

調節の加齢変化

—自覚的検査および他覚的検査による比較—

土信田久美子¹⁾, 奥田 文雄¹⁾, 所 敬¹⁾, 秋沢 尉子²⁾

¹⁾東京医科歯科大学医学部眼科学教室, ²⁾都立豊島病院眼科

要 約

人眼の調節の加齢変化について VDT 近点計(東洋メディカル製, NP-200)を用いた自覚的検査とオートレフケラトメータ(キャノン製, RK-1)を用いた他覚的検査で測定し, 両者の値を比較検討した。まず, 29~32歳の男女5名5眼を対象に, 6種類の大きさの異なる放射線チャート視標を用いて, 自覚的および他覚的検査による調節力を求めた。その結果, 視標が大きくなるとともに自覚的検査による調節力は増加したが, 他覚的検査による調節力は変化しなかった。次に, 調節の加齢変化については, 15~58歳の92名92眼を対象として同様の自覚的および他覚的検査による調節力を測定した。その結果, 加齢とともに自覚的検査による調節力と他覚的検査による調節力はいずれも減少し, 44歳までは後者は前者より2.2~2.5 diopter (D) 小さい値を示し, 45歳以上は1.2~1.4 D 小さい値を示した。(日眼会誌 97: 614-618, 1993)

キーワード: 調節, 加齢変化, 視標, オートレフケラトメータ, VDT 近点計

Aging Changes in Accommodation

—Comparison of Subjective Method with Objective Method—

Kumiko Toshida¹⁾, Fumio Okuyama¹⁾, Takashi Tokoro¹⁾
and Yasuko Akizawa²⁾

¹⁾Department of Ophthalmology, Tokyo Medical and Dental University School of Medicine

²⁾Eye Clinic, Tokyo Metropolitan Toshima General Hospital

Abstract

We investigated age-related changes in accommodation of the human eye by measuring the subjective amplitude of accommodation with a Visual Display Terminals Accommodometer (Toyo-Medical NP-200) and the objective amplitude with an Auto Refkeratometer (Canon, RK-1). The accommodative responses of 5 normal eyes of 5 subjects ranging from 29 to 32 years of age were measured with 6 different sizes of targets. A distinct tendency for the subjective amplitude of accommodation to increase was observed with the targets of larger sizes, but no definite tendency was found in the objective amplitude. The accommodative responses of 92 normal eyes of 92 subjects ranging from 15 to 58 years of age were measured. Both the subjective and objective amplitude of accommodation decreased with aging. In subjects under 44 years of age, the objective amplitude was 2.2~2.5D less than the subjective amplitude, but over 45 the difference between the subjective and objective amplitude was 1.2~1.4D. (J Jpn Ophthalmol Soc 97: 614-618, 1993)

Key words: Accommodation, Age-related changes, Target, Auto Refkeratometer, VDT Accommodometer

別刷請求先: 113 文京区湯島1-5-45 東京医科歯科大学医学部眼科学教室 土信田久美子
(平成3年12月27日受付, 平成4年11月26日改訂受理)

Reprint requests to: Kumiko Toshida, M.D. Department of Ophthalmology, Tokyo Medical and Dental University School of Medicine, 1-5-45 Yushima, Bunkyo-ku, 113, Japan

(Received December 27, 1991 and accepted in revised form November 26, 1992)

I 緒 言

加齢に伴う調節力の低下は、従来の自覚的な測定による Donders や Duane らの報告¹⁾からよく知られている。調節力は、実際に視標が鮮明に見える範囲を屈折力で表したもので、その測定には自覚的調節検査が使われている。しかし、この自覚的検査による測定値は視標の大きさ、瞳孔径による焦点深度や被検者の判断力などに影響され客観性に欠ける場合がある。一方、他覚的検査は主に水晶体の屈折力の変化を測定しているため、直接的な焦点深度などの影響はない。最近本邦で、鵜飼ら²⁾などが赤外線オプトメーターを使用して他覚的検査による調節力を測定しているが、これに類似した加齢に伴う他覚的検査による調節力に関する報告^{3)~5)}は少ない。そこで今回、我々は他覚的検査として市販のオートレフケラトメータを用い、これに試作した視標移動装置を取り付け、光学的視標ではなく実際の視標を用いて調節力を測定した。我々は、まず6種類の大きさの視標を用いて、市販の機器により測定された自覚的検査による調節力と試作した視標移動装置を用いて得られた他覚的検査⁶⁾による調節力とを比較し、視標の差による調節力の違いについて検討した(実験1)。次に、正常者の調節力の加齢変化を実験1と同様の自覚的検査と他覚的検査で比較検討し(実験2)、興味ある結果が得られたので報告する。

