

総 説

調節を配慮した眼鏡処方

—斜視の眼鏡処方—

佐藤美保

浜松医科大学眼科学講座

Optical Correction for Strabismic Patients

Miho Sato

Department of Ophthalmology, Hamamatsu University School of Medicine

調節は日常視においてはダイナミックなものであり、見ている対象物や注意の払い方によって大きく変化するものである。さらに、斜視患者の眼位は調節によって大きく影響を受けるため、調節を上手くコントロールすることは斜視治療の第一歩となる。また眼位検査においては何を視標にして、どのような調節状態で検査しているのかを、検者は常に把握していなくてはならない。適切な眼鏡を装用することにより斜視が改善するのに対し、不適切な眼鏡を装用することは眼位の悪化から両眼視機能の悪化を来し、ときにはそれは不可逆性の異常となる。斜視患者への眼鏡処方は、以上の点を考慮しながら行わなくてはならない。まず、患者の屈折状態を調節麻痺薬を利用して把握した上で、内斜視では調節性輻湊が起きないように、逆に外斜視では適度に調節性輻湊を利用して良好な眼位を保たせるよう、視力と両眼視機能の両方をみながら度数決定をする必要がある。

(視覚の科学 23: 2-6, 2002)

キーワード: 斜視, 調節, 調節性内斜視

Accommodation is a dynamic phenomena in daily life, and it varies widely depending on the target of seeing or on the way of paying attention. The eye position of each strabismic patient is affected strongly by accommodation, and it is essential to control accommodation for strabismus treatment. The examiner must always pay attention to the target of objects and the status of accommodation while examining the eye position. Strabismus improves when wearing properly prescribed glasses, while strabismus progresses when wearing improperly prescribed glasses, and irreversible abnormal binocularity may develop. We have to prescribe glasses for strabismic patients with special attention for accommodation as described above. It is important to know the refractive error with cycloplegics and then prescribe glasses to reduce accommodative convergence in esotropic patients, and for exotropic patients in contrast, to use accommodative convergence while observing both visual acuity and ocular positions.

(Jpn J Vis Sci 23: 2-6, 2002)

Key Words: Strabismus, Accommodation, Accommodative esotropia

別刷請求先: 431-3192 浜松市半田山 1-20-1 浜松医科大学眼科学講座 佐藤美保
(2002年4月3日受理)

Reprint requests to: Miho Sato Dept of Ophthalmol, Hamamatsu Univ School of Med
1-20-1 Handa-yama, Hamamatsu 431-3192, Japan
(Received and accepted April 3, 2002)

I. はじめに

斜視患者の管理と眼鏡矯正は大変重要な関係にある。適切な眼鏡を装用することにより斜視が改善するのに対し、不適切な眼鏡を装用することは眼位の悪化から両眼視機能の悪化を来し、ときにはそれは不可逆性の変化となる。

斜視と調節に関して知っておかなくてはならないこととしては、まず、斜視患者において眼位は調節によって大きく変化するという点である。調節は決して固定したものでなく、日常視においてはダイナミックなものであり、見ている対象物や注意の払い方によって大きく変化するものである。眼位検査においては何を視標として、どのような調節状態で検査しているのかを、検者は常に把握してはいてはならない。

斜視の眼鏡処方について調節の観点から処方上の留意点を述べる。

II. 検査視標について

十分に調節をしている状態での眼位をみるためには、遠方視でも近方視でも小さくははっきりした絵や文字を用いる。ただ「見せる」のではなく、例えば「声に出して読ませる」などを行い、十分注視させる必要がある。逆に、調節がかかっていないときの眼位をみたいのであれば視標には光源などを用いる。また、視標の大きさによって刺激される網膜の範囲が異なるため、小さな視標では眼位が不良でも、周辺融像の可能な症例では、大きな視標を用いると phoria を認めることがある。このように、どのような視標を用いて眼位検査を行ったかを常に記載していくことが大切である。とくに小児では、必ず注目できる視標を見せ「これは何?」「ドラエモンには何本ひげがあ

る?」などと具体的に見るものを示していく必要がある(図1)。

III. 屈折検査の仕方

眼鏡処方にあたって大切なことは、調節麻痺薬の使い方である。我々は、就学前の子供にはアトロピンの1週間点眼を、就学年齢以上ではサイプレジンによる調節麻痺を行っている。アトロピンには副作用として発熱や発赤があるため、1歳以下の乳児では0.2%を、1歳以上では0.5%を使っている。屈折検査には検影法を用いているが、オートレフラクトメータの可能な年齢では、オートレフラクトメータも併用している。その際の注意点としては、得られた検査値をそのまま眼鏡として処方するのではなく、必ずより+側のレンズを装用させて、視力検査をしながら徐々に遠視度数を落としていくことである。更に、いったん眼鏡度数を決定したら、その眼鏡をかけた上からもう一度検影法で、確認をすることが必要である。いったん眼位が良好になっても、自覚視力だけでは決して眼鏡度数を決められないことを次の症例で示す。

1. 症例

症例は3歳で間歇性的の内斜視を主訴として来院した。30プリズム(Δ)の内斜視で、アトロピンにて調節麻痺後の屈折値は右 +5.0 D, 左 +4.0 D であった。完全矯正眼鏡を処方したところ眼位は正位となり、矯正視力も良好で、4歳のときには立体視も認められた。5歳、6歳と眼位が良好で矯正視力も良好だったため、自覚視力を中心にして遠視の矯正度数を右 +4.0 D, 左 +3.5 D に下げた。ところが、7歳になって時々複視を訴えるようになり、眼位は10 Δの内斜視を示した。視力は、矯正眼鏡で左右ともに1.0であった。そこで膜プリズムを矯正眼鏡に貼ったとこ

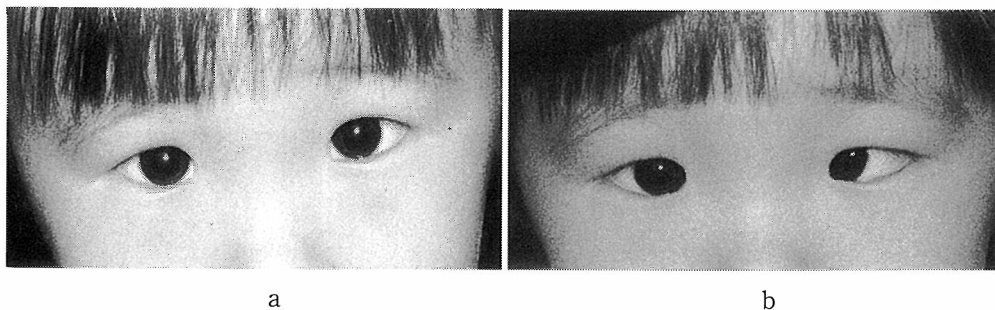


図1 a: 非調節視標(ペンライト)を見ているときは眼位は良好である。
b: 調節視標をみせると内斜視が出現する。

ろ複視は消失した。ところがその3カ月後には内斜視が更に15Δに増加しており、サイプレジンによる調節麻痺下屈折検査を行った。その結果、遠視は右+5.0D, 左+4.5Dみられ、遠視は実際には全く減少していなかったことが判明した。眼鏡を処方しなおしたところ、複視は完全に消失した。年齢が上がるにつれて、遠視の度数が下がることが多いと一般的には思われているが、逆に遠視度数が増加する症例もみられるため、細かく調節麻痺薬を用いた屈折検査を行うことが必要なことを反省させられた症例である。

IV. 屈折異常と斜視

1. 内斜視

調節が最も影響している斜視として、調節性内斜視がある。調節性内斜視のなかには、更に屈折性調節性内斜視と非屈折性調節性内斜視があり、更に遠視の矯正で斜視がなくなる純調節性内斜視と、斜視が残る部分調節性内斜視がある。最初は純調節性内斜視だったのに、時間の経過とともに眼位がくずれ部分調節性内斜視となることがしばしばあり、長期的な観察が必要である。部分調節性内斜視では、完全矯正の眼鏡をかけた状態で、残っている斜視に対して手術を行うことになる。年齢とともに遠視度数が減って最終的に眼鏡が必要なくなる症例もあるが、決して多いとはいえない。

