

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

丸 本 達 也

横浜市立大学医学部眼科学教室

要 約

赤外線オプトメーターを使用して他覚的調節力の測定を行なう際、内部視標使用と外部視標使用という視標の呈示方法の違いによって、単眼視下での調節がどのように影響を受けるかを知る目的で、年齢による変化の評価を行ない検討した。対象は眼疾患の認められない11名で、測定にはオートレフラクトメーター (NIDEK AR 1100)の改良型にマイクロコンピュータを接続した調節測定装置を用いた。調節反応量、調節緊張速度、調節弛緩速度においては外部視標の場合の方が内部視標の場合よりも大であり、特に40歳代では、20歳代に比較して内部指標における低下が著しかった。以上より自然視に近い状況における調節力を測定するためには、手がかりが少ない内部視標よりも手がかりが多い外部視標の方が有利であり、内部視標のみの値を標準値として採用することには注意が必要であることが示唆された。(日眼会誌 94:197-202, 1990)

キーワード：調節、赤外線オプトメーター、内部視標、外部視標

The Influence of Aging and Defferent Type of Targets on Eye Accommodation

Tatsuya Marumoto

Department of Ophthalmology, Yokohama City University school of Medicine

Abstract

The influence of aging and a couple of external and internal targets on eye accommodation under monocular vision using an infrared optometer were studied. The subjects were 11 healthy adults aged 20~40. In comparison with using internal targets, the amount of accommodative response, tension velocity for accommodation and relaxation velocity for accommodation showed a tendency to increase when using an external target. In particular, these tendencies showed a predominancy in middle-aged subjects. It is suggested that external targets gives some more precise information concerning eye accommodation. In using internal targets, instrument myopia and psycho-physiological factors might bring about a disturbance of reproducibility during eye accommodation. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 94:197-202, 1990)

Key words: Accommodation, Infrared ray optometer, External targets, Internal targets

別刷請求先：232 横浜市南区浦舟町3-46 横浜市立大学医学部眼科学教室 丸本 達也

(平成元年5月15日受付、平成元年9月2日改訂受理)

Reprint request to: Tatsuya Marumoto, M.D. Dept. of Ophthalmol., Yokohama City Univ. School of Med. 3-46 Urafune-cho, Minami-ku, Yokohama 232, Japan

(Received May 15, 1989 and accepted in revised form September 2, 1989)

I 緒 言

赤外線オプトメーターによる他覚的調節力の測定を行なうに際し、器械本体に内蔵されている視標（内部視標）を用いての報告が多く、外部視標による調節力測定は少ない¹⁾。既に著者らは外部視標を工夫して視標の輝度²⁾、色光³⁾、大きさ⁴⁾について検討を加え、外部視標の興味ある点について報告した。

今回、内部視標使用と外部視標使用という視標の呈示方法の違いによって、単眼視下での調節がどのように影響を受けるかを、年齢による変化の評価を行ない検討したので報告する。

II 実験方法

1. 被検者

軽度屈折異常以外に眼疾患の認められない2群、即ち20歳代群7名、40歳代群4名、合計11名を対象とした。(表1、表2)。

2. 方法

測定にはオートレフラクトメーター（NIDEK AR 1100）の改良型にマイクロコンピュータを接続した調節測定装置を用いた。内部視標は装置に内蔵されて

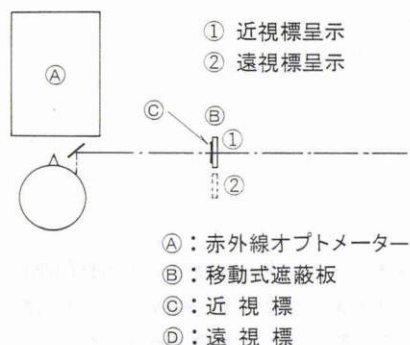


図1 装置配置図（外部視標）

いるスターバースト型のもの（視角3度、輝度55.9cd/m²、コントラスト0.98）を使用して2Dと0.2Dの位置に視標を呈示し、10秒間隔のステップ応答をそれぞれ5回、単眼視下にて行なった。一方、外部視標の場合は、近視標、遠視表ともにランドルト環を使用し（視角3度）、ダイクロックミラーを使用して、内部視標と同じ刺激量となるように設定して、同様に10秒間隔でそれぞれ5回測定した（図1）。なお測定信号は、連続的にペンレコーダーに出力した。また、測定は完全矯正下にて行なった。

