

正常眼および緑内障の中心静的視野 測定における視標サイズの影響

宇山 孝司

近畿大学医学部眼科学教室

Influence of the target size on the sensitivity of the central
visual field in normal subjects and glaucoma patients

Koji Uyama

Department of Ophthalmology, Kinki University School of Medicine, Osaka, Japan

ABSTRACT

The influence of the target size on the sensitivity of the central visual field in quantitative static perimetry was studied using the program 32 of the automated perimeter Octopus 201. Seventy eyes of 70 normal subjects between 22 and 69 years of age were examined under the conditions of target sizes 1, 3 and 5 which corresponded to the visual angles of 0.108° , 0.431° and 1.724° , respectively.

Based on the average and standard deviation of sensitivity in each test point, the normal sensitivity of each test point for each age group in decade was standardized for target sizes 1, 3 and 5.

The influence of age on the profile of island of vision on 45° and 135° meridians was then studied in the same group of normal subjects. The normal sensitivity in each test point was found to decrease linearly for all target sizes with the peak sensitivity in the second and third decades. Mean sensitivity of 74 points of the Octopus program 32 decreased more with age for the target size 1 than for target sizes 3 and 5.

As a clinical application of the above-mentioned results, quantitative static perimetry was performed on 32 eyes of 32 early glaucoma patients using the program 32 of Octopus 201 under the conditions of target sizes 1, 3 and 5. In 10 out of 32 eyes, the target size 1 was more sensitive in detecting early glaucomatous visual field defects than target sizes 3 and 5.

In conclusion the target size 1 in quantitative static perimetry was more sensitive in detecting early glaucomatous visual field defects and more useful in the diagnosis of early glaucoma than target sizes 3 and 5.

Key words : target size, Octopus perimetry, glaucoma, normal subject, central visual field

緒 言

近年、緑内障性視野異常の検出に自動視野計が用いられることが多くなってきたが、一般にその視標サイズは、1種類のみを用いて測定されることが多い。例えば代表的な自動視野計である Octopus 視野計や Humphrey 視野計では、Goldmann 視野計の視標サイズ III に相当する視角 0.431° の視標サイズ 3 を用いて測定するのが標準である。これは、視標サイズ 3 での測定結果が、測定値のダイナミックレンジが広く、また視野の島の profile の傾斜が、比較的平坦で静的視野測定に適しているためである。このため多くの自動視野計では、視標サイズ 3 またはこれに近い視標サイズで測定し、視野異常の検出を行うように試みられている。

しかし以前から広く普及している主に動的視野測定を行う Goldmann 視野計では、4本のイソプターが視標サイズ I (Octopus 視野計の視標サイズ 1 に相当) を用いて測定される。視野測定においては、視標の輝度が閾値以下の刺激でも、視標サイズが大きい場合は、興奮が、視標が投影された神経細胞にある閾値以上におこり、視標を認めることができるという空間和 (spatial summation) という現象がある。この空間和特性から考えて、比較的初期の視野異常の検出には、小さい視標サイズを用いて測定することが効果的であると考えられる。

今回私は Octopus 自動視野計 201 を用いて、まず正常眼で中心 30° 内の視野を視標サイズ 1, 3, 5 で測定した。そして各測定点における平均視感度や標準偏差値をもとに、各視標サイズの年代別の正常値を設定した。

また、中心 30° 内視野の 20 才代から 60 才代における 45° と 135° 経線上の加齢による視感度の変化を調べた。さらに加齢による中心視野 74 点 (マリ オット 盲点に相当する 2 点を除く) の mean sensitivity の低下について検討を加えた。

次に、緑内障眼における、視野異常の検出率におよぼす視標サイズの影響について検討を行

った。その結果、視標サイズ 1 による中心静的視野測定が、視標サイズ 3 や視標サイズ 5 より初期緑内障性視野異常の検出に、より有用であると考えられる結果が得られたのでここに報告する。

