

近視眼網膜感度の blue on yellow perimetry による検討

川端 秀仁, 藤本 尚也, 安達恵美子

千葉大学医学部眼科学教室

要 約

短波長感度錐体(S-cone)系反応は緑内障や網膜剥離, 糖尿病網膜症などの網膜疾患だけでなく, 近視眼においてもその易障害性が報告されている。本研究では Humphrey 視野計 750 のプログラム 30-2 を用い, 高輝度の黄色背景光視野に短波長の青色刺激光を呈示し, 主として S-cone 系の感度を測定する blue on yellow perimetry (B on Y) に加え, 従来の白色背景光視野に白色刺激光を呈示する white on white perimetry (W on W) を測定し, 近視眼の視機能の初期変化を検討した。被検者は矯正視力良好な若年者で, 色覚および眼圧正常, 眼底所見は検眼鏡的に豹紋状眼底までの変化を有する者とした。W on W の mean deviation は, 近視度の大きい群で低下

を認めた ($p < 0.0001$)。W on W, B on Y とともに近視度の大きい群ほど著しい感度低下を認めた ($p < 0.0001$)。感度低下は, 測定領域全体に認められ, 領域間の差は認められなかった。さらに, 近視度増大による感度低下は W on W に比べ B on Y で有意に大きく反映された ($p < 0.05$)。この結果, B on Y perimetry は近視眼視機能の初期変化を評価するうえで臨床的に有用であると思われた。(日眼会誌 101: 648-655, 1997)

キーワード: 近視, 短波長感度錐体, ブルーオンイエロー, 自動視野計, 豹文状眼底

Sensitivity Loss of Short Wavelength Sensitive Cones in Myopic Eyes by Blue-on-Yellow Perimetry

Hidehito Kawabata, Naoya Fujimoto and Emiko Adachi-Usami

Department of Ophthalmology, Chiba University School of Medicine

Abstract

A decrease of the short wavelength sensitive cone (S-cone) sensitivity has been reported in myopic eyes in addition to glaucoma and retinal diseases such as retinal detachment and diabetic retinopathy. In order to investigate early changes of visual function in myopic eyes, blue-on-yellow perimetry (B on Y) which could detect S-cone sensitivity and white-on-white perimetry (W on W) were measured with a computed perimeter program. Young subjects with good visual acuity, normal color vision, and normal intraocular pressure were selected. They had no other ophthalmoscopic abnormalities except for tigroid fundus. Mean deviations of W on W were

reduced in mild and high myopic groups. In both tests, the sensitivities decreased as the refractive errors increased in all the tested areas ($p < 0.0001$). The sensitivity in B on Y decreased more remarkably than in W on W with an increase of refractive error ($p < 0.05$). We concluded that B on Y perimetry was significantly sensitive to identify early changes of visual function in myopic eyes. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 648-655, 1997)

Key words: Myopia, S-cone, Blue on yellow, Automated perimetry, Tigroid fundus

I 緒 言

近年, 緑内障の早期視野異常検出を目的として, 短波長感度錐体系反応の感度測定を試みた高輝度の黄色背景光視野に, 短波長の青色刺激光を呈示する視野検査である

blue on yellow perimetry¹⁾²⁾(B on Y)が考案されている。ところで, 短波長感度錐体(short wavelength sensitive cone: 以下, S-cone)系の反応は緑内障^{3)~6)}の他, 網膜剥離^{9)~8)}や糖尿病網膜症^{9)~10)}などの網膜疾患に加え, 近視眼においてもその感度低下が報告^{11)~13)}されている。

別刷請求先: 260 千葉県千葉市中央区亥鼻 1-8-1 千葉大学医学部眼科学教室 川端 秀仁

(平成 8 年 12 月 26 日受付, 平成 9 年 3 月 29 日改訂受理)

Reprint requests to: Hidehito Kawabata, M.D. Department of Ophthalmology, Chiba University School of Medicine, 1-8-1 Inohana, Chuo-ku, Chiba-shi 260, Japan

(Received December 26, 1996 and accepted in revised form March 29, 1997)

表1 被験者

	平均屈折度 (±標準偏差) Diopter	眼数 (男性:女性)	平均年齢 (±標準偏差) 年	平均眼軸長 (±標準偏差) mm	豹紋状眼底
正視/弱度近視群 (~-3.00 D)	-0.94±1.24	15 (9:6)	24.3±2.16	24.3±0.95	(-)
中等度近視群 (-3.25~-6.00 D)	-4.88±0.68	12 (5:7)	25.6±2.71	25.3±0.88	(±)
強度近視群 (-6.25 D~)	-10.33±3.06	11 (5:6)	25.4±3.56	27.5±1.47	(+)