3. 解析

図2の様に、調節反応量（A）、調節緊張速度（B）、調節弛緩速度（C）、潜時（D）、調節整定時間（E）の5項目について行なった。また、有意差の検定はt-テストを使用した。

III 結 果

1. 調節反応量（図3）

20歳代、40歳代とも外部視標の場合の方が内部視標の場合よりも調節反応量は大きかった。また40歳代の内部視標の場合では調節刺激量1.8Dに対して調節反応量は37.2%に相当し、20歳代の70.6%に比較して低下していた（ $p < 0.05$ ）。

2. 調節緊張速度（図4）

20歳代、40歳代とも外部視標の方が内部視標より大きかった。また、40歳代では20歳代に比較して、内部視標、外部視標とも調節緊張速度は低下していた（内部視標： $p < 0.05$ 、外部視標： $p < 0.01$ ）。

3. 調節弛緩速度（図5）

20歳代、40歳代とも外部視標の方が内部視標より大きかった（ $p < 0.05$ ）。

また、40歳代では20歳代に比較して、内部視標、外

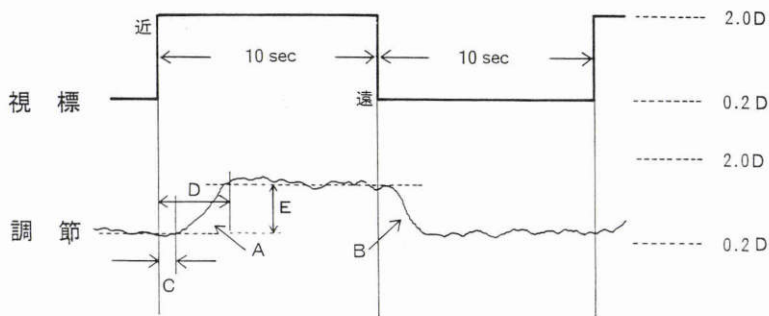
表1 対 象

屈折異常以外に眼疾患の認められない11名

	人数	年 齢 (歳)	性 別	屈折度 (D)
20代群	7	25.6±1.6	男4, 女3	-0.61±0.46
40代群	4	42.8±1.5	男2, 女2	-0.56±0.27

表2 被験者の屈折度及び調節力

症例	年齢	視力・屈折度(右眼)	調節力(D)
A	28	0.7 (1.5×-1.50D)	10.3
B	25	1.0 (1.5×-0.50D)	9.8
C	23	1.0 (1.5×-0.50D)	10.2
D	26	0.8 (1.5×-1.00D)	10.4
E	27	1.0 (1.5×-0.25D)	9.9
F	26	1.0 (1.5×-0.50D)	10.8
G	24	1.5 (n.c.)	10.6
H	41	1.0 (1.5×-0.50D)	4.4
I	43	0.8 (1.5×-1.00D)	3.8
J	45	1.0 (1.5×-0.50D)	4.2
K	42	1.2 (1.5×-0.25D)	4.8