対象および方法

1. 各視野サイズにおける正常中心視野

まず検査内容を説明し、承諾を得た 20 才代～60 才代の正常 70 眼を対象として、3 種の視標サイズの中心視野の視感度への影響を調べるため

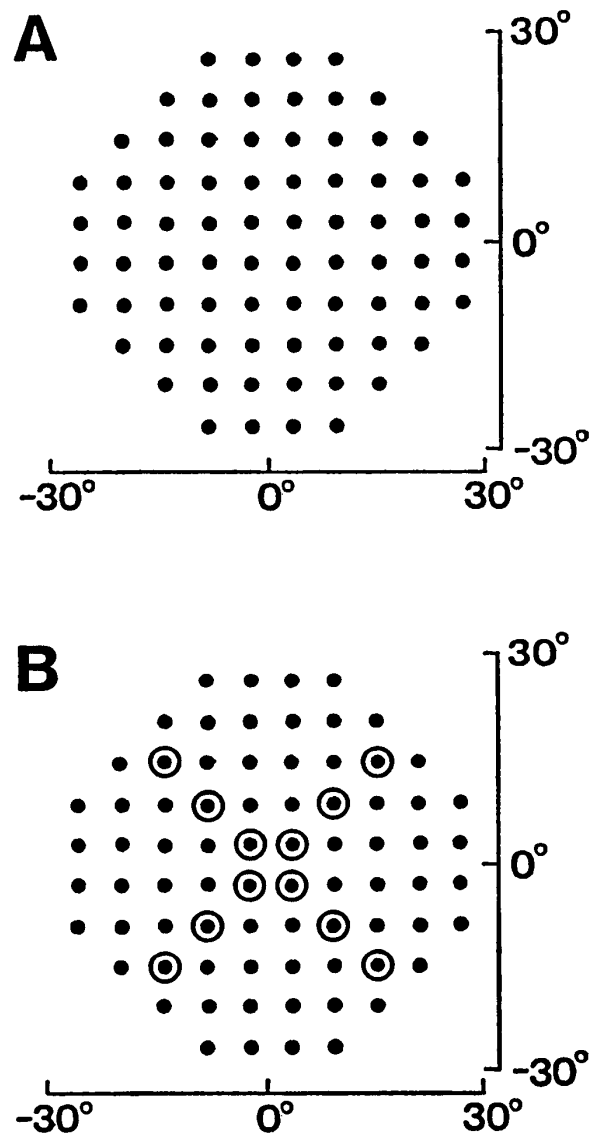


Fig. 1 An arrangement of test points of Octopus program 32 (A), circled test points on the 45° and 135° meridians of Octopus program 32 (B).

に、静的視野測定を行った。

正常眼の内訳は、20才代14例14眼（平均23.6 ± 1.4才）、30才代11例11眼（平均33.1 ± 1.8才）、40才代15例15眼（平均44.4 ± 3.2才）、50才代20例20眼（平均53.1 ± 2.6才）、60才代10例10眼（平均64.1 ± 2.7才）であった。

正常眼として採用した条件は、視野に影響を与える可能性のある全身疾患や眼疾患がなく、眼圧は20 mmHg以下で、矯正視力は1.0以上、屈折異常は±3.0D以内、乱視は-2.0D以内とした。

方法はINTERZEAG社製Octopus自動視野計201を用いて、Fig. 1のAに示すように中心30°内に76点の測定点を格子状に配置したプログラム32の各測定点で、視標サイズ1（視角0.108°、円形）、視標サイズ3（視角0.431°、円形）および視標サイズ5（視角1.724°、円形）で測定した。そして各年代の視標サイズ毎の中心視野のmean sensitivity（プログラム32の76測定点のうち、マリオット盲点に相当する2測定点を除いた74点の視感度の平均値）や、各視標サイズで測定した中心視野の視感度におよぼす加齢の影響について調べた。また中心視野の45°と135°経線上の視野の島のprofile（Fig. 1のBの○で囲んだ測定点での視野断面）を調べた。

