

近見三徴測定装置 —調節の他覚的定性測定への応用—

平岡 満里, 諸田麻里子, 橋本友紀子, 菅沼 雅子

小金井眼科クリニック

要 約

目的: 近見三徴反応の統合機能を利用し, 調節刺激に誘発される輻湊・瞳孔反応を, 準静的記録装置(Tri-IRIS®, 浜松ホトニクス社製)を用いて記録し, Visual Display Terminal(VDT)作業前後の症状と波形から眼疲労症状と近見反応異常との関連を検討した。

方法: 12名の成人VDT常時従事者を対象とした。調節視標は等屈折速度で3回往復させ, 瞳孔・眼球運動の追従波形を両眼で連続記録した。波形異常例については, 対光反応と近見反応の解離を確認した。

結果: 1) 調節刺激に誘発された正常の瞳孔・眼球運動反応は, 年齢によって反応量に違いはあるが, 波形の経時的分析から3回の施行における振幅・波形に変動が少なく, 作業前後の差も少なかった(5例)。2) 屈折との関連では, 不同視, 過矯正, 不矯正で散瞳相に漸減

(痙攣型), 漸増・中断(緊張型)があった(4例)。3) 眼位との関連では, 片眼の輻湊破綻でも両眼の縮瞳相が中絶した(2例)。4) 対光反応正常, 眼球運動正常で, 瞳孔反応が低振幅で漸減する衰弱型があった(2例)。5) 瞳孔不全麻痺例では, 瞳孔不同のまま同期した反応で, 近見加入が瞳孔反応改善に有効であった(1例)。6) 自覚症状と型分類との間には関連がなかった。

結論: 近見三徴測定装置を用いた調節刺激誘発の瞳孔・眼球運動波形分析から, VDT眼症の病因についての他覚的な分類が得られた。(日眼会誌 110: 263-270, 2006)

キーワード: 近見反応, 近見三徴測定装置, 眼位と調節, 調節障害

Near Triad Measurement

—Accommodative Pupillometry with Horizontal Eye Tracking and its Qualitative Analysis—

Mari Hiraoka, Mariko Moroda, Yukiko Hashimoto and Masako Suganuma

Koganei Eye Infirmary

Abstract

Purpose: Recording of “near triad responses” was done by static accommodative stimulation to reveal the qualitative analysis of asthenopia.

Method: Twelve healthy subjects in agegroups of 20, 30, and 40 years were examined before and after several hours of visual display terminal(VDT) work after informed consent. Three trials of forward ↔ backward movement of focusing on a target were carried out. Response curves of horizontal eye tracking and pupillary diameter, that is, convergence with miosis and divergence with mydriasis, were recorded continuously, bilaterally and simultaneously by TriIRIS®.

Results: 1) Normal patterns of vergence and pupillary responses with constant amplitudes were recorded in five subjects and were stable. 2) Gradual decline of the mydriatic peak was observed in two subjects, suggesting spastic accommodation. Increasing mydriatic peak or notching of mydriatic phase was seen in one eye each, suggesting tonic

disaccommodation. These abnormal patterns were reversed by adequate refractive correction, and classified as an eye-fatigue group. 3) Abruption of miotic phase was observed in two cases of exophoria. 4) Low and declining amplitudes despite normal light response were observed in two subjects, suggesting debilitated accommodation, and they were classified as an eye-strain group. 5) Post-traumatic mydriatic anisocoria responded in parallel, suggesting parietic accommodation.

Conclusions: Coordinated dynamics of near triad responses revealed remarkable characteristics of accommodative iris movements with vergence. These objective findings revealed the different patterns of functional disorder of accommodation. Nippon Ganka Gakkai Zasshi(J Jpn Ophthalmol Soc 110: 263-270, 2006)

Key words: Accommodation, Near triad measurement, Eye strain, Asthenopia

別刷請求先: 184-0004 小金井市本町 5-19-26 小金井眼科クリニック 平岡 満里
(平成 16 年 11 月 26 日受付, 平成 17 年 8 月 11 日改訂受理)

Reprint requests to: Mari Hiraoka, M. D. Koganei Eye Infirmary. 5-19-26 Honcho, Koganei 184-0004, Japan
(Received November 26, 2004 and accepted in revised form August 11, 2005)

I 緒 言

近見反射における瞳孔反応は、毛様筋による調節反応と神経・筋活動が同期すること¹⁾から、瞳孔・水平眼球運動の協調運動を調節機能の定性的分析に応用することを検討した。すなわち近方への視標移動に伴って、近調節・縮瞳・輻湊の三徴が同期しておこり、続く逆方向への視標移動によって、遠調節・散瞳・開散がおこる。この「近見・遠見」三徴反応のうち、調節を刺激入力として、誘発される瞳孔・眼球運動反応を記録する測定装置 (TriIRIS C 9000, 浜松ホトニクス社製) を使用し、それらの同期した波形を分析した。瞳孔反応の縮瞳率から調節量を計算する定量測定については既に報告した²⁾。本稿では Visual Display Terminal (VDT) 作業従事者を対象として、就労前後の波形と自覚症状との関連を検討し、眼精疲労と波形変化に特徴的な関連が見出せるかを検討した。