測定項目

- A: 調節緊張速度
- B: 調節弛緩速度
- C: 潜時
- D: 調節整定時間
- E: 調節反応量

図 2

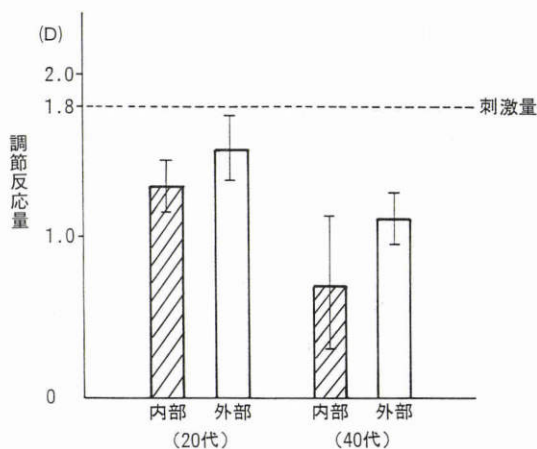


図 3

表 3 潜時, 調節整定時間の変化

		20代 N=7	40代 N=4
潜時 (秒)	内部	0.55±0.13	0.71±0.16
	外部	0.55±0.11	0.58±0.12
調節整定時間 (秒)	内部	1.57±0.39	3.32±0.58
	外部	1.27±0.28	3.13±1.14

* $p < 0.01$

部視標とも調節弛緩速度は低下していた ($p < 0.05$).
特に, 40歳代の内部視標で低下していた.

4. 潜時 (表 3)

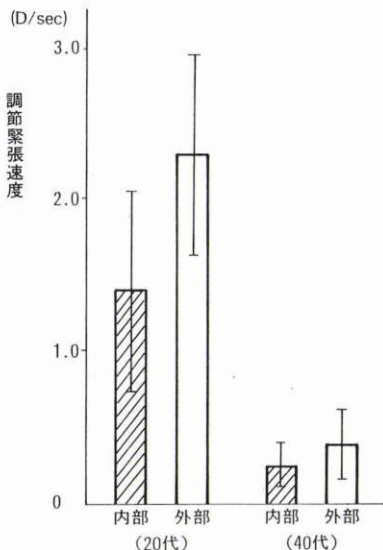


図 4

20歳代, 40歳代とも内部視標, 外部視標で差は認められなかった.

5. 調節整定時間 (表 3)

20歳代, 40歳代とも内部視標, 外部視標で差は認められなかった. 40歳代では20歳代に比較して内部視標, 外部視標とも延長していた ($p < 0.01$).

IV 考 按

ヒト眼の焦点調節機構は輻輳, 瞳孔運動と密接に関

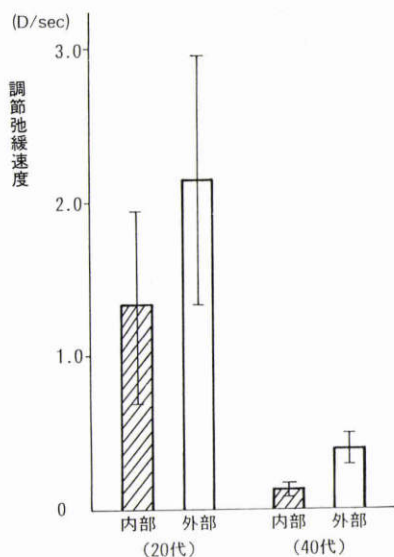


図 5

連しており、近くの物体を注視することに際し、まず輻輳が起こり次いで調節と縮瞳が起こる。これに対し、今回の実験のような単眼視の調節においては、笠井⁵⁾によれば網膜上のボケ信号が唯一の情報源であり、網膜上のボケの程度を知るために網膜像の明るさの分布を微分し、明るさの勾配を検出するという方法がとられているという。ところが、このボケ信号には視標に対して注視点が遠近どちらにボケているのかという情報がないので小さなボケに対しては調節微動によりフィードバックされて屈折力を増減させ安定な制御を行えるが、今回の実験の様にステップ状に2D程度大きく変化させた様な場合には、誤差の符号に関する手がかりが必要となる¹²⁾。手がかりとしては、色収差、球面収差、みかけの大きさなどがある⁵⁾⁶⁾。今回の実験状態は室内輝度が約100cd/m²で、外部視標における光学系はダイクロックミラーを眼前に15mmに1枚使用して

