

加齢・生活環境に適した眼の屈折

—調節機能からみた屈折矯正—

梶田 雅義

福島県立医科大学医学部眼科学講座

Correction of Refractive Errors According to Accommodative Function

Masayoshi Kajita

Department of Ophthalmology, Fukushima Medical University, School of Medicine

視力は生後に発達を開始し、小児期に完成する。また、調節力は調節力が測定できるようになった年齢以降、減少の一途にある。調節力が増加している時期は記録されていない。常に患者の有する調節機能を考慮して屈折異常の矯正を行わなければ、快適な矯正状態を提供することはできない。加齢に伴い刻々と変化する調節力に対して、どのように矯正するのが望ましいかについて一つの考えを述べた。また、調節微動を観察することによって、毛様筋の活動状態を推測することができ、屈折矯正の方法の一つの示唆を与えてくれることが明らかになりつつある。

(視覚の科学 22: 2-6, 2001)

キーワード：屈折異常，屈折矯正，調節，調節微動，調節安静位

Visual acuity starts to develop after birth and completes in a childhood. A range of accommodation has decreased after the age when the range of accommodation can be measured. The term when the range of accommodation increases has never been reported. The function of accommodation should be considered when refractive errors are corrected. Or otherwise a comfortable correction could not be provided. In this paper, one idea for a suitable correction according to a gradually changing accommodation by aging is reported. The activity of the ciliary muscle is presumed by analyzing accommodative microfluctuation. It is found that the result suggests one method for refractive correction.

(Jpn J Vis Sci 22: 2-6, 2001)

Key Words: Refractive error, Correction, Accommodation, Accommodative microfluctuation, Resting state of accommodation

I. はじめに

加齢に伴い調節力は急激に減少し、日常生活のすべての状況に対応できる調節力を維持し得る年齢はおよ

そ45歳までと推定される。そのなかでも社会のIT化が急速に進み、近方視を強要される機会も増加の一途にあり、快適な矯正方法は年齢、生活環境、職業、性格などによって大きく異なる。また、同一の矯正状

別刷請求先：960-1295 福島市光が丘1 福島県立医科大学医学部眼科学講座 梶田雅義
(2001年5月30日受理)

Reprint requests to: Masayoshi Kajita, MD Dept of Ophthalmol, Fukushima Medical Univ, School of Med
1 Hikarigaoka, Fukushima 960-1295, Japan
(Received and accepted May 30, 2001)

態で、どのくらいの期間快適さを持続できるかを考えると、屈折矯正に対する考えは更に複雑になる。情報化社会に適応するために、症例に応じて適切な視覚を提供できるように、屈折・調節・矯正に関する知識を十分に習得することは極めて重要である。

II. 年齢・調節曲線

年齢と調節力の関係は諸家の報告にみられるように(図1)、加齢に伴って急速に減少している。屈折矯正を考えると、患者がどの程度の調節力を有しているかを把握することは大変重要である。一般には既報告の年齢・調節曲線を参照することで十分ではあるが、「疲れやすい」、「近方作業に集中できない」などの訴えがある場合には、調節機能検査を行う必要がある。

III. 対象年齢による矯正の考え方

1. 乳幼児の矯正

視力は生後に発達を開始し(図2)、およそ6歳ごろに成人と同じ視力値に到達し、9~11歳ごろに完成するといわれている。6歳以前になんらかの理由で、網膜に正しい像が結ばれていなければ、弱視になる。また、6歳までに成長した視力も、その後、9~11歳ごろまで鮮明な網膜像が維持されなければ、視力は退化す

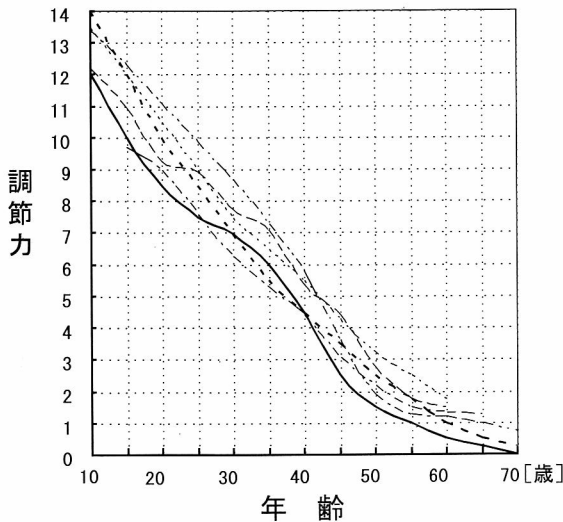


図1 年齢・調節曲線
諸家の報告した年齢調節曲線をまとめて表示した。
——: 石原, ----: 矢野, - · - ·: 福田,
· · · ·: Donders, ·····: Clarke,
- - - -: Duane
文献4)より引用

る。したがって、幼児では視力発達を促す矯正に心掛けなければならない。この時期の矯正の対象になる屈折異常は遠視と乱視である。近視眼は良好な近方視力が得られるので、よほど強い近視でない限り、矯正の対象になることはない。

この時期は新しい環境への順応が早いので、成人では装用不可能のような強度の遠視や乱視の矯正眼鏡も容易に装用できる。自覚的な視力が測定できないので、屈折異常の矯正はできる限り完全矯正を目標とする。一般に乱視は完全に矯正し、遠視は、乳児では近方視を重視して過矯正に、幼児では0.25~0.75 D程度弱めに処方されている。眼鏡枠も乳児に適した玉型を有するものも市販されている(図3)。

2. 児童・生徒の矯正

児童は視力発達の延長線上にある。児童・生徒には、学校や自宅での学習に支障を来さない矯正を考えなければならない。一般に教室で板書を明視するのに必要な視力値は、最後列で0.7以上、最前列中央で0.3といわれている。また、この時期は体型の急激な成長期にあり、瞳孔間距離も急激な成長期にあり、急激に延長する(図4)。眼鏡検診のときには、屈折度数のみで

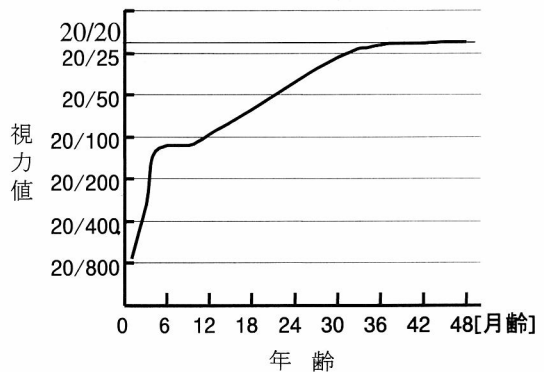


図2 生後の視力発達曲線

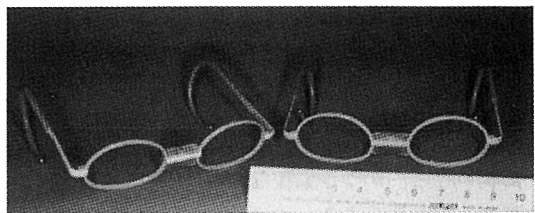


図3 乳児の眼鏡枠
玉型が成人の逆さになっており、抱かれて母親の顔が見やすいと同時に、頬に眼鏡枠が触れるのを防ぐ。

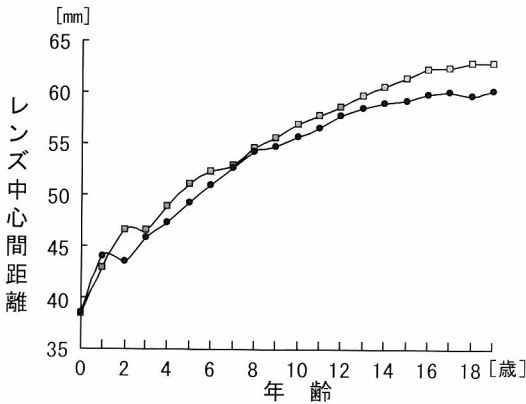


図4 年齢と瞳孔間距離
当科で処方した8,400名の眼鏡処方箋から調査した瞳孔間距離
—□— 男性, —●— 女性

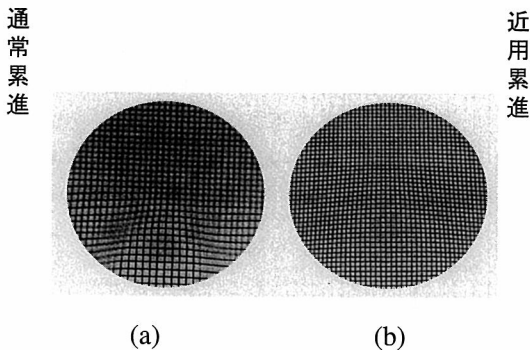


図5 累進屈折力レンズ
(a) 遠近累進屈折力レンズ, (b) 近用累進屈折力レンズ
近用屈折力レンズの方が近用部が安定しており面積も広い。

なく、瞳孔間距離にも注意を払わなくてはならない(図5)。また、身体の活発な活動が予想される時期でもあるので、眼鏡枠は外力によって容易に変形するメタル枠などは選択しないように指導する。セル枠あるいは形状記憶合金枠などが望ましい。

3. 受験生の矯正

受験生は特殊な環境下にあると考える必要がある。すなわち、1日の生活時間に占める近方視の時間が極端に長いこと、かつ予備校などの大教室で板書を十分に読みとる必要がある。つまり、近方視時に負担の少ない眼鏡度数を選べば、十分な遠方視力が得られない。このような苦情を訴える受験生には、visual display terminal (以下 VDT) 作業用に開発された近用

累進屈折力レンズの装用が奏効する。すなわち、遠用部の面積は狭いが、遠くから板書を集中的に見るのには問題はなく、広い近用部を有しているので、自宅での学習には適している。著者は遠用部をほぼ完全矯正(満足できる限り遠視側)に設定し、近用部に +1.00 D 加入した近々累進眼鏡を、受験道具の一つと説明して勧めている。とくに、裸眼視力が良好で、学習に集中できないと訴える受験生には、遠用度数が 0 D で、近用に +1.00 D を加入したものが奏効する²⁻⁵⁾。近用累進屈折力レンズの処方とは異なり、レンズ下方(近用部)の屈折度を主度数とし、遠用にマイナス度数を加入する形式で処方箋を作成する。

4. 成人の矯正

この時期には調節力が急激に低下するとともに、調節の緊張時間、および弛緩時間が急激に延長する時期でもある。調節弛緩時間の延長を訴える症例や、長時間続く近業作業によって眼の疲れや頭痛・肩こりを訴える症例には、累進屈折力レンズを用いた調節補助具としての眼鏡装用が有用である。現在、提供されている累進屈折力レンズには遠近累進屈折力レンズ、中近累進屈折力レンズ、および近用累進屈折力レンズがある^{6,7)}。

遠方視も近方視もほぼ同程度に必要とする屋外作業の多い症例や営業職などでは、遠近累進屈折力レンズが、机上での作業の多い室内作業者では中近累進屈折力レンズの装用が快適である。また、VDT 作業などで長時間の近業が多い作業者では近用累進屈折力レンズがよい(図5)。中近累進や近用累進屈折力レンズを処方する場合には、外出時に装用する低加入度数の遠近累進屈折力レンズを併用する。

5. 中高齢者の矯正

この時期の特徴は調節力がほとんどなく、単焦点レンズで対応するのは困難である。新しい矯正状態への適応にも時間がかかるので、これまでどのような矯正を行ってきたかが、これからの矯正に大きく影響する。すなわち、完全矯正のレンズに慣れているものは最良の遠方視力を提供しないと満足できないし、二重焦点レンズを愛用してきたものは累進屈折力レンズには慣れにくい。それでいて、二重焦点レンズでは中間距離に不満を訴えるなど、快適な眼鏡処方に苦慮する。このような場合、常用眼鏡として、加入度数が 2.00 D 前後の累進帯の短い累進屈折力レンズと専用の近用眼鏡を併用させると満足できることも多い。