さらに、各測定点における平均視感度とその標準偏差値から、プログラム32の正常値を検討した。

なお測定眼は、多くの症例で右眼を用いた

が、左眼を測定した場合は対称的に右眼におきかえて結果を検討した。

2. 初期緑内障における視標サイズの視野測定におよぼす影響

20才代～60才代の緑内障およびその疑い32例32眼を対象とした。症例の内訳は原発開放隅角緑内障18例18眼、続発開放隅角緑内障6例6眼、原発閉塞隅角緑内障8例8眼であった。

方法はOctopus自動視野計201のプログラム32を用いて視標サイズ1, 3, 5で測定した。

なお正常眼、緑内障眼とも検査眼の瞳孔径は3.5 mm以上であった。また視野測定の際の影響を考慮して、本研究ではすべての症例でOctopus視野計での初回検査の結果は用いず、2回目以降の検査結果のみを採用した。

さらにfalse positive answer, false negative answerは正常眼、緑内障眼とも全例25%以下の症例に限定した。プログラム32の測定では、マリオット盲点の影響を受けやすい耳側15°付近の2カ所の測定点は検討から除外した（つまり76測定点中の74点で検討した）。正常眼および緑内障眼の各症例における視標サイズ1, 3, 5での測定は、ほぼ同時期（2カ月以内）に行った。

結 果

1. 各視標サイズにおける正常中心視野

プログラム32で測定した正常70眼の中心視野の、各測定点（74点）における平均視感度を、視標サイズ別に各年代毎にTable 1～3に示し

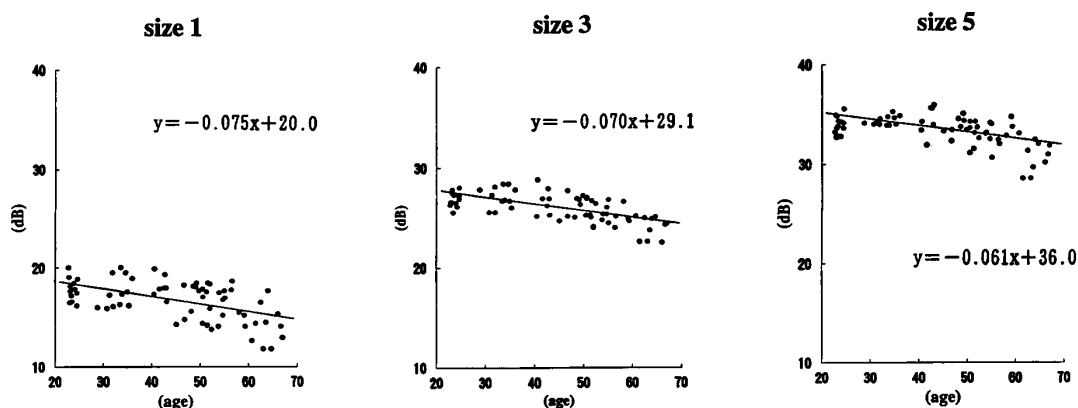


Fig. 2 Scattergrams of the mean sensitivity of the individual eyes for target sizes 1, 3 and 5 against age.

た。

視標サイズ別の、各年代毎の中心視野の mean sensitivity (プログラム32の74測定点の視感度の平均値) は Table 4 に示すとおりであった。

Fig. 2 に、正常70眼の中心視野の mean sen-

sitivity と年齢の関係を、視標サイズ別に示した。各視標サイズでの加齢による中心視野の mean sensitivity の低下は、視標サイズ1で 0.75 dB/decade, 視標サイズ3で 0.70 dB/decade, 視標サイズ5で 0.61 dB/decade であった。回帰直線の傾きは、各視標サイズ間で有意