II 実験方法

自覚的検査による近点および遠点は、VDT 近点計(東洋メディカル製、NP-200)を用い、片眼遮閉にて測定した。近点が40 cmより遠方にある遠視眼や遠点を測定する場合は、眼前12 mmに球面レンズを付加して、これらから求められた近点と遠点から調節力を求め、これを自覚的検査による調節力とした。

他覚的検査には、市販のオートレフケラトメータ(キャノン製、RK-1)を使用した。この測定光軸上の対物レンズと被験眼の間で、角膜頂点から18 mm前方に45°の傾きで赤外線ダイクロックミラーを取り付け、これにより屈折測定用の赤外光と注視視標からの可視光を分離した(図1A)。この装置の視標と被験眼との最大距離は50 cmである。測定手順は、まず被験眼の角膜頂点を基準とし2 diopter(D)の調節刺激(眼前50 cm)を与えて自覚的にボケの有無を確かめ、ボケがない場合は、視標を被験眼に徐々に近づけて屈折値を求め、最も近視よりの屈折値の逆数を他覚的検査による近点

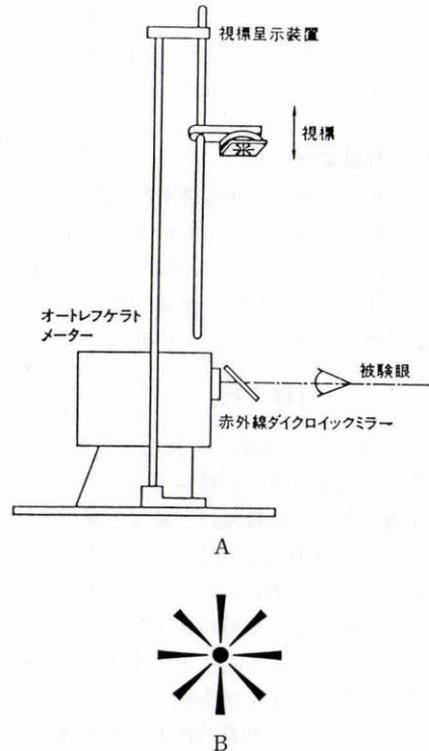


図1 測定装置と視標。

A: 測定装置図, B: 視標. 全長5.0 mm, 7.0 mm, 10.5 mm, 13.5 mm, 17.5 mm, 26.0 mmの6種類の大きさの視標を用いた。

とした。ボケがある場合は、ミラーから視標側に12 mm離れたところに+2 Dの球面レンズを付加して眼前50 cmの視標にボケがないことを確かめ、同様に測定し近点を求めた。なお、付加した球面レンズはオートレフケラトメータの測定光軸上にないため測定値に影響を与えない。そして、できるだけ遠方を見た状態で測定した屈折値の逆数を他覚的検査による遠点とした。このようにして求めた近点と遠点とから調節力を計算し、これを他覚的検査による調節力とした。なお、屈折値はすべてオートレフケラトメータで内部処理された後の屈折値を使用し、乱視がある場合は等値球面屈折度を使用した。片眼測定を5回繰り返して、測定値はその平均値とした。

実験1. 視標への依存性

対象は、軽度の屈折異常以外に眼疾患を認めない29~32歳の男女5名5眼で、屈折異常は±0.5 D以内、裸眼視力は1.0以上のものとした。注視視標には図1Bの放射線チャートと相似形で大きさの異なる6種類

のものを用いて、自覚的および他覚的検査から調節力を求めた。視標の放射線の全長は、5.0 mm, 7.0 mm, 10.5 mm, 13.0 mm, 17.5 mm, 26.0 mm の6種類とした。