一方、非屈折性調節性内斜視は、調節性輻湊が強いために起きるもので、遠方視よりも近方視において斜視角が著しく増加する。調節性輻湊を起させないように二重焦点眼鏡をかけさせる。問題は、小児においては二重焦点眼鏡を上手く使えないことである。

2. 症例

この患者は、中等度の遠視があり、遠視矯正の眼鏡の上方を使って遠くを見ているときにはほぼ正位になっている。しかし、近くを見るとまだ内斜視が残っ

ており、眼鏡の下方に+2.5Dを加えた二重焦点レンズが入っている。ここを通して見ているときには眼位は正位となっている(図2)。

外見上の問題から二重焦点レンズでなく累進多焦点レンズを用いることもある。このようにして非屈折性調節性内斜視を眼鏡で管理していく上での問題点としては、成人用に設計された二重焦点、あるいは累進多焦点レンズの場合、小児の小さなフレームには適合しにくい点が挙げられる。とくに最近では、上下幅の狭い小さなフレームが流行しているため、眼鏡の作成にあたってはフレームにも注意を払う必要がある。フレームが小さいと眼鏡全体が軽くなるため、その点では好ましいのだが、レンズの光学中心がほとんどフレームと重なっているということもあるので、小児の眼鏡フレームの選択においては十分にこの点に配慮する必要がある。また、眼位の改善を重視するあまり、過矯正の遠視矯正眼鏡をかけ続けることによって、外斜視が出現したり、調節力の低下が起きることが指摘されている。

先天性内斜視は定義としては、遠視性屈折異常がないか、あってもわずかで屈折異常を矯正しても眼位がほとんど変化しないものとされている。しかし、実際には多くの先天性内斜視は遠視を合併しており、長期的にみると遠視が増加していることもある。手術前に完全に遠視を矯正することはもちろんであるが、手術後も屈折検査を繰り返し、遠視の矯正を更にしっかり行うことが重要である。

3. 外斜視

治療方法に苦慮する屈折異常と斜視の関係としては、遠視でありながら外斜視となっている例が挙げられる。これは視力と両眼視機能の両方が不良な場合に多い。遠視の屈折矯正を行い、弱視治療が適切に行われると外斜視がよくなる症例もあるが、屈折矯正によって外斜視が更に目立つようになることも少なくない。眼鏡をかけていないときは正位であるが、遠視の

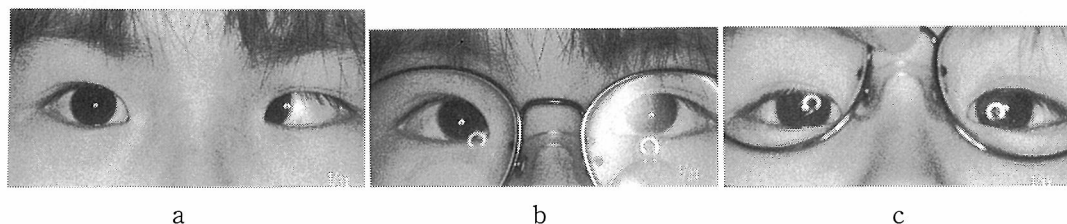


図2 a:眼鏡なしでは大角度の内斜視
b:遠視を矯正すると遠見での眼位は良くなるが、近見眼位は内斜視が残る。
c:二重焦点眼鏡の下方から見ているときは近見眼位も良好である。

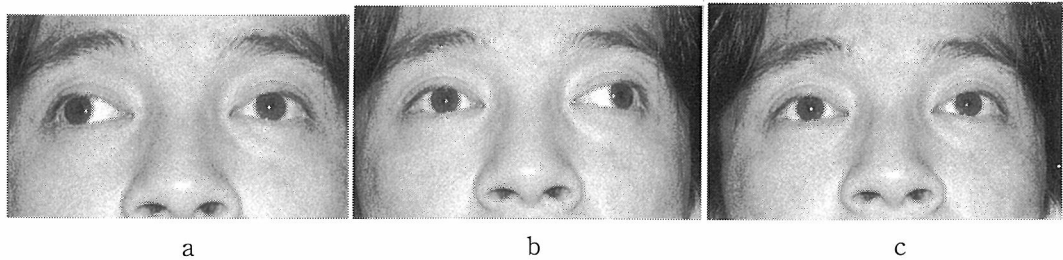


図3 大角度の間歇性外斜視で斜位近視となっている。

a：右眼固視

b：左眼固視

c：両眼で固視のとき、像がはっきり見えないと訴える。

矯正をすると外斜視になるような症例では、視力をみながら遠視度数を下げていき、ある程度の調節をさせるようにする。しかし長く経過をみていくと、最終的には眼鏡をかけない状態でも外斜視が出るようになり、手術適応となることが多いようである。逆に、近視のために遠見視力が不良だと遠方視での外斜視が顕性化する。このような間歇性外斜視では、軽度の近視でも十分に矯正することによって、遠方視での眼位を改善することができる。

間歇性外斜視があり、片眼ずつ検査をしたときには、良好な遠方視力があるにもかかわらず、両眼開放状態で phoria のときに縮瞳と近視化が起こり、著しく視力が低下する状態を「斜位近視」と呼ぶ。はっきり見ようとするときには、自分で斜視の状態に持ち込み、外見を整えようとするときには、輻湊を過剰に行いそれに伴う過剰な輻湊性調節がみられると考えられる^{1,2)}。片眼ずつ測定した屈折値と、両眼開放状態で良好な視力を得られる自覚的屈折値とそのときの眼位をみることで診断ができる。強い眼精疲労を訴えて来院することが多く、くれぐれも過矯正眼鏡を処方しないようにすることが大切である。治療にはプリズム眼鏡を処方するという方法もあるが、手術が第一の選択であると考える (図3)。

外斜視患者は、内斜視患者と比べると遠視の頻度は低く、むしろ近視が多い。近視があるために間歇性外斜視が斜位を保ちにくくなることは日常診療でしばしば経験する。これは、近視の人は自分の遠点より遠くを見るときには調節する必要がないために、調節性輻湊が起きにくいことと、ピンぼけの像を見ているために融像性輻湊が起きにくいことが原因と思われる。そこで、間歇性外斜視の患者には、裸眼視力が比較的良好で、学業に支障がない程度であっても近視矯正の眼鏡を処方する。

4. 不同視と外斜視

不同視があると、近くを見るときはより近視の眼で、遠くを見るときは近視の軽い方の眼で固視している外斜視の症例にしばしば出会う。このような見方をしていると調節が十分に働かないために、斜視角の大きな外斜視となることが報告されている³⁾。このように両眼を使い分けている患者の多くは、両眼視機能は不良で、どこで左右の眼を切り替えているのか本人は理解していないことが多いが、なかには、左右の眼が切り替わるときにイメージがジャンプして困ると訴える人がいる。両眼視機能が残っているうちには、できるだけ不同視を矯正し、両眼視を促すようにしていくことが眼位を保つために必要かと思われる。また、最近の屈折矯正手術によって、モノビジョンを作り出すことがあるようだが、このモノビジョンは成人であっても長期にわたると立体視を失うことになる⁴⁾。

また、我が国ではあまり一般的ではないが、間歇性外斜視に対して過矯正のマイナスレンズを処方し、調節を促すことで眼位を矯正しようという方法がある。これは1962年に Jampolsky が提案しているが、その後追試がなされ、最近では Kushner がこの過矯正眼鏡でも近視が進行しないことを報告している⁵⁾。我々も数例にこの眼鏡を試みた。処方する前には十分装用練習をさせて眼精疲労がないかどうかを確認している。短期的には比較的良好な結果を得ているが、問題は眼鏡に対する嫌悪心があるために、眼鏡を日常的に装用できず、効果が十分に得られないこと、眼鏡を中止すると眼位がもどることである。しかし過矯正の眼鏡をかけたからといって、近視が進行しなかったということは興味深い。遠視を矯正しないでおいだからといって遠視度数がどんどん減っていかないことと共通している。近視の進行については、調節が関与していると考えられているが、それだけでは十分に説明できず、

今後の研究の成果が待たれるところである。

V. お わ り に

以上まとめると、調節によって眼位は刻々と変化するものであり、眼鏡度数は視力と両眼視機能の両方をみながら度数を決定をする必要がある。まず、患者の屈折状態を調節麻痺薬を利用して把握した上で、内斜視ではできるだけ調節がかからないように配慮し、逆に外斜視では適度に調節を利用して良好な眼位を保たせるよう工夫していくことがよいと考える。

理論どおりにいく症例ばかりではなく、1例1例丁寧に検査を繰り返し、最善の眼鏡を処方していく心構えをもつことが大切である。

文 献

- 1) 井関育子, 不二門 尚: 斜位近視症例の調節機能. 眼臨 94: 652-655, 2000.
- 2) 荘野忠郎, 内海 隆, 菅澤 淳, 中村桂子: 斜位近視を伴う成人外斜位斜視症例の術後屈折値の変動. 臨眼 52: 591-594, 1998.
- 3) 不二門 尚, 数尾久美子, 田野保雄: 外斜視眼における不同視について. 視覚の科学 14: 31-33, 1993.
- 4) Fawcett SL, Herman WK et al: Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision. Journal of AAPOS (American Association of Pediatric Ophthalmology and Strabismus) 5: 342-347, 2001.
- 5) Kushner BJ: Does overcorrecting minus lens therapy for intermittent exotropia cause myopia? Arch Ophthalmol 117: 638-642, 1999.