IV. 調節微動からみた屈折矯正

私達が一定の距離の物体を見ているとき、自覚的には一定の調節を維持しており、安定した屈折状態にあると感じているが、経時的に他覚的屈折値を記録すると、屈折値の揺れが観察される。この揺れは調節微動と呼ばれる⁸⁻¹⁸⁾。調節微動の意味ある周波数帯として低周波成分(0.6 Hz 未満)と高周波成分(1.0~2.3 Hz)が報告されており、低周波成分は調節そのものの運動によって生じ、高周波成分は毛様筋の収縮時に生じる振蕩が水晶体に伝わり屈折力の揺らぎとなってあらわれる。すなわち、調節微動の高周波成分は毛様筋の活動状態を反映すると考えられる。

呈示位置の異なる8個の静止視標に対する正常者の調節反応量と調節微動の高周波成分出現頻度(高周波頻度値)の関係を記録すると、図6のようになる¹⁹⁻²²⁾。すなわち、高周波頻度値の最小値はわずかに調節したところで生じ、この付近に調節安静位が存在することが推測される^{23,24)}。それよりも遠方にピントを合わせても、近くにピントを合わせても高周波頻度値は増加する。調節安静位と考えられる位置から徐々に近方にピントを移すと、高周波頻度値は調節反応量の増加に伴って徐々に増加し、2.5 D 程度調節すると高周波頻度値はほぼ飽和状態になる²⁵⁾。これまでの調査から、著者が定義した高周波頻度値は、毛様筋に負担がかかっていないときには50前後の値をとり、毛様筋に強い緊張が加わった状態では70前後の値をとることがわかっている。

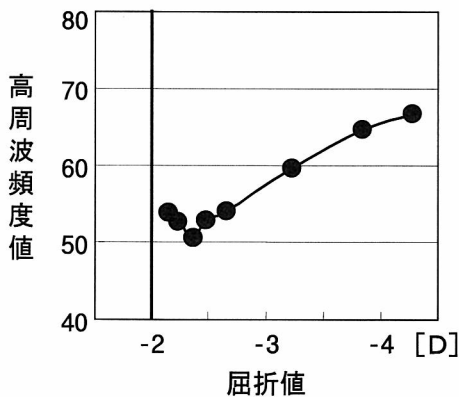


図6 正常者の調節反応量と高周波頻度値
オートレフ値よりも近視側にあり、オートレフ値に調節の関与が少ないと考えられる。-2.75 Dよりも遠方にピントが合っているときの高周波頻度値は低い値をとる。

眼疲労を訴えて受診した40歳代前半の2症例の調節反応量と高周波頻度値の関係を示す(図7,8)。症例1,2はそれぞれ-1.75 D, -2.00 D の眼鏡を装着していた。オートレフメータを用いて測定した他覚的屈折値(以下 オートレフ値)はともに -2.00 D の近視眼であったが、高周波頻度値は異なっていた。症例1では測定中にオートレフ値よりも弱い近視屈折値が記録され、オートレフ値に調節が介入していたことがわかる。更に遠方視の屈折状態でも高周波頻度値はすでに60をこえ、実空間にピントを合わせている限り、毛様筋に強い緊張が持続していることが推測できる。

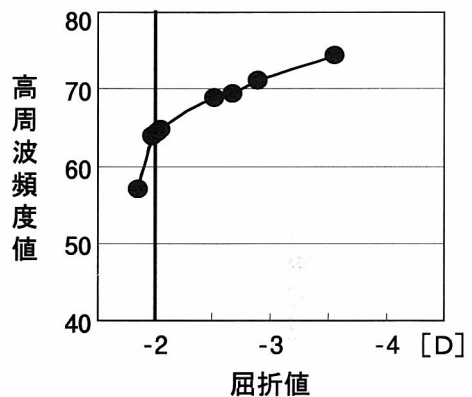


図7 症例1の調節反応量と高周波頻度値
オートレフ値よりも遠視側に検出され、オートレフ値に調節が関与していることがわかる。-1.75 D の自己眼鏡を装着した状態では、遠方視をしているときにも高周波頻度値が高い値をとる。

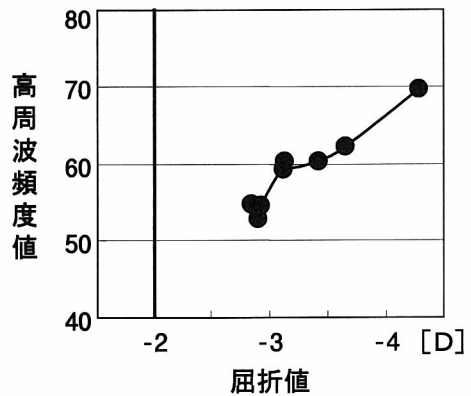


図8 症例2の調節反応量と高周波頻度値
オートレフ値よりも近視側にあり、オートレフ値に調節の関与は少ない。正常者よりも近視側にシフトしているが正常者とほぼ同じパターンを呈している。

これに対して症例2では、測定中の屈折状態がオートレフ値よりも近視側に位置し、オートレフ値にはあまり調節が介入していなかったことがわかる。-2.50~-2.75 D あたりに調節安静位が観察された。この2症例の訴えはともに眼の疲れであったが、疲れの原因は全く異なっていると考えられ、おのずとその治療法も異なる。症例1では近視眼鏡の過矯正が考えられ、遠方視での高周波頻度値が低くなるように治療を行わなければならない。このような例に対して、著者は、本人が満足できる最弱の近視度数を遠用に設定し、1.0~1.5 D 程度の累進屈折力レンズを処方し、同時に眼鏡装用が安定するまでの期間、0.025~0.05%濃度のサイプレジンの1日1回点眼を行い、良好な結果を得ている。症例2のような症例は、長時間のVDT作業や近方作業者に多い。このような例に対しては、調節麻痺薬の投与は奏効せず、近業作業時に調節負担を減じるような眼鏡(作業眼鏡)の処方が有効である。

患者の訴えと通常の屈折検査や調節検査ではほとんど同一の症例と考えられるような症例でも、調節微動を観察すると全く異なった症例であることがわかる。眼精疲労の診療では、調節微動からみた毛様筋の活動状態が治療方針に有用な情報を提供してくれることが期待される。

V. おわりに

人が快適と感じる矯正状態には個人差が大きく、このことが屈折矯正を難しくしている。屈折異常の矯正に際しては、患者の調節機能を十分に把握し、それに応じた矯正を行うことが非常に大切である。IT革命の進む現在、見えるだけの矯正ではなく、快適な矯正が提供できるような研鑽を積まなければならない。

本総説の内容は第104回日本眼科学会総会のシンポジウムで講演した。

文 献

- 1) 湖崎 克：小児の眼鏡処方。あたらしい眼科 9: 11-18, 1992.
- 2) 所 敬：軽度遠視に対する眼鏡矯正について。眼紀 35: 1698-1703, 1984.
- 3) 梶田雅義, 山田文子他：両眼同時雲霧法の評価。視覚の科

- 学(日本眼科学学会誌) 20: 11-14, 1999.
- 4) 梶田雅義：単焦点レンズ処方。眼科 41: 621-627, 1999.
- 5) 梶田雅義：近用専用と遠近両用眼鏡の処方。眼科診療プラクティス 49: 36-40, 1999.
- 6) 加藤桂一郎：近用眼鏡(老眼鏡)の処方。あたらしい眼科 9: 25-32, 1992.
- 7) 西信元嗣：調節と老視。眼科 Mook 29, 9-15, 金原出版, 東京, 1986.
- 8) Campbell FW, Rebsor JG & Westheimer G: Fluctuations of accommodation under steady viewing conditions. J Physiol 145: 579-585, 1959.
- 9) 鈴村昭弘：微動調節の研究。日眼会誌 79: 1257-1271, 1975.
- 10) 鈴村昭弘：空間における動体視知覚の動揺と視覚適正の開発。日眼会誌 75: 1974-2006, 1971.
- 11) 鈴村昭弘：眼精疲労の研究—眼圧と調節機能との関係について—。眼紀 29: 237-254, 1978.
- 12) 鈴村昭弘, 小林明美：微動調節の臨床診断法の研究。眼紀 31: 367-373, 1980.
- 13) Sun F, Brandy S, Nguyen A, Wong M & Stark L: Frequency analysis of accommodation single sinusoids. Ophthalmic Physiol Opt 9: 392-397, 1989.
- 14) Winn B, Pugh JR, Gilmartin B & Owens H: Arterial pulse modulates steady-state ocular accommodation. Curr Eye Res 9: 971-975, 1990.
- 15) Winn B, Pugh JR, Gilmartin B & Owens H: The frequency characteristics of accommodative microfluctuations for central and peripheral zones of the human crystalline lens. Vision Res 30: 1093-1099, 1990.
- 16) Winn B & Gilmartin B: Current perspective on microfluctuations of accommodation. Ophthalmic Physiol Opt 12: 252-256, 1992.
- 17) Gray LS, Winn B & Gilmartin B: Effect of targeted luminance on microfluctuation of accommodation. Ophthalmic Physiol Opt 13: 258-265, 1993.
- 18) Gray LS, Winn B & Gilmartin B: Accommodative microfluctuation and pupil diameter. Vision Res 33: 2083-2090, 1993.
- 19) 南 茂夫, 善利元貞, 桜井捷海：機器分析のためのコンピュータ入門。講談社, 東京, 1982.
- 20) Kawata S, Minami K & Minami S: Superresolution of Fourier Transform Spectroscopy Data by Maximum Entropy Method. Applied Optics 22: 3593-3598, 1983.
- 21) 南 茂夫：波形データ処理。140-165, CQ 出版社, 東京, 1986.
- 22) 梶田雅義, 伊藤由美子, 山田文子, 渡邊まき子, 加藤桂一郎：調節疲労と調節微動。視覚の科学 17: 66-71, 1996.
- 23) 梶田雅義, 伊藤由美子, 佐藤浩之, 小林健太郎, 渡邊まき子, 加藤桂一郎：調節微動による調節安静位の検出。日眼会誌 101: 413-416, 1997.
- 24) 三輪 隆：調節安静位は眼の安静位か。視覚の科学 16: 114-119, 1995.
- 25) 梶田雅義：調節応答と微動。眼科 40: 169-177, 1998.

短時間呈示における最適表示色数

—LED 道路情報板について—

高松 衛, 中嶋芳雄, 中島賛太郎, 加藤象二郎*, 吉原 紳**, 飯塚昌之***
富山大学工学部, *愛知みずほ大学人間科学部, **聖マリアンナ医科大学医学部, ***東京工芸大学工学部

Optimum Number of Display Colors in a Short Time of Presentation

—In Case of LED Traffic Information Board—

Mamoru Takamatsu, Yoshio Nakashima, Santaro Nakajima, Zojiro Katoh*,
Shin Yoshihara** and Masayuki Iizuka***

Faculty of Engineering, Toyama University, *Faculty of Human Sciences,
Aichi Mizuho College, **School of Medicine, St. Marianna University,
***Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Polytechnics

道路情報板は、ドライバーに適切な交通情報をリアルタイムに提供することにより、交通の安全と効率とを確保するという重要な役割を担っている。一方、呈示情報を短時間にかつ正確に提供するためには、視認性や誘目性の観点より、最適な表示色数およびその色度範囲を決定しなければならない。そこで本研究では、カテゴリカルカラー（基本的知覚色）の観点より、道路情報板における最適表示色数を決定するとともに、色識別が最も効果的な各表示色度範囲を求めることをその目的とした。結果より、最適表示色数は9種類であることが明らかとなった。また、これらの各表示色領域は、道路情報板における表示色度範囲決定などの実用面においても大変有用なものといえる。（視覚の科学 22: 7-10, 2001）

キーワード：表示色, 色度図, 道路情報板, 道路視環境, カテゴリカルカラー

Traffic information boards have a vital role in promoting safety and efficient road traffic by providing drivers with relevant traffic information on a real-time basis. To achieve good visibility and eye-catching quality, we must know the optimum number of display colors and ranges of chromaticity so that road users can correctly recognize displayed information in a short time. We aimed to determine the optimum number of display colors based on the categorical color (basic perceived color) technique, as well as to define the chromaticity regions for display colors so that a given color is most effectively discriminated from the others. The results showed that the optimum number of display colors is nine, and categorization of the so-defined nine display colors on the chromaticity diagram is extremely useful in designing traffic information board. (Jpn J Vis Sci 22: 7-10, 2001)