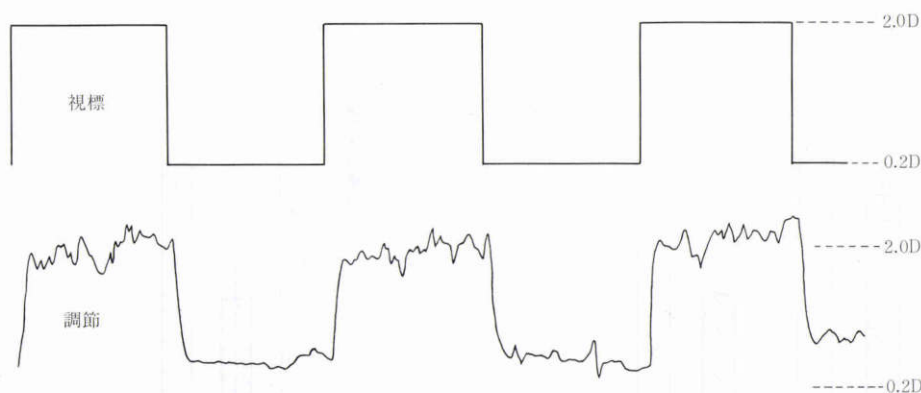


図 6-1 症例43歳女性。外部視標では、調節測定ができる。

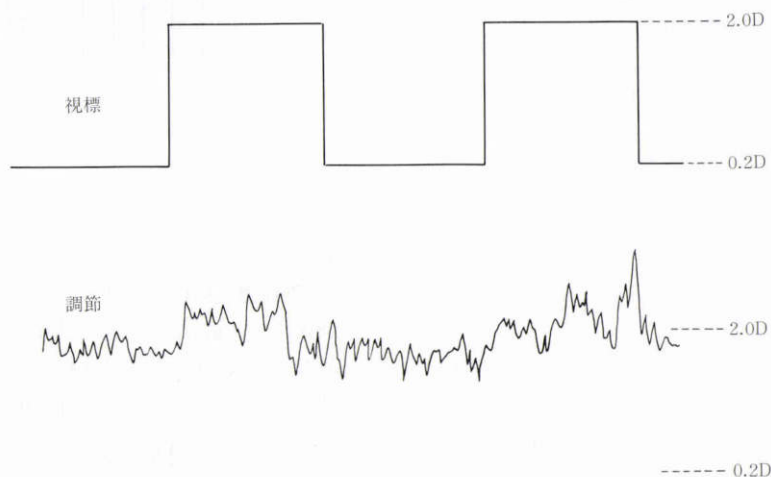


図 6-2 同様の症例であるが、内部視標では調節測定ができない。

表4 各要素に対する外部視標と内部視標の比較
(外部視標/内部視標 $\times 100 - 100$) $\oplus$ は外部視標の増加率を示す

	近位置	調節反応量	緊張速度	弛緩速度
20代 N=7	+29.2*	+18.1*	+60.6*	+62.7*
40代 N=4	+81.8	+61.8	+57.8	+153.3
全体 N=11	+45.7	+35.4	+60.7	+70.6

* $p < 0.05$

(%)

いるだけであるので遠視標と近視標の遠近関係は自然視に近い。一方、内部視標は光学系を用いて視角3度の透過型のものを近視標、遠視標とも使用して視標周囲は暗黒であり、外部視標の場合と比較して手がかりが少なく、また器械近視も起こりやすい状況にあると思われる⁸⁾⁹⁾。また、心理的、生理的要因などの関与も考えられる⁷⁾。

実際、被検者も「内部視標はピントが合わせにくい」、「内部視標は遠近感がなく、検査していて疲れる。」と訴える者が多かった。40歳代の中には外部視標では調節力が測定できるのに、内部視標では調節応答がほとんどみられず、測定できないという被検者もいた(図6)。この点、視標を等速度で移動させる準静的特性は、内部視標であってもボケの変化が少しずつであるので、手がかりがほとんど必要なく、40歳代には有利ではないかと思われる¹³⁾¹⁴⁾。今回、瞳孔径については特に測定せずに自然瞳孔で実験を行なった。瞳孔径の変化もピント合わせには大切な要素であるので今後検討する必要があると思われる¹⁰⁾。