中心視および周辺視における極微小視角での色覚特性に関する研究

高松 衛, 中嶋 芳雄
富山大学工学部知能情報工学科

Appearance of Light Source Colors in Small Visual Angles in Foveal and Peripheral Vision

Mamoru Takamatsu and Yoshio Nakashima
Faculty of Engineering, Toyama University

視環境の違いにより、色の見え方が大きく変化することはよく知られている。本研究では、中心視および周辺視における極微小視角における色覚特性について、カラーネーミング法を用いて測定した。被験者は色覚正常者3名である。結果より、視角が小さくなるにしたがって、知覚色が有彩色から無彩色へと次第に変化していく移行過程が定量的に明らかとなった。またこの移行過程は、周辺視が大きくなるにしたがって、より顕著となることも明らかとなった。これらの結果は、極微小視角に関する基礎的研究のみならず、応用的研究面においても有用であると期待する。 (視覚の科学 23: 7-11, 2002)

キーワード：極微小視角, 周辺視, 知覚色評価, 光源色, カラーネーミング法

It is known well that color appearance depends on the visual environments. In this experiment, apparent colors and hue-shift in the small visual angles in foveal and peripheral vision were investigated quantitatively employing the color-naming method. Three subjects with normal color vision and visual acuity participated in this experiment. Color perception shifted from chromatic color to achromatic color accordingly as the visual angles decreased. It was also made clear that this shift process manifested itself more remarkable accordingly as the peripheral vision become larger. We are confident that in the visual environment involving small visual angles, these results are useful for both basic studies and practical applications.

(Jpn J Vis Sci 23: 7-11, 2002)

Key Words: Small visual angle, Peripheral vision, Apparent color, Light source color, Color-naming method

I. 緒 言

周囲の様々な視環境の違いによって、色の見え方は大きく変化する。そのなかの一つに視覚サイズを挙げることができる。すなわち、同一の視対象物であって

も、視覚サイズが異なればその見え方は大きく異なってくる¹⁻⁴⁾。とりわけ、極微小視角や極微小視野においては、色覚はより特異な特性を示す。

一方、視角と色覚特性との関係について、極微小視角に至るまで、更にまた中心視から周辺視に至るま

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7月27日受理)

Reprint requests to: Mamoru Takamatsu Faculty of Engineering, Toyama Univ
3190 Gofuku, Toyama 930-8555, Japan.

(Received and accepted July 27, 2001)

で、定量的に測定したデータは極めて少ないのが現状である⁵⁾。

そこで本研究では、光源色に対する極微小視角における色覚特性について、中心視から周辺視に至るまで定量的に測定することをその目的とした。

II. 実験方法

刺激呈示装置としては cathode ray tube (以下

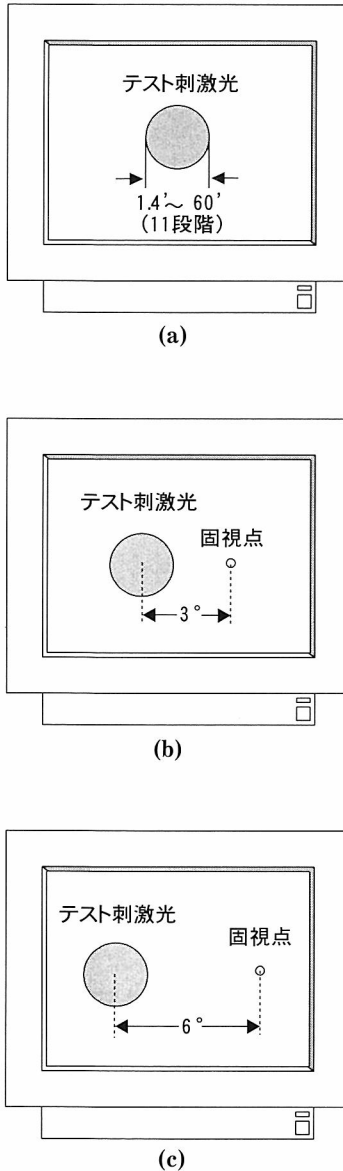


図1 Cathode ray tube (CRT) モニタ
(a) 0°の場合 (中心視), (b) 3°の場合 (周辺視),
(c) 6°の場合 (周辺視)

CRT) カラーモニタを使用した。被験者が観測するモニタ画面を図1に示す。黒色背景上に円形のテスト刺激光を呈示した。被験者のタスクは、呈示されたテスト刺激光を中心視または周辺視にて観測し、その見え方をカラーネーミング法にて評価することである。ただし、周辺視の場合 (図1b, c) は、被験者が注視するための固視点をテスト刺激光の右側に呈示した。なお、テスト刺激光に対しては、極微小視角においても正確に色表示するため、CRT モニタには高精細のものを用いるとともに、被験者とモニタ画面との距離を適切にとるなどして細心の注意を払った。

全体の実験風景を図2に示す。被験者は、まず第一段階として、テスト刺激光に含まれる有彩色成分と無彩色成分 (白色成分) との比を10段階評価にて応答する。つまり持ち点を10点として、テスト刺激光の見え方を、「色味」成分と「白味」成分とに分けるのである。例えば、70%の「色味」成分と30%の「白味」成分とを含んでいると知覚されたテスト刺激光に対しては、「色味」7「白味」3と応答するのである。ただし、純白は「白味」10に相当する。

次に第二段階として、「色味」成分のみに注目し、そのなかに含まれている各色相成分の割合について評価を行う。

すなわち、カラーネーミング法はすべての色相を、R (赤), Y (黄), G (緑) および B (青) のなかから選択した2色 (または1色) の適当な比率により表現しようとするものである。本実験では10段階評価を採用したので、10点を2色 (または1色) に割り振るこ

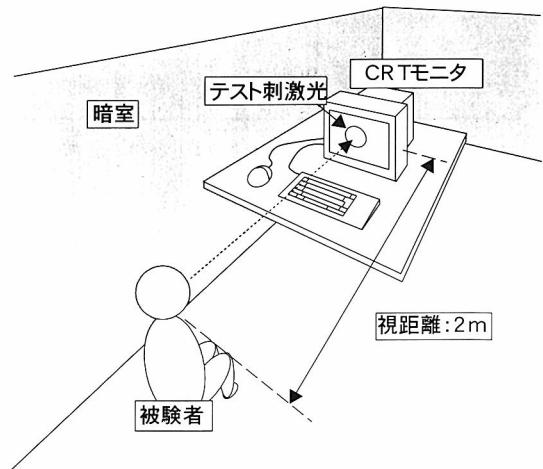


図2 実験風景

とになる。例えば、80%の「黄色」と20%の「緑色」とを含んでいると知覚される場合には、「黄」8「緑」2と応答するのである。

ただし、ユニーク色に対しては1色のみにて表現可能であるため、例えばユニーク黄では「黄」10、ユニーク緑では「緑」10となる。

次に、視覚、周辺視、テスト刺激光および観測眼に関する実験条件を以下に示す。

視 覚： 60'/24'/12'/6.0'/5.0'/4.0'/3.5'/3.0'/2.5'/2.0'/1.4'