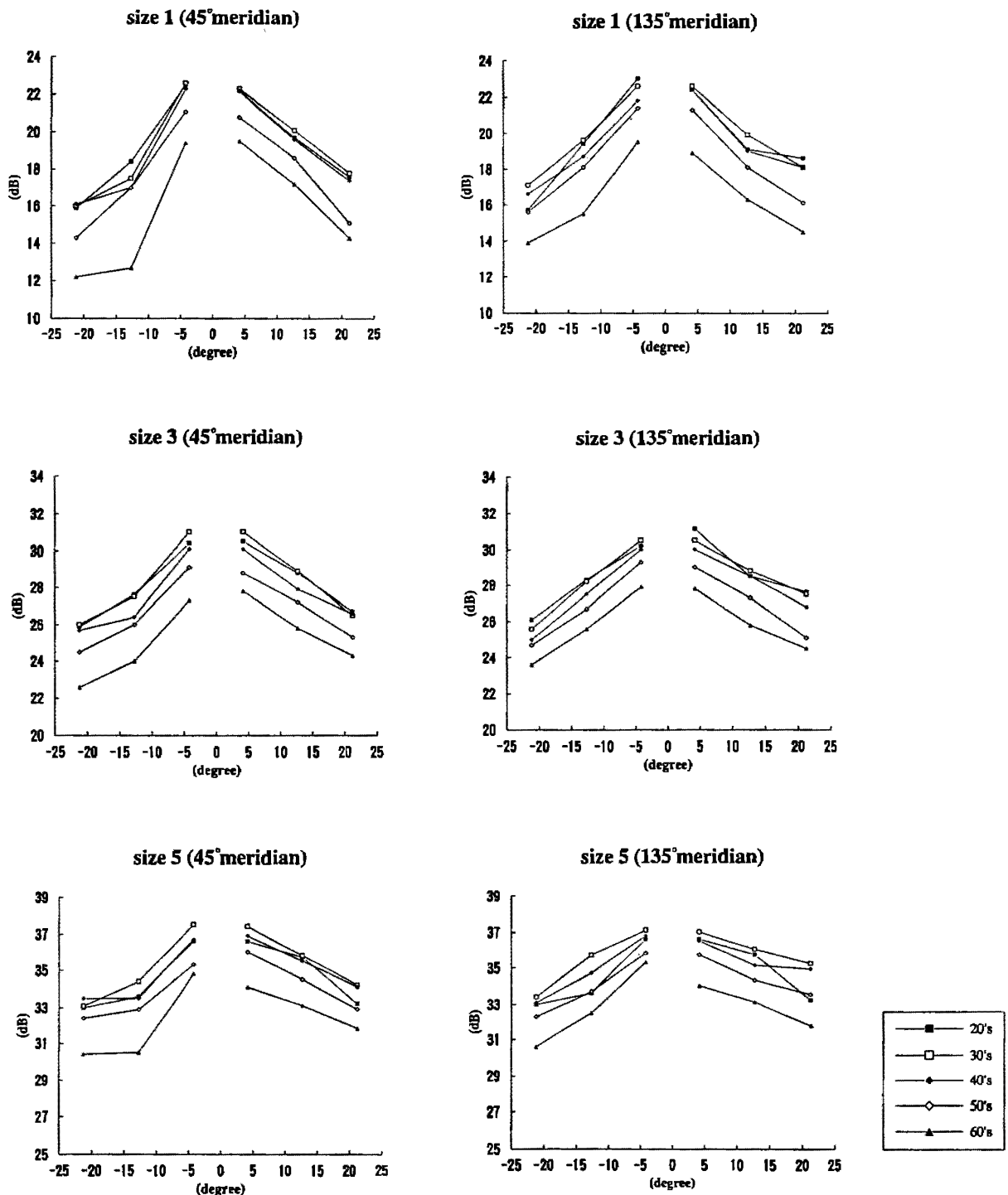


Fig. 3 Profiles of the island of vision for target sizes 1,3 and 5 obtained by the use of Octopus program 32.

Table 4 Mean sensitivity (dB) of the all points of Octopus program 32 in each decade of normal subjects for target sizes 1, 3 and 5.