屈折度数は等価球面值である

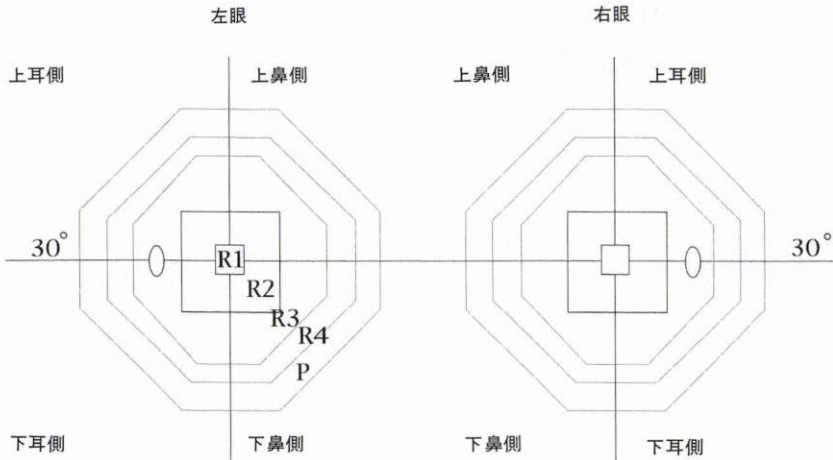


図1 視野の領域分割：4分割領域および同心円状視野領域の定義。

R1：中心5度以内，R2：5～15度，R3：15～20度，R4：20～25度，p：25～30度

本研究では Humphrey(ハンフリー)視野計 750 のプログラム 30-2 を用い、B on Y に加え、従来の白色背景光視野に白色刺激光を呈示する white on white perimetry (W on W) を測定し、近視眼の視機能の初期変化を検討した。

II 方法

1. 対象

対象は、矯正視力は 1.0 以上、かつパネル D-15 および SPPII で色覚異常を認めず、Goldmann(ゴールドマン) 圧平眼圧計で眼圧正常、かつ検眼鏡的に乳頭に著変なく豹文状眼底までの変化を有する 38 例 38 眼である。等価球面值により、正視-弱度近視群(-3.00 D 以下)、中等度近視群(-3.25 D 以上、-6.00 D 以下)、強度近視群(-6.25 D 以上)の 3 群に分けて検討した。各群の症例数および屈折度、平均年齢は表 1 に示すとおりである。加齢の影響や、白内障による水晶体の黄変や中間透光体の混濁を避けるため、対象は 31 歳以下とした。

2. 測定条件

ハンフリー視野計 750 のプログラム 30-2 を用い、各被験者に対して B on Y および W on W により視野検査を行った。B on Y における刺激光は波長 440 nm の青色、背景光は 530 nm の黄色で、背景光輝度は 100 cd/m² (W on W では約 10 cd/m²) である。刺激サイズはゴールドマ

ン視野計の指標 V[64 mm²] (W on W では III[4 mm²]) に相当する。検査距離は 30 cm、各被検眼は自然瞳孔で、全例遠見完全矯正値に +3.00 D を加えたレンズで矯正した。検査は B on Y、W on W の順に行い、原則として日をおいて実施した 2 回目以降の結果で、false positive, false negative, fixation loss が 10% 以内のものを採用した。

3. 解析方法

W on W、B on Y とも視野をマリオット盲点領域を除き、水平、垂直軸により上耳側、上鼻側、下耳側、下鼻側に 4 分割したものと、中心 5 度以内の R1、5～15 度以内の R2、15～20 度以内の R3、20～25 度以内の R4、25～30 度以内の p 領域に同心円状に分割したのについて、それぞれの領域内に含まれる測定点の閾値の平均(平均感度とする)を求め、近視各群における視野領域の変化を検討した(図 1)。全視野の平均感度は、測定時に眼瞼などの影響を受けやすい p 領域を除いて計算した。さらに、W on W では年齢別健常値における偏差から計算された 4 種類のグローバルインデックス、mean deviation(MD)、pattern standard deviation(PSD)、short-term fluctuation(SF)、corrected pattern standard deviation(CPSD)について検討した。また、B on Y では図 2 中の楕円(1回目 x_{11} とする)および角丸四角(2回目 x_{12} とする)で示された 10 点での 2 回の測定値を用い、(1)式

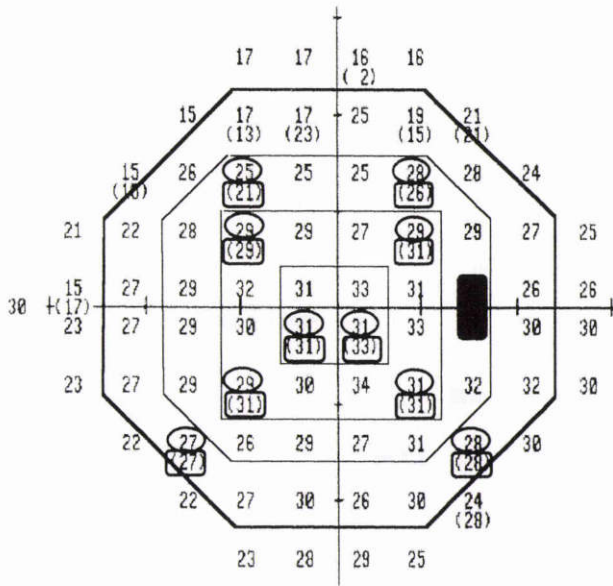


図2 全平均感度(p領域を除く)定義領域と非荷重 short-term fluctuation (SF)測定点.