機能的な調節障害の分類については、アコモドグラムとして反復視標提示に対する被検者の自覚応答による緊張・弛緩時間の変動からパターン分類し、調節衰弱・痙攣、調節麻痺、調節緊張などが定義されているが、この方法では他覚的測定ができなかった³⁾。本稿では、調節機能の生理学的観点から調節刺激で誘発される瞳孔波形を分析することにより、その異常について他覚的データを提示することを試みた。

II 装置の概要と測定方法

測定に必要な眼所見、すなわち遠方・近方視力(矯正で 1.0 以上)、瞳孔機能、眼球運動が正常であることが前提条件となるために、瞳孔機能はペンライトによる対光反応で異常があれば対光反応測定装置 (Irisorder C 7364, 浜松ホトニクス社製) で計測し、さらに交代遮蔽法にて眼位ずれを検出した例ではプリズムカバーテストにて斜視角を測定した。表 1 に示す 12 名 (20 歳代 3 名, 30 歳代 6 名, 40 歳代 3 名, 男性: 女性=10: 2) の VDT 作業従事者についてインフォームドコンセントを得て、アンケートによる自覚症状と本装置による就業前と数時間作業後の変化を測定した。

「近点+1 D」とした調節刺激を等屈折速度 (0.2 D/秒) で 3 往復負荷し、誘発される瞳孔水平直径と角膜反射から得た水平眼球運動、すなわち接近(調節負荷)による輻湊・縮瞳相、および逆方向移動(調節解除)に伴う開散・散瞳相について、TriIRIS[®]を用いて両眼同時に連続記録した。得られた波形を年齢対応正常波形²⁾と比較、異常波形についてはその機能障害のメカニズムを検討した。

III 結 果

1. 測定対象者の自覚症状(表 1)

12 名の正常視機能をもつ被検者のうち、11 名は近視

表 1 VDT 作業による自覚症状と屈折値

年代	症例	作業時間	自覚症状	遠見視力・屈折	近見視力(加入度)
20	2-1	4	なし	R 1.2×-6.5=c-0.5 A 130	R 1.0(0)
				L 1.2×-6.5	L 1.0(0)
	2-2	4	頭痛, 乾燥感	R 1.2×-2.5=c-0.5 A 160	R 1.0(0)
				L 1.2×-1.25=c-0.5 A 180	L 1.0(0)
	2-3	7	頭痛	R 1.2×-5.25=c-0.25 A 100	R 1.0(0)
				L 1.2×-4.25	L 1.0(0)
30	3-1	8	眼痛, 霧視	R 1.2×-5.75=c-0.5 A 180	R 1.0(0)
				L 1.2×-5.25=c-0.25 A 180	L 1.0(0)
	3-2	6	頭痛	R 1.2×-1.75=c-0.75 A 90	R 1.0(0)
				L 1.2×c-0.75 A 80	L 1.0(0)
	3-3	4	疲労感, 頭痛	R 1.2×-2.5=c-0.5 A 180	R 1.0(0)
				L 1.2×-2.5	L 1.0(0)
3-4	8	眼痛, 霧視	R 1.2×-8.75=c-0.75 A 20	R 1.0(0)	
			L 1.2×-7.5=c-0.75 A 170	L 1.0(0)	
3-5	5	頭痛	R 1.2×-1.5	R 1.0(0)	
			L 1.2×-0.5	L 1.0(0)	
3-6	4	頭痛	R 1.2×+0.25	R 1.0(0)	
			L 1.2×+0.5=c-0.75 A 90	L 1.0(0)	
40	4-1	8	頭痛	R 1.2×-6.50=c-1.75 A 180	R 1.0(0)
				L 1.2×-7.0=c-1.5 A 170	L 1.0(0)
	4-2	8	霧視	R 1.2×-4.5	R 1.0(+1)
				L 1.2×-5.0	L 1.0(+1)
	4-3	6	疲労感	R 1.2×-3.5=c-1.0 A 60	R 1.0(+0.5)
				L 1.2×-4.25=c-1.0 A 130	L 1.0(+0.5)

