

ノート型パソコンによる調節機能の時間的測定法

佐柄 英人¹⁾²⁾, 梶田 雅義¹⁾, 加藤桂一郎¹⁾

¹⁾福島県立医科大学眼科学教室, ²⁾マルイ眼科

要 約

目的：現在の調節検査は、日常我々が行う遠方から近方に視線を移すという作業で、調節時間の評価はできない。我々は5 m 視力表とノート型パソコンを利用して、手軽に調節反応時間を測定できる装置を考案し、試用した。

対象と方法：対象は、健常者177名である。5 m 視標から、眼前70 cm のパソコン画面に視線を移し、関連のない漢字3文字の視標提示を行い、正しく読みとれる最短の時間(明視時間(仮称))を求めた。

結果：完全矯正下に対し、+1.25 D 加入下で測定

した明視時間は有意に短かった。いずれも年齢とともに延長した。完全矯正下では、40歳未満で片眼に対し両眼が有意に短かった。40歳以上で差はなかった。調節力が大きいほど、明視時間は短かった。

結論：調節力と明視時間には有意な相関があり、明視時間が調節機能の一つの時間的測定法になり得ることが推測された。(日眼会誌107:380-387, 2003)

キーワード：調節, 調節時間, ノート型パソコン

Measuring Accommodation Time with a Laptop Computer

Hideto Sagara, Masayoshi Kajita and Keiichiro Kato

¹⁾Department of Ophthalmology, Fukushima Medical University School of Medicine

²⁾Marui Eye Clinic

Abstract

Purpose : Presently, there are no completely reliable examinations such as focus from a distant place to a near place during daily work. We developed a simple testing system for accommodation time using a 5 m chart and a laptop computer.

Material and Methods : We studied 177 healthy peoples. They turned their eyes from the 5 m chart to the display of the personal computer at about 70 cm in front of the eyes. We measured the minimum time(MTC) for recognizing three Kanji(Chinese characters) randomly chosen from a total of 15 characters on the display.

Result : The MTCs with +1.25 D added were shorter than those with complete correction. The MTCs in both conditions extended with age. In subjects less than 40 years old, the MTCs measured

with both eyes were significantly shorter than those with a single eye completely corrected. In subjects over 40 years old, there was no difference. The MTCs were shorter significantly with complete correction than with +1.25 D added. The MTCs decreased as the accommodative amplitude increased.

Conclusion : There is significant correlation between the accommodative amplitude and the MTCs. We can use the MTCs as one method of measuring time of accommodation.

Nippon Ganka Gakkai Zasshi(J Jpn Ophthalmol Soc 107 : 380-387, 2003)

Key words : Accommodation, Accommodation time, Laptop personal computer

I 緒 言

眼前にある物体の明瞭な網膜像を得るために、眼は屈折力を変化させる。眼屈折の動的変化は調節と呼ばれ、主として水晶体屈折力の変化によって生じる。水晶体屈

折力の変化は、毛様体筋の緊張と弛緩作用により制御される^{1)~3)}。Duke-Elder⁴⁾は視標を鮮明に見ることが出来る最も遠い距離および最も近い距離を、それぞれ遠点および近点と定義した。遠点と近点の間は調節域あるいは調節幅といい、調節力は遠点と近点の屈折度(焦点距離

別刷請求先：960-1295 福島市光が丘1 福島県立医科大学眼科学教室 佐柄 英人

(平成14年5月31日受付, 平成14年12月25日改訂受理)

Reprint requests to : Hideto Sagara, M. D. Department of Ophthalmology, Fukushima Medical University School of Medicine, 1 Hikarigaoka, Fukushima 960-1295, Japan.

(Received May 31, 2002 and accepted in revised form December 25, 2002)

表 1 調節反応時間測定装置の特徴

	新アコモド メータ	アコモド ポリレコーダ	赤外線 オプトメータ
視標	外部視標	内部視標	外部視標 (内部視標)
測定方法	自覚的	自覚的	他覚的
被験者の 応答 俯角	時間的制御 による 15~25°	スイッチ 0°	— 0°

の逆数)の差で示される。日常臨床では調節機能の絶対量として調節力が汎用されている。

調節機能の測定法には、量的測定法と時間的測定法がある⁵⁾⁶⁾。石原式近点計⁷⁾⁸⁾および諸種の定屈折近点計^{9)~11)}は前者であり、アコモドポリレコーダ¹²⁾や赤外線オプトメータ¹³⁾は、前者と後者の両方が可能である。しかし、従来の時間的測定法では、以下のような問題点がある。

