼科臨床医報，90(12)，1539-1542，1996。
- 20) 大串健吾，中山剛，福田忠彦：目のピント調節応答による客観評価法。テレビジョン学会編，画質と音質の評価技術，初版，昭晃堂，東京，120-142，1991。
- 21) 勝安彦，渥美一成，西田祥蔵：ステップ刺激による調節力測定—オプトメーター NIDEK AA2000を用いて—。あたらしい眼科，6(12)，1875-1878，1989。

(平成15年11月29日受理)

**Study on Accommodation Stimulus Responses to Real and VDT Targets**

Tetsuko NAMBA , Sakuko FUKAI , Megumi MORI and Natsuko FUJIMOTO

(Accepted Nov. 29, 2003)

Key words : VISUAL DISPLAY TERMINALS (VDT), REAL TARGET , VDT TARGET,  
ACCOMMODATION, REFRACTION**Abstract**

The eyes of 11 women with refractive errors (age, 20–22 years; 11 eyes in total) were examined under various measurement conditions (real or VDT target; kinetic or static movements; 500- or 5-lux background illuminance; different viewing distance) to determine the presence or absence of irregularity and/or interindividual difference in accommodation stimulus response to real and visual display terminal (VDT) targets. Refraction altered to the minus side in 6.5 eyes (59.1%) and remained unchanged in 4.5 eyes (40.9%) when measured with real targets, but showed no change in 9.5 eyes (86.4%) when measured with VDT targets. Mean refractive values measured with real targets at 500 lux significantly altered to the minus side by 0.45 and 0.64 D with kinetic and static targets, respectively, when the viewing distance was shortened from 90 to 50 cm ( $p < 0.05$ ).

These results suggest that accommodation is achieved in response to a CRT screen placed 50 cm apart from the eye because of subjective stereoscopic sensation to a VDT target, and that the physical location of the VDT target acts as an accommodative stimulus, causing erroneous accommodation in response to the information from the CRT screen.

Correspondence to : Tetsuko NAMBA

Department of Sensory Science, Faculty of Medical Professions  
Kawasaki University of Medical Welfare  
Kurashiki, 701-0193, Japan  
(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.13, No.2, 2003 341–347)