周辺視： 0° (中心視)/3°/6°

テスト刺激光： 赤，黄，緑，青緑，青。

観測眼： 右眼。

なお、実験はすべて暗室にて行い、被験者は色覚正常者3名であった。

III. 実験結果

結果の一部を図3に示す。横軸には視角、縦軸には有彩色成分の割合をとっている。テスト刺激光がそれぞれ赤 (a), 黄 (b), 緑 (c), 青緑 (d) および青 (e) の場合である。

いずれも、視角が小さくなるにしたがって有彩色成分の割合が次第に低下している、すなわち、無彩色の方向へと移行していく過程が定量的に示されている。またこの傾向は、視角が約10'以下においてとくに顕著にあらわれることも明らかとなった。更にまた、こ

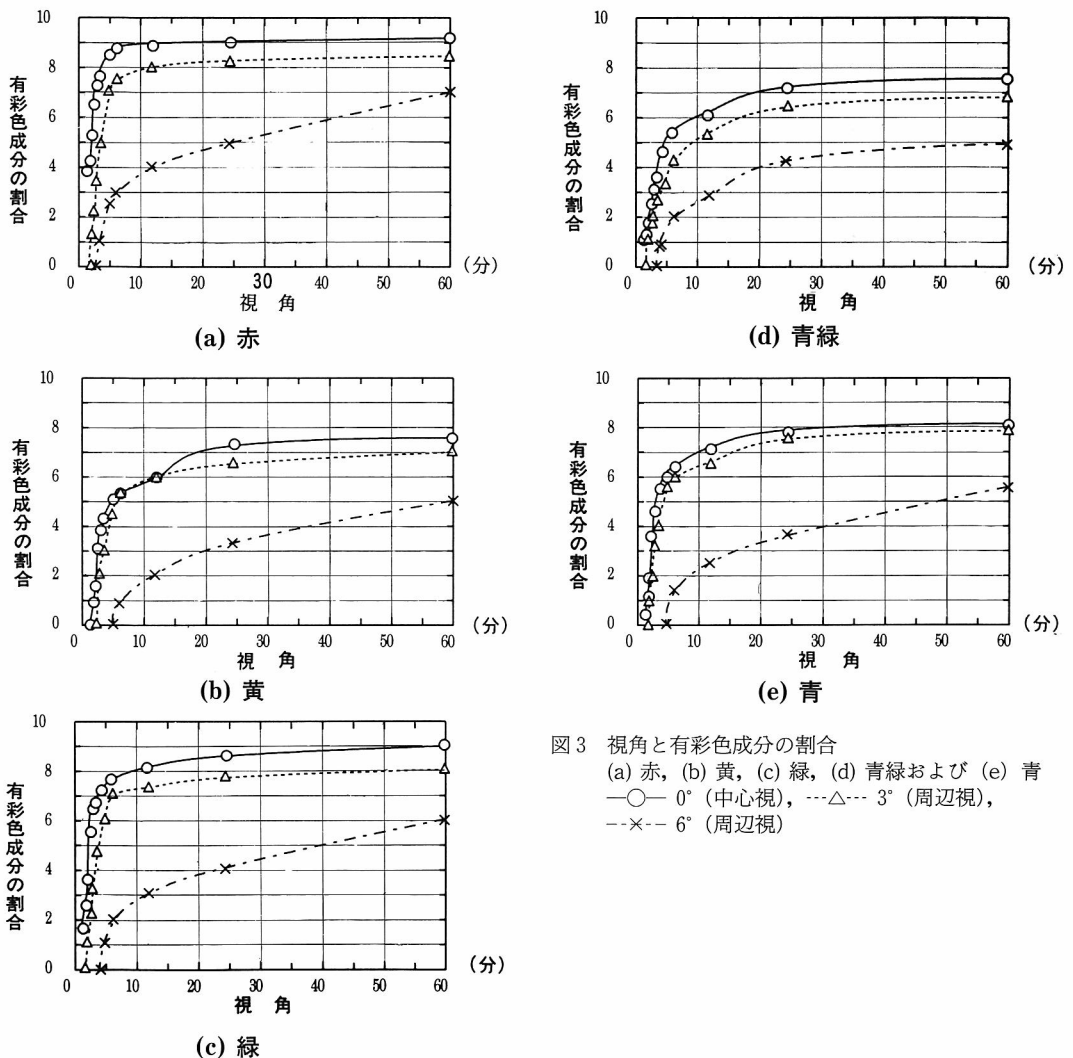


図3 視角と有彩色成分の割合
 (a) 赤, (b) 黄, (c) 緑, (d) 青緑および (e) 青
 —○— 0° (中心視), ---△--- 3° (周辺視),
 --×-- 6° (周辺視)

の傾向は周辺視が大きくなるにしたがって、一層顕著になることも明らかとなった。

次に、各色相間における特性の差異に関しては、前述の傾向は、青系統のテスト刺激光においてとくに顕著であった。この原因としては、いわゆる「小視野第3色覚異常現象」が考えられる。

また、視角と色相変化、すなわち視角と各色相成分の割合との関係をあらわしたものを図4に示す。

テスト刺激光が赤 (a) の場合では、その中にわずかに含まれている黄味成分の割合が、極微小視角においては減少するため、逆に赤味成分の割合は上昇を示す。またテスト刺激光が緑 (c)、青緑 (d) の場合では、それぞれのテスト刺激光中に含まれている緑味成分と

青味成分に対する判定が、微小視角においては次第に困難となり、それぞれの応答比率が1/2の確率つまり5割の方向へと移行していく。換言すれば、極微小視角においては、緑色と青色との識別は次第に不可能となっていくことが明らかとなった。

IV. 考 接

本研究では、視角サイズの違いによる知覚色の変化過程について、カラーネーミング法を用いて検討を加えた。すなわち極微小視角においては、有彩色成分の割合は急激に低下し、無彩色方向へと移行すること、またこの傾向は、周辺視が大きくなるにしたがって、より顕著になること、更にまた色相変化も合わせて生