1) 視標が明視できているか否かは被験者の判断に任せており、検者にはわからない⁶⁾。

2) 器械に内蔵された視標を用いているため器械近視¹⁴⁾が発生してしまう。

3) 日常視に近い状態で測定ができない。

加藤ら⁵⁾⁶⁾はこれらの問題点を解決するため、遠・近視標の提示時間を制御しながら、調節反応時間を測定する装置(仮称、試作アコモドメータ)を試作した。視標は、遠方、近方ともにランドルト環1つを用いた。眼前5mの遠方視標を消退させると同時に近方視標を提示させ、視標の提示時間を制御することにより、近方視標を明視するための時間を測定することができる。逆に、近方視標を消退させると同時に遠方視標を提示し、遠方視標を明視するために要する時間を測定することもできる。欠点として、装置が大きく(縦×横×高さ:1,500×800×1,400 mm)の本体および、本体から5mの距離に設置する専用視標)、video display terminal(VDT)検診などで使用するには適さず、実用化できなかった。

調節力の豊富な若年者では、試作アコモドメータの調節刺激に変化を与えることにより、刺激提示の手法に応じて調節緊張・弛緩時間が測定できる。しかし、ほとんど調節力をもたない完成した老視では本来の調節時間の測定ではなく、時間的構成要素の多くは視標の明視に要する反応時間と推定する。そのため、加藤らは視標明視時間という仮称を用いた。

今回、我々は加藤らの発想をもとに、5m視力表と市販のノート型パソコンを利用した装置(仮称、新アコモドメータ)を開発した(表1)。75歳までの高齢者を対象に含むため、加藤らに習い明視時間という仮称を用いることとした。遠方視表を5m視力表で代用するため、遠方視標の提示時間は制御できないが、近方視標の提示時間を制御することにより、近方視標を明視するために

要する時間を測定することができる。明視時間には視線移動に要する時間+調節緊張に要する時間+視標の認知時間が含まれる。

本装置の再現性について検討するため、調節力の豊富な若年者を対象に予備実験を行った。さらに、調節力の衰えと明時間との関係について検討するため、調節機能の乏しい高齢者を対象に含めて本実験を行った。

II 実験方法

対象は、眼位、両眼視機能に異常をみない健常なボランティアである。60歳以上では遠視眼、40歳未満では近視眼が多い。屈折度による年代間の比較を容易にするため、等価球面度数[spherical equivalent(SE), 球面度数+円柱度数×1/2]が+3.0Dを超える遠視眼および、-3.0Dを超える近視眼は除外した。予備実験は21~39歳の医療事務員9名(男性2名、女性7名)に対し、通常勤務日に行った。本実験では職業を限定せず、15~75歳の177名(男性78名、女性99名)に対し行った。本実験の対象のうち9名は測定不能であったため、解析から除外した。

新アコモドメータは他の機器に比べ視標が外部視標で俯角の自由度が大きいが、20°に固定して行った。近方視標はパソコンディスプレイ上に提示させた。近方視標にはランドルト環の提示も可能であるが、意味のない漢字3文字を用い、日常視に近い条件とした。遠方完全矯正状態で調節力の弱い高齢者でも近方視標を判読できるように、パソコンディスプレイは眼前70cmとやや離して設置した。

被験者は、5mに提示した遠方視標(視力0.5に相当するランドルト環)を注視した状態から、測定装置のブザー音と同時に、眼前70cmの距離に設置したパソコンディスプレイに視線を移す。提示文字は、一定時間(0.2~2.5 secを0.05 sec間隔に変可)後に自動的に消滅させた。被験者は視標を提示時間内に判読できないと応答できない。検者は被験者の横に立ち、パソコン端末を操作し視標の提示時間を設定した。視標の提示時間を制御することにより、被験者が視標を明視し判読できた時間を知ることができる。被験者が液晶画面上に提示させた文字を判読し、1クールに5回施行中3回以上正しく読むことができた最短の時間を記録した(図1)。

近方視標は、VDT作業¹⁵⁾で一般に用いることが多いMicrosoft®(MS)ゴシック体、10.5ポイントの文字を使用した(視標は黒文字で、サイズは視角17'に相当、画面輝度は98.5 cd/m²)。測定はキーボード上の水平面照度を160 lx、垂直面照度を80 lxとして行った。測定前に完全矯正、両眼開放状態で提示した漢字がすべて読めることを確認し、測定値が安定するまで8~10回の練習を行った。