VDT : Visual Display Terminal

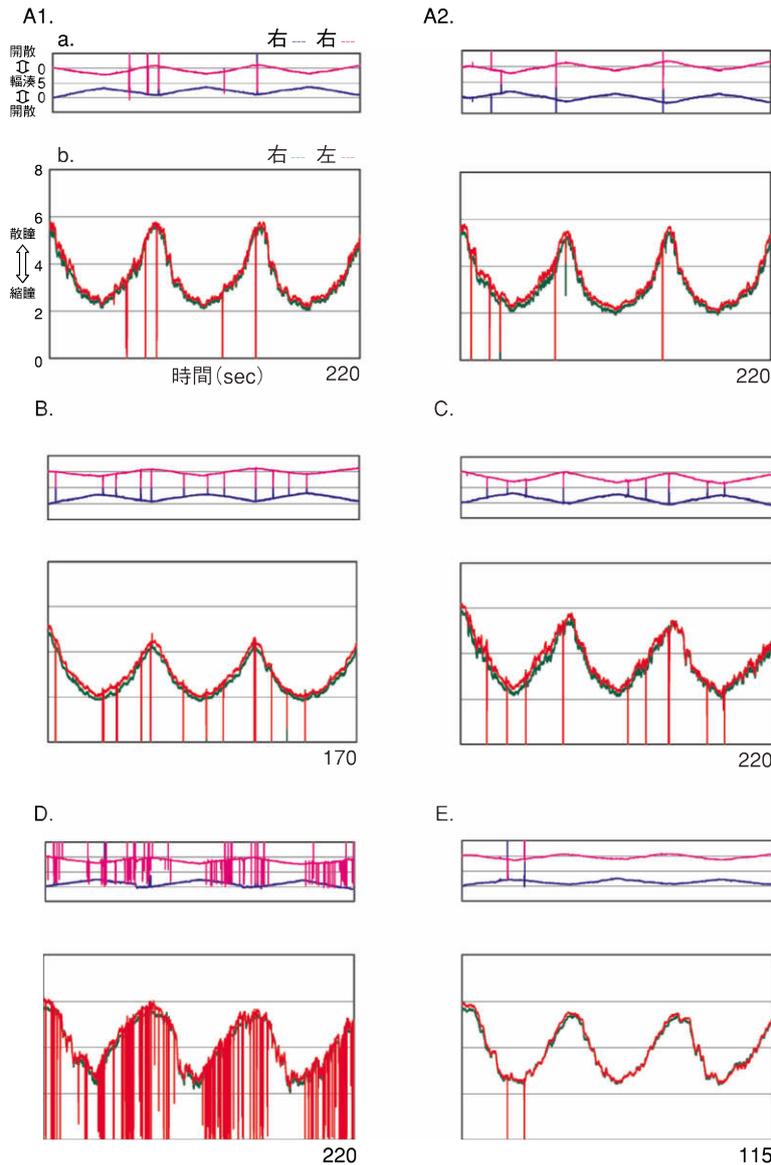


図 1 正常近見三徴反応.

3 往復の調節負荷に対する眼球運動と瞳孔運動の反応波形(下段図形の右端に 3 回の視標移動に要した時間を秒で示す。負荷する距離によって症例ごとに異なる)。

a(上段)：眼球運動。輻湊・開散(桃：左眼の動き，青：右眼の動き，左右の接近する方向が輻湊，離反する方向が開散，移動距離を縦軸に mm で表示)と b(下段)：瞳孔運動。縮瞳・散瞳(緑：右の瞳孔径の変化，赤：左の瞳孔径の変化，横径を縦軸に mm で表示)の連続波形。(曲線のカラーコード，図の配置は図 2, 3 の近見反応曲線にも共通)

20 歳代(A)では，3 回の瞳孔・眼球運動波形の対応が良好で変動が少なく，VDT 作業前(A 1)・後(A 2)の差も少ない。40 歳代(B)と 20 歳代(C)では，負荷量(D)が異なり反応振幅に差があるが，3 回の瞳孔・眼球運動波形の再現性良好で変動が少ない。不規則な縦線は瞬目の混入で頻回例(D)と過少例(E)がある。

であった。VDT 作業に常時就労している 12 名について，アンケートによる作業時間と自覚症状をまとめて表 1 に示した。90% 以上(11/12)が 4~8 時間の VDT 作業による頭痛，眼痛，霧視，眼疲労感，乾燥感などの症状を訴えた。

2. 正常反応曲線(図 1)

12 例中 1 例だけ 20 歳代(症例 2-1)は自覚症状を訴えなかったが，瞳孔反応曲線でも 3 回の反応波形に変動が少なく，輻湊・開散幅および縮瞳・散瞳相が対称的で，

振幅の減弱がみられず縮瞳率 60% を維持していた(A 1. 上段 a：輻湊→開散曲線，下段 b：縮瞳→散瞳曲線)。さらに，VDT 作業後の眼球運動・瞳孔反応の波形は作業前に比較して再現性がよく，振幅の減弱がみられなかった(A 2)。作業後の頭痛を訴えた 40 歳代(症例 4-1)(B)と 20 歳代(症例 2-3)(C)は，年齢相応の縮瞳率(40 歳代：52%，20 歳代：55%)であり，波形分析では正常であった。これらの 2 例は作業後の変化もみられなかった。