で求めた値を非荷重 SF とし、近視各群の平均値を求めて検討した。統計には分散分析法 (analysis of variance, ANOVA) を用い、 $p < 0.05$ で有意とした。数値の相関は、Pearson の相関係数を求めて検討した。

$$\text{非荷重 SF} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_{i1} - X_{i2})^2}{20}} \quad (1)$$

III 結果

図3上段に W on W, 下段に対応する B on Y のグレートーンスケールで示されたハンフリー視野計の測定結果を示す。左から正視/弱度近視, 中等度近視, 強度近視の例で、屈折異常が大きい群ほど両者とも感度が低下していることがわかる。図4に W on W グローバルインデックスの結果を示す。各図とも近視各群における平均値±標準誤差を示している。図4-1の MD の各群の平均値は、屈折値の弱い群から順に $-0.76, -1.53, -3.30$ dB で、屈折異常が強い群ほど有意の低下を示している ($p < 0.0001$)。他の3つのインデックスについては各群の平均値は屈折値の弱い群から順に、SF で $1.30, 1.28, 1.19$ dB, PSD で $2.26, 1.91, 2.56$ dB, CPSD で $1.55, 1.09, 2.07$ dB となり、近視各群で有意の差を認めなかった(図4-2~4)。図5左に p領域を除く領域の全平均感度、図5右に単純非荷重 SF の近視各群における平均値±標準誤差を示す。全平均感度は屈折値の弱い群から順に、W on W で $31.0, 29.9, 28.0$ dB, B on Y で $25.6,$

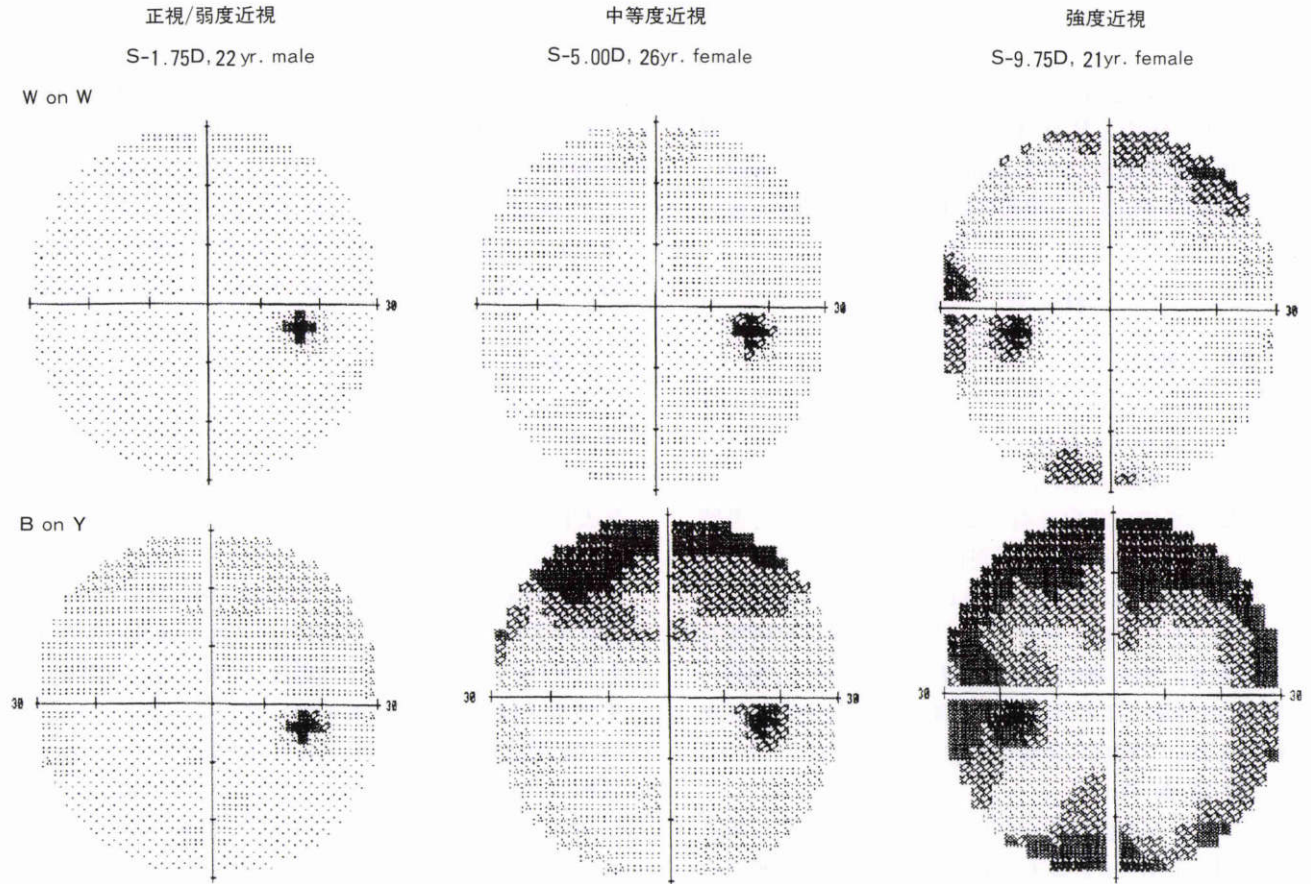


図3 グレートーンで示した近視各群の white on white perimetry (W on W) および blue on yellow perimetry (B on Y) 視野。