ノート型パソコンはNEC社製Lavie NXを用いた。

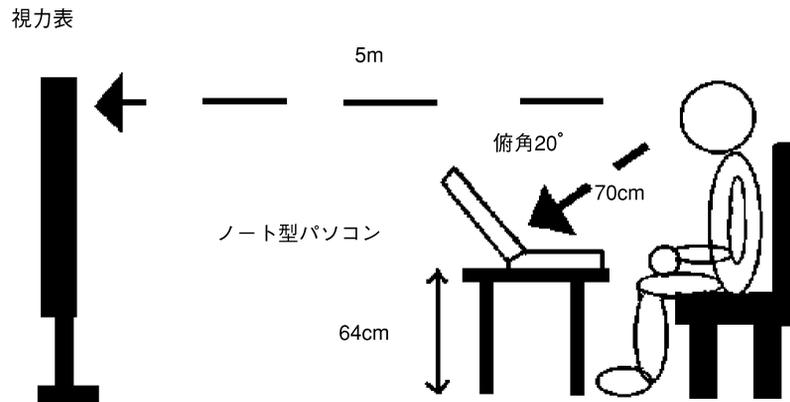


図1 新アコモドメータのシェーマ。

近方視標は Windows 98 上で作動する Visual Basic 6.0 で作成し、著者らが独自にプログラムした自動制御機構を用いて操作できるようにした。視標は、小学校で学習する画数 9~12 画の常用漢字である「病視眼院常科時間動雪教族転術欲」のうちから、関連のない 3 文字を乱数によって取り出し、液晶画面(14 インチ, 800×600 ドット)の中央部に横一列で連続に提示した。文字フォントはパソコンが内蔵するものをすべて選択でき、文字の大きさは 9, 10, 10.5, 11, 12, 15, 18, 20, 24, 26, 28, 30, 32 を設定できるように考案した。

1. 予備実験

明視時間の測定は片眼および両眼で施行した。通常の勤務を行って差がないかどうか検討するため、8:30, 13:00, 18:00 に 2 日間にわたり合計 6 回行った。

1) 片眼での明視時間測定

検眼レンズを用いて 5 m 視力表が明視できるように完全矯正した状態(以下、完全矯正下)で、右眼、左眼の順に行った。

2) 両眼での明視時間測定

完全矯正下および、眼前 70 cm の液晶画面が明視できるように完全矯正下に +1.25 D 付加した状態(以下、+1.25 D 加入矯正下)で行った。+1.25 D 加入矯正下では、検査時間が長くなるのに伴い眼疲労を起こす可能性を考慮して、片眼での測定は行わなかった。

2. 本実験

明視時間の測定は予備実験と同様に、片眼および両眼で行った。測定は、ボランティアが検査を受けやすい 13:00~17:00 の間で 1 回のみとした。男女差、優位眼と非優位眼の関係についても検討した。日常的に遠方を片眼視する場合(単眼望遠鏡を覗く場合など)、主に用いる眼を優位眼とした。また、屈折度により調節反応時間に違いがあるかどうか検討するため、対象を 3 群に分けた。すなわち、遠方裸眼視力が良好である $-0.8 \text{ D} \leq \text{SE} \leq +0.8 \text{ D}$ を正視眼とし、 $-3.0 \text{ D} \leq \text{SE} < -0.8 \text{ D}$ を近視眼、 $+0.8 \text{ D} < \text{SE} \leq +3.0 \text{ D}$ を遠視眼とした。

年齢は遠方完全矯正状態で、パソコン画面を見るのに

十分な調節力がある 40 歳未満 ($n=53$, 男/女=24/29)、調節力の衰えが顕著になり始める 40 代 ($n=39$, 男/女=17/22)、近用眼鏡の使用が望ましい 50 代 ($n=36$, 男/女=12/24)、近用眼鏡なしでは画面上の文字を明視するのが難しい 60 歳以上 ($n=40$, 男/女=21/19) の 4 群に分けた。

対象のうち 96 名(男性 46 名, 女性 50 名)に対しては、視標の移動速度が一定の屈折度で変化し測定誤差が少ない定屈折近点計(ワック社製 D'ACOMO)¹⁶⁾を用いて、調節力を調べた。測定は左右眼ともに 3 回ずつ行い、平均値を求めた。

測定結果の検定には、予備実験では repeated measure ANOVA(repeated measure analysis of variance) を、本実験では t 検定を用いた。検討を行ったのは以下の 7 項目である。

- 1) 片眼で測定した明視時間
- 2) 両眼で測定した明視時間
- 3) 片眼と両眼を完全矯正下で測定した明視時間の比較
- 4) 屈折状態と両眼の明視時間の検討
- 5) 片眼で測定した調節力
- 6) 明視時間と調節力の関係
- 7) 解析から除外した症例

III 結果

1. 予備実験

明視時間は片眼および両眼のいずれでも、検査日、検査時刻による有意差はなく、値のばらつきも少なかった。完全矯正下で測定した明視時間は左右眼に対し、両眼で測定した方が短かった ($p < 0.01$)。両眼で測定した明視時間は完全矯正下に比べ +1.25 D 加入矯正下の方が短かった ($p < 0.01$, 表 2)。

2. 本実験

1) 片眼で測定した明視時間

男性、女性、全体のいずれでも、右眼と左眼、優位眼と非優位眼で有意差はなかった。右眼と左眼、優位眼と

表 2 予備実験における明視時間の再現性についての検討

検査日	時刻	明視時間(sec.)			
		右眼	左眼	両眼	+1.25 D 加入矯正下 両眼
第 1 日	8:30	0.50±0.06	0.51±0.07	0.47±0.04	0.43±0.04
	13:00	0.49±0.05	0.48±0.06	0.45±0.04	0.41±0.05
	18:00	0.51±0.03	0.51±0.04	0.47±0.05	0.45±0.04
第 2 日	8:30	0.49±0.05	0.48±0.04	0.45±0.07	0.41±0.07
	13:00	0.48±0.07	0.48±0.04	0.45±0.06	0.41±0.05
	18:00	0.48±0.05	0.50±0.04	0.46±0.06	0.43±0.07