実験2. 加齢変化

対象は、軽度の屈折以外に眼疾患を認めない15~58歳の男女92名92眼で、屈折異常は ± 1.0 D以内、裸眼視力は0.8以上とした。注視視標は自覚的検査ではVDT近点計の視標を用い、他覚的検査では実験1で使用した視標のうちの全長17.5 mmの視標を用いた。

III 結 果

図2は、全長17.5 mmの視標を用いた18歳女性左眼の調節の他覚的検査の記録例である。横軸は与えた調節刺激量(As)を、縦軸は調節反応量(Ar)を示している。他覚的検査による遠点は測定方法で述べた手順で求め、他覚的検査による近点は調節刺激に対して調節反応が飽和に達した時の屈折度の逆数で求めた。この症例では遠点および近点を屈折度で表すと、0.1 Dと7.5 Dとなり、他覚的検査による調節力は7.4 Dとなる。このようにして他覚的検査による調節力をそれぞれの症例で求めた。

表1は、実験1の視標の大きさによる自覚的および他覚的検査による調節力の平均と標準偏差を示した。この結果から、視標が大きくなるにつれて自覚的検査による調節力は大きくなり、全長26.0 mmの視標を用いた自覚的検査による調節力は全長5.0 mmの視標を用いたものに対し有意に大きい値であった(p<

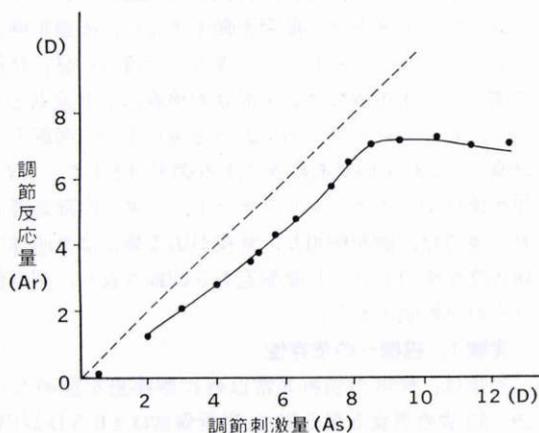


図2 他覚的検査の記録例。

18歳女性の左眼、左眼視力=1.2 (1.5 \times -0.5 D)

0.05)。他覚的検査による調節力は視標の大きさの変化による有意差を認めなかった。

表2は、実験2の調節の年齢変化を表し、これを図示したのが図3である。自覚的および他覚的検査によ

表1 視標の大きさと調節力の関係

視標の全長 (mm)	自覚的検査による調節力(D)	他覚的検査による調節力(D)	自覚的検査と他覚的検査による調節力の差(D)
5.0	6.4 \pm 1.14	5.1 \pm 0.61	1.3 \pm 0.61
7.0	6.8 \pm 1.41	5.1 \pm 0.63	1.7 \pm 0.87
10.5	7.0 \pm 1.36	5.1 \pm 0.63	2.0 \pm 0.85
13.0	7.4 \pm 1.31	5.1 \pm 0.55	2.3 \pm 0.88
17.5	7.9 \pm 1.56	5.0 \pm 0.61	2.9 \pm 1.10
26.0	8.6 \pm 1.86	5.0 \pm 0.58	3.5 \pm 1.45

表2 調節の加齢変化

年齢 (歳)	眼数	自覚的検査による調節力(D)	他覚的検査による調節力(D)	自覚的検査と他覚的検査による調節力の差(D)
15~19	14	9.4 \pm 0.97	7.2 \pm 0.66	2.4 \pm 0.42
20~24	9	9.1 \pm 0.82	6.5 \pm 0.66	2.5 \pm 0.39
25~29	10	7.8 \pm 0.92	5.5 \pm 0.85	2.3 \pm 0.57
30~34	13	7.3 \pm 0.62	4.8 \pm 0.65	2.5 \pm 0.52
35~39	15	5.1 \pm 0.97	2.8 \pm 0.59	2.3 \pm 0.58
40~44	13	4.5 \pm 0.79	2.4 \pm 0.84	2.2 \pm 0.56
45~49	9	2.4 \pm 0.53	1.1 \pm 0.75	1.4 \pm 0.46
50~	9	1.5 \pm 0.36	0.2 \pm 0.14	1.2 \pm 0.39