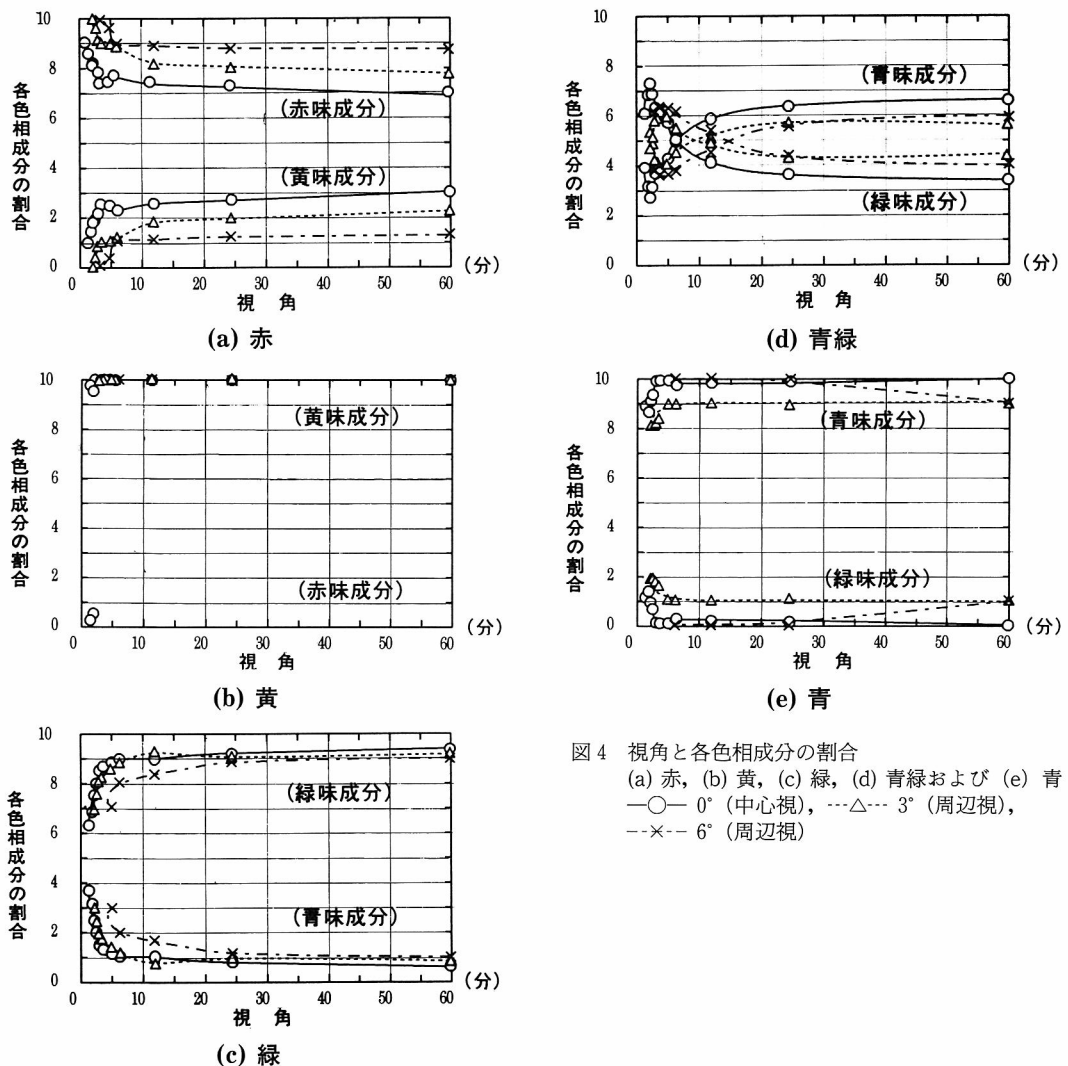


図4 視角と各色相成分の割合
 (a) 赤, (b) 黄, (c) 緑, (d) 青緑および (e) 青
 —○— 0° (中心視), ---△--- 3° (周辺視),
 --×-- 6° (周辺視)

起することなどが明らかとなった。

ところで、微小視野における色刺激に対する色覚特性を測定した論文はいくつか存在しているが、例えば Middleton ら¹⁾は、視角 1' および 2' での色指標の見かけの色（知覚色）をマッチング法により測定している。その結果、視角が小さくなるにしたがい、すべての色刺激に対する知覚色の彩度は低下するが、とくにこの傾向は黄あるいは青の方向で顕著であったと報告している。本研究でも、黄、青緑および青のテスト刺激に対する知覚色では、他の色と比較して有彩色成分の低下の割合が顕著であった。この傾向は、周辺視においても同様に観測された。

本研究結果が、視覚の基礎的研究面のみならず、カラーマネージメントなどに代表されるところの応用面・実用面においても、有用な基礎的データの一つと

なれば我々の最も幸いとするところでもある。

文 献

- 1) Middleton WE & Holmes MC: The apparent colour of surfaces of small subtense—A preliminary report—. J Opt Soc Am 39: 582-592, 1949.
- 2) Sperling HG & Hsia Y: Some comparisons among spectral sensitivity data obtained in different retinal locations and with two sizes of fovea stimulus. J Opt Soc Am 47: 707-713, 1957.
- 3) Bedford RE & Wyszecki GW: Luminance functions for various field sizes and levels of retinal illuminance. J Opt Soc Am 48: 406-411, 1958.
- 4) Bedford RE & Wyszecki GW: Wavelength discrimination for point sources. J Opt Soc Am 48: 129-135, 1958.
- 5) 中嶋芳雄, 山内直幸他: 微小視角における色覚特性—光源色による—. 視覚の科学 20: 7-10, 1999.

原 著

PR 2000 を用いた 1 歳児の乱視軸の測定

名 和 良 晃, 飯 田 英 史, 川 崎 健 輔, 中 塚 三 恵 子, 原 嘉 昭

奈良県立医科大学眼科学講座

Measurement of the Axis of Astigmatism of 1-Year-Old Infants with PR-2000

Yoshiaki Nawa, Hidefumi Iida, Kensuke Kawasaki, Mieko Nakatsuka and Yoshiaki Hara

Department of Ophthalmology, Nara Medical University

1 歳児の乱視軸の分布を調べるために、トプコン社製 PR 2000 を用いて主に未熟児の既往をもつ 1 歳児 135 名の調節麻痺薬下屈折度数を測定した。0.25 D 以上の乱視を分類すると、右眼は直乱視 47%、斜乱視 7%、倒乱視 23%、乱視なし 23%、左眼は直乱視 56%、斜乱視 6%、倒乱視 21%、乱視なし 17%であった。欧米の報告では乳幼児は倒乱視が多いという報告がほとんどである。日本人は乳幼児に直乱視が多いと思われ、乱視軸の分布に人種差が存在すると考えられた。(視覚の科学 23: 12-15, 2002)

キーワード: 1 歳児, 調節麻痺薬下屈折度数, 乱視軸, 直乱視

We measured cycloplegic refraction of 135 1-year-old infants, many of which have a history of premature birth, by TOPCON PR-2000 to analyze the distribution of the axis of astigmatism. Astigmatisms with more than 0.25 D were classified as follows: OD: With-the-rule 47%; oblique 7%; against-the-rule 23%; no astigmatism 23%, OS: With-the-rule 56%; oblique 6%; against-the-rule 21%; no astigmatism 17%. Most of overseas reports show that against-the-rule astigmatism is predominant in infancy. This report indicates that with-the-rule astigmatism is predominant among Japanese infants and that racial difference is present in the distribution of the axis of astigmatism in infancy. (Jpn J Vis Sci 23: 12-15, 2002)

Key Words: 1-Year-old infants, Cycloplegic refraction, Axis of astigmatism, With-the-rule astigmatism

I. 緒 言

小児、とくに乳児の屈折検査は困難であったが、遠方から測定できるフォトレフラクション法により検査が容易になってきた¹⁾。トプコン社 PR 2000 は PR 1000, PR 1100 の後継機種であり、2 m 離れた部位から小児の屈折度数を測定することができる。今回我々

は、PR 2000 を用いて 1 歳児の乱視軸を調節麻痺下にて測定したので報告する。

II. 方 法

奈良県立医科大学眼科外来で 1998~2001 年までに来院した患者のうち、小児科発達外来から眼科的検査を依頼された 1~1 歳 6 カ月の乳児 150 名を対象とした。

別刷請求先: 634-8522 橿原市四条町 840 奈良県立医科大学眼科学講座 名和良晃
(2001年11月13日受理)

Reprint requests to: Yoshiaki Nawa Dept of Ophthalmol, Nara Medical Univ
840 Shijo-cho, Kashihara, 634-8522, Japan.
(Received and accepted November 13, 2001)

依頼の性質上、低体重出産や未熟児の既往をもつ子供が多かった。平均出生週数33.9週(24~41週)、平均出生体重 1,897 g (555~3,715 g) であった。中枢神経系の特記すべき合併症は、脳室上衣下出血、脳性麻痺、脳室周囲白質軟化症、水頭症、小頭症が各1例ずつあった。斜視の合併は外斜視5例、内斜視(調節性でない)1例であった。未熟児網膜症を発症してレーザー治療を受けたのが2例あった。

1%シクロペントレート(サイプレジン[®], 参天製薬)を5分おきに3回点眼した後²⁾, 1時間後に PR 2000 にて屈折度数を測定した。測定は被検児を椅子に座った母親のひざの上で座らせた状態で測定した。開眼器は使用せず、自然開眼下で測定した。測定は複数回行い、安定した値が続いてばらつきがないと判断した時点で測定を終了した。球面度数, 円柱度数は2回同じ測定値が出るまで測定を続け, その値を採用した。乱視軸は同じ値が出ない場合は平均したが, その場合でもばらつきは20°以内におさまった。上記の条件で安定した測定値が得られない場合は測定値を採用しなかった。右眼は3眼, 左眼は5眼について測定値を採用しなかった。

乱視軸については0~30°, 150~180°を直乱視, 60~120°を倒乱視, それ以外を斜乱視とした³⁾。なお, 0.25 D 未満の乱視については乱視なしと分類した。

III. 結 果

今回測定した乳児の等価球面度数は右眼が平均+0.15 D (-3.00~+2.88 D), 左眼が平均+0.18 D (-2.88~+2.13 D) であった。乱視の絶対値の平均は右が0.80 D, 左が0.88 D であった。図1, 2には右眼