平均値±標準偏差

表 3 明視時間と年齢、性の関係

対象	明視時間(sec.)					
	右眼	片眼(完全矯正下)		両眼		
年齢別(歳)		左眼	優位眼	非優位眼	完全矯正	+1.25 D 加入
15~39	0.61±0.13	0.61±0.12	0.61±0.13	0.61±0.12	0.55±0.12 ※	0.50±0.11
					**	
40~49	0.83±0.26	0.84±0.27	0.83±0.26	0.85±0.27	0.76±0.26	0.64±0.20
					**	
50~59	1.18±0.42	1.19±0.44	1.18±0.44	1.18±0.42	1.05±0.39	0.86±0.32
					**	
60~75	1.67±0.41	1.73±0.42	1.69±0.41	1.73±0.43	1.56±0.43	1.20±0.40
					**	
男性(n=74)	1.04±0.49	1.08±0.53	1.08±0.56	1.10±0.56	0.95±0.50	0.82±0.40
					**	
女性(n=94)	1.01±0.49	1.02±0.53	1.03±0.54	1.03±0.55	0.93±0.48	0.75±0.35
					**	
全体(n=168)	1.05±0.53	1.04±0.53	1.05±0.54	1.05±0.54	0.97±0.51	0.78±0.38
					**	

** : p<0.01, ※ : 15~39 歳の右眼, 左眼, 優位眼, 非優位眼と比較して p<0.05

非優位眼を男女別および全体と比較しても有意差はなかった。優位眼の内訳は右眼が 137 眼, 左眼が 31 眼であった。男性, 女性, 全体の平均値年齢±標準偏差は, それぞれ 49.3±15.2, 46.5±15.1, 47.7±15.2 で, 三者の間に有意差はなかった。

また, いずれも年齢とともに長くなった。年齢とともに明視時間が延長する傾向は 40 歳以上で顕著であった(表 3)。

2) 両眼で測定した明視時間

完全矯正下と +1.25 D 加入矯正下で測定した明視時間は, 男性, 女性, 全体のすべてで, 有意に前者の方が長かった(p<0.01)。また, 年齢とともに延長した(表 3, 図 2, p<0.01)。男女間では, 完全矯正下, +1.25 D 加入矯正下ともに有意差はなかった(表 3, p<0.01)。

個々の症例で, 完全矯正下より +1.25 D 加入矯正下で測定した明視時間の方が長かったのは 40 歳未満の 2

名, 40 代の 1 名のみであり, 両者の差はいずれも 0.05 秒であった。前者と後者が同じ値を示した症例は 40 歳未満では 6 名, 40 代では 6 名, 50 代では 3 名で, 60 歳以上ではいなかった。

3) 片眼と両眼を完全矯正下で測定した明視時間の比較

後者の方が 40 歳未満で有意に短かった(p<0.05)。40 歳以上ではいずれの年代でも有意差はなかった(表 3)。

図 2 で単項式による近似をした場合, R²が完全矯正下で 0.609, +1.25 D 加入矯正下で 0.512 と小さくなる。また, 15~20 歳の若年者で, 明視時間が極端に短くなってしまい臨床的に有用でないと判断し, 2 項式を選択した。

4) 屈折状態と両眼の明視時間の検討

40 歳未満の遠視眼は該当者がいなかったため検討で

きなかった。+1.25 D 加入矯正下で測定した明視時間は、すべての年齢で屈折状態による有意差はなかった。完全矯正下で測定した明視時間は 40 代で、近視眼と比較して遠視眼が有意に長かった ($p < 0.01$)。正視眼との比較でも、遠視眼が有意に長かった ($p < 0.05$)。正視眼と近視眼では有意差はなかった。50 代でも 40 代と同様な傾向はあったものの、有意差はなかった。60 歳以上でも有意差はなかった (表 4)。

5) 片眼で測定した調節力

右眼と左眼、優位眼と非優位眼ではどの年齢でも調節力に有意差はなく、加齢とともに減少した (表 5)。

調節力と屈折状態の検討では、40 代の遠視眼が 4 例、60 歳以上の近視眼が 3 例と少なく、検定できなかった。しかし、それ以外では、左右眼ともに屈折状態による有意差はなかった (表 6)。