Key Words: Display colors, Chromaticity diagram, Traffic information board, Traffic visual environment, Categorical colors

I. 緒 言

戦後の我が国の経済成長とともに、旅客・物資の輸

送量は増加の一途をたどっているといえる。それに伴って、道路視環境の整備・拡充も目を見張るものがある。

別刷請求先：930-8555 富山市五福3190 富山大学工学部知能情報工学科（視聴覚情報処理研究室） 高松 衛
(2001年3月6日受理)

Reprint requests to: Mamoru Takamatsu Faculty of Engineering, Toyama Univ
3190 Gofuku, Toyama 930-8555, Japan
(Received and accepted March 6, 2001)

一方、道路視環境の整備・拡充においては、道路の幅員拡大、路線の延長、路面の舗装整備などに代表されるハード面と、ドライバーに行き先までの所要時間、混雑状況、天候などの交通情報を知らせるソフト面とがある。後者の代表例の一つとして、道路情報板がある(図1)。

道路情報板は、ドライバーに適切な交通情報をリアルタイムに提供することにより、交通の安全と効率とを確保するという極めて重要な役割を担っている。

他方、道路情報板に対する視認性に関してはまだまだ改良すべき点も存在している。そのなかの一つに、表示色数の問題がある。

通常、ドライバーが道路情報板の表示情報を観測する時間はわずかに数秒間である。この間に、ドライバーは必要とする道路情報を的確に収集しなければならない。したがって、道路情報の表示に際しては、視認性や誘目性の観点に立った、また表示情報の種類や重要度に応じた、適切な色表示が求められるのである。

また、これまでの道路情報板に使用されてきた表示色数は赤色、黄緑色とその混色であるオレンジ色の3色であったが、最近における青色 light emitting diode (LED) の実用化に伴い、道路情報板のマルチカラー表示もようやく可能な時代を迎えるに至った。すなわち、マルチカラー表示により、ドライバーへの情報伝達量を増加させることが可能となったのである。

他方これまで、道路情報板における最適な色表示に関しては、定量的に検討した研究は極めて少ないのが現状である。

そこで本研究では、適切かつ効果的な色表示を決定すべく、カテゴリカルカラー(人間にとって基本的な知覚色)の観点に立って¹⁻⁶⁾、道路情報板のマルチカラー表示における最適表示色数を決定するとともに、他の表示色との誤認を防ぐ、最も効果的な各表示色領域を求めることをその目的とした。

II. 実験方法

以下に実験方法ならびに手順を示す。まずはじめに、被験者は10分間の暗順応を行う。その後、cathode-ray tube(以下 CRT)のディスプレイ上に視角4°の円形テスト刺激光が2秒間呈示される(図2)。被験者はテスト刺激光を両眼視にて観測し、その色名を応答する。応答方法としては、人間にとっての基本的な表示色数を求めるために、色名を自由に答

るいわゆるフリーネーミング法を採用した。次に、ブランク(白色画面)が4秒間呈示される。以下同様にして、呈示刺激光とブランクとが交互に呈示される。

ところで、刺激光呈示時間としては、これを種々変えて視角の時間特性を明らかにした Siegel⁷⁾や、Kono & Yamada⁸⁾、中嶋⁹⁾による論文が存在する。しかしながら、中嶋⁹⁾の報告によれば、我々がパターン認識に要する最小刺激呈示時間は2秒であるとしている。したがって、本実験では刺激光呈示時間を2秒に設定している。

採用したテスト刺激光は、CRTディスプレイ上に表示でき得る最高彩度のRGB(red, green, blue)3色、およびこのRGBの三角形を構成している辺上ならびにその内部より均等に選択した合計65色である。

各被験者に対する65色のテスト刺激光呈示を1セッションとし、合計5セッションの試行を行った。また、テスト刺激光の呈示順については、前の刺激光による影響を極力避けるためにランダムとした。

被験者は色覚正常者10名である。なお、実験はすべて暗室にて行った。

III. 結果および考按

本実験より得られた結果の1例を図3に示す。フリーネーミングの応答より得られた、9種類のカテゴリカルカラーすなわち基本的な知覚色を示す¹⁻⁶⁾。65色のテスト刺激光に対する、各被験者より得られた応答色名を基に、50%以上の出現確率をもって色名応答が得られた各テスト刺激点より、各カテゴリカルカラー領域を求め、図示したものである。

結果より、短時間呈示という実験条件下において、我々の基本的な知覚色に相当するカテゴリカルカラーは9種類であることが明らかとなった。

換言すれば、無数に存在している色も、大きく分けると9種類の基本的な知覚色に分類されることが示された。

図3で示した9種類のカテゴリカルカラーおよびその領域を用いれば、短時間呈示という過酷な観測条件下においても、他の色との誤認を極力避け、最も効果的な色情報の表示が可能であると考えられる。

IV. むすび

本実験では、刺激光に対する応答方法として、色名を自由に答えるフリーネーミング法を採用した。この方法により、色彩についての高度な知識の有無、老若男女の相違、国籍の違い、地域差などに無関係な、す

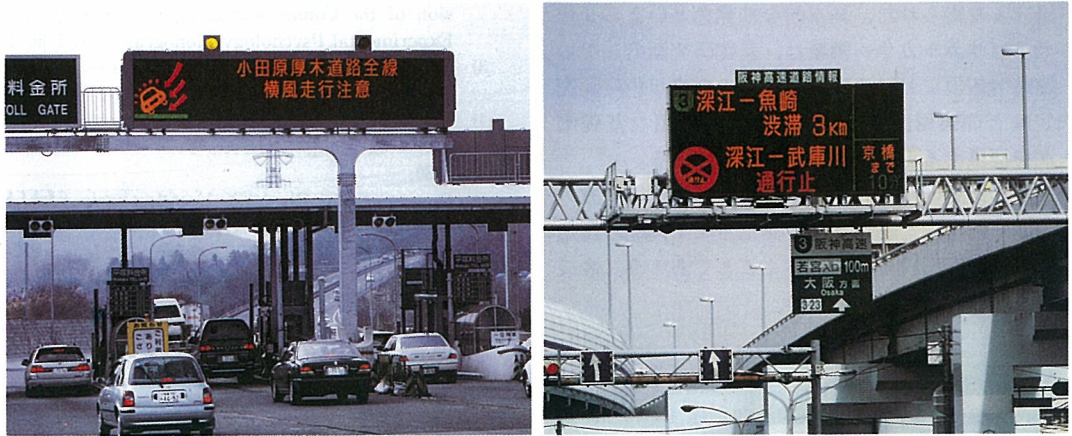
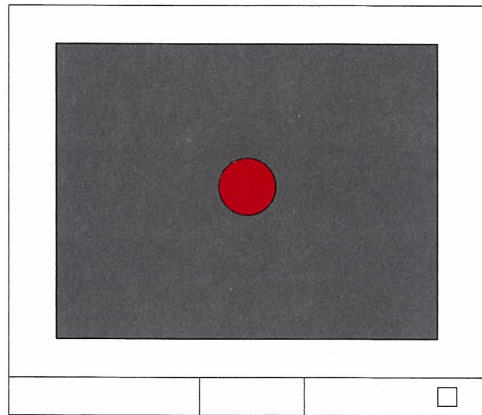
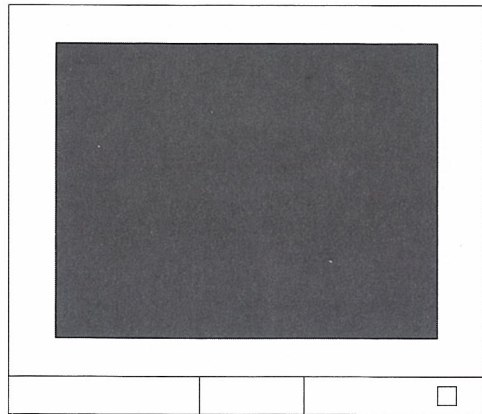
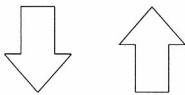


図1 LED 道路情報板



呈示刺激光 2秒間



ブランク 4秒間

図2 刺激呈示手順

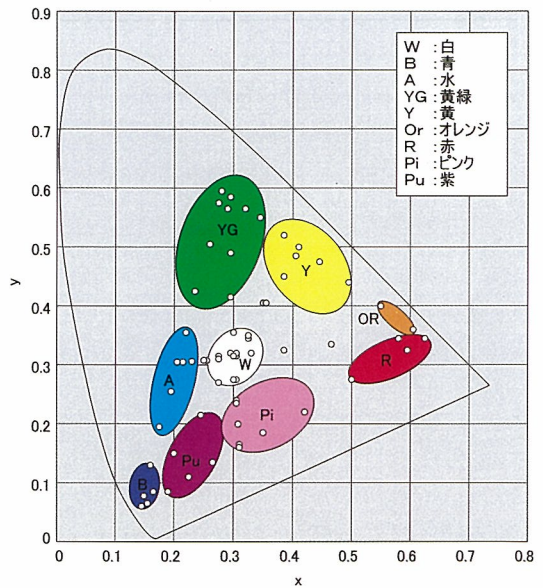


図3 道路情報板用色表示におけるカテゴリカルカラー領域

なわちあらゆるドライバーを対象としたカテゴリカルカラー，換言すれば，我々人間にとっての基本的な色数を決定することができた¹⁻⁶⁾。

ところで一般に，ドライバーが道路情報板の表示情報を観測する時間は数秒間と考えられる。一方，ドライバーは自分が必要とする道路情報を短時間に，かつ正確に読み取る必要がある。そのためには，表示色数や表示色度範囲などの表示方法に関しては，視覚工学や人間工学の観点に立って，適切に設定する必要がある。

本研究より得られた、基本的な知覚色といえる9種類のカテゴリカルカラー領域は、基礎研究面のみならず、道路情報板における表示色数および表示色度範囲の決定などの実用面においても、大変有用な基礎的データを提供するものと確信する次第である。

また、本研究の今後の課題としては、テスト刺激の呈示時間やブランク時間を種々変化させて同様の測定を行い、更に実用性を高めていくことであろう。今後の取り組み課題の一つとしたい。

文 献

- 1) Berlin B & Kay P: Basic Color Terms. University of California Press, California, 1969.
- 2) Batting WF & Montague WE: Category norms for verbal items in 56 categories: A replication and extension of the Connecticut category norms. *Journal of Experimental Psychology Monographs* 80: 1-66, 1969.
- 3) Ratcliff F: On the psychophysical bases of universal colour names. *Proc Amer Phil Soc* 120: 311-330, 1976.
- 4) Boynton RM: Categorical colour perception colour-rendering of light sources. *Proc CIE (Venice)* 66-69, 1980.
- 5) Boynton RM & Olson CX: Locating basic colors in the OSA space. *Color Res Applic* 12: 94-105, 1987.
- 6) Boynton RM & Paul KF: Categorical colour perception under low-pressure sodium lighting with small amounts of added incandescent illumination. *Lighting Res Technol* 21: 23-27, 1989.
- 7) Siegel MH: Color discrimination as a function of exposure time. *J Opt Soc Am A* 55: 560, 1965.
- 8) Kono M & Yamada S: Temporal integration in diseased eyes. *Int Ophthalmol* 20: 231-239, 1996.
- 9) 中嶋芳雄: 明るさコントラスト識別の呈示持続時間依存特性. *日本色彩学会誌* 10: 4-11, 1986.