上段：W on W 視野, 下段：B on Y 視野

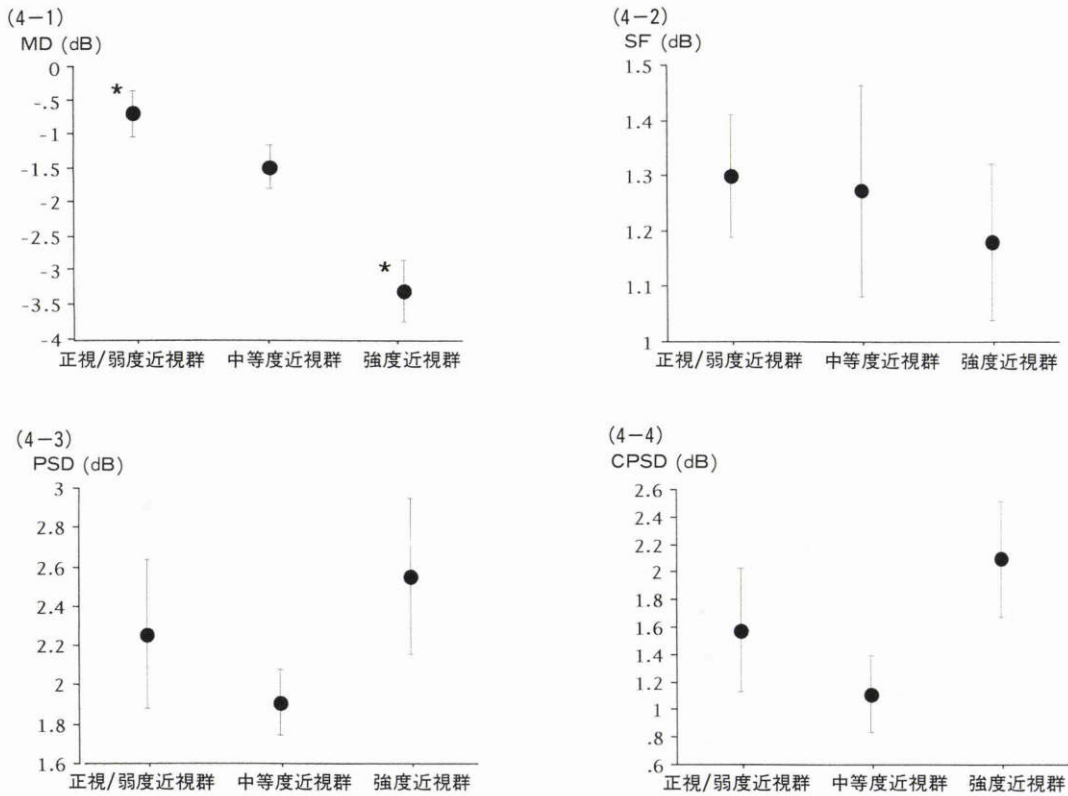


図 4 各近視群における W on W グローバルインデックスの平均値。

4-1 : mean deviation(MD), 4-2 : short-term fluctuation(SF), 4-3 : pattern standard deviation(PSD), 4-4 : corrected pattern standard deviation(CPSD)

エラーバーは±1標準誤差, 検定は one-way factorial ANOVA(analysis of variance)による。

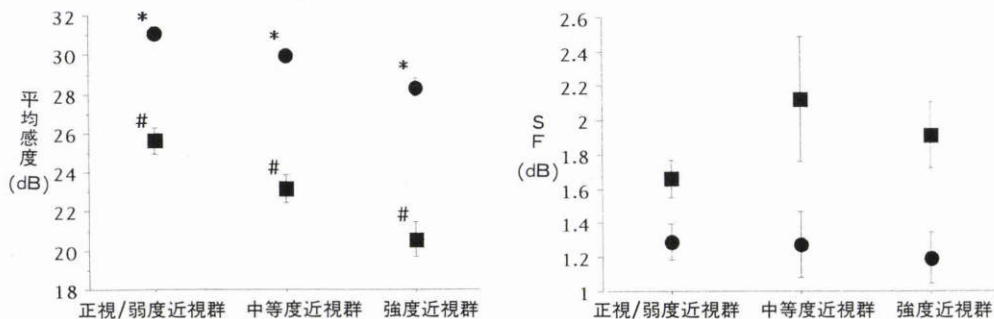


図 5 各近視群における全平均感度(p領域を除く)および Short-term Fluctuation の平均値。

左 : W on W および B on Y それぞれの平均値, 右 : W on W(SF)および B on Y(非荷重 SF)それぞれの平均値. エラーバーは±1標準誤差

全平均感度では両視野とも近視群間に有意の差を認める(*, #とも p<0.0001). また W on W に比べ, B on Y では正視/弱度近視群に比較して近視群において感度低下が大きい. SF では両視野とも近視群間に有意の差を認めない, 検定は two-way repeated-measures ANOVA による。