6) 明視時間と調節力の関係

完全矯正下で測定した右眼の明視時間は、調節力が大

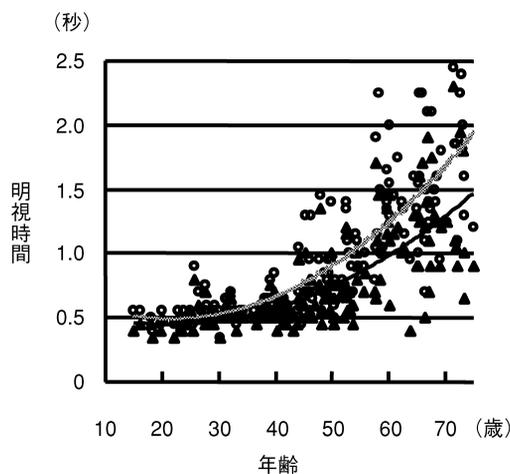


図 2 明視時間と年齢との関係。

○：完全矯正，▲：+1.25 D 付加矯正。
 —：完全矯正下の多項式による近似曲線。
 —：+1.25 D 付加矯正下の多項式による近似曲線。
 $y = 0.0005x^2 - 0.0218x + 0.7438$
 $(R^2 = 0.662)$
 $y = 0.0004x^2 - 0.0156x + 0.6312$
 $(R^2 = 0.560)$

きいほど短かった (図 3, $p < 0.01$)。調節力が 4 D 以上では明視時間は大多数が 0.4~0.8 秒であった。調節力が 2 D 以下ではばらつきが大きく、4 D 以上の人と同じ範囲にある人もいれば、その 4 倍ほどの時間を要する人もいた。

直線近似以外の近似も検討したが、対数近似の場合、 $y = -0.364 \ln(x) + 1.258$, $R^2 = 0.499$, 累乗近似の場合、 $y = 1.166 x^{-0.8578}$, $R^2 = 0.539$, 指数近似の場合、 $y = 1.386 e^{-0.1506x}$, $R^2 = 0.508$ と R^2 が大きくなるが、いずれも恣意的で根拠がない。直線近似の方が単純で臨床的に有用と考えた。完全矯正下で測定した左眼の明視時間と調節力にも右眼と同様に有意な負の相関があった ($p < 0.01$)。左眼の単項式による近似曲線は $y = -0.150$

表 4 両眼で測定した明視時間と屈折状態との関係

年齢 (歳)	屈折状態	両眼の明視時間 (sec)	
		完全矯正	+1.25 D 加入
15~39	遠視 (n=0)	—	—
	正視 (n=24)	0.53±0.10	0.49±0.09
	近視 (n=26)	0.59±0.11	0.53±0.10
40~49	遠視 (n=5)	1.18±0.28	0.85±0.34
	正視 (n=17)	0.76±0.21	0.65±0.16
	近視 (n=15)	0.66±0.17	0.59±0.15
50~59	遠視 (n=8)	1.24±0.53	0.93±0.38
	正視 (n=17)	0.99±0.37	0.83±0.33
	近視 (n=8)	0.95±0.17	0.74±0.16
60~75	遠視 (n=23)	1.67±0.46	1.26±0.43
	正視 (n=10)	1.48±0.36	1.26±0.34
	近視 (n=5)	1.34±0.41	1.13±0.37

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$

左右の屈折度数から遠視、正視、近視を分けたが、40 歳未満の 3 例、40 代の 2 例、50 代の 3 例、60 歳以上の 2 例は左右で屈折度の群分類が異なったために除外した。

表 5 年代別の調節力

対象 (n=96, 男/女=46/50)	調節力 (D)				
	年齢 (歳)	右眼	左眼	優位眼	非優位眼
15~39 (n=31, 男/女=18/13)		5.03±1.69	4.98±1.80	5.03±1.69	4.98±1.80
40~49 (n=26, 男/女=11/15)		2.51±1.14	2.57±1.04	2.53±1.14	2.55±1.05
50~59 (n=20, 男/女=6/14)		1.85±1.05	1.90±1.01	1.87±1.05	1.88±1.01
60~75 (n=19, 男/女=11/8)		0.75±0.45	0.73±0.41	0.81±0.45	0.69±0.40

表 6 片眼で測定した調節力と屈折状態との関係

年齢 (歳)	屈折状態	調節力(D)	
		右眼	左眼
15~39	遠視 (n=0)	—	—
	正視 (n=18)	5.63±1.55	5.48±1.68
	近視 (n=13)	4.19±1.53	4.60±1.82
40~49	遠視 (n=4)	1.75±0.61	1.73±0.49
	正視 (n=10)	2.78±1.49	2.62±1.39
	近視 (n=12)	2.42±0.92	2.50±0.87
50~59	遠視 (n=6)	1.53±1.28	1.64±1.10
	正視 (n=6)	2.17±1.19	2.33±1.21
	近視 (n=8)	1.93±0.68	1.92±0.68
60~75	遠視 (n=10)	0.67±0.54	0.67±0.47
	正視 (n=6)	0.99±0.34	0.97±0.31
	近視 (n=3)	0.64±0.09	0.56±0.12