涙液層の時間的変化の観察

新美勝彦, 塩瀬芳彦*

藤田保健衛生大学坂文種報徳會病院眼科, 名古屋市 (塩瀬眼科)*

Time-Change Examination of the Tear Film

Katsuhiko Niimi and Yoshihiko Shiose*

Department of Ophthalmology, Bambuntane Hotokukai Hospital,

Fujita Health University School of Medicine, *Nagoya City (Shiose Eye Clinic)

白色光を光源として涙液膜表面からのスペキュラー反射像をビデオカメラで撮影する涙液膜観察装置 DR-1(興和)を用い, 開瞼を維持させた状態で3, 5, 10, 15秒後の測定をし, 検討した。フルオレセイン角膜染色で異常所見があった全例で dry spot をみた。角膜染色では異常所見がないがシルマー法などで涙液量減少のある群と正常群に分け, 経時的に涙液油層が変化あるいは角膜全面で不均一化していく比を求めたが, 差はなかった。これは, 従来の検査法では捉えられない涙液膜の性状を観察している結果と考えられ, 本装置で経時的な変化が容易に無侵襲で得られる特性を生かして, 今後臨床的意義を確立する必要がある。 (視覚の科学 22: 11-15, 2001)

キーワード: 涙液膜, 涙液膜観察装置, 涙液減少, 角膜上皮障害

We observed a tear film as a specular reflective image by a video camera (DR-1), using a white light source. We recorded the tear film at 3, 5, 10, and 15 seconds with eyes opened. All cases of punctate epithelial erosions showed dry spots. Changes in lipid layer image were not peculiar observation on cases of impaired secretion diagnosed by Schirmer test and/or tear film break up time (BUT). Dry spots appeared only in cases of hyposecretion. This method observed noninvasively and recorded tear film features continuously. We found that DR-1 was a new method that could analyze lacrimal secretion. (Jpn J Vis Sci 22: 11-15, 2001)

Key Words: Tear film, Specular microscope, Lacrimal hyposecretion, Epithelial erosions

I. 緒 言

涙液が角膜の生理を維持するのに重要な働きをしており, 臨床上の診断に重要なことが一般に認知されたのは1970年ごろからのようである¹⁾。そのころから, 涙液測定法は色々試みられ報告されてきたが, 涙液の絶対量が少ない上に, 温度, 湿度など周囲環境に大き

く影響されるため, 結局は簡便で分泌量のおおよそが判断できるシルマー法と涙液膜破壊時間 (以下 BUT) で満足せざるを得ず, 固有の涙液の性状は捉えられぬままとなっていた。

スペキュラー・マイクロスコープと CCD カメラの開発に伴い, 1990年代に入ると涙液層を観察した報告がされるようになった。我が国では1997年に白色光を

別刷請求: 475-0851 半田市堀崎町1-28 新美勝彦
(2001年7月12日受理)

Reprint requests to: Katsuhiko Niimi
1-28 Horizaki-cho, Handa 475-0851, Japan
(Received and accepted July 12, 2001)

光源として涙液膜表面からの鏡面反射像を CCD ビデオカメラで撮影する涙液膜観察装置 DR-1 (興和) が製品化された。無侵襲で映像を即時に直接観察記録できる利点があり、本装置を使用しての報告が続いている。しかし、得られた所見の意義付けは必ずしも確立されたとはいえないことと、本装置で経時的観察が可能である特性に着目して、今回臨床応用への課題を検討した。

II. 方 法

使用した装置 DR-1 の光路図を図 1 に示す。照明光と撮影光の主光線が角膜表面の全域で垂直に入射および反射するように設計されている。これにより、角膜の約 8×7 mm の表面を覆う厚さ $7 \mu\text{m}$ の涙液層の表層にある $0.1 \mu\text{m}$ の油層のスペキュラー像をビデオカメラに記録する。涙液層の主体をなす水層が薄くなると相対的に油層が厚くなったり不均一化して干渉色が増すが、厚みが $0.6 \mu\text{m}$ 以上になると色彩を失って黒点となる。

涙液膜は瞬目により角膜上に引き伸ばされほぼ均一の厚みとなるが、開眼を継続すると涙液水層は蒸発してまず角膜の中央から下方にかけて菲薄化する。局所的に涙液が失われ角膜が露出することもある。今回は被検者の開眼を継続させ、開眼後 3, 5, 10, 15 秒後の像を求めた。

対象は眼科診療所を受診した他覚的所見のない 37 名 (男性 6 名, 女性 31 名), 平均年齢 53.3 歳 (20~71 歳) を測定した。涙液量減少例, 角膜生体染色で一部に 10 個程度の点状染色が発見された例は含まれている。室温は 26°C , 湿度 60% 程度に保たれていた。被検者は測定器の額当ておよび顎台で固定され, 正面視して 2, 3 回瞬目を繰り返した後, 検者が上眼瞼を軽く保持して瞬目を可及的に停止させ 3, 5, 10, 15 秒後をフットスイッチにより記録した。右眼, 次いで左眼の順で測定したが, 結果は得られた像が明確な側で検討

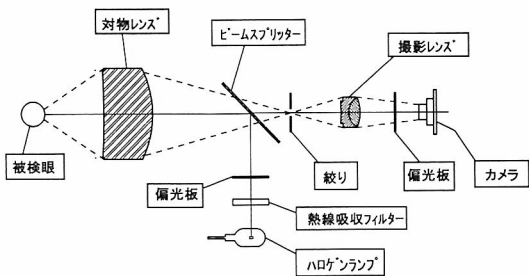


図 1 DR-1 (興和) の光路図

した。

III. 結 果

今回の測定では角膜中央 8 mm の所見を経時的に求めた。図 2 のように, はじめはほぼ同一色の縞模様が見られたが, 10 秒後には油層の亀裂によりムチン層が露出した所見と考える白線が出現し経時に増加するのを, BUT 発現とした。図 3 は角膜生体染色で軽度の点状表層角膜炎様の所見のあった眼で, 虹色の干渉色とともに多数の小黒点 (dry spot) が観察された。図 4 は開眼時縞模様の所見が, 10 秒を過ぎると角膜下方から高度の BUT が出現し, 更にその後結膜囊上方から新たに涙液が広がり角膜上方が覆われる所見となった。このように時間の推移とともに部位により八田分類²⁾の grade が異なってくるものを不均一とした。また 15 秒後には角膜全体が八田分類で grade が異なってしまうものがあり, これを grade 変化として扱った。今回は, grade 変化, 油層不均一, BUT 発現, dry spot 発現の 4 所見に注目して検討した。

結果は表 1, 2 に示した。角膜生体染色で点状染色が認められた 15 例では, 全例に dry spot が認められた。また涙液油層の不均一例が多かった。しかし, フルオレセインで染色されない例でも半数近くに BUT が発現し, 油層の不均一がみられる例が多かった。染色されない 22 例のなかにはシルマー法 10 mm 以下, フルオレセイン BUT 10 秒以内の涙液量減少と診断されたものが 8 例あった。DR-1 所見との比較は表 2 に示したように dry spot 発現が減少例のみにみられたほかに差はなかった。

IV. 考 按

眼光学上極めて重要な位置を占める角膜は, 無血管でしかも外界に露出しているのでその生理機能保持のために周囲からの多くの防御機能で支えられているが, 涙液はこのなかでも重要な位置を占めている。しかし涙液は形状がなく, 角膜表面を極めて薄く流動的に覆っているので, その状況を客観的に捉えることは容易ではない。他方, 臨床の場からは, 高齢者の増加, 空調などの人工環境の日常化, ディスプレイを用いた機器使用の日常化, 種々の点眼薬あるいはコンタクトレンズ使用など眼表面に影響すると考えられる新しい条件が次々に出現しており, 病変の有無を明らかにする求めが増えてきている。スペキュラーマイクロスコープと CCD カメラが比較的容易に利用できるようになって, 涙液膜観察が被検者には無侵襲で連続

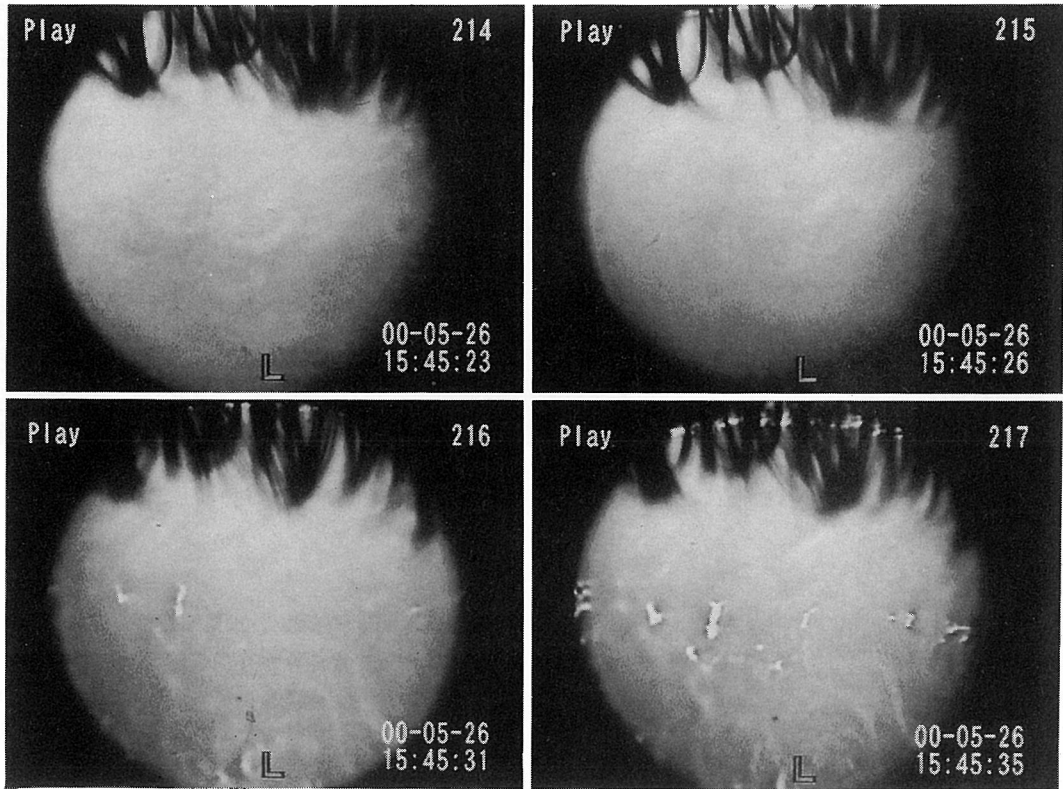


図2 29歳，女性，正常。開眼3，6，11，15秒後
11秒後から涙液層に亀裂がみられる。

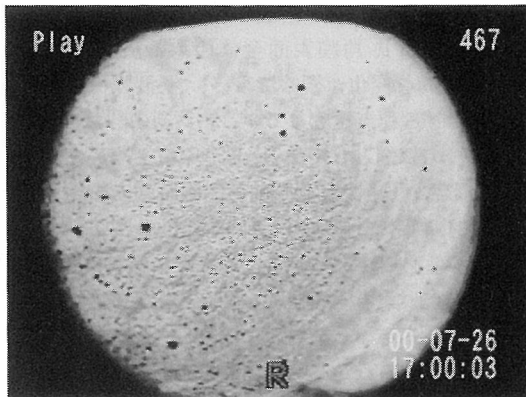


図3 55歳，女性，生体染色でみつかる点状表層角
膜炎
涙液層は薄い油層は保持されている。dry
spot が多数みられる。

した角膜全体の映像が得られることで臨床応用の場に
参入できる可能性が出てきた。この方法で観察される
ものは涙液の油層であり，その厚みによって得られる
映像はほぼ確定されたといえる³⁾。八田ら²⁾は，DR-1

の角膜中央 2 mm から得た所見を 5 段階に grade
分類した。油層の異常が進むとともに灰色一色から
多彩な干渉色となり，部分欠損した角膜表面が露出す
ると黒点になるのを指標にして判定基準を報告した。
Mathers⁴⁾は，confocal microscope を用い，縞模様，
付着物，多彩色，dry spot，油層の厚みの 5 種の所見
に注目して検討している。

濱野ら⁵⁾，武久⁶⁾は，涙液量の減少が得られた映像と
高い相関を示すとしている。Mathers⁴⁾は，脂質の干
渉で生じる縞模様の数が涙液機能とよく相関する。す
なわち脂質の量と粘性が涙液の安定性に相関する。そ
して，閉塞性マイボーム腺機能低下では油層は薄くな
り縞模様はほとんどみられなくなり，脂漏性マイボ
ーム腺機能低下では油層が厚くなる。しかし沈着物や
dry spot は涙液減少との関連がみられなかったと報
告している。我々の今回の検討では，角膜表層に障害
があると涙液膜が不安定となり dry spot 出現がみら
れたが，経時的に変化する DR-1 の所見と涙液量と
に明らかな相関はみつけられなかった。