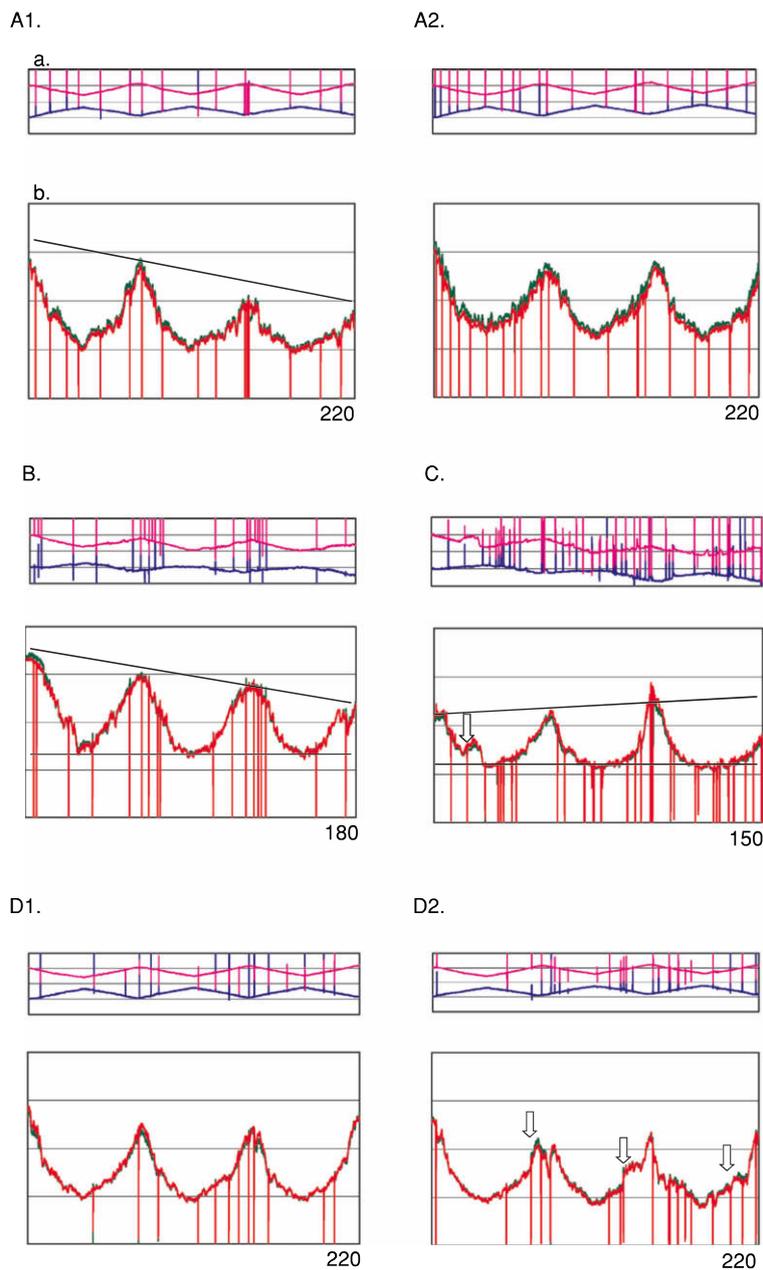


図 2 眼疲労群.

異常曲線を示すが屈折適正矯正にすることで正常化する群.

A. 20 歳代, 過矯正眼鏡で散瞳ピークが漸減 (A 1), 正矯正で正常化 (A 2): 調節痙攣型. B. 30 歳代, 不同視不矯正による散瞳ピークが漸減 (右下がり): 調節痙攣型. C. 30 歳代, 遠視不矯正で 1 回目外斜位による縮瞳相の中絶 (□), 2~3 回目で散瞳相の漸増 (右上がり): 調節緊張型. D. 30 歳代, 外斜位, 不同視不矯正で作業前 (D 1) 正常反応であるが, 作業後 (D 2) には散瞳相の中絶がみられる (□): 調節緊張型.

測定時には固視を維持するために自発瞬目 (数回/分) を加えながら行うように被検者を誘導するが, 眼瞼の移動幅が小振幅であるものは反応曲線上に微動波としてみられる. 大振幅の縦線として記録される随意瞬目を 12 例について測定すると, 11 例では 1 往復で 10 回以内であった. 30 歳代 [症例 3-4] はハードコンタクトレンズ装用により屈折矯正は適正で角膜障害もなかったが, 眼痛・霧視を自覚していた. 検査に際し, 瞬目を少なくするように指示しても小休止のあとでも頻回であった. 連

続する閉瞼のため視標の追従が破綻し, それに伴う眼球運動・瞳孔波形に乱れがみられたが, 3 回の施行による振幅の再現性はよかった (D). 40 歳代 (症例 4-2) では近用眼鏡装用による反応波形は正常で, 縮瞳率は正常 (43%) であったが瞬目回数が過少だった (E). これらの 2 例は作業後も瞬目頻度に大きな変動はなかった. 瞬目頻度と眼乾燥感との関連はなかったが, 両者とも霧視感を自覚していた.