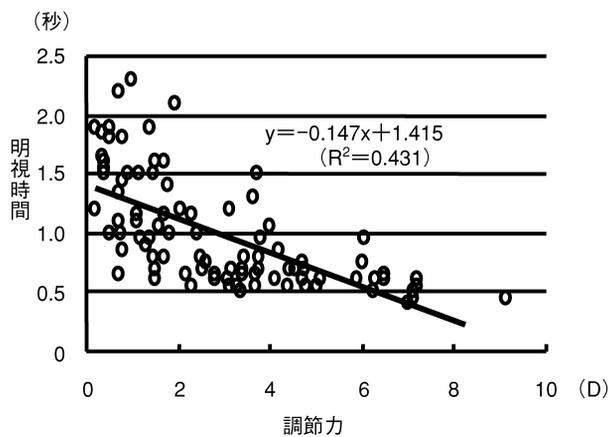


図 3 右眼の明視時間と調節力の関係。
 —：単項式による近似曲線

$x + 1.383 (R^2 = 0.474)$ であった。

7) 解析から除外した症例

対象のうち 9 名(28.0~73.5 歳, 男性 4 名, 女性 5 名)は, 明視時間の測定ができなかった。理由は, 28.4, 29.3, 34.2, 48.8 歳の 4 名が眼疲労を訴え検査を中断した。52.3, 58.8, 65.1 歳の 3 名で検査時間が 2.5 秒を超えて測定不能であった。72.3, 73.5 歳の 2 名で近方視標が判読できないため測定不能であった。

IV 考 按

中林ら^{14)17)~21)}は自覚的な調節時間の客観的測定に取り組んだが, 内部視標という課題があり, 器械近視が除

去できず, 実空間の調節機能を評価するまでには至らなかった¹⁴⁾²²⁾。水川ら²¹⁾により開発されたアコモドメータ(コワ)の発想をもとに, 加藤⁵⁾は実空間を用いた試作アコモドメータを開発し, 調節緊張および弛緩明視時間を測定し, 日本眼科学会で報告した。新アコモドメータは試作アコモドメータの経験に準じ, VDT 作業環境を想定^{15)23)~26)}, ノート型パソコンの画面に刺激視標を提示して, 調節緊張明視時間を測定する装置である。本装置は, 調節弛緩明視時間の測定はできないが, スペースをほとんどとらない利点をもつ。試作アコモドメータは近方視標にランドルト環 1 つを使用しているのに対し, 新アコモドメータは漢字 3 文字を用いている。近方視標の認知時間が増加する分, 明視時間が長くなると考える。

試作アコモドメータおよび新アコモドメータは, 従来からある調節反応時間測定装置とは異質なものであり, 検査データの単純比較は難しい。予備実験から, 新アコモドメータは値のばらつきが少なく, 再現性に優れていることが確認された。新アコモドメータで測定した明視時間が調節力の影響を受けるかどうかを検討したものが図 3 である。加齢に伴い調節力は低下を示すが⁷⁾¹¹⁾²⁷⁾²⁸⁾, 調節力の低下と, 完全矯正下で測定した片眼の明視時間の延長には有意な相関があり, 明視時間が調節機能の一つの時間的測定法になり得ることが推定された。

片眼に比べ両眼で測定した方が, 調節力の大きいことは知られている²⁹⁾³⁰⁾。また, 加藤ら⁶⁾は 40 歳以下で調節緊張明視時間が, 片眼に比べ両眼で短かったと報告している。理由としては, 近方視の際に輻湊が調節を助けるように有利に働くといわれていること^{29)31)~33)}, 融像による見え方の向上が考えられる³⁴⁾³⁵⁾。しかし, 完全矯正下の明視時間は, 40 歳以上で片眼と両眼では有意差がないことがわかった。融像による見え方の向上はあると思うが, 40 歳以上では調節力が急激に衰えていくため輻湊の影響が少ない可能性, 明視時間全体に占める視標認知時間の割合が多いことが理由と考える。

年齢とともに明視時間は延長した(図 2)。今回の装置において, 完全矯正下で明視時間を測定した場合, 視線移動に要する時間+調節緊張に要する時間および視標の認知時間を測定している。+1.25 D 加入矯正下で測定した場合は, 調節緊張に要する時間は含まず, 被検者が明視できる最大遠方から, 眼前 70 cm の視標を見るための反応時間(視線移動に要する時間+認知時間)を測定している。

調節力が豊富な若年者では, 完全矯正下で測定した明視時間が, +1.25 D 加入矯正下で測定した場合に比べ, 調節緊張に要する時間(いわゆる調節時間)の分だけ延長を示すものと考えられる。しかし, 加齢に伴い調節力は急激に低下し, 調節が不十分な症例では近方視標を明視する場合に, 明視の質(quality of vision)⁵⁾⁸⁾が低くなる。調