涙液膜のスペキュラーマイクロスコープによる所見

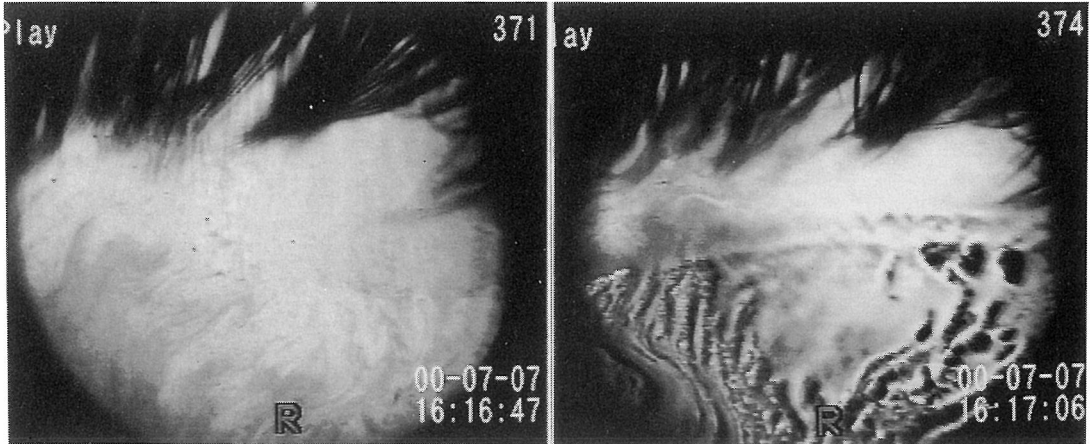


図4 34歳、女性
コンタクトレンズ装用で充血しやすい。開眼20秒後で角膜下方は涙液層破壊があり、上方は新しい涙液で覆われる。

表1 フルオレセイン染色による角膜病変の有無による涙液油層の所見

	角膜異常所見			
	なし (22例)		あり (15例)	
涙液油層 grade 変化	あり	なし	あり	なし
	9	13	8	7
涙液油層不均一	あり	なし	あり	なし
	15	7	13	2
BUT 発現	あり		あり	
	9		4	
dry spot 発現	あり		あり	
	3		15	

表2 フルオレセイン染色による角膜病変はないが涙液量の差による涙液油層の所見

	涙液量			
	減少 (8例)		正常 (14例)	
涙液油層 grade 変化	あり	なし	あり	なし
	2	6	7	7
涙液油層不均一	あり	なし	あり	なし
	6	2	9	5
BUT 発現	あり		あり	
	3		6	
dry spot 発現	あり		あり	
	3		0	

は油層にかかわる新しい知見を提供してくれているが、臨床との関係は報告者により様々とはいえない。今回のデータ集積には両眼を測定したが、すべて納得できる映像にはならなかった。開眼を維持させて規定の時間に角膜全体を一樣に照明し、焦点を確実に合わせることは被検者によっては苦痛であった。したがって、確実に4コマ得られた眼所見で検討したが、測定範囲、測定時間、注目する所見の選び方で判定に差が生じることは免れなかった。

本装置は、1. 角膜表面全体の涙液膜像が観察でき、2. 動的な変化が観察でき、3. 涙液膜破綻の状況が鑑別できる利点をもっている。共通の認識を得るための今後の課題として、1) 測定環境すなわち温度、湿度の影響、2) 測定開始前の閉眼時間、瞬目回数を選択、3) 判定に採用する時間的断面と測定部位などを決定する必要があり、また加齢にかかわる正常範囲の決定、点眼薬あるいはコンタクトレンズをどの時点で中止させるかなどを早急に決定し、病的所見がどのようなものであるかを明確化する必要があった。

本研究には、コーワオプテメド(株)に多くの協力をいただいたことを記し感謝します。

文 献

- 1) Holly FJ & Lemp MA: Tear physiology and dry eyes. Surv Ophthalmol 22: 69-87, 1977.
- 2) 八田葉子, 横井則彦他: ドライアイにおける涙液油層の観察. 臨眼 49: 847-851, 1995.
- 3) 後藤英樹, 島崎 潤: マイボーム腺機能不全とその治療.

2001年3月

涙液層の時間的変化の観察・新美勝彦他

- あたらしい眼科 14: 1613-1621, 1997.
- 4) Mathers WD: Confocal Examination of the Tear Film, 日コレ誌 42: 74-80, 2000.
- 5) 濱野 孝, 渡辺晶子他: 非接触スペキュラーマイクロスコープによる涙液層および角膜上皮の観察-第1報 正
- 常人および涙液減少症における涙液層および角膜上皮-あたらしい眼科 7: 1190-1195, 1990.
- 6) 武久葉子: 涙液油層の見方. あたらしい眼科 14: 1605-1612, 1997.
-

小児の屈折・調節余談

—その5—

大阪市（湖崎眼科）湖 崎 克

III. 屈 折 矯 正

1. 屈折矯正の目的

かつて筆者が小児眼科を志向するまでは、correction を矯正すなわち視力矯正と同義語と受け取っていた。この考え方からは、裸眼視力よりよい矯正視力が得られた場合のみ、眼鏡を用いることになる。しかし、視覚発達期の小児の屈折異常を対象とする場合、その矯正思想を変えるべきことに気がついた。そこで筆者¹⁾は小児の屈折異常に、従来のごとく、1) よい矯正視力の得られる場合に、日常生活や学校教育（板書や教科書の視認²⁾）などの必要性で眼鏡矯正するのみでなく、新たに、2) たとえ矯正視力が即効的に十分なものが得られなくとも、その屈折異常を光学的に矯正し、視的発達の条件を整えることで、今後の視覚発達が期待できること、をもう一つの目的とした。前者は成人の矯正と考え方は同じであるが、後者こそが小児ならではの矯正の目的である。したがって即座に矯正視力が出て出なくても、屈折異常を矯正することが屈折矯正、correction であることになる。現在では、これは常識となった思想であるが、筆者が大阪市立小児保健センター眼科の開設時（1965年）には、眼鏡処方者が、矯正視力が出ないからといって眼鏡店からキャ

ンセルされてきたことがあったくらいで、この思想を保護者、眼鏡店に説明するのに苦労をした経緯がある。当時の筆者の言葉は「小児では、矯正視力の出にくい屈折異常こそ、眼鏡常用が必要です。」

2. 屈折矯正の方法

屈折矯正具は眼鏡とコンタクトレンズである。そして、低年齢でも用いやすいのは眼鏡である。満1、2歳でも眼鏡装用は可能である。かつて筆者³⁾は、満1歳の白内障術後に、当時のコンタクトレンズはまだ乳幼児には応用しにくいものであった事情もあり、眼鏡常用を試みて成功したことがある。それを報告³⁾した症例は図1のごとくである。したがって小児の遠視、



図1 乳児の眼鏡（無水晶体眼）

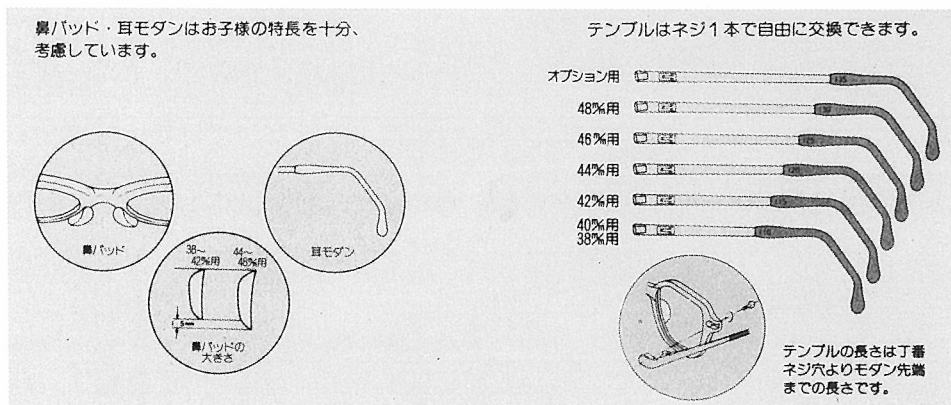


図2 コーキ小児用フレームのテンプル

眼鏡処方箋

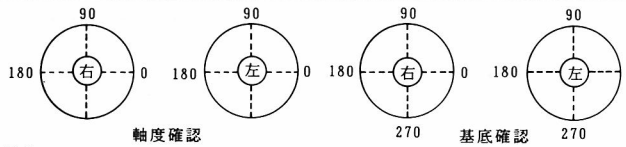
(氏名) _____ (年齢) _____ 歳 (男・女)

I. レンズ種類

素 材	ガラス・プラスチック ()		
種 類	単焦点・二焦点・三焦点・累進焦点 ()		
コート	()	カラー	()

II. レンズ値

	球面	円柱	軸度	加 入 度	プリズム	基底方向	瞳孔距離
右	D	D	°	D	△		mm
左	D	D	°	D	△		



III. 用法

装用目的	遠用 ・ 近用 ・ 遠近両用
装用方法	常時 ・ 必要時 ()

IV. 有効期間： 処方箋発行の日より5・10・30日

V. その他： 1. 頂間距離は12mmとする。
2. 多焦点レンズの瞳孔間距離は遠用を基準とする。

VI. 特記： _____

年 月 日

医師住所 _____

医 師 名 _____ 印

(注) ・眼鏡が出来ましたら、検査のため一度ご自身でご持参ください。

眼鏡処方箋記入要領

I. レンズ種類

素 材：ガラス又はプラスチックのどちらかに必ず○印をつけてください。必要な場合は屈折率を () 内に記入してください。
焦 点：単焦点、二焦点、三焦点、累進焦点のうち、いずれかに必ず○印をつけてください。必要な場合は () 内には商品名、メーカー名、累進焦点の場合には遠中近バランス型、遠用重視型、近用重視型等を記入してください。
コート：必要な場合は、コートの種類を () 内に記入してください。
カラー：必要な場合は、カラー及び調光レンズの種類を () 内に記入してください。

II. レンズ値

1. レンズ値は、小数点以下2桁まで記入するのが望ましいです。
2. 加入度は、多焦点レンズの場合のみ記入してください。
3. プリズム及び基底方向は、プリズム処方が必要な場合のみ記入してください。
4. 瞳孔距離は、特に左右別々に記入する必要がある場合には、鼻の中心線からの距離を左右別々に記入してください。
5. 軸度確認、基底確認は、円柱軸及びプリズム基底方向のミスをなくするため、記入することをお勧めします。

III. 用 法

装用目的：遠用、近用、遠近両用のいずれかに必ず○印をつけてください。
装用方法：常時か必要時か必ず○印をつけてください。その他、指定事項がある場合には () 内に記入してください。

IV. 有効期間

5、10、30日のいずれかに必ず○印をつけてください。

V. 特 記

頂間距離を12mm以外に指定したり、特別の指示がある場合にはこの欄を使用してください。

(注) 一つの眼鏡に必ず一つの処方箋を発行してください。

図3 新しい眼鏡処方箋

乱視、不同視(片眼の白内障術後の屈折性不同視以外)は、眼鏡矯正を第1選択とした。なお、矯正度決定の筆者の考えは報告^{4,5)}と本稿その1~4を参照されたい。

小児のコンタクトレンズは、適応範囲は少ないが、やはり屈折矯正の方法としては不可欠のもので、筆者⁶⁾が小児の視覚管理についてコンタクトレンズの応用を述べている。

更に、屈折異常を合併する低視力(機能的弱視ではない)にも、屈折矯正の必要な症例も少なくないもので、たとえ矯正視力が不良でも、弱視レンズ的な応用、読書距離の保持などで有用であると、筆者^{7,8)}は報告している。