Age group	Target size		
	1	3	5
20's	17.6	27.0	33.9
30's	17.6	27.0	34.3
40's	17.4	26.5	34.0
50's	16.2	25.5	33.1
60's	14.2	24.1	31.3

(dB)

差を認めなかったが、視標サイズが小さいほど、加齢による中心視野の視感度の低下が大きかった。

Fig. 3 に、各年代の視標サイズ別視野の、 45° と 135° 経線上の視野の島の profile を示した。この結果より、中心視野の視感度は、すべての視標サイズにおいて、加齢により中心部から周辺部にかけてほぼ平行に低下した。

つぎに正常70眼の、プログラム32の各測定点における視感度の標準偏差値を、視標サイズ別、各年代毎に Table 5~7 に示した。各測定点における視感度の標準偏差値は、ほとんどすべての視標サイズおよび年代において、中心部が低く、周辺部になるにつれて高くなる傾向が認められた。しかし例外的なばらつきもみられ

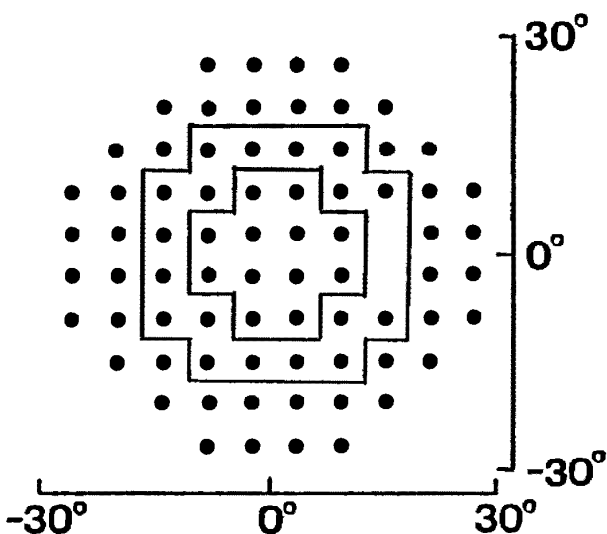


Fig. 4 Three zones of Octopus program 32 (within 10° , $10^\circ \sim 20^\circ$ and $20^\circ \sim 30^\circ$).

た。この結果より、これらの標準偏差値を Fig. 4 に示すように、プログラム32の視野を中心 10° 以内 (12測定点)、 $10^\circ \sim 20^\circ$ (マリ オット盲点に相当する 2 測定点を除いた18測定点)、 $20^\circ \sim 30^\circ$ (44測定点) の3つの視野領域に分けて検討した。各視野領域での標準偏差値の平均値は、Table 8 に示すとおりであった。

そこで、各視標サイズでの年代別の、プログラム32の各測定点における正常値は、つぎのように設定することにした。正常眼のプログラム32の各測定点での平均視感度 (Table 1~3 に示した視感度) から、3つに分けた視野の各領域において平均した標準偏差値 (Table 8) を約2倍して、さらに 1 dB を加えた値 (Table 9) を引いた視感度以上とした。例えば視標サイズ1で測定した20才代の中心 10° 内のある測定点の視感度が、正常眼で測定した平均視感度よりも 5 dB 以上低下していれば、その測定点は有意に感度低下していると判定した。

2. 初期緑内障における視標サイズの視野測定におよぼす影響

緑内障の測定結果で、視野異常があるか否かの判定は、前述のように正常眼での測定結果をもとに設定した正常値を用いて行った。

この方法を用いて、緑内障およびその疑い32眼で測定した視標サイズ1の測定結果を、視標サイズ3、5での測定結果と比較した。

Table 10に示すように、32眼中の10眼で、視標サイズ1を用いた測定は、他の視標サイズよりも鋭敏に初期緑内障性視野異常を検出した。以下にその代表例を呈示する。