表4は各測定項目において外部視標の方が内部視標よりもどれだけ増加していたか、その増加分を百分率で評価したものである。これを見ると20歳代、40歳代とも各測定項目において外部視標における値の方が内部視標における値よりも大であるということがわかる。即ち、増加分はすべてプラスになっている。20歳代では近位置、調節量に比較して調節緊張速度、調節弛緩速度における増加分の方が大であった。40歳代では調節弛緩速度における増加分が特に大であった。また、この増加分を20歳代と40歳代と比較すると、調節緊張速度ではともに60%程度の増加分であるがその他の項目では40歳代の方が増加分は多かった。すなわち近位置では2.8倍、調節量では3.4倍、調節弛緩速度では2.4倍ほど、外部視標の増加分の方が大であった。このことはステップ応答刺激において、40歳代の方が各測定項目において今回の実験における内部視標と外部視標の違いによって影響を受けやすいとも考えられ、

笠井⁵⁾のいう網膜上のボケ信号の符号を探るというピント合わせの過程で、40歳代においては遠近の手がかりの多い外部視標の方がピント合わせに有利に働いているようである。換言すれば、調節力が低下している中年者にとって自然視に近い状況における調節力を測定するためには、手がかりの少ない内部視標よりも手がかりの多い外部視標の方が有利であり、今まで内部視標を使用して調節力がほとんどないと判定されていたグループでも外部視標を使用すれば測定可能であることがわかり、臨床に適用範囲がさらに広まる可能性があると考ええる。一方、内部視標では測定条件が一定しておりスペースもとらないが、外部視標を用いる装置配置ではスペースをとり、また室内照度を始めとする測定条件の一定化が困難であるという欠点がある¹¹⁾。今後、内部視標において遠近感の手がかりが得られるような条件下での測定が可能になれば、内部視標であっても外部視標でのデータに近いものが得られる可能性があると思われるので、改良が望まれるところである。

稿を終えるにあたり、御指導・御校閲いただきました労働省産業医学総合研究所の斉藤 進先生、山田宏圖前福島医大助教授、河野宗浩横浜市大助教授に深謝いたします。

文 献

- 1) 所 敬, 奥山文雄, 西山文子, 他: 全面開放型赤外線オプ्टメーターの試作, 日本眼光学学会誌 4: 14-19, 1983.
- 2) 八木沼康之, 丸本達也, 斉藤 進, 他: 調節に影響を与える諸因子の検討, 日眼会誌 91: 1180-1185, 1987.
- 3) 丸本達也, 永井 宏, 斉藤 進, 他: 色光の波長特性が調節力に及ぼす影響について, 日眼会誌 92: 121-126, 1988.
- 4) 八木沼康之, 斉藤 進, 金田一男, 他: 調節に影響を与える諸因子の検討, 第2報, 視標の大きさ, 日眼会誌 92: 1573-1576, 1988.
- 5) 笠井 健: 焦点調節における情報処理, 115-136, 生理光学一眼の光学と視覚-応用物理学会, 光学懇話会編, 朝倉書店, 東京, 1975.

- 6) **Campbell FW, Westheimer G**: Influencing accommodation responses in human eye. *J Opt Soc Amer* 49: 568—571, 1959.
- 7) **Schober H**: Die Fernsehbrille KI Mbl Augeneilke 133: 383—387, 1985.
- 8) **中林正雄, 片野隆生**: 器械近視に関する一実験. *眼紀* 16: 884—890, 1965.
- 9) **霜島 正**: 顕微鏡による眼調節(器械近視)I. 種々の条件下に於ける眼調節. *臨眼* 21: 985—990, 1967.
- 10) **奥山文雄, 村松知幸, 所 敬**: 調節・輻輳・瞳孔の同時測定. *日本眼光学学会誌* 6: 80—84, 1985.
- 11) **西信元嗣**: キヤノンオートレフ R1 の使用経験. *日本の眼科* 53: 349, 1982.
- 12) **Jc Kotalak, Cm Schor**: A computation model of the error detector of human visual accommodation. *Biol Cybern*, 5—4, 1986.
- 13) **鵜飼一彦, 石川 哲**: 調節の準静的特性. *日眼会誌* 87: 1428—1434, 1983.
- 14) **蒲田俊夫, 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.

(第93回日眼総会原著)