3. 眼鏡の技術的な問題

1) 眼鏡レンズ

小児の眼鏡処方に、中等度以上の遠視が多いことはすでに述べているが、標準的なメニスカスレンズで考えると、レンズ前面の凸面のカーブが強く、小児の取り扱いを考えると、レンズの材質としてプラスチックを用いることは賛成できない。しかもプラスチックの屈折率を考えると、更に前へ出る前面の凸面が非常に傷つきやすいものである。したがって筆者は、中等度以上の凸レンズには材質としてはガラスを指定することにして、ガラスは割れやすいという不安を保護者がもつが、厚い凸レンズは割れることはまず考えられない。そこで問題はレンズの重量であり、対策としてはそれに耐えるフレーム・フィッティングと、後述する外径指定である。これは筆者⁹⁾は一般に用いる65mmの外径のレンズからの加工より、外径50mmのレンズを用いることで、中心厚も縁厚も薄くなり、重量も相当に軽くすることができるとしている。

2) フレーム

小児の眼鏡には、その屈折矯正の目的からも、また不自由さを自身で訴えないため、成人のそれ以上に正しいフィッティングが要求される。しかも小児は活動も激しく、鼻根部が低くてずれやすく、また管理も不十分である。そこで筆者¹⁰⁾はまず、テンプルエンドの2段曲げになっている Helmecke 社のフレームを推奨した。続いて同様のデザインの Metzler 社も推奨したが、ともにヨーロッパのものであるため、鼻のパッドの盛り上がりが必要で、なかなか手間のかかるものであった。そこで大阪市立小児保健センター眼科指定の眼鏡店である中島恭之助氏が福井の増永眼鏡と協力し、コーキブランドの小児用フレームを開発した。それは筆者¹¹⁾も紹介しているが、図2のごとく、

パッドは我が国の小児を考慮して十分に高く、テンプルの耳モダンには2段曲げで、しかも大切なことは、フロントフレームはそのままでも、患児の眼と耳の距離に応じ、テンプルを5mm刻み6段階から選んで付け代えることを可能にしてあることで、このオプションに対応できるよう、筆者の小児眼鏡処方を出す眼鏡店には整備してもらっている。既製のサイズを押し付けるのではなく、せめてフロントフレームとテンプルは丁度にフィットさせたい。この方式ならば、ガラスレンズにも耐えられる。是非勧めたいシステムである。

4. 新しい眼鏡処方箋

従来の眼鏡処方箋は、眼科医は眼鏡レンズの度、軸角度、瞳孔間距離を記入するのみで発行し、眼鏡店が行うフレームやレンズの選択やフィッティングと、それらからもたらされる光学的効果にまであまり関心を払っていないことが多いといつてよい。これでは、小児の視覚発達を考慮した眼鏡のみならず、用途がますます多様性を増し、レンズも実に多くの発展をみせ、かつ累進多焦点レンズが非常に広く普及した今日の眼鏡にかかわる情勢に対応できない。そこで日本眼科医学会では、もっと処方箋に屈折矯正思想や詳細な情報・注文を盛り込んだ処方箋を検討した。決定した内容¹²⁾は図3のごとくである。たとえばレンズの情報でも、度と軸角度の以前に、素材・種類・コート・カラーを指定し、更に累進多焦点レンズではとくにデザインも指定するようになっている。

小児に限らず、あらゆる眼鏡処方にこの処方箋を用い、よい眼鏡を患者(児)に提供されるようになってほしいものである。

IV. おわりに

筆者の過去30余年、小児の屈折・調節にかかわってきた臨床を5回にわたって述べさせていただきました。当初は全く未知でしたが、不勉強の筆者なりに、臨床的に、経験的に大分道筋がみえてきた感があります。これからは次の世代の方々に更なる解明をお願いしたいものです。これまでのご高誼を感謝します。

文 献

- 1) 湖崎 克：児童の屈折異常矯正に関する問題点. 眼科 10: 101-107, 1968.
- 2) 湖崎 克：学校教育と視力. あたらしい眼科 10: 1299-1303, 1993.
- 3) 湖崎 克, 森 和子：小児屈折異常の矯正. 眼科 12: 270-278, 1970.
- 4) 湖崎 克：小児の屈折異常の管理. 日本の眼科 56: 213-220, 1985.

2001年3月

- 5) 湖崎 克, 佐藤妙子: 屈折値の変動から見た小児遠視の管理. 眼科 19: 425-430, 1974.
 - 6) 湖崎 克: 小児の視覚管理に対するコンタクトレンズの応用. 日コレ誌 20: 1-22, 1978.
 - 7) 湖崎 克: 低視力児の屈折矯正. 日本の眼科 53: 467-469, 1983.
 - 8) 湖崎 克: 先天性白内障のリハビリテーション. 眼科 13: 625-629, 1971.
 - 9) 湖崎 克: 小児の度の強いレンズには, 眼科診療のための眼鏡ハンドブック, 180-181, 医学書院, 東京, 1990.
 - 10) 植村恭夫, 湖崎 克: 小児の眼鏡処方と眼鏡. 小児眼科トピックス, 61-65, 金原出版, 東京, 1966.
 - 11) 湖崎 克: 小児の眼鏡処方. あたらしい眼科 9: 11-18, 1992.
 - 12) 眼鏡処方箋検討委員会答申: 日本の眼科 62: 557-559, 1991.
-

眼光学よもやま話

1. 眼光学とは

筑波大学名誉教授、水戸済生会総合病院顧問 大島 祐之

眼光学といえば、眼科医の会員諸賢にはそれなりのイメージでその内容が把握されると思う。1984年発足の眼科専門医制度の研修カリキュラムのなかに、眼光学が掲げられているからである。ところで「眼光学」の呼び名の由来を丹念に調べる気力は、現役を離れて16年も経った私には到底ないが、眼光学学会発祥の30数年前ころ桐澤長徳（当時・東北大眼科教授）による命名だったような気がする。

ずっと昔の眼科領域では、光学に関連をもつ眼の諸問題を取り扱う分野は「生理光学」と称されていた。それは、ドイツの物理学者であり生理学者でもあったHelmholtzの書“Handbuch der physiologischen Optik”に由来して広まったと思われる。その全書の初版は1856～1867年にわたって出版され、第2版は1885年、第3版がGullstrand, KniesおよびNagelにより1909～1910年に改訂出版されて後、英訳版が1924年にOptical Society of Americaから出版された。

近代医学のなかで外科の一部として扱われていた眼科が独立した契機の一つは、その書の刊行に先立つ1851年、Helmholtzにより発明された「検眼鏡」であった。

——現在の検眼鏡は、直像鏡（眼底を直立の虚像で観察する）と倒像鏡（倒立の実像にして観察する）とに大別されるが、第2次大戦後に内科などの他科医が眼底検査を行う風潮が生じ、彼らは習熟容易な「直像鏡」をもっぱら用い、それを「眼底鏡 funduscope」と呼んでいる。眼科領域では、Helmholtzが眼底検査のみならず、もっと広い目的に使えるとの意味を込めて名付けた「検眼鏡 ophthalmoscope」の呼び名が使われ続けている。そして、倒像検眼鏡と一緒に使われていた球面集光レンズに代わって、梶浦睦雄（福島県医大眼科教授）の発想が沢口 勉（応用物理学会主要メンバー、日本光学）を通じて伝えられた岡嶋弘和（日本光学《現ニコン》）の設計により1960年代半ばに開発されたと承っている非球面凸レンズが現在広く使

われている——。

検眼鏡がなかった時代の眼の検査は、医師が外面から眼を観察して対処しただけで、瞳孔よりも深部の病変を的確に捉える術がなく、瞳孔の色によって分類する方式が紀元前のギリシャ時代に記録されていて、それが踏襲されていた。

検眼鏡はかくのごとくに眼病の診断に革命をもたらしたが、それを基盤にして各種各様の眼科光学機器が諸家により考案されて、眼科学ないしは眼科診療の更なる進歩発達に役立てられている。そのなかの一つ、眼底カメラにはGerloff (1891), Thorner (1899～1909)にはじまる諸家、諸メーカーが取り組んだが、それが広く普及したのはLittmann (1955)が画質良好な眼底写真を容易に撮影できる新型ツァイス眼底カメラを発表してからだった。その同じ1955年、野依達司（順天大眼科、のち埼玉医大教授、喜美春と改名）が、それまでの製品がすべて卓上固定式だったのに対して、試作の手持ち眼底カメラを東京眼科集談会で発表供覧したのは銘記されるべきである。

かかる光学機器の開発は、眼の光学的性状や、網膜から高位の脳に至る情報処理（網膜で捉えられた光の存在、性状が脳に伝えられて「見えた」という意識を生じるに至る過程）の解明とともに「生理光学」の主要課題に位置づけられていた。

20世紀の中期において世界の眼科のリーダーだったDuke-Elderは、19世紀後半から20世紀前半にかけて生理光学の分野で最も輝かしい業績を遺した3人として、Helmholtz, Tscherning, Gullstrandの名を挙げた。

Hermann von Helmholtz (1821～1894)は、ドイツの諸大学で生理学、物理学の教授に任じられた碩学で、視覚、聴覚の基礎的研究のみならず、熱力学、神経伝導その他の広範な分野で優れた業績を挙げた偉大な学者である。生理光学関係では、上述の検眼鏡の発明、著書のほか、Ophthalmometerと名付けた光学

機器を発表し、角膜、水晶体の曲率半径と位置関係を測定する道を拓き、それまでの諸家による、単なる想像とか浅薄な自己体験から発した憶測ではなく、実験と観察に基づく眼の光学的機構の解明の道を拓いた最初の人である。

その測定原理を簡単に説明すると、角膜、水晶体の前後面が鏡の働きをして生じる反射像の存在は Purkinje (1823), Sanson (1838) による記載はあったが、固定可能な反射面を測定するのとは違って、絶えず微動する眼で、その反射像の大きさや位置を正確に測定する方法が見い出されていなかった。Helmholtz (1856) は観測望遠鏡のなかに光軸を基点にして自由な角度に折り曲げることができる平面ガラス板を取り付ける方法を案出し、その問題を解決した。光軸の両側を通過する光線それぞれが作り出す、2重の反射像を動かすことによって、その大きさなどを求める工夫であり、その基本原理は、以後に誕生したオプサルモメーター、合致式レフラクトメーター、それらに繋がる自動機器に応用されている。

なお、Helmholtz の Ophthalmometer は実験室装置であり、Javal et Schiøtz (1881) は角膜前面による鏡面反射像 (Purkinje-Sanson 第1像) だけを取り出し、Wollaston プリズムによる複屈折を利用して2重像つまり複像にする方法で、角膜前面の曲率半径や角膜乱視を容易に測定できる実用装置を開発し、眼科の臨床検査器械として広く使われた。私は第12回日本眼光学学会 (1976) における特別講演を仰せつかり、これらの問題を取り上げたのだったが、複像化するための別種の方法も諸家によって考案され、梶浦睦雄(前出)が発表した梶浦式オプサルモメーター(1951)もその一つであった。

かかる角膜前面の測定器に「眼の測定器」を意味するオプサルモメーター (オプタルモメーター) の名称が、アメリカを除き世界的に広く一般名詞として使われていた理由は、Javal et Schiøtz が自分達の機器の発表にあたり、先哲 Helmholtz に敬意を表して ophthalmomètre の名称を用いる旨を述べたことが踏襲されたためと解され、Helmholtz の偉大さをも物語る。

アメリカ国内で、かかる機器に「角膜の測定器」を意味する keratometer の名称が一般名詞的に用いられた理由は、Bausch & Lomb 社が自社製品に“keratometer”の登録商品名を付けて発売し、それがアメリカ国内での圧倒的シェアを保っていたがために他ならない。ちなみに、アメリカでの競合メーカーであっ

た American Optical 社が発売した同種の製品の商品名は“ophthalmometer”であった。

Marius Hans Erig Tscherning (1854~1939) は、デンマークに生まれて医学を学び、デンマーク近代眼科の父といわれる Grut に啓蒙され生理光学に興味を懐いて、パリに赴き Javal 主宰の生理光学研究室に入り、更に師の後継者となって新研究所に発展させて26年を過ごしたのち故国に戻り、視野の研究でその名を今日にまで残している Bjerrum の後任としてコペンハーゲン大学眼科教授となり、その間、数々の燦然たる業績を挙げた。それは調節のメカニズム、眼球運動その他、多岐にわたるが、とくに彼の名を高めているのは Ophthalmophakometer と名付けた機器の開発 (1898) と眼鏡レンズにおける貢献 (1904~1908) である。