症例1は57才の女性で、原発開放隅角緑内障である。初診日の右眼圧は 22 mmHg、左眼圧は 20 mmHg であった。右眼の Goldmann 視野測定結果では、中心固視点の上耳側に孤立暗点を認めた。Table 11 に、これと同時期の右眼の Octopus 視野測定結果の value table と comparison table を示した。視標サイズ5ではまったく異常点はなく、視標サイズ3でも固視点の上方に○で囲んだ1点の測定点のみで、6 dB の感度低下を認めるだけであった。しか

Table 5 The average standard deviation of sensitivity in each decade of normal subjects for the target size 1. (Octopus program 32)

size 1

20's

3.8	3.3	2.1	2.9						
2.6	3.2	2.2	2.7	2.1	2.0				
3.0	2.3	1.4	1.9	1.9	1.6	2.2	2.0		
2.8	1.5	1.8	1.5	2.0	2.3	1.4	2.3	2.7	1.8
2.1	1.4	1.7	1.2	1.7	2.6	1.1		2.5	2.2
2.0	1.8	1.5	1.7	1.9	2.3	1.4		2.6	2.2
2.2	1.8	1.9	1.6	1.5	1.5	1.7	2.4	2.4	2.1
1.7	1.3	2.1	1.2	1.2	1.6	1.2	2.2		
1.6	2.1	1.7	1.3	1.5	1.8				
2.4	2.1	1.5	1.6						

n=14

30's

2.8	2.9	2.2	2.4						
2.4	2.6	2.5	2.1	2.6	2.6				
2.0	2.1	2.2	2.6	3.0	2.7	2.3	2.8		
3.5	2.1	2.6	2.0	1.9	2.7	3.3	2.2	2.0	2.2
1.6	2.2	1.8	1.6	2.0	1.2	1.8		1.6	2.0
1.5	1.3	1.8	1.6	1.3	1.7	1.4		2.4	2.1
1.7	1.6	2.2	1.2	3.4	1.8	1.7	2.6	1.8	1.6
2.1	2.2	1.7	2.1	1.8	1.8	2.0	3.5		
1.9	3.4	2.1	3.3	1.9	2.7				
2.4	2.2	2.0	2.3						

n=11

40's

3.1	3.0	2.4	3.2						
3.0	2.5	3.2	2.6	3.7	4.2				
2.9	2.6	2.9	2.2	2.8	2.7	2.2	2.1		
2.7	2.7	3.0	2.3	2.0	2.3	2.5	2.2	1.9	2.1
2.9	2.4	2.4	2.0	2.3	2.6	1.7		1.8	2.0
3.2	2.3	2.5	2.0	2.0	1.7	1.9		2.1	2.1
2.2	2.9	2.5	3.0	2.1	1.8	1.9	2.1	2.6	2.7
3.1	2.1	2.0	2.3	2.5	2.7	2.1	2.3		
2.4	2.3	2.1	2.1	3.3	4.8				
2.1	2.3	2.3	2.8						

n=15

50's

2.3	2.5	2.0	2.5						
2.6	2.9	2.9	3.0	2.4	1.7				
3.1	2.2	2.1	2.6	2.7	2.9	2.8	2.7		
2.9	3.0	3.4	2.7	1.4	2.3	2.1	2.5	2.9	1.8
2.8	2.2	2.3	2.6	2.5	2.6	2.4		1.7	2.2
2.4	2.5	1.7	1.8	1.8	2.0	2.2		2.7	2.1
3.0	3.0	2.4	2.1	1.7	2.7	2.2	2.6	2.5	2.9
2.9	2.8	3.1	2.8	2.1	2.4	2.4	2.7		
2.4	2.3	2.2	2.0	3.1	3.1				
2.2	3.0	2.8	2.9						

n=20

60's

2.7	2.0	2.6	3.0						
2.9	2.7	2.5	2.4	3.2	3.2				
2.2	3.3	2.2	2.3	3.3	2.5	2.8	3.1		
2.7	2.2	3.0	2.1	2.4	3.0	2.5	2.7	4.0	2.7
2.9	2.2	2.5	1.4	2.3	2.6	2.7		2.2	1.4
5.2	5.3	2.8	1.8	1.4	2.4	1.8		2.4	2.4
3.9	3.1	2.5	2.3	1.8	1.3	1.4	2.8	2.7	1.8
3.7	2.8	2.8	2.4	1.9	2.4	2.8	2.8		
3.9	2.6	1.9	2.9	2.8	2.1				
2.5	2.8	2.2	2.3						

n=10

(dB)