● : W on W, ■ : B on Y

23.2, 20.6 dB となり, 両者とも屈折異常が大きい群ほど感度低下が著しい(p<0.0001). さらに, 近視各群の平均感度の低下は W on W に比較して B on Y で大きく, 近視群と両視野計測法に交互作用を認めた(p<0.05) (図 5 左). 単純非荷重 SF は弱度近視群から順に, W on W で 1.29, 1.27, 1.20 dB で, 近視各群間に有意の差は認めなかった. B on Y では順に, 1.66, 2.13, 1.92 dB となり, 正視/弱度群に比較し, 中等度および強度近視群で大きい

値を示したが, やはり近視各群間に有意の差は認めなかった(図 5 右). 表 2 に 4 分割視野, 表 3 に上半一下半視野および耳側一鼻側半視野における近視各群の W on W および B on Y 平均感度の平均±標準偏差を示す. 図 6 は近視各群における p 領域を除く領域の B on Y について, 左図に 4 分割視野の平均感度, 右上図に上下視野, 右下図は耳鼻側視野の平均感度比較を示している. これにより, 各視野領域で屈折異常が大きい群ほど感度低下が

表2 各近視群における4分割領域平均感度

<W on W>				<B on Y>			
W on W	正視/弱度近視群	中等度近視群	強度近視群	B on Y	正視/弱度近視群	中等度近視群	強度近視群
上耳側	30.5±1.5	29.4±1.4	27.9±1.8	上耳側	23.8±3.0	20.6±3.9	18.1±2.7
下耳側	31.4±1.0	30.6±1.2	28.6±1.4	下耳側	27.0±2.3	24.0±2.3	22.2±2.9
上鼻側	30.9±1.6	29.7±1.4	28.1±2.0	上鼻側	24.6±3.2	22.5±2.6	18.8±3.0
下鼻側	31.4±1.5	30.0±1.4	28.9±2.0	下鼻側	26.9±2.6	25.4±2.5	23.1±2.6

(dB)

(dB)

(平均値±標準偏差)

W on W : white on white perimetry, B on Y : blue on yellow perimetry

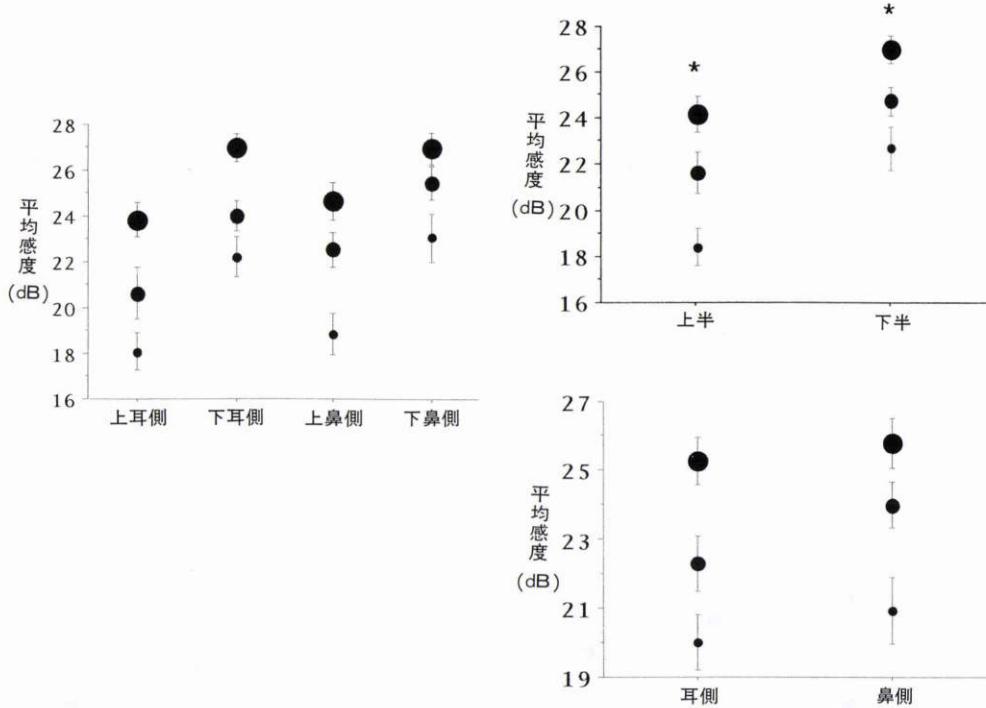


図6 B on Y 4分割領域(p領域を除く)平均感度近視各群の比較(p領域を除く)。

左：各4分割領域平均感度の平均値，右上：上下視野領域のB on Yの平均値，右下：左右視野領域のB on Yの平均値

エラーバーは±1標準誤差

各図とも近視群間に有意の差を認める(p=0.0001)，上下視野領域間には有意の差を認める(* p<0.0001)が，左右視野領域間には有意の差を認めない，検定はtwo-way repeated-measures ANOVAによる。