これら正常反応曲線を示した 5 例のうち 4 例は, 愁訴

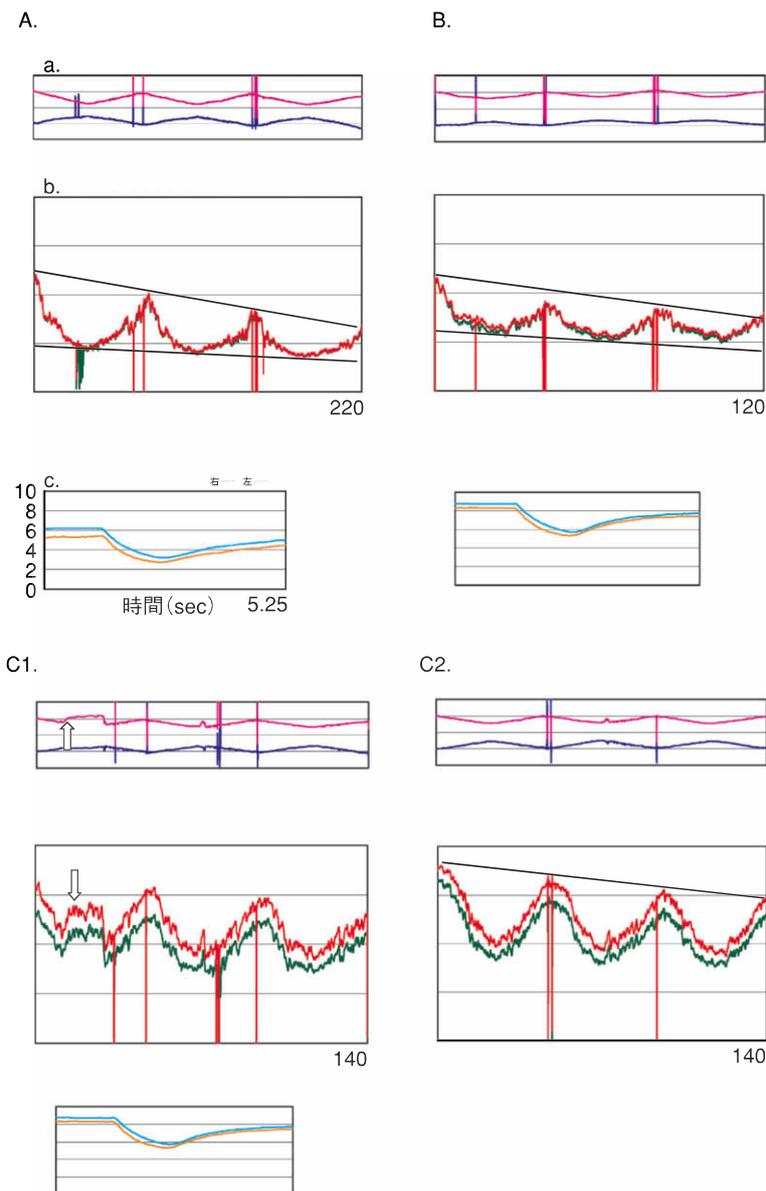


図 3 眼過労群.

異常曲線が屈折矯正では正常化しない群. 3 例の近見反応曲線(a, b)の下段(c)にそれぞれの対光反応を示す(カラーコードは同一).

A. 30 歳代, 散瞳振幅の急減(Ab): 重度調節痙攣型. B. 40 歳代, 初期振幅低下と散瞳振幅の急減(B): 調節衰弱型. 対光反応(Ac, Bc)は正常. C. 30 歳代, 近見反応は瞳孔不同のまま左右同期. 作業前(C1)外斜位(C, 上段△)により縮瞳相が破綻(C, 中段▽). 近見+1D 加入眼鏡の作業後(C2)に反応改善(C2, 中段). 対光反応(C, 下段)縮瞳率は左右差ないが, 初期瞳孔径が明所(a: 右 5 mm, 左 6 mm)と暗所(c: 右 9 mm, 左 8 mm)で逆転. 左瞳孔不全麻痺による調節不全型.

はあるが近見反応からみると調節機能は正常の群にあった.

3. 眼疲労群(図 2)

屈折矯正の不適, 不同視, または外斜位のために両眼視機能不全があり, 反応曲線に振幅の変動が認められた症例のうちで, 屈折矯正の適正化により反応曲線の正常化が得られた 4 症例を「眼疲労群」とした.

20 歳代(症例 2-2)は頭痛と乾燥感を自覚していたが,

所持眼鏡は両眼とも 0.5 D の過矯正近視度であった. 作業前反応曲線では, 眼球運動に変動はなかった(A1a)が, 散瞳相が漸減(A1b: 散瞳ピークが右下がり)していた. そこで眼鏡に原因があると想定し, 適正眼鏡にして作業後に測定したところ, 散瞳振幅の変動が消失し正常曲線となった(A2). 30 歳代(症例 3-5)は眼鏡未使用の不同視であったが, 散瞳ピークの減衰がみられた(B). これら 2 例は散瞳ピークの漸減型であったが, これとは