Table 6 The average standard deviation of sensitivity in each decade of normal subjects for the target size 3. (Octopus program 32)

size 3

20's

1.3 1.8 4.1 1.8
 1.3 1.1 1.9 1.9 1.4 1.9
 2.1 1.3 1.1 1.2 1.8 1.9 1.1 1.7
 1.5 1.5 1.3 0.6 0.8 1.2 1.2 1.5 1.1 1.1
 1.9 1.4 1.2 1.3 1.1 1.4 1.2 2.2 1.9
 1.2 1.2 1.2 0.8 1.2 1.4 1.1 2.7 1.5
 1.6 1.2 0.9 0.8 0.6 1.0 1.1 2.0 1.8 1.5
 2.1 1.3 1.3 0.9 1.5 1.0 1.0 1.7
 1.0 1.0 1.2 1.1 0.9 1.3
 1.3 1.4 0.8 0.8 **n=14**

30's

3.0 2.2 2.3 2.3
 2.2 2.1 1.8 1.5 2.0 2.1
 2.2 2.1 1.8 2.7 1.6 1.7 2.1 1.7
 3.3 1.2 1.6 1.0 1.4 1.4 2.0 1.5 1.8 2.2
 1.5 1.8 1.5 1.4 1.1 1.4 1.6 1.1 1.4
 1.4 1.7 1.1 1.3 1.5 1.4 1.3 1.2 1.0
 2.3 1.3 1.0 1.2 2.1 0.9 1.7 1.8 1.3 1.3
 1.8 2.2 1.1 1.2 0.9 1.8 1.4 2.2
 2.0 1.3 1.5 1.5 1.4 1.3
 2.6 1.7 1.2 1.5 **n=11**

40's

3.6 2.7 2.0 2.7
 2.9 2.0 1.9 2.1 3.2 3.0
 2.2 1.7 2.7 1.7 2.5 2.0 1.5 1.4
 3.3 2.2 2.0 1.8 1.9 1.9 2.1 2.0 2.5 1.9
 2.3 2.0 1.6 1.9 2.5 1.7 1.7 2.0 1.7
 1.8 2.1 1.2 1.8 1.8 1.4 1.4 1.8 1.3
 1.8 2.3 1.4 1.5 1.7 1.2 1.7 1.9 1.8 2.7
 2.1 1.8 1.6 2.7 1.7 2.0 1.5 2.2
 2.0 2.0 2.1 2.1 1.8 2.5
 1.6 1.6 2.4 2.1 **n=15**

50's

2.6 3.0 2.4 2.7
 2.1 2.2 2.6 2.9 2.7 2.1
 2.2 2.0 2.3 2.1 3.2 1.9 1.6 2.1
 3.2 2.2 2.2 2.4 1.8 1.6 2.2 1.2 2.0 1.9
 2.3 2.1 2.0 1.4 1.4 1.2 1.1 2.1 2.5
 2.0 1.6 1.6 1.6 1.3 1.7 1.3 2.1 1.9
 2.8 2.5 2.1 1.7 1.6 1.7 2.1 1.9 2.0 2.2
 2.4 2.2 2.3 2.3 1.7 2.4 3.0 2.6
 1.9 2.4 2.3 2.0 2.1 5.6
 2.0 2.2 2.3 2.0 **n=20**