と左眼の乱視軸の分布を示した。右眼と左眼は同様の傾向を示し, 直乱視が最も多いという結果になった。

IV. 考 按

乳幼児の屈折度数の測定には調節麻痺薬下で検査することが望ましい。アトロピンは最も調節麻痺効果が強い⁴⁾が, 1日2回1週間の投与は煩雑であり, 顔面紅潮などの副作用もあるので, スクリーニング検査については我々の施設ではサイプレジンで行っている。屈折度数のみならず乱視も調節時に変化する可能性がある⁵⁾ので, 調節麻痺薬下での乱視軸の検討は非調節麻痺薬下よりも安定した結果が得られていると考えた。

測定機械については以前我々は, スキアスコープや手持ちレフラクトメータで行っていた。スキアスコープは慣れた検者が行えば極めて正確な結果を得ることができる。我々の施設では基本的にスキアスコープも全例行っているが, 今回の研究では同一検者が測定しなかった場合もあるので, PR 2000 の値を全例採用した。

PR 2000 の測定結果の信頼性については, Williamsらが報告している⁶⁾。彼らはスキアスコープと PR 2000 の測定を同時に無作為に行い, 両者の検査結果を比較したところ, 円柱値の絶対値と遠視の絶対値をやや過少評価する傾向にあったが, よい相関が認められ, PR 2000 は屈折のスクリーニング機として優れていることがわかった。

乳幼児の乱視軸の分布については, 本邦の総説でも海外の文献がよく引用されている⁷⁾。それによると,

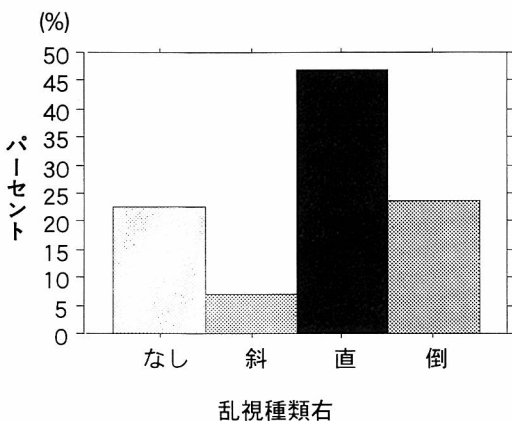


図1 右眼の乱視種類の頻度をあらわしたヒストグラム
直乱視47%, 倒乱視23%, 斜乱視7%, 乱視なし23%であった。

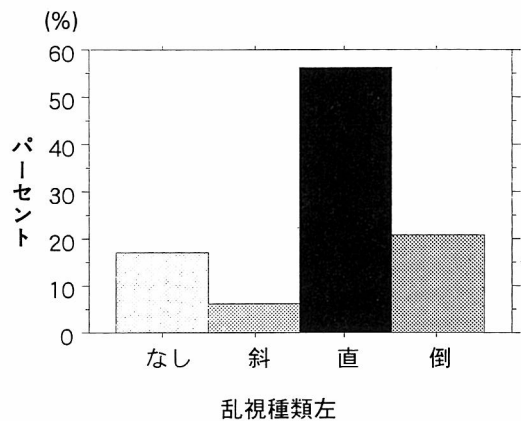


図2 左眼の乱視種類の頻度をあらわしたヒストグラム
直乱視56%, 倒乱視21%, 斜乱視6%, 乱視なし17%であった。

生後～4歳ごろまでは倒乱視が多く、それ以後は直乱視が多くなるとまとめている。

新生児期～1歳ごろの乱視軸の分布について、Fulton ら⁸⁾は1歳以下の乳児75名を調節麻痺薬下で検査し、乱視をもつ乳児のうち82%が倒乱視、また18%が直乱視であったと報告している。Dobson ら⁹⁾は、調節麻痺薬下で新生児～生後6カ月までの乱視があった16眼は全例倒乱視であったと報告している。また生後6カ月～1歳半までの乱視のあった73眼では、倒乱視が72%、直乱視が24%であった。Howland らの報告¹⁰⁾では、非調節麻痺薬下の検査で、新生児～生後6カ月まで乱視のあった38眼について、直乱視はわずか1眼で、倒乱視は53%であった。生後6カ月～1歳半までの乱視のあった46眼でも、直乱視はわずか1眼であり、倒乱視は72%に認められた。Gwiazda らの非調節麻痺薬下の検査¹¹⁾では、新生児～生後6カ月までの乱視のあった235眼のうち、直乱視が38%、倒乱視が47%であった。また、生後6カ月～1歳半まででは、直乱視が35%、倒乱視が45%であった。

幼児期については、Montes-Mico による非調節麻痺薬下の研究¹²⁾では、2歳時点では倒乱視が61.5%、直乱視が23.1%であった。また、Howland らによる研究¹⁰⁾では、2歳以下では倒乱視：斜乱視：直乱視の比率は15：9：1であった。Dobson らの研究⁹⁾では、3.5歳以下の幼児85名の検査結果をまとめると、倒乱視が2.5倍直乱視よりも多かったが、3.5歳を境に倒乱視と直乱視の比率が逆転し、以後9.5歳まで直乱視の方が多くなった。Gwiazda らの報告¹¹⁾では、4.5歳まで倒乱視が直乱視より多く、4.5歳で逆転し、以後6歳まで直乱視の方が多くなった。

本邦の報告では、佐藤ら¹³⁾が非調節麻痺薬下で PR 1000 を用いて3～36カ月の正常児219名を検査した。直乱視が最も多く、とくに3～8カ月の年齢層に最も多いという結果が得られた。

我々も、本邦では乳幼児には直乱視の方が多いとの印象をずっともっていた。今回の調節麻痺薬を用いた研究でもそのことが裏付けられた。

海外と本邦の報告との違いはということが原因であろうか。海外の文献でも、アメリカ先住民についての検査では直乱視が多いという報告がある¹⁴⁾。また、Thorn ら¹⁵⁾は、中国人でも乳児期には大部分が直乱視であったと報告し、これは顔貌の差は関係がなさそうであると考察している。断言できるデータは少ないが、人種による違いがあるのではないかと推定した。

今回我々が測定した母集団は低体重児、未熟児が多

く、サンプルが正常児とずれがあるのでそれが結果に影響した可能性は否定できない。白子症、網膜色素変性症、眼振などの視力の低下するような疾患では直乱視が多いとの報告がある¹⁶⁾が、未熟児は倒乱視が多いとの報告¹⁷⁾があり、やはり以前の報告も考え合わせると我が国では乳幼児には直乱視が多いのではないかと推定した。

ネコの経線弱視の実験は有名である¹⁸⁾。高齢者の倒乱視が、同程度の直乱視と比べて見えづらいとの訴えが強いのは、重要な視覚発達時期である乳幼児期を直乱視で過しているからではないかと疑い、現在精査を行っているところである。

文 献

- 1) 魚里 博：特集 屈折異常，最近の知見，フォトレフラクション法とその歴史．あたらしい眼科 7: 823-833, 1990.
- 2) 平井宏明：屈折検査．眼科学大系 1. 眼科診断学・眼機能, 381-398, 中山書店, 東京, 1993.
- 3) 梶田雅義：屈折異常．眼科学大系 1. 眼科診断学・眼機能, 399-413, 中山書店, 東京, 1993.
- 4) Kawamoto K & Hayasaka S: Cycloplegic refractions in Japanese children: A comparison of atropine and cyclopentolate. *Ophthalmologica* 211: 57-60, 1997.
- 5) Tsukamoto M, Nakajima T, Nishino J, Hara Y, Uozato H & Saishin M: The binocular accommodative response in uncorrected ametropia. *Optom Vis Sci* 78: 763-768, 2001.
- 6) Williams C, Lumb R, Harvey I & Sparrow JM: Screening for refractive errors with the Topcon PR 2000 Pediatric Refractometer. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 41: 1031-1037, 2000.
- 7) 所 敬：屈折異常と発達．眼科 Mook No 38, 46-52, 金原出版, 東京, 1989.
- 8) Fulton AB, Dobson V, Salem D, Mar C, Petersen RA & Hansen RM: Cycloplegic refractions in infants and young children. *Am J Ophthalmol* 90: 239-247, 1990.
- 9) Dobson V, Fulton AB & Sebris SL: Cycloplegic refractions of infants and young children: The axis of astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 25: 83-87, 1984.
- 10) Howland HC & Sayles N: Photorefractive measurements of astigmatism in infants and young children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 25: 93-102, 1984.
- 11) Gwiazda J, Scheiman M, Mohindra I & Held R: Astigmatism in children: Changes in axis and amount from birth to six years. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 25: 88-92, 1984.
- 12) Montes-Mico R: Astigmatism in infancy and childhood. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 37: 349-353, 2000.
- 13) 佐藤美保, 栗屋 忍, 鈴木祐子, 矢ヶ崎悌司, 伊藤由美子：乳幼児の視力発達と屈折変化の関係．日眼会誌 97: 861-867, 1993.
- 14) Mapels WC, Herrman M & Hughes J: Corneal astigmatism in preschool Native Americans. *J Am Optom Assoc* 68: 87-94, 1997.