●：正視/弱度近視群，●：中等度近視群，●：強度近視群

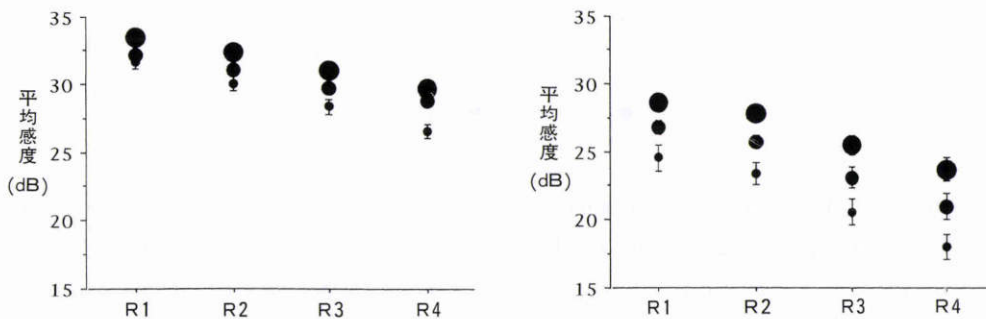


図7 各近視群における同心円状領域の比較。

左：各同心円状領域W on W平均感度の平均値，右：各同心円状領域B on Y平均感度の平均値

エラーバーは±1標準誤差

両視野とも近視群間(p=0.0001)，視野領域間(p<0.0001)に有意の差を認める。検定はtwo-way repeated-measures ANOVAによる。

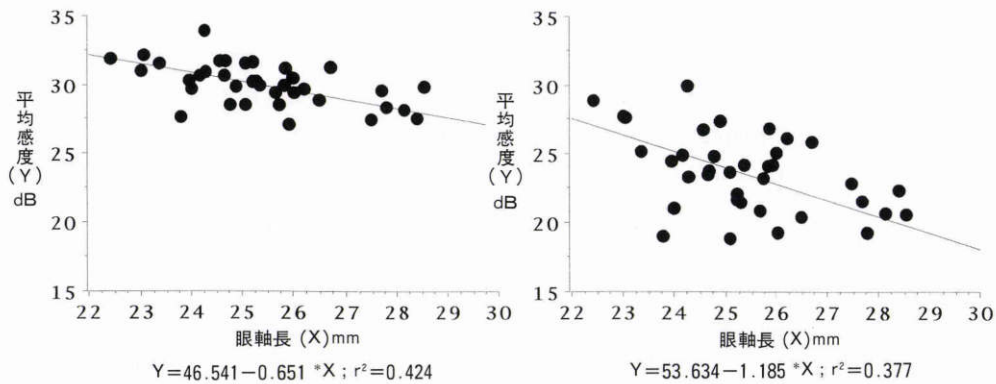


図8 Mean deviation および全平均感度(p領域を除く)と眼軸長の関係。

左：W on W 全平均閾値($r=0.651, r^2=0.424, p<0.0001$), 右：B on Y 全平均閾値($r=0.614, r^2=0.377, p<0.0001$)

眼軸長に対する B on Y 全平均感度の回帰直線の傾きは, W on W のそれより大きい($p<0.05$ 回帰係数の差の検定)

表3 各近視群における上下耳鼻側領域平均感度

<W on W>				<B on Y>			
W on W	正視/弱度近視群	中等度近視群	強度近視群	B on Y	正視/弱度近視群	中等度近視群	強度近視群
上半	30.6±1.4	29.5±1.4	27.8±1.8	上半	24.1±3.1	21.6±3.1	18.3±2.7
下半	31.4±1.7	30.3±1.2	28.7±1.5	下半	27.0±2.4	24.7±2.2	22.6±3.2
耳側半	30.8±1.2	29.9±1.3	28.1±1.5	耳側半	25.3±2.6	22.3±2.8	20.0±2.7
鼻側半	31.2±1.5	29.8±1.3	28.5±1.9	鼻側半	25.8±2.8	24.0±2.3	20.9±3.2

(dB) (dB)
(平均値±標準偏差)

表4 各近視群における同心円状視野領域平均感度

<W on W>				<B on Y>			
W on W	正視/弱度近視群	中等度近視群	強度近視群	B on Y	正視/弱度近視群	中等度近視群	強度近視群
R 1	33.5±1.0	32.2±1.1	31.7±1.7	R 1	28.7±2.0	26.8±1.8	24.6±3.1
R 2	32.4±1.1	31.1±1.1	30.1±1.7	R 2	27.8±2.4	25.8±1.7	23.4±2.8
R 3	31.1±1.4	29.8±1.3	28.4±1.8	R 3	25.5±2.6	23.1±2.7	20.6±3.3
R 4	29.8±1.5	28.8±1.3	26.6±1.6	R 4	23.7±3.2	21.0±3.3	18.1±2.9

(dB) (dB)
(平均値±標準偏差)

著しく ($p<0.0001$), また, 近視各群とも耳鼻側視野には感度差はないが, 下半視野に比べ上半視野において有意の感度低下が認められた ($p<0.0001$). 表4に各同心円状視野における近視各群の W on W および B on Y 平均感度の平均±標準偏差を示す. 図7は近視各群の W on W (左図) および B on Y (右図) における各同心円状視野の平均感度を示している. W on W および B on Y とも屈折異常が大きい群ほど, そして周辺領域ほど感度が低下していた (近視群間, 視野領域間とも $p<0.0001$). 正視/弱度群に比較した強度近視眼での感度低下は, 視野上方, 周辺部でやや大きかった. 図8に眼軸長と p 領域を除く領域の W on W (左) および B on Y 全平均感度 (右) の関係を示す. 各値とも眼軸長延長とともに感度低下を示し (いずれも $p<0.0001$), B on Y 全平均感度の眼軸長延長 1 mm 当たりの感度低下は 1.185 dB/mm で, W

on W の 0.651 dB/mm より大きい傾向を認めた (回帰係数の差の検定 $p<0.10$).