節力の乏しい高齢者では、完全矯正下と+1.25 D 加入矯正下で測定した明視時間の差は、調節時間以外に、明視の質が低下したための認知時間の延長を含むと考えられる。完全矯正下と+1.25 D 加入矯正下での明視時間の近似曲線の差は、40 歳未満の若年者ではほとんどないが、40 歳以降では急激に増加を示す(図 2)。調節時間の延長以外に、明視の質が低下したため認知時間が著しく伸びていることを推測させる。

明視時間が測定不能であった症例のうち、測定時間が 2.5 秒を超えたのはいずれも年齢が 50 歳以上、視標が判読できなかったのは 70 歳以上である。視標を明視することが難しかったことが理由と考える。眼疲労のため、明視時間が測定できなかったのはいずれも 50 歳以下である。若年者でも過度の疲労状態では、明視時間測定が困難になると考えた。

50 代までで、完全矯正下と+1.25 D 加入矯正下で測定した両眼の明視時間が同じ、あるいは 0.05 秒ではあるが、前者の方が短くなっている症例が存在した。その理由は、測定誤差以外に若年者では調節時間が短いため、両者の差がはっきりとした値にならなかった可能性が考えられる。特に 40 歳未満では図 2 のごとく、両者の差はほとんどないと考えられる。

+1.25 D 加入矯正下で両眼の明視時間を測定した場合、明視時間には調節時間が含まれないため、屈折条件は本質的な要件とはならない。そのため、屈折状態により明視時間が変化しないものと推測する。

アコモドポリレコーダを用いた調節緊張時間の測定では、遠視眼が正視眼に比べて長いことが報告³⁶⁾されている。今回の検討では 40 歳未満で遠視眼が存在せず、検討できなかったが、40 代の調節緊張明視時間は、近視眼、正視眼に比べて遠視眼の方が長かった。しかし、遠視眼の症例数は 5 例と少なかったため、十分な評価はできない。また、40 代の遠視眼のうち調節力を測定した対象も 4 例と少なく、検定を行うには難がある³⁷⁾(表 6)。50 代では認知時間が延長し、明視時間全体のうち調節時間の割合が少なくなっていることが考えられる。症例数を増やして検討を行えば、屈折状態の調節時間に対する影響がはっきりとした傾向として現れる可能性がある。60 歳以上では調節力が著しく減弱しており、屈折状態の影響が少なかったと考えられる。

昨今、調節機能が最も課題となる領域は、VDT 作業環境と管理である^{15)23)~26)}。厚生労働省では、VDT 作業の衛生管理において一つの指針を提示し、視機能を含めた環境のチェックを義務づけているが、問題点が多い。特に、調節機能の評価は大きな課題である³⁸⁾³⁹⁾。すでに、我々は VDT 作業に適した屈折矯正状態で明視時間が短縮することを報告⁴⁰⁾した。調節緊張明視時間の測定法が、VDT 作業者の衛生管理に役立つ何らかの燭光となればと考える。

文 献

- 1) **Toates FM**: Accommodation function of the human eye. *Physiol Rev* 52: 828—863, 1972.
- 2) **加藤桂一郎**: 調節機能を追って. *視覚の科学* 20: 78—80, 1999.
- 3) **加藤桂一郎**: 調節の定義と用語. *Nano Ophthalmology* No. 5: 5—7, 1993.
- 4) **Duke-Elder S**: Anomalies of Accommodation. *System of Ophthalmology V*, Henry Kimpton, London, 451—474, 1970.
- 5) **加藤桂一郎**: 調節機能とその臨床評価(宿題報告). *日眼会誌* 98: 1238—1255, 1994.
- 6) **加藤桂一郎, 山口 洋, 篠原真美**: 試作器による調節反応(明視)時間の測定. *視覚の科学* 20: 122—127, 2000.
- 7) **石原 忍**: 日本人の眼の調節力に就いて. *日眼会誌* 23: 230—210, 1919.
- 8) **石田友規子, 内海 隆, 野邊由美子, 澤ふみ子, 中村桂子, 菅澤 淳**: 調節検査に用いる指標の検討その 1, 石原式近点計の場合. *眼臨* 78: 1890—1894, 1984.
- 9) **魚里 博, 中川皓夫, 植村佐知子, 西信元嗣**: 定屈折刺激近点計による両眼と片眼調節力の比較. *眼光学* 10: 213—217, 1989.
- 10) **加藤桂一郎, 梶田雅義, 山口 洋, 寺島寛隆**: 調節力測定における諸条件の影響. *視覚の科学* 14: 7—9, 1993.
- 11) **寺本ちづ子**: 老視の研究第 2 報, 初老期の眼精疲労. *日眼会誌* 63: 3890—3904, 1959.
- 12) **鈴木昭弘, 谷口正子, 三輪武次**: Accommodo-Polyrecorder (HS-9 B) による屈折異常者の調節機能について. *眼紀* 23: 150—157, 1972.
- 13) **Guyton DL**: Automated refraction. *Invest Ophthalmol* 13: 814—818, 1974.
- 14) **中林正雄, 片野隆生**: 機械近視に関する一実験. *眼紀* 16: 884—890, 1965.
- 15) **田中正敏, 稲葉 裕, 増田研二, 谷島一嘉, 山本正治, 古見耕一**, 他: 産業保険. *衛生・公衆衛生学*. 朝倉書店, 東京, 228—275, 1989.
- 16) **小南雅也, 植村佐知子, 中川皓夫, 魚里 博, 西信元嗣**: 定屈折近点計(D'ACOMO)の使用経験. *眼光学* 11: 137—141, 1990.
- 17) **中林正雄, 真鍋礼三, 片野隆生**: 調節機能の研究(VII) フリースタート法の簡易化について. *眼紀* 14: 257—261, 1963.
- 18) **中林正雄, 真鍋礼三, 片野隆生**: 調節機能の研究(VI). *日眼会誌* 67: 985—991, 1964.
- 19) **菅沢得三郎**: 調節時間の臨床的研究. *眼紀* 12: 468—475, 1961.
- 20) **中林正雄, 片野隆生**: 調節機能の研究(III), 調節における粘性について. *日眼会誌* 65: 2086—2090, 1961.
- 21) **水川 孝, 真鍋礼三, 中林正雄**: 調節機能の研究(1)装置. *眼紀* 11: 727—733, 1960.
- 22) **大橋利和**: 器械近視に関する研究. *日眼会誌* 71: 1000—1009, 1967.
- 23) **加藤桂一郎**: VDT 作業者の調節, 瞳孔反応. *Phar-*