- 15) Thorn F, Held R & Fang LL: Orthogonal astigmatic axes in Chinese and Caucasian infants. Invest Ophthalmol Vis Sci 28: 191-194, 1987.
 - 16) Nathan J, Kiely PM, Crewther SG & Crewther DP: Astigmatism occurring in association with pediatric eye disease. Am J Optom Physiol Opt 63: 497-504, 1986.
 - 17) Dobson V, Fulton AB, Manning K, Salem D & Petersen RA: Cycloplegic refractions of premature infants. Am J Ophthalmol 91: 490-495, 1981.
 - 18) Mitchell DE, Freeman RD, Millodot M & Haegerstrom G: Meridional amblyopia: Evidence for modification of the human visual system by early visual experience. Vision Res 13: 535-558, 1973.
-

先天色覚異常者のための信号灯改良試案

視覚研究所 深見嘉一郎

I. はじめに

現行の街路交通信号灯は先天色覚異常者—この場合は第1・第2色覚異常者—にとって見分け難い場合があり得る¹⁾、とくに夜において赤／黄の点滅信号が見分けにくい。これを見分けやすいようにして、安全を確保しようという試案はいくつかあり（深見嘉一郎：色覚異常者用信号灯の一提案。第17回交通眼科学会，1975。深見嘉一郎：色覚異常者用信号灯を再び提案する。第36回日本産業・労働・交通眼科学会，1994。渡会恒久他：先天赤緑色覚異常者の信号灯の識別を容易にするための研究。第17回交通眼科学会，1975.），部分的に実行されたこともある²⁻⁴⁾。

しかし、決定的なものではなく、放置された状態であった。それに対して、一つの有力な試案が出され、有効と考えられた。そこで昨年（2001）の第43回日本産業・労働・交通眼科学会で発表した（深見嘉一郎：色覚異常者のための信号灯—第3案.）ところ、多くの賛同を得たので、その詳細をここに報告する。

この性格上これは学術論文ではなく、実用的試案である。

II. 第1・第2色覚異常者は信号灯を見分けにくいという証明

1. 緑・黄・赤は混同色である

第1・第2色覚異常者についての Pitt の混同色軌跡⁵⁾から緑・黄・赤が見分けにくい色であることは自明なことである。明るさの差でしか見分けられない場合があり得る。

そこで、「緑」を「青」に近づけようという試みがなされている（渡会恒久他：先天赤緑色覚異常者の信号灯の識別を容易にするための研究。第17回交通眼科学会，1975.）。しかし、青は高齢者に見にくい色である。

2. 過去の検査成績からの類推

従来のランタンテストやそれと類似の色呼称法の成績⁶⁾から類推すると、小視角の色光の色を判断することは先天色覚異常者には大変不得手なことである。

3. 色覚異常者自身の経験談

色覚異常者自身には信号灯は判断できるという。しかし、それは信号灯の色からではなく、点灯されている灯火の位置関係や光の明るさの差などを頼りにして判断しているのである。それで、夜になると見分けにくい。とくに赤／黄の点滅は色の区別がつかない¹⁾。

4. 実験による証明

最近シミュレーションによって、先天色覚異常者が信号灯火を見誤ることが証明された⁷⁾。LED でも同様のことが証明された（西尾佳晃他：先天色覚異常における道路工事中用1灯式LED信号の見え方。第43回日本産業・労働・交通眼科学会，2001.）。

III. 信号灯改良の条件

まず、我が国に多い横型信号灯のみについて述べる。縦型はその応用問題とする。

最近LEDなどが出現して、形を種々変えることもできる。また、1灯で色を変化させることも可能になってきた。更に動きを導入することもできるようになった。しかし、長年の習慣を尊重し、また社会的混乱を避けるために、道路交通信号灯は従来どおり青（緑）・黄・赤の3灯が横に並ぶものとする。

色の順序は左から「青」「黄」「赤」である。

「矢印信号」は従来どおり3灯の下に表示する。

最後に社会的に肯定されやすいように、改良の費用はできるだけ安価でなければならない。

IV. 信号灯改良の試み

社団法人 新交通管理システム協会が1999年10月21日に行った交通信号灯視認試験において、参加した先天色覚異常者から出された希望は：

1. 夜間でも灯火の位置（左・中・右）がわかるようにしてほしい。

2. 赤／黄の点滅信号に色以外の情報がほしい。

第2回の試験（1999年11月27日）で、色々の試みがなされた。例えば、点滅信号の色の違いを点滅の頻度の違いにした。しかし、2灯を並べて比較すると点滅

2002年3月

頻度の差は明瞭にわかるが、1灯のみでは頻度の長短は判別しにくい、など色々のことがわかった。

改良は可能な限り安価でなければならないという条件を満たすことはなかなか難しいことである。

参加者は考えあぐねた。

そのとき、あるメーカーの1人が黄信号灯の下に無色の小さい明るい光(懐中電灯)を保持した(常置灯)。そして、これが大変好評であった。

以上は市民団体である「色覚を考える会」(当日に会員の一部が披検者として参加していた)の重要メンバーの1人である内山紀子からの報告であった。

これは、左から右へ順次点灯する光点の相対位置を固定光源が明示する方法である。別の言い方をすれば、三角形の頂点を常時指示して、底辺に沿って動く光点の位置を示すものである。これによって現在点灯している光が左(青)、中央(黄)、右(赤)のいずれであるかを色に無関係に明示できる。

なお、信号灯の下部には矢印信号が付くので固定灯は中央の上が適当であろう。

1灯を点滅なしで附加するという従来にない単純なもので、費用も一番廉価であろう。

V. 結 論

現行の街路交通信号灯の中央「黄」の上に小さい明るい白色灯を常時点灯させる。

IV. 補 遺

新たに1灯追加するには相当の準備と費用がかかる。現行のままで、点灯のプログラムを変更する方が安価である。例えば、「黄」を20 Hz くらいで常時フリッカーさせる。また、「黄」を小さく明るくし、常時点灯するなど。

確かに妙案ではあるが、現行の信号灯の常識を変える必要があり、社会の同意を得るのに時間と労力が必要である。

文 献

- 1) 深見嘉一郎：色覚異常者の日常生活に於ける色認識の具体例。眼科 12: 644-647, 1970.
- 2) 馬嶋昭生：欧米の交通信号灯について。眼科 10: 190-195, 1968.
- 3) 市川 宏, 深見嘉一郎：ヨーロッパの信号灯。高速道路と自動車 VII (3): 1-9, 1969.
- 4) 深見嘉一郎：1968年におけるヨーロッパの信号灯と道路標識について。眼科 11: 939-948, 1969.
- 5) Pitt FHG: Characteristics of dichromatic vision with an appendix on anomalous trichromatic vision. Medical Research Council Specific Series. 200: 51-58, 1935.
- 6) Cole, BL & Vingrys AJ: A survey and evaluation of lantern test of color vision. Am J Optom Physiol Opt. 59: 3346-3374, 1982.
- 7) 西尾佳晃, 久保朗子, 北原健二, 中村かおる, 岡島 修：先天色覚異常者における黄および赤色の夜間点滅信号灯に対する弁別能。眼紀 52: 656-660, 2001.