逆に散瞳ピークが漸増していく例があった。30 歳代〔症例 3-6〕は遠見正位、近見 8 △外斜位の軽度遠視例である。反応曲線では、右眼輻湊が中断(C. 上段)した 1 回目の瞳孔曲線にはそれに一致した両眼縮瞳相の中断がみられた(C. 下段：矢印)。2, 3 回目の施行では眼球運動は追従していたが、散瞳ピークが漸増(右上がり)していった。12 例中、散瞳相漸増型がみられたのはこの 1 例だけであった。作業後の頭痛を自覚していた 30 歳代〔症例 3-2〕では近見 6 △外斜位があり、1.75 D の不同視であったが眼鏡を使用していなかった。反応をみると輻湊・開散曲線は 3 回とも正常で作業前(D 1)後(D 2)での変動もなかった。瞳孔曲線は、作業前正常で縮瞳率 50% を維持していた(D 1. 下段)が、作業後は散瞳相が中断する不規則な波形(D 2. 下段：矢印)であった。これら 4 例は眼位の矯正はしなかったが、屈折矯正適正化により反応曲線が正常となった。

4. 眼過労群(図 3)

屈折矯正が適正で、対光反応に異常がないにもかかわらず、VDT 作業前の近見反応検査の瞳孔反応波形が年齢対応正常波形²⁾とは明らかに異なり、VDT 作業前後による変化は少なく、恒常的な機能低下と考えられる症例群を「眼過労群」とした。

30 歳代〔症例 3-1〕では羞明、眼痛、霧視など眼症状を強く自覚していたが、屈折矯正は適正で眼位異常もなかった。この例の反応曲線をみると、輻湊・開散は 3 回とも正常波形(A. 上段)であるが、瞳孔曲線(A. 下段)では散瞳相が急激に減少(右下がり)していった。しかし対光反応(c)は正常縮瞳率(右：49%，左：51%)であった。40 歳代〔症例 4-3〕は 20 年来 VDT 作業に従事し、眼疲労感を訴えた。近用眼鏡による反応波形は眼球運動(B. 上段)正常であるが、瞳孔反応は年齢による縮瞳率の低下に加えて散瞳相が急減した(B. 下段)。対光反応は初期瞳孔径・縮瞳率ともに正常であった(右：44%，左：39%)。30 歳代〔症例 3-3〕は瞳孔不同があったが、眼位検査では外斜位はなかった。20 年前に交通事故による左頭部外傷の既往歴があり、作業後の眼疲労、頭痛を訴えた。作業前の近見反応(C 1)では、瞳孔不同(左 6 mm, 右 5 mm)があり、調節刺激による瞳孔反応は瞳孔不同の状態でも左右同期していた。1 回目の施行で外斜位による輻湊運動の破綻(C 1. 上段：右固視で左が外斜位：矢印)がおこると、瞳孔運動は同期して両眼縮瞳相が中断されていた(C 1. 中段：矢印)。2 回目の施行では近接位で外斜位となったが、短時間で復帰して追従したが、それに伴う短時間の縮瞳相の中断が両眼におこった。3 回目の施行では斜位はおこらず、瞳孔波形も連続性であった。そこで遠用眼鏡による近見視力は 1.0 であったが、左右 1 D 低矯正眼鏡で 4 時間の作業後に測定した。瞳孔不同には変化なかったが、眼球運動に斜位が減少(C 2. 上段：2 回目に短時間の外斜位)した。また 3

回の瞳孔反応では斜位による変動が少なくなったが、散瞳ピークが漸減した(C 2. 中段)。対光反応測定のため暗順応すると瞳孔径が左(8 mm)よりも右(9 mm)で散大していたが、反応波形・縮瞳率(右 35%，左 36%)に左右差はなかった(C 1. 下段)。

IV 考 案

今回測定した VDT 作業者では、眼疲労の自覚がないのは 12 名のうち 1 名だけであった。反応波形の分析には、20 歳代から 50 歳代までのボランティア 54 名について検査した各年代の平均的瞳孔反応曲線²⁾を正常対照とした。自覚症状から単なる眼の疲労(eye-fatigue)と他の精神身体症状を併発する過労(eye-strains)とを区別することは難しいが、休息または原因の矯正により短期間に回復する「眼疲労」とそれでも症状の改善がみられない「眼過労」に分けて考えることができる³⁾。

本装置は瞳孔運動の波形から、それに伴って生じている調節量を間接的に推定しようとするものであり、屈折力を直接計測しているのではない。したがって、負荷した調節量と瞳孔反応から計算された調節量の相関が問題となる。調節量についての分析方法のうち、屈折については赤外線オプトメーターがあるが、近方測定距離に限界があり、また両眼同時に記録することはできない。そこで近見反応を応用した TriIRIS が考案されたのである。眼球運動は赤外線テレビカメラ 2 台で角膜反射像を、瞳孔横径は 1 CCD カメラ 2 台で 2 値化画像処理計測をし、内転位に伴う最大誤差は数 % 以内と設計されている。近見三徴は連合反射であるから瞳孔機能・眼球運動が正常でなければ測定できず、また閾値上調節刺激を感受できる視力が必須である。それらを確認の上で、同時に記録する眼球運動をモニターして測定条件を適正にとれば、瞳孔反応は再現性がよく、日内・日変動も少ない。内部照明および視標の材質を選択することにより瞳孔反応に影響する光量の変化を消去している。視標固視に伴う瞳孔運動は調節刺激との反射結合によって変動するから、瞳孔径の変動を記録することにより調節量を間接的に測定できることとなる。視標移動を近点に 1 Diopter (D) 加えた距離までと負荷するのは、視覚刺激が調節反応を誘発するまでの時間差およびそれに伴う瞳孔運動が反応時間を必要とするからである。また調節・瞳孔反応時間は長潜時であるために視標移動速度を 0.2 D/秒としている。