Ophthalmophakometer によって測定されるのは、主として角膜、水晶体の曲率半径や位置関係であって、Helmholtz の Ophthalmometer が狙ったところと基本的には異ならないが、よりの確に測定できた点に意義があり、以後、この種の機器はファコメーターと呼ばれている。眼の屈折要素、すなわち眼における光の屈折にかかわる諸要素の測定は、その後の諸家が工夫改良を凝らして研究を進めたが、水晶体の見掛けの曲率半径——真の曲率半径は、換算に必要な諸値を別に測定または仮定した値を与えた計算によって求められる——の測定を、中島 章 (順天大眼科) が Purkinje-Sanson 第1・3・4像を写真撮影して行ったのが、我が国では最初である (1955)。ファコメーターによる測定ではないが、屈折要素の一つである眼軸長を、エックス線応用の自作装置を用いて得た多数の実測データを系統的に分析して発表したのは、本邦では大塚 任 (東京医歯大眼科) を嚆矢とする (1951)。

チュルニング楕円は、後世に彼の名を最も広く知らしめている。顔に固定して装用する眼鏡レンズの後ろで眼が動いても、レンズの性能を損なわずに発揮させるには、メニスカス型 (meniscus: 新月を意味するギリシャ語, ラテン語に由来) がよいとしたのは Kepler (1611) に遡るが、その後、かかる眼鏡レンズはファッションとして珍重される時代が続いたという。Wollaston (1804~1812) が数理的に非点収差を克服した眼鏡レンズ理論を打ち立てた最初の人だったが、Ostwald (1898) が Wollaston 型よりも浅いカーブの眼鏡レンズを発表するに及んで、2様の非点収差克服レンズが誕生する事態になった。そして、Ostwald

型は眼鏡デザインとしては優れているが、理論的には Wollaston 型の方が優るとの定評が定着したかみえたが、その論争に決着をつけたのは Tscherning (1904) であった。

眼鏡を掛けた眼の回旋点と、見掛けの回旋点との混同から生じた論争であると喝破し、両者はともに非点収差除去の上で理論的に甲乙はないと結論づけるに至ったのには、ファコメーターによる実測データの処理で鍛え上げた洞察力が Tscherning に備わっていたからだ、僭越ながら私には思えてならない。

かくして Tscherning (1908) が、Wollaston 型と Ostwald 型のカーブを繋いで描いた楕円は、眼鏡レンズの理想形を示す規範とされた。なお、戦後間もない我が国で、久保田 広 (東京大生技研) が優れた眼鏡レンズ理論を発表したのはこの分野において画期的なことだった。

なおまた、Tscherning 楕円が示す $-22.22 \sim +7.23$ D の範囲からはみ出す強度の眼鏡レンズでは、球面レンズをもってしては、非点収差除去を図ることが理論的に不可能であり、Gullstrand はかかる強度の凹凸眼鏡レンズに非球面レンズを提唱したが、その製造の困難に伴うコスト高のために、製造を断念したといわれている。時を経て、岡嶋弘和 (前出) は非点収差とともに歪曲視を著しく減少させる楕円面の強度凸眼鏡レンズを設計し、白内障手術後の被験者に装着させた実験によってそれが確かめられ (1969~1972)、眼内レンズ挿入の普及以前のその頃はとくに、無水晶体眼用の優れた眼鏡レンズとして注目を浴びた。

Allvar Gullstrand (1862~1930) は、スウェーデン・ウプサラ大学眼科教授であったとともに、ストックホルムで生理光学、物理光学の教授にも任用され、ノーベル賞を受賞 (1911) した過去唯一人の眼科医である。Gullstrand の業績は多岐にわたるが、眼における結像メカニズムの解明に道を拓いた Helmholtz の業績を、より現実性を加えて発展させ、今日でも眼球の光学的モデルとして広く引用されている Gullstrand 模型眼として結実させたほか、各種の光学器械の開発に力を注いだ。なかでも現在の眼科診察室で最も多用され眼科診察に不可欠な細隙灯顕微鏡は Gullstrand による発明である (1911)。

今日用いられている細隙灯顕微鏡は、その後数次にわたり諸家、諸メーカーによる改良を経た製品であるが、研究目的にも多岐にわたって細隙灯顕微鏡は応用されてきた。その一人、三島濟一 (東京大眼科) は付

属部品を装着して角膜の厚さ測定を行い数々の業績を挙げたし、また自製の偏光板装置を装着して観察する物理光学的手段を駆使して眼の性状分析にも応用した。

距離の単位である D (ジオプトリー) は「近さの単位」ともいえるが、Gullstrand 以前には、空中 (ないしは真空中) での距離の単位として通用していたに過ぎなかった。それを Gullstrand は屈折率の異なる媒質のなかでも通用する単位として確立させた (1899)。

更に一言加えれば、第1回国際眼科学学会 (1978) で名誉会長に推戴された von Bahr (Uppsala 大学眼科) は、Gullstrand の孫弟子にあたる後継者で、古くは眼底写真撮影の新機軸、更には眼の屈折諸要素の測定、焦点深度の測定装置を自作して実測したなどの業績があった。

以上に述べたごとくの幾何光学的アプローチを中心とした生理光学が、19世紀~20世紀中頃までヨーロッパを中心に盛んに行われ、生理学、理工系、眼科関係の研究者が主として関与していて、我が国もそれに倣い、戦後しばらくはその傾向を続けていた。

第1回眼科学学会 (1965、正式名称はいささか異なる) における特別講演を飾った本川弘一 (東北大学長、生理学者) は、網膜から大脳に至る視覚プロセスを客観的に捉えるべく、被験者に電気刺激を与えたときに起こる視覚応答の変化を数量的に調べ、その様相を誘導波と名付けた軌跡に描き出し、心理的な錯覚と片づけられていた数々の現象や、眼の極めて鋭敏な機能として古くから知られている副尺視力などのメカニズムに明快な説明を与えた。敗戦後で物資も研究費も乏しかったなかで精力的に取り組んで挙げた輝かしい成果だった。また、生理学から眼科に転じた中川順一 (日本大医~札幌市立病院) は、視力に関して数々の珠玉の発表をするなど、この分野での研究に携わった生理学者が少なくはなかった。

日置隆一 (東京大~千葉大工学部) は、独自の機構に基づくアノマロスコープ (色覚の精密検査用) や、アダプトメーター (暗順応計) を開発し、日置式の名称を冠して発表したのが強く印象に残る。幾何光学の最高権威と漏れ承っていた小穴 純 (東京大物理) の監修で「暮らしの手帖」誌が市販の眼鏡レンズの精度についての記事を掲載したことがあり、たまたま私がレンズメーターの機構や性能などについて土井幸之助 (精密機械学会の主要メンバー、東京光学) から手ほどきを受け、市販の検眼レンズの正確さについての小論

文を発表した関係で、小穴教授にお目にかかる機会が生じ、以後いろいろの教えを受けた。また、その小論文がきっかけで、理工系のどの大学講座よりも多くの人材を擁しているとの風評があった日本光学の沢口勉（前出）との親交がはじまった。そのほか斯界の権威として霜島 正（東京光学〜オリンパス）の名を耳にしてはいたのだが、直接に接したのは眼光学学会発足に先立ち開催された懇談会からだった。私は本稿記述の途中で、顕微鏡などの接眼レンズの視度調節目盛が、以前は+側一側回数だったのだが、霜島により+側は少なく一側は多くすべしとの実験データが示されたのを思い出した。そこで、現在勤務している病院で使用中の眼科機器の接眼レンズを調べたところ、国産製品には霜島の研究成果が多かれ少なかれ生かされているのに、スイス製細隙灯顕微鏡（1984年製造）、レーザー装置に接続したツァイス製品（1990年頃製造）などの外国製品では、+側一側の接眼鏡目盛が旧態依然として均等に刻まれているのを知って、日本のトップメーカー製造の光学機器は世界最優秀との定評が確立して久しい秘密の一端を覗いた気持ちになった。

眼光学学会発足の頃までに生理光学の分野で活躍した我が国の研究者達を記憶やメモに頼って文中に記したが、他にも多士済々だったことは明らかにせよ、私の知る限り、最も情熱を傾けて取り組んだのは梶浦睦雄（前出）をおいて他になく、華族出身の洗練された立ち居振る舞いが懐かしく思い出される。私が戦後に眼科に入って間もなく、戦前の日本の眼科文献を漁りながら興味深く読んだのは「二重乱視」の論争だった。Marquez（1909）がかつてその存在を主張した二重乱視は、2枚の円柱レンズを重ねその軸を斜交させないと矯正できない乱視があるとの主張だが、それを支持する眼科医の一派に対し、新進気鋭の梶浦が中心となって、それは1枚の球面レンズと1枚の円柱とを使えば矯正できるはずで「二重乱視」と称する必要はないと、Euler 定理に則って説明しても、相手は肯んぜず、毎年の学会で繰り返された論争の記録であった。理知的な人物像を心に描いて「梶浦睦雄」の名を知るはじまりだった。

敗戦後の日本はアメリカ一辺倒になったのだが、海外の文献に容易に目を通せるようになったのは、日本の社会が困窮期をようやく脱した戦後10年くらい経ってからだったろうか。その頃の視覚生理学は、細胞単位で電氣的变化を取り出す研究が主流となり、幾何光学の面から生理光学に取り組む生理学者は絶無に近い

有様になっていて、アメリカでは「生理光学」への心理学者の関与が比重を増し、眼科基礎学者の PhD、OD の関与はあっても MD による積極的関与の気配が察せられず、戦前のヨーロッパ中心に栄えた生理光学とは内容に変化が感じられた。万事が進歩的で合理的なアメリカではその後、生理学者が実質上抜けたこの分野を「生理光学」と呼ぶのは相応しくないとの気持ちのあらわれかどうか知らないけれども、「visual optics 視覚光学」の名称に取って代わられる気配もうかがわれた。

アメリカではそのようなグループとは別に、新しい眼科光学器械の開発が進められた。例えば、莫大な国費を投じて行われた月旅行計画の NASA 研究の副産物と聞くレーザーや、電子機構によるレフラクトメーターの自動化がそれである。巨額の研究費が注ぎ込まれたというレーザーは、今でこそ広い分野で活用されているのだが、その開発当初は、実用化されたのは眼科器械だけだとの酷評を受けたとの話も伝わった。

ヨーロッパでも戦前には physiological optics や physiologische Optik の名称を付した学術専門雑誌が発行されていたのに、戦後気が付いたときにはすでになく、生理光学に包含される内容の変化は、世界的になっていた。

桐澤長徳（前出）は、そんな事情を勘案してかつてのヨーロッパを中心に発展した「生理光学」を念頭に懐き、さればとて「生理光学」と称しては、戦後のアメリカから変遷してきたと思われるその内容との混同、誤解を避けんがために「眼光学」の名称を案出したと私には思えてならない。

1975年発行の応用物理学会光学懇話会編集の「生理光学」があるが、発行年からもわかるように戦後に変遷した生理光学の内容が盛られていて、眼光学学会発足当時に念頭に置かれた「眼光学」と内容が完全に一致しているとは申せないにせよ、眼光学に関心を懐く者に裨益するところが多いことはいうまでもない。さればとて、かつての「生理光学」を念頭に置き向きにとっては、齟齬を感じる箇所がないではなからう。

例えば、項目表題に掲げられている「焦点調節」の用語は、生理学でも戦後は使われてはいても、Helmholtz が活躍していたときから20世紀前半頃までの生理学とは違い、物理学はもとより、そうなるからの生理学で、この課題で注目を浴びた研究発表を仄間し

ていないのは私の浅学の故だろうか。生理学教官が医学部学生にその語を使って講義していたのを知っているだけである。現在その課題の研究が最も活発に行われている眼科領域では、単なる「調節, accommodation(英・仏), Akkommodation(独), accomodazione(伊), acomodación(西), accommodatio(ラ)」が正式用語として今も使い続けられている。