コントラスト感度視力検査装置 CAT-2000

(株)メニコン 森田勝典

I. はじめに

コントラスト感度検査は、視力測定だけでは不十分な視機能の一部を評価するものとして眼科領域で実施されるようになり、最近では、白内障手術や角膜屈折矯正手術の術前術後でより詳細な評価方法として重要視されてきている¹⁻⁴⁾。

現在使用されているコントラスト感度の測定装置は、印刷した視標を提示するもの、ディスプレイ上に視標を提示するもの、レーザー干渉縞を直接網膜上に投影しコントラストを変化させるもの、に分類される。印刷した視標を使用したものは比較的簡単に検査できるため普及している。しかし、印刷濃度の管理によるコントラストの再現性や経年変化などの問題がある。また、ディスプレイを使用するものは輝度の保持の必要性などがあり、既存の測定装置では正確なコントラストを保つことが問題になると思われる。

今回、株式会社ナイツが新しい方式により安定したコントラストを再現できるコントラスト感度視力検査装置 CAT-2000 (以下 CAT-2000) を開発したので紹介する (図1)。

II. 器械の概要と原理

1. 概要

視標はランドルト環を用い、視標提示範囲は logMAR 値で 1.0～-0.1 (0.1 ステップで12段階) であ

る。表示方法は字1つ表示である。また、遠方視と近方視 (40 cm) の切り替えが可能である。

コントラスト値は 100%, 25%, 10%, 5%, 2.5% の5段階とし、機械的にコントラスト値を変えている。視標輝度は昼間視、薄暮視の2段階に設定ができ、白色 LED を光源に用いた周辺グレアの検査と組み合わせもできる。

2. コントラスト可変方式の基本原

図2に CAT-2000 のコントラスト可変方式の基本原

理を示す。基本的な構成はランドルト環視標、視標用照明、回転式スリット板、回転式スリット板用照明の4部分からなる。

ランドルト環視標は印刷精度を高めるため、特殊シートに写真製版印刷したものを採用している。視標用照明、回転式スリット板用照明は白色 LED を用いているため、長期にわたって安定した輝度を得ることができる。

回転式スリット板は人の眼には感知できないような高速で回転していること、回転式スリット板用照明は常にランドルト環視標と同じ輝度で設定してあるため、被検者は回転式スリット板を認識することなく視標を見ることになる。回転式スリット板のスリットの面積を変化させることによって、コントラストを変えることができる。

よって、スリット

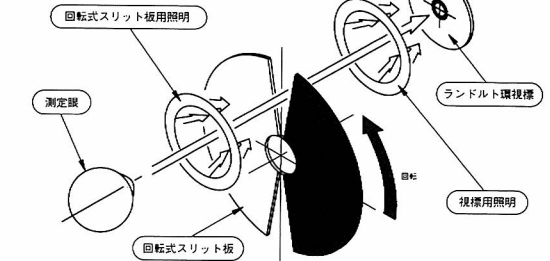


図2 コントラスト可変方式の基本原理



図1 CAT-2000 の外観

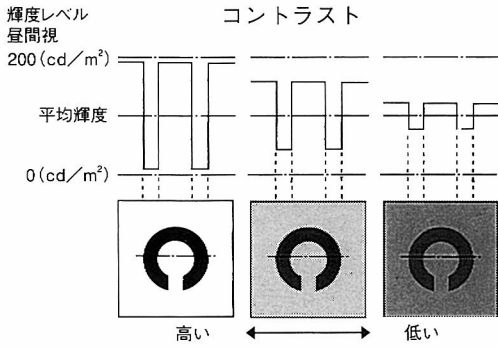


図3 視標輝度と背景輝度が同時に変化するため、コントラストが変化しても平均輝度は常に一定である。

ここで重要なのは、この機構においてコントラスト値を決定するのはスリットの面積であり、CAT-2000ではコントラスト値25%、10%、5%、2.5%に対応するスリットをもつ4枚の独立したスリット回転板を備えている(100%時はスリット回転板の存在しない状態)。

III. CAT-2000 の特長

1. ランドルト環を採用

CAT-2000の視標はランドルト環視標を採用しており、被検者は視力測定と同じ要領で検査を行うことができる。また、視標は対数配列のため、術前術後の視力比較や統計処理が容易となる。

2. 安定したコントラスト

視標は特殊シートを用いているために、紙製のように黄ばむこともなく耐経年変化に優れている。金属製の回転式スリット板は経年変化することは少なく、安定したコントラストを再現できる。

コントラスト値100%の視標を用いて各コントラストを再現する機構であるため、視標ごとの個体差がなく、安定したコントラストを得ることができる。

3. 平均輝度一定

CAT-2000は、視標輝度と背景輝度の平均輝度 $\left(\frac{\text{視標輝度} + \text{背景輝度}}{2} \right)$ が常に一定になるように設定(昼間視の平均輝度は100 cd/m²、薄暮視の平均輝度は5 cd/m²)している。例えば、昼間視でコントラスト値10%の場合、背景輝度が110 cd/m²、視標輝度は90 cd/m²になる。これは、視機能に影響を及ぼさず平均輝度を一定にして、より正確な測定条件を得るものである(図3)。

従来の主なコントラスト感度測定装置は、背景輝度

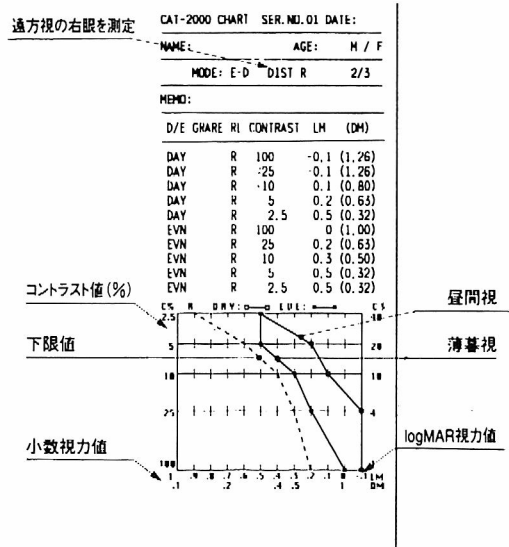


図4 出力例(プリンタ用紙)

を一定にして視標輝度を変化させることでコントラストを変化させている。一方、CAT-2000は視標輝度と背景輝度双方を同時に変化させており、より日常に近い検査環境を想定している。

4. 自動測定が可能

遠方視・近方視、片眼視・両眼視、昼間視・薄暮視、周辺グレア負荷の有無、の各項目を組み合わせた多様な検査が可能である。

測定は、被検者がジョイスティックで応答することにより、設定された測定条件の検査を行うオートモードを設定した。なお、被検者が高齢などによりジョイスティックの操作ができない場合、視力検査と同じようにマニュアルでの測定も可能である。

このように、CAT-2000は多様な機能や特長を盛り込んでおり、操作部にあるLED表示や液晶表示によって簡便な操作で測定できる。図4にプリンタ用紙に出力された例を示す。

IV. おわりに

最近では、コントラスト感度検査は視機能の評価する上で重要な検査であるとの認識が広がってきている。今回、新しい方式によるコントラスト感度視力検査装置CAT-2000の試作器の段階で、視力1.0以上の視力良好な白内障群が同視力の正常群、眼内レンズ群に比べ、コントラスト感度の低下傾向を示し、とくに夜間視(グレア負荷)の条件下でコントラスト感度の高低差が顕著であったとの臨床報告⁵⁾をいただいで

いる。

今後は白内障のみでなく、角膜屈折矯正手術、視神経炎やその他の眼底疾患、バイフォーカルコンタクトレンズなどの評価にも詳細な情報を提供できることが期待される。

なお、logMAR 値が 1.0 (小数視力で 0.1) より大きな低視力用視標の要望もあり、今後検討していく予定である。

文 献

- 1) 小川智子, 宮島弘子, 勝海 修: 白内障手術のコントラスト視力におよぼす影響について. 眼科手術 4: 451-456,

- 1991.
- 2) 吉村 弦, 花崎英俊: 眼内レンズ挿入眼のコントラスト感度. 眼紀 50: 540-545, 1999.
- 3) 桜井一郎, 魚里 博他: エキシマレーザー屈折手術のコントラスト感度およびグレア障害. 視覚の科学 17: 55-60, 1996.
- 4) 山出新一: 眼科臨床における MTF (コントラスト感度) 研究の動向. 眼紀 42: 1542-1553, 1991.
- 5) 李 俊哉, 築島謙次他: 新しいコントラスト感度検査装置 (CAT-2000) 試作器の評価. 臨眼 55: 1147-1150, 2001.