従来の機器と比較すると、アコモドポリコーダー(Kowa 社製)によって調節反応速度測定=調節時間が測定されている³⁾。自覚的検査法で、反復 10 回の遠方：近方視標提示(瞬間露出法)に対して調節緊張時間：弛緩時間を対比させて、両者の延長、短縮、漸増・漸減などからパターン分けの模式図で 0~10 型に分けている。調節幅曲線という年齢平均的に調節力を示したもの(Dua-

表 2 近見反応異常群の分類

	屈折	眼位	近見反応		調節機能 型分類
			眼球運動波形	瞳孔運動波形	
眼疲労群	近視過矯正	正位	正常	散瞳ピークの漸減	調節痙攣
	近視不矯正	正位	正常	散瞳ピークの漸減	調節痙攣
	遠視不矯正	外斜位	輻湊相中断	縮瞳相の中断, 散瞳ピークの漸増	調節緊張
	不同視不矯正	外斜位	正常	散瞳相の中断	調節緊張
眼過労群	正常	正位	正常	散瞳ピークの急減	調節痙攣
	正常	正位	正常	散瞳ピークの急減, 振幅低下	調節衰弱
	正常	外斜位	輻湊相中断	縮瞳相の中断, 瞳孔不同	調節不全

ne⁴⁾, 石原・福田など³⁾があり, 作業用眼鏡の加入度数を決定するとき概念的に利用されている. しかし調節力は個体差が大きく, 自覚的装用検査だけでは不確実である. アコモドメーター(Nidek 社製)では, 片眼の内部視標の 1 往復等速移動による調節量の変化を赤外線オプトメーターを用いて測定している. この測定法では, 水晶体反応が視標波形と同時に変化するなど生理学的特性から考えにくいデータになっている. また単眼視のため, 近見反応とは異なる調節を測定していることとなり, 同時に記録している瞳孔反応は共働しにくく解離がみられている⁵⁾. 本装置により負荷刺激による最大調節力を定量的に測定して²⁾, その半分の持続可能な読字用調節量として利用するのが実用的と思われる.

今回の測定装置は調節刺激に伴う瞳孔・眼球運動に連動した変化を連続記録できることから, 被検者が視標を追従することを確認しながら経時的な準静的反応を記録でき, 自覚応答を待つ従来の方法よりも客観的な結果が得られる. 両眼同時測定であること, 視標が等速ではなく定屈折刺激としていること, さらに近見反応が最も正確に測定できる調節刺激条件を各被検者によって設定していること, それに加えて 3 回の連続記録による縮瞳率の経時的変動, 最小瞳孔径および最大瞳孔径の推移など従来の機器にはない機能を持っている.

今回の被検者の定性分析において, 近見反応が正常曲線で, なおかつ作業前後の波形の再現性も良好であったのは 40% (5/12) だった. そのうち 4 例は頭痛, 霧視などの愁訴があったが, 2 例(図 1 B, C)は波形からはその原因が見出されず, 2 例(図 1 D, E)は瞬目異常を示していた. 被検者には眼球運動・瞳孔波形に縦線が混入して分析が困難になるために, できるだけ瞬目を少なくして視標がぼやけない程度(数回/分)と指示するが, 時には頻回例(D)や過少例(E)があり, 調節視標を追従する負荷に対する被検者の精神反応, 環境などが影響している. 今回の 2 例については, 角膜上皮障害(フルオレセイン染色), 涙液分泌機能(シルマーテスト)低下はないが, 霧視を自覚していたことから瞬目頻度との関連も考えられた. 症状の改善には精神的・生体力学的観点からの対策が必要であろう.

屈折矯正不適, 外斜位による結像劣化が主因である症例が 30% (4/12) (図 2 の 4 例)あり, “眼疲労”と分類した. すなわち近視過加入, 遠視未矯正, 不同視未矯正, さらに外斜位による両眼視機能不全が作業負荷により顕性化し, 眼球運動には変動がないにもかかわらず瞳孔反応に変動を来した調節不全であった. その中には瞳孔初期振幅は正常であるが, 散瞳ピークが漸減(右下がり)する調節痙攣型(図 2 A, B)と, 漸増(右上がり)(図 2 C)および散瞳相に中断が起こる(図 2 D 2)調節緊張型がある. これらの症例では原因となる屈折矯正の適正化により短期間に回復することから“眼疲労”と分類した(表 2).