視力に関しては、視力の実際にそぐわない説明があるが、本誌21:39-41で私が批判を加えた鶴田匡夫の記述(本誌20:115-118)がそれに繋がっているのだから幸いである。

なお、私がそこで記した「鶴田による視力の記述に対する批判」は、ISOの基準にまつわる指摘をあえて一つだけと断った上で挙げたのだったが、それは視力表の正確さに関心をもつ向きにとっては、心得ておくべきことである。ところが、私の批判が載った本誌21巻1号の巻頭言では、理解の域を超えていたらしく察せられた。そこで、もっと理解しやすい批判を更に一つ加えておきたい。

鶴田が「屈折異常や調節を正しく測定するための視力(visual acuity)検査法を確立することが大きな課題」と断定した記述は、それらの測定や検査法の実際に、鶴田は無知であることを物語る。

視力を詳しく解説するのは今回の本稿の趣旨ではないので概説すると、視力の値は、眼の機能を端的に代

表する数値として昔も今も世間一般で広く受け留められていて、視力検査は、眼科における最も基本的な検査であるのみならず、健康診断、適性検査、各種の資格審査に広く活用されている。

俗にいう「メガネを合わせる」のに視力表を使うのは、患者、被検査者に結果を納得してもらったり説明したりするのに好都合だからの話で、視力の数値によって視力の良否が示されることを、小学生から高齢者まで誰にでもすぐに呑み込んでもらえるからに他ならない。眼科検査として行う場合は、診療上の重要データである矯正視力が同時に得られる利点がある。

屈折異常矯正の最適レンズを求めるのだけが目的ならば、視力表を使う必然性はない。適切な図形が最もハッキリ見えるレンズを選んでもよい。実際に、球面屈折異常の最終チェックを目的とする赤緑テスト(二色テスト)や、クロスシリンダーによる乱視検査では「どっちがハッキリ見えるか」を訊ねて実施する。調節検査に至っては、なおさら正確な視力検査とは別の次元の問題である。

眼光学学会設立当初の目的の一つでもあった「眼科側と理工系側とが率直に議論を重ねて、互いに足らざるを補い合って融和を図ると共に、切磋琢磨しながら成果を挙げん」とした趣旨が失われ、「両者が水と油の関係の寄り合い所帯」の学会になってしまうのを恐れるのは私だけなのだろうか。

眼科専門医試験問題解説 (屈折・調節関係)

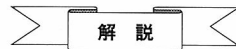
東京医科歯科大学 所 敬

第12回日本眼科学会専門医認定試験は平成12年7月14～15日、全共連ビルと日本海運倶楽部を会場に実施された。屈折・調節関連問題は一般問題100題中9問、臨床問題50題中0問で屈折・調節問題は臨床問題としては出題し難いためと思われる。以下に一般問題9問(問題66～74)の解答と解説を述べる。

- 66 左眼に+5.00 D、右眼に+1.00 D の球面レンズを装用し、視線をレンズ中心から右方へ 10 mm 移動したときのプリズム効果はどれか。

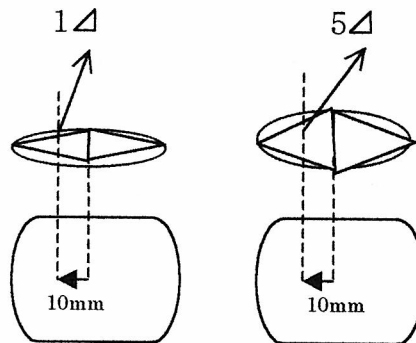
a 2Δ b 3Δ c 4Δ d 5Δ e 6Δ

解答：e



プリズム効果は Prentice の公式 $P=h \cdot D/10$ を使う(ここで、 P (Δ)：プリズム効果、 h (mm)：レンズの光心からの偏位量、 D (D)：眼鏡レンズ度)。

左眼に+5.00 D、右眼に+1.00 D の球面レンズを装用して視線を右方に 10 mm 移動したとき左眼では $P=h \cdot D/10=10 \times (+5)/10=5\Delta$ 、右眼では $P=10 \times (+1)/10=1\Delta$ 基底方向に偏位する。したがってプリズム効果は $5+1=6\Delta$ となる。

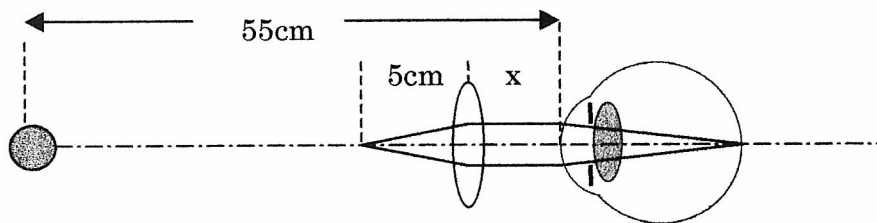


- 67 正視の被験眼の眼前 55 cm に対座し、倒像検眼鏡で 20 D レンズ全面に眼底が見えているとき、正視の検者が必要とする調節力はどれか。

a 1.5 D b 1.75 D c 2.0 D d 2.25 D e 2.5 D

解答：d

解 説



正視眼では網膜から出た光は平行光線になる。眼から出た平行光線は+20 D のレンズで屈折してこのレンズ焦点であるレンズ前方 5 cm の所に像ができる。20 D のレンズ全面に眼底が見えるためには 55 cm の距離で検眼と被験眼の瞳が共役関係になければならない。この条件はレンズ計算上、レンズから被験眼の瞳までの距離は 5.66 cm となる。角膜頂点から瞳までの距離を 3 mm とすれば、x の値は 5.36 cm となる。したがって、角膜頂点から網膜像までの距離は $5 + 5.36 = 10.36$ cm で、検者が網膜像を見るためには $55 - 10.36 = 44.64$ cm (0.4464 m) に調節しなければならない。したがって、 $1/0.4464 = 2.24$ D 調節する。解答枝のうち最も近い値は 2.25 D である。

コメント 出題者はレンズ計算まで要求しているとは思えない。したがって角膜頂点からレンズまでの距離を実際に倒像眼底検査を行っている受験生ならば約 5 cm と考えて $55 - 10 = 45$ cm として解を出すことを要求しているものとする。この距離が 5~7 cm までを想定すれば正解が得られるが、8 cm とすると $55 - 13 = 42$ cm で $1/0.42 = 2.38$ D で解答枝では 2.5 D となり誤答となる。眼科専門医試験としてはやや難解な問題と思われる。

次の2問に答えよ。

40歳の女性。近視視力障害を訴えて来院した。視力は両眼とも 0.8 ($1.2 \times +2.00$ D) であり、近点は 50 cm であった。

68 調節力はどれか。

- a 2 D b 2.5 D c 3 D d 3.5 D e 4 D

解答：e

解 説

50 cm が近点であるから無限遠から 50 cm までの調節力は $1/0.5 \text{ m} = 2 \text{ D}$ である。また、この症例は 2 D の遠視であるから、無限遠を明視するのに 2 D 必要である。したがって、合計 4 D 調節力がある。

69 この患者が 20 cm のところを明視するための球面レンズの度数はどれか。

- a 1.00 D b 2.00 D c 3.00 D d 4.00 D e 5.00 D

解答：c

解 説

正視者が 20 cm のところを明視するには $1/0.2 \text{ m} = 5 \text{ D}$ の調節が必要である。この患者は 2 D の遠視であるから $2 + 5 = 7 \text{ D}$ 調節しなければならない。調節力は 4 D であるので、 $7 - 4 = 3 \text{ D}$ の凸球面レンズが必要になる。

コメント 設問69は設問68の解が得られなければ正解に達しない問題で独立した問題ではない。

70 10 D の調節力を持つ眼の近点が角膜の前方 12.5 cm にあるとき、屈折度はどれか。

- a +2.50 D b +2.00 D c +1.00 D d -1.00 D e -2.00 D

解答：b

解 説

正視眼で近点が 12.5 cm にあれば調節力は $1/0.125 \text{ m} = 8 \text{ D}$ 。この症例では 10 D の調節力があるので、無限遠を見るために $10 - 8 = 2 \text{ D}$ の調節が必要になっている。したがって、2 D の遠視である。

71 クロスシリンダーでないのはどれか。

- a +1.00 D ⊂ cyl -2.00 D 90° b +0.50 D ⊂ cyl -1.00 D 180° c +0.50 D ⊂ cyl -0.50 D 45°
 d +0.25 D ⊂ cyl -0.50 D 180° e cyl +0.50 D 45° ⊂ cyl -0.50 D 135°

解答：c

解 説

クロスシリンダーとは同じ度数の凹と凸の円柱レンズの軸を直交させて組み合わせたレンズである。すなわち、 -0.50 D のようなレンズである。クロスシリンダーの柄を回転すると軸方向は90°変わ

$$\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} +0.50 \text{ D}$$

る。例えば90°は180°に、45°は135°に変わる。上述のクロスシリンダーは $+0.50 \text{ D} \subset \text{cyl} -1.00 \text{ D} 180^\circ$ または、 $-0.50 \text{ D} \subset \text{cyl} +1.00 \text{ D} 90^\circ$ と記載できる。設問の a は +1.00 D

b は $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} -0.50 \text{ D}$ c は $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} +0.50 \text{ D}$ d は $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} -1.00 \text{ D}$ e は $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} -0.50 \text{ D}$
 $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} +0.50 \text{ D}$ $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} 0 \text{ D}$ $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} +0.25 \text{ D}$ $\begin{array}{l} \text{┌} \\ \text{└} \end{array} +0.50 \text{ D}$

のように記載できる。c は同じ度数の凹と凸の円柱レンズの組合せでなく、 $\text{cyl} +0.50 \text{ D} 135^\circ$ の 1 枚の凸の円柱レンズである。

72 無水晶体眼の眼鏡矯正で問題となるのはどれか。3つ選べ。

- a 色収差 b 像の歪曲 c 像の縮小 d 輪状暗点 e びっくり箱現象

解答：b, d, e

解説

無水晶体眼の眼鏡レンズは通常強い凸レンズである。そこで、像の歪曲、輪状暗点による「びっくり箱現象」が起こる。この他、物が揺れる、立体感覚や方向の誤認、跳躍、プリズム効果、色視症などの症状のあることもある。

73 +13.00 D の眼の遠点は角膜頂点の後方何 mm にあるか。

a 65 b 70 c 77 d 89 e 92

解答：a

解説

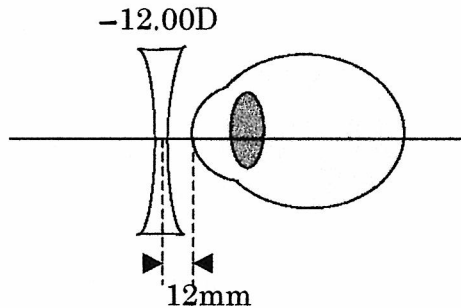
+13.00 D の焦点距離は眼球後方 $1/13.00 = 0.0769 \text{ m}$ ($76.9 \text{ mm} \approx 77 \text{ mm}$)。この距離は眼鏡レンズの後面からの距離なので、レンズ後面から角膜頂点までの距離を 12 mm とすれば、 $77 - 12 = 65 \text{ mm}$ である。

74 遠方視時に -12.00 D、頂点間距離 12 mm の眼鏡を装着している人がコンタクトレンズによる矯正をするとき、屈折度はどれか。

a -10.50 D b -11.00 D c -11.50 D d -12.00 D e -12.50 D

解答：a

解説



眼鏡レンズ度と角膜頂点屈折力との関係は $A = L / (1 - kL)$ (ここで、 A (D) : 角膜頂点屈折力、 k (m) : 頂点間距離、 L (D) : 眼鏡レンズ度) であらわせる。この式に設問の値を代入すると $A = -12.00 / (1 - 0.012 \times (-12.00)) = -10.489 \text{ D}$ になる。

コメント コンタクトレンズの度はフィッティングの状態、すなわち、涙液レンズ効果によって異なる。したがって、この設問はコンタクトレンズの度数でなく角膜頂点屈折力を求める問題にするのが適切と思われる。