- ma Medica 12 : 25—29, 1994.
- 24) 梶田雅義, 橋本禎子, 斉藤義弘, 飯野静香, 山口洋, 加藤桂一郎 : VDT 作業者の調節, 瞳孔反応, 第 4 報 infraed optometer による等速度負荷について. 日本の眼科 64 : 235—237, 1993.
 - 25) 竹本篤郎, 堀江良典 : VDT 作業の情報処理能力への影響に関する研究. 人間工学 24 : 313—318, 1988.
 - 26) 吉村 勲, 友田康行 : VDT 作業における眼疲労度評価に関する研究. 人間工学 31 : 215—223, 1995.
 - 27) 土信田久美子, 奥田文雄, 所 敬, 秋沢尉子 : 調節の加齢変化, 自覚的検査及び他覚的検査による比較. 日眼会誌 97 : 614—618, 1993.
 - 28) 福田雅俊, 浜田陽子, 丸尾敏夫 : 本邦人における調節力と年齢との関係について. 日眼会誌 66 : 181—188, 1962.
 - 29) 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. 日眼会誌 105 : 119—124, 2001.
 - 30) Otake Y, Miyao M, Ishihara S, Kashiwamata M, Kondo T, Sakakibara H et al : An experimental study on the objective measurement of accommodative amplitude under binocular and natural viewing condition. Tohoku J Exp Med 170 : 93—102, 1993.
 - 31) 市川 宏, 真鍋礼三, 松田英彦, 三島清一, 水野勝義, 谷口慶晃, 他 : 輻輳. 新臨床眼科学全書, 第 2 巻 B. 金原出版, 東京, 152—182, 1993.
 - 32) Hung GK, Semmlow JL, Ciuffreda KJ : Identification of accommodative vergence contribution to the near response using response variance. Invest Ophthalmol Vis Sci 24 : 772—777, 1983.
 - 33) Borish IM : Clinical refraction. 3rd ed, The Professional Press, Chicago, 174—175, 1975.
 - 34) Semmlow J, Venkiteswaran N : Dynamic accommodative vergence components in binocular vision. Vision Res 16 : 403—410, 1976.
 - 35) 二唐東朔 : 単眼視, 両眼視の生理. 眼科 MOOK No. 4, 神経眼科へのアプローチ. 金原出版, 東京, 1—12, 1978.
 - 36) 鈴木昭弘 : 屈折異常と調節機能. 眼科 MOOK No. 18, 屈折異常. 金原出版, 東京, 55—65, 1982.
 - 37) 岩間 裕 : 統計の基本的数値と概念, 医療従事者・関係者の実践統計学. 真興交易(株)医書出版部, 東京, 7—16, 2000.
 - 38) 石川 哲, 前川 浩, 竹田 眞, 中川 喬, 所敬, 秋谷 忍, 他 : VDT 研究班業績集 1986—1989. 日本の眼科別冊 : 1—263, 1989.
 - 39) Ostberg O, Smith MJ : Effects on visual accommodation and subjective visual discomfort from VDT work intensified through split screen technique. Work with Display Units 86, Elsevier Science, North-Holland, 512—521, 1987.
 - 40) 佐柄英人, 梶田雅義, 鈴木説子, 加藤桂一郎 : VDT 作業者に対する新たな調節検査法の試み. 視覚の科学 21(2) : 59—63, 2000.
-