それらとは異なって, 眼過労に分類される症例として, 近見反応検査の瞳孔運動の初期振幅が年齢平均に比較して低下しているのみならず, 経時的に振幅が急減する症例が 2 例あった(図 3 A, 図 3 B). これらに認められた瞳孔運動の異常は, 輻湊・解散運動, 対光反応に異常がないことから調節機能の減衰・衰弱に関連するものと考えられる. また作業前後による変化はなく, 恒常的な調節機能の低下であった. これらを“眼過労”と分類した(表 2).

他に外傷後遺症と思われる瞳孔不同が 1 例あり, 左眼が散瞳していたが硬直はなかった. 近見反応は瞳孔不同による調節不均衡と外斜位による輻湊不全により縮瞳ピークが変動した. 近視過矯正により眼位が改善し, 縮瞳ピークは安定したが, 散瞳ピークの漸減がより明らかとなった. すなわち, 瞳孔麻痺を補うために輻湊運動に破綻がおり, 過剰調節していた調節痙攣型であるが, 原因に瞳孔麻痺があるので調節不全麻痺と考えた.

眼精疲労は屈折性・筋性・潜伏眼位性異常などでおこる機能的な異常の集積であり, さらに長期にわたる眼精疲労の結果, 心身症などの神経症状を伴うと“眼過労症候群”となり, それが VDT を原因としているときには“IT 眼症”とされる⁶⁾. 自覚症状で頭痛などの随伴症状があっても眼疲労によるものか眼過労によるものかについては判断が困難であるが, 近見反応の分析は自覚症状の訴えと障害の程度判定に対する他覚的データとして治療への応用が示唆される. 今後この分類を基にして, さ

らに多くの調節障害の機能的分析を進めたいと考えている。

近見反応は脳幹で統御されている反射機構による¹⁾ことから、瞳孔反応に器質的異常がないことを確認し、輻湊・開散運動が視標を正確に追隨していることを確認した上で得られる瞳孔波形は調節機能を反映する可能性があり、その分析は調節の他覚的定量・定性評価に有用である。調節障害をその生理的な観点からみると、毛様筋の筋力低下、水晶体囊の弾力性低下、水晶体の硬化などの器質的な変化があるが、機能的に変化する動態を記録する方法として本装置の有効性が実証できたと考える。しかし、近見反応の三要素がそろって連携反応するときには最も顕著な反応であるが、調節刺激を遠近(1.75 \leftrightarrow 4.0 D)交互に片眼に呈示し、他眼で記録したとき輻湊運動が起こらなければ瞳孔運動は不十分であると報告⁸⁾されている。輻湊と調節は密接に連携しており定量的に対応しているが、瞳孔反応はそれらよりも少ない。したがって、近見反応波形は輻湊性調節負荷による生理的反應の統合であり、調節機能を直接表現しているわけではないが、反応の経時的変動、眼球運動との対応などから相対的な機能検査として捉えることができる。眼球運動に滑動性・衝動性があるように視標刺激の条件により得ようとする結果が異なるが、本稿では準静的調節刺激による反応について検討したもので、ステップ刺激による動的反應特性については今後の課題である。視標および反応時間からみた刺激条件について、さらに研究が必要であろう。

本研究にあたり VDT 検診にご協力くださった袴田直俊氏をはじめ浜松ホトニクス社の社員の皆様に感謝いたします。

文 献

- 1) **Hiraoka M, Shimamura M**: The midbrain reticular formation as an integration center for the "near reflex" in the cat. *Neurosci Res* 7: 1-12, 1989.
- 2) 平岡満里, 諸田麻里子, 遠矢ゆかり, 袴田直俊: 近見三微測定装置—調節の他覚的量的測定への応用—. *日眼会誌* 107: 702-708, 2003.
- 3) 渥美一成: C. 調節検査. 加藤桂一郎, 木下 茂, 西信元嗣, 澤 充, 田澤 豊, 大根節直(編): 眼科学大系 1. 眼科診断学・眼機能. 中山書店, 東京, 441-455, 1993.
- 4) **Duke-Elder S, Abrams D**: Anomalies of accommodation. In *System of Ophthalmology. Vol V Ophthalmic Optics and Refraction*. Henry Kimpton, London, 451-469, 1970.
- 5) 中村芳子: 調節検査 1) アコモドメーター. 可児一孝(編): 眼科診療プラクティス 18 眼科診断機器とデータの読み方. 文光堂, 東京, 108-111, 1997.
- 6) 平岡満里: IT 眼症—IT eye strain—. *眼科* 47: 63-70, 2005.
- 7) 平岡満里, 小嶋直介, 妹尾春樹: 調節機構—免疫組織学による研究—. *日眼会誌* 106: 565-573, 2002.
- 8) **Phillips NJ, Winn B, Gilmartin B**: Absence of pupil response to blur-driven accommodation. *Vision Res* 32: 1775-1779, 1992.