個人データの自覚的測定の標準偏差は遠点で0.21 D以下、近点で0.45 D以下、他覚的測定の標準偏差は遠点で0.23 D以下、近点で0.44 D以下。

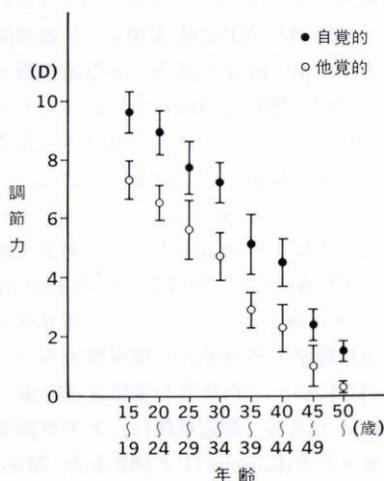


図3 自覚的および他覚的検査における調節力の年齢変化。

バーは標準偏差

る調節力は、加齢と共に低下した。15～44歳では、各年齢層における他覚的検査による調節力は自覚的検査によるものより2.2～2.5D小さい値を示し、前者は後者より有意に小さい値であった($p < 0.001$)。45～49歳と50歳以上のグループでは、これらの差はそれぞれ1.4D、1.2Dであり、40～44歳のグループより有意に小さい値を示した($p < 0.001$)。

IV 考 按

1. 調節の視標への依存性

調節は、視標の大きさや形、輝度、色などに影響されるといわれている^{7)~11)}。今回、調節の加齢変化を測定するにあたって、実験1で視標の大きさが調節にどのような影響を及ぼすかを調べてみた。その結果、視標が大きくなるにつれて自覚的検査による調節力は大きくなったが、他覚的検査による調節力は視標の大きさにより有意差を認めなかった。自覚的測定は大島¹²⁾の報告と同様の結果であり、焦点深度による影響が大きいと考えられる。一方、他覚的側定は主に実際の視標の距離による刺激をもとに調節反応を起こし、視標の大きさつまり視角による影響をあまり受けなかったと思われる。今回の被検者はまだ十分な調節力を有する年代であるため、今後他の年齢層でも比較する必要があると思われる。三輪ら⁸⁾は直線の幅が狭い視標ほど調節反応量は大きいと報告し、西山ら⁹⁾も5Dの調節刺激を与えたとき、小さな視標ほど調節反応量は大きいと報告したが、八木沼ら¹⁰⁾は、35歳以上では視標の視角の増大に伴い調節反応量が増加するが、30歳以前では一定の傾向を示さないと報告した。それらの報告は今回の結果とやや異なるように思われるが、それらは一定の調節刺激での調節反応量を測定しているのに対し、今回は視標を徐々に被験眼に近づけて各人の最大の調節反応量を測定してそれから調節力を求めた。また、三輪らは黒線、西山らは黒地白十字、八木沼らは円を視標に用いたが、今回は調節の手掛かりをつかみやすいように中心に黒点をもつ放射線チャート¹¹⁾を視標として用いた。つまり、それらと今回の結果は、側定条件も実際に測定しているものも違うため比較しづらいと思われる。これから、今回の他覚的検査による調節力は、視標の大きさの影響を受けずに一定しており、かなりの信頼性があると思われる。