IV 考 按

B on Y は高輝度の黄色背景光に短波長の青色刺激光を投影することにより, long and medium wavelength sensitivity cone (LM-cone) や, 桿体系反応と分離して S-cone 系反応のみを検出することを目的として開発された視野測定法である. 主として, 緑内障の早期診断に臨床応用され, 有用であると報告^{14)~16)}されている. しかし, 正常者の B on Y に関する報告¹⁴⁾¹⁷⁾は少なく, 本装置の正常者における網膜感度が確定されていないため, 今回の研究では年齢, 性別をマッチングさせた正視/弱度近視群を対照群とし, 中等度近視群, 強度近視群における各視野領域における網膜感度を検討した. その結果, W on W お

よび B on Y とも平均感度は中等度, 強度近視群において正視一弱度近視群に対し有意の低下を認め, 感度低下はすでに豹紋状眼底の段階で生じることが確認された。近視と緑内障の関係については未解明な点も多く, さまざまな報告^{18)~20)}がなされている。眼圧および乳頭所見の正常なものを選び今回の被検者としたが, 正常眼圧緑内障が合併する可能性は完全には除外できない。しかし, W on W のグローバルインデックスの結果からも正常眼圧緑内障の合併は否定的である。今回の測定条件下では p 領域を除く領域の全平均感度について, 近視群と両視野計測法に交互作用を認めた ($p < 0.05$) ことから, W on W と B on Y で近視群における平均感度低下の程度は有意に異なると思われる。B on Y の方が, W on W に比べて近視度が大きいほど平均感度の低下が著しいことを確認するために, 屈折度に対する B on Y 全平均感度および W on W 全平均感度それぞれの回帰分析を行ったところ, いずれも有意な相関を示した (ともに $p < 0.0001$)。その回帰直線の傾きは, B on Y で 0.53 dB/D, W on W で 0.27 dB/D となり, B on Y 全平均感度の近視度 1 D 当たりの感度低下は W on W のそれより大きい (回帰係数の差の検定 $p < 0.05$)。両視野計測法で認められた近視眼における感度低下の原因として, 屈折異常矯正レンズによる網膜像縮小の影響 (S-5.00 D で 92%, S-10.00 D で 86%, S-15.00 D で 80%)²¹⁾が考えられる。しかし, コンタクトレンズ矯正で Octopus 自動視野計を用いた研究²²⁾でも近視眼で有意に total loss が大きく, 多局所網膜電図を用いた研究²³⁾でも矯正度数により検査距離を調整し, 呈示視標の大きさを一定にしても近視眼で有意に振幅は低下しており, 感度低下は網膜機能の変化を反映したものと考えられる。S-cone 系の感度低下についても, 心理物理的手法を用いた研究¹¹⁾や視覚誘発電位¹²⁾および, 全視野刺激網膜電図を用いた研究¹³⁾が報告されている。S-cone は, すべての視細胞中で最も数が少なく, また時間的, 空間的寄せ集めの容量が大きい⁹⁾。近視眼では, 後極部網膜の伸展による視細胞分布密度の低下が推察される。B on Y における近視眼の顕著な感度低下には, このような S-cone の網膜分布特性が反映されているのかも知れない。本研究では, W on W, B on Y とも近視眼における網膜感度の低下は測定視野全体に認められ, 従来報告されている Bjerrum 領域に沿った上耳側および R 3 領域での近視特有の低下¹⁹⁾は顕著でなかった (表 3, 4)。これは過去の報告に比べ, 我々の被検者が若く加齢の影響が小さいことによるのかも知れない。各群で上半視野では下半視野に比較して W on W, B on Y ともその平均感度は有意に低く, また, 周辺部視野では中心部視野に比較して感度の有意の低下を認めた。これは, 正視一弱度近視群でも認められることから, 近視眼における病的特性ではなく, 正常眼の網膜特性を反映したものとと思われる。近視眼における障害の初発部位は乳頭耳下側であ

ると報告²²⁾されている。初発病変の組織学的部位については, 網膜色素上皮層²⁴⁾, 視細胞層²⁵⁾, 脈絡膜循環²⁶⁾, 双極細胞²⁷⁾などの諸説があり未だ確定されていないが, 眼軸延長による網脈絡膜の機械的伸展および網脈絡膜循環の変化に加齢の要素が加わり, 豹紋状眼底から網脈絡膜萎縮へ変化が進展すると考えられている。本研究でも眼軸延長とともに網膜感度低下の傾向を認めた。

今回の研究から, 近視眼では視力良好な初期の眼底変化 (豹紋状眼底) の段階から, 網膜の感度が低下していることが確認された。また, W on W に比べ, S-cone 系感度を測定する B on Y では近視度に応じた平均感度の低下が大きく, 近視眼における網膜機能の初期変化検出に B on Y は有用と思われた。

文 献

- 1) **Sample PA, Weinreb RN**: Color perimetry for assessment of primary open-angle glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 31: 1869—1875, 1990.
- 2) **Hudson C, Wild JM, Archer-Hall J**: Maximizing the dynamic range of the Humphrey field analyzer for blue-on-yellow perimetry. *Ophthalmol Physiol Opt* 13: 405—408, 1993.
- 3) **Sample PA, Weinreb RN, Boynton RM**: Acquired dyschromatopsia in glaucoma. *Surv Ophthalmol* 31: 54—64, 1986.
- 4) **Quigley HA, Dunkelberger GR, Green WR**: Retinal ganglion cell atrophy correlated with automated perimetry in human eyes with glaucoma. *Am J Ophthalmol* 107: 453—464, 1989.
- 5) **Glovinsky Y, Quigley HA, Dunkelberger GR**: Retinal ganglion cell loss is size dependent in experimental glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 32: 484—491, 1991.
- 6) **横山 実**: 眼病と青の感覚. *臨眼* 33: 111—125, 1979.
- 7) **阿部春樹, 守田 潔**: Maxwell 視により分離される blue cone の眼底疾患における選択的障害と色光視野. *日眼会誌* 84: 1591—1602, 1980.
- 8) **Nork TM, Millecchia LL, Strickland BD, Linberg JV, Chao GM**: Selective loss of blue cones and rods in human retinal detachment. *Arch Ophthalmol* 113: 1066—1073, 1995.
- 9) **Roy MS, Gunkel RD, Podgor MJ**: Color vision defects in early diabetic retinopathy. *Arch Ophthalmol* 104: 225—228, 1986.
- 10) **Terasaki H, Hirose H, Miyake Y**: S-cone pathway sensitivity in diabetes measured with threshold versus intensity curves on flashed backgrounds. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 37: 680—684, 1996.
- 11) **小池明彦, 所 敬**: 強度近視眼における網膜スペクトル感度測定. *日眼会誌* 90: 556—560, 1986.
- 12) **川端秀仁, 村山耕一郎, 安達恵美子**: フラッシュ VECP による青錐体の波長感度測定とその臨床応用. *眼紀* 46: 535—539, 1995.
- 13) **川端秀仁, 村山耕一郎, 安達恵美子**: 近視眼における s-cone 波長感度低下. *日眼会誌* 100: 868—876, 1996.

- 14) **de Jong LA, Snepvangers CE, van den Berg TJ, Langerhorst CT**: Blue on yellow perimetry in the detection of early glaucomatous damage. *Doc Ophthalmol* 75: 303-314, 1990.
- 15) **Sample PA, Taylor JD, Martinez GA, Lusky M, Weinreb RN**: Short-wavelength color visual fields in glaucoma suspects at risk. *Am J Ophthalmol* 115: 225-233, 1993.
- 16) **Johnson CA, Adans AJ, Casson EJ, Brandt JD**: Blue-on-yellow perimetry can predict the development of glaucomatous visual field loss. *Arch Ophthalmol* 111: 645-650, 1993.
- 17) **前田秀高, 田中佳秋, 杉浦寅男, 山本 節**: 正常眼に対する Blue on Yellow Perimetry の検討. *あたらしい眼科* 13: 1437-1440, 1996.
- 18) **Podos MS, Becker B, Morton WR**: High myopia and primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol* 62: 1039-1043, 1966.
- 19) **所 敬, 武藤正春, 林 一彦**: 強度近視の合併症—とくに網膜剝離および単性緑内障について—. *眼紀* 26: 560-564, 1975.
- 20) **古野史郎**: 近視と緑内障. —視野変化による分析—. *日眼会誌* 84: 142-151, 1980.
- 21) **所 敬, 武藤政春, 林 一彦, 浅原典郎**: 強度近視の視野計測について. *眼紀* 27: 627-632, 1976.
- 22) **黄 世俊**: 強度近視の視機能の初期変化—Octopus自動視野計による測定分析—. *日眼会誌* 97: 881-887, 1993.
- 23) **Kawabata H, Murayama K, Adachi-Usami E**: Multifocal electroretinogram in myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 37 (suppl): 342 1996.
- 24) **Black RK, Jay B, Kolb H**: Electrical activity of the eye in high myopia. *Br J Ophthalmol* 50: 629-641, 1966.
- 25) **大野広子**: 近視性網脈絡膜萎縮症の電子顕微鏡的研究. 第1報. 脈絡膜の変化について. *眼紀* 34: 1244-1253, 1983.
- 26) **沖坂重邦, 金井 淳**: 強度近視の臨床病理. 保坂明郎(編): *眼科Mook* 34, 近視, 金原出版, 東京, 110-121, 1987.
- 27) **石川 恵, 三宅養三, 城山敬康**: 強度近視眼の黄斑部局所 ERG の分析. *日眼会誌* 94: 1040-1047, 1990.