2. 調節の加齢変化

鵜飼ら²⁾が光学的内部視標を用いたアコモドメーター(ニデック製、AA 2000)を開発して以来、これを用いて蒲山ら³⁾や西田⁴⁾が他覚的検査による調節の加齢変化を求めて報告した。これらの報告では同じ被検者に対して自覚的検査による調節力も測定している。蒲山らは自覚的検査をこのアコモドメーターを用い、同装置に内蔵されている視標を使って測定したが、西田は自覚的検査を我々と同じVDT近点計(NP-200)を用いて測定した。そこで我々の結果と西田の報告を比較すると、我々の測定値は自覚的検査に比べて他覚的検査による調節力が44歳までは2.2～2.5D、45歳以上は1.2～1.4D小さい値を示したが、西田の結果は他覚的検査の値は自覚的検査から年齢を問わず2～3D小さい値を示し、44歳まで両者はほぼ同様の結果となった。45～49歳の他覚的検査による調節力は、我々は1.1D、西田は0.5D以下としており、このことは、44歳までは光学的内部視標と実際の外部視標とでは調節量はほぼ同じであり、45～49歳は外部視標の方が調節量が大きいと考えられる。一方、蒲山らの年齢別の他覚的検査による調節力は、19歳未満では7.6D、20～24歳5.9D、25～29歳5.6D、30～34歳4.2D、35～39歳3.0D、40歳以上0.9Dと報告している。我々の結果と比べると、19歳未満と35～39歳は我々の結果の方が小さいが、その他の年齢層では等しいか我々の方が大きな値を示した。この結果は西田の結果とやや異なる。従来、光学的内部視標に比べて外部視標の方が調節反応量は大きいとの報告¹³⁾もあるので、蒲山らの成績の方が妥当性が高いと考えられる。

また、自覚的検査による調節力が他覚的検査のそれより常に大きい値を示すのは、自覚的検査には、焦点深度、水晶体以外の屈折因子、視標の違いや判断力を含む中枢の機能などの影響があると思われる。またこの差は、45歳以上では1.2～1.4Dと44歳までの2.2～2.5Dに比べて有意に小さい値を示している。これは自覚的検査における判断力などが関与していると推測される。また、Fisher¹⁴⁾¹⁵⁾によれば、30歳を越えて50歳まで最大の調節をするのに必要な毛様体筋の収縮力は上昇し、加齢による調節変化は水晶体の硬化が主因とされている。この毛様体筋の収縮力の増加が他覚的検査による調節力つまり水晶体の屈折力の変化に関係しているかどうか今後検討が必要と思われる。

文 献

- 1) 所 敬：屈折異常とその矯正。東京、金原出版、175、1988。
- 2) 鵜飼一彦、石川 哲：調節の準静的特性。日眼会誌 87：1428—1434、1983。

- 3) 蒲山俊夫, 伏屋陽子, 宮崎仁志: 調節の準静的特性における正常者の加齢変化. 日眼会誌 91: 494—497, 1987.
- 4) 西田祥蔵: 眼組織の老化と調節. 日眼会誌 94: 93—118, 1990.
- 5) 中村芳子, 近江源次郎, 木下 茂: 自覚的訴えを持たないVDT作業者の調節・瞳孔特性とその加齢変化. 日眼会誌 95: 1109—1116, 1991.
- 6) 百野伊恵, 奥山文雄, 所 敬, 秋澤尉子: 屈折異常眼の調節. 日眼会誌 94: 286—293, 1990.
- 7) **Toates FM**: Accommodation function of the human eye. *Physiological Reviews* 52: 828—863, 1972.
- 8) 三輪 隆, 奥山文雄, 所 敬: 視標条件の調節に及ぼす影響. 眼紀 38: 1168—1171, 1987.
- 9) 西山文子, 奥山文雄, 吉野幸夫, 所 敬: 室内照度および視標の変化が調節量に及ぼす影響. 眼紀 34: 1535—1539, 1983.
- 10) 八木沼康之, 齋藤 進, 金田一男, 福田忠彦: 調節に影響を与える諸因子の検討. 日眼会誌 92: 1573—1576, 1988.
- 11) **Kruger PB, Pola J**: Stimuli for accommodation: Blur, chromatic aberration and size. *Vision Res* 26: 957—971, 1986.
- 12) 大島祐之: 調節近点, 焦点深度ならびに近点視標について. 日眼会誌 59: 6—11, 1955.
- 13) 丸本達也: 視標呈示方法の違いによる調節応答特性の変化と加齢要因. 日眼会誌 94: 197—202, 1990.
- 14) **Fisher RF**: The mechanisms of accommodation in relation to presbyopia. *Eye* 2: 646—649, 1988.
- 15) **Fisher RF**: The force of contraction of the human ciliary muscle during accommodation. *J Physiol* 270: 51—74, 1977.