60's

1.9 2.0 2.9 3.3
 1.2 1.9 2.1 1.9 2.2 2.8
 2.1 2.0 1.8 1.9 2.4 2.3 2.2 2.5
 1.3 1.5 1.9 1.6 2.1 2.4 2.0 2.5 2.6 2.2
 1.6 1.3 1.4 1.6 1.6 2.2 1.7 2.0 1.3
 2.7 2.2 1.5 1.0 0.8 1.4 2.0 1.8 1.8
 3.0 2.1 1.6 1.5 1.4 1.1 1.2 1.8 1.8 2.1
 3.5 1.6 1.2 1.6 1.3 1.0 1.4 1.6
 2.7 1.5 1.9 1.8 1.5 2.1
 2.2 1.6 2.0 1.6 **n=10**

(dB)

Table 7 The average standard deviation of sensitivity in each decade of normal subjects for the target size 5. (Octopus program 32)

size 5

20's

1.8	1.9	1.8	1.5						
1.3	1.1	1.4	1.1	1.0	1.4				
1.9	1.7	1.3	1.2	0.6	1.6	1.0	1.6		
1.0	1.3	1.3	1.0	1.4	1.4	0.6	1.2	1.3	1.9
1.1	1.6	1.5	1.2	0.9	1.6	1.2		1.6	1.8
1.1	1.5	1.3	0.8	1.0	1.1	1.4		2.1	1.6
1.6	1.2	1.7	1.1	0.7	0.8	1.3	1.9	1.8	1.3
1.1	1.2	1.1	1.2	1.4	1.6	1.4	1.7		
0.6	1.5	0.5	1.1	1.2	2.0				
1.2	0.9	1.6	1.1						

n=14

30's

1.5	1.1	2.4	1.5						
1.0	1.6	0.8	1.0	1.3	0.9				
0.9	0.8	1.1	0.8	1.6	1.0	1.4	0.8		
1.7	1.1	1.2	0.8	0.8	1.6	1.3	1.1	1.2	1.0
1.6	1.0	1.1	0.8	0.5	1.0	0.8		1.5	1.7
1.2	1.0	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8		1.0	1.1
1.2	0.9	1.0	0.8	0.9	0.6	1.1	1.3	1.3	1.3
0.9	1.5	1.3	1.1	1.3	1.3	0.9	1.2		
1.4	1.1	1.0	1.3	1.0	1.4				
1.5	1.5	0.9	1.2						

n=11

40's

1.9	1.8	2.0	2.2						
1.6	1.6	1.6	1.8	1.8	1.5				
2.0	1.9	1.5	1.5	1.4	1.5	1.4	1.6		
1.4	1.9	1.8	1.5	1.4	2.1	2.2	2.2	1.5	1.7
1.7	1.4	1.7	1.3	1.0	1.3	1.7		1.6	1.4
1.5	1.8	1.4	1.0	0.7	1.5	0.9		1.4	1.2
1.1	1.6	1.5	1.1	1.1	1.1	1.6	2.0	1.4	1.6
1.2	1.1	1.1	1.4	1.6	1.7	1.7	2.2		
1.1	1.6	1.5	1.7	1.5	2.6				
1.5	1.2	1.9	1.5						

n=15

50's

1.7	1.5	1.8	1.7						
1.5	1.3	1.6	1.8	2.0	1.7				
1.4	1.7	1.4	1.4	1.8	1.5	1.2	1.5		
1.8	1.4	1.5	1.4	1.4	1.7	1.3	2.4	1.5	1.1
1.6	1.8	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5		2.1	1.6
1.3	1.3	1.3	1.7	1.3	1.5	1.9		2.2	1.6
1.4	0.9	1.7	2.2	1.3	1.4	1.8	1.2	1.8	1.8
1.3	1.7	1.4	1.5	1.9	1.6	1.7	1.5		
1.1	1.4	1.2	1.8	2.0	2.9				
1.3	1.9	1.8	1.8						

n=20

60's

2.1	2.1	2.8	2.8						
2.0	2.3	2.1	2.9	2.6	3.5				
2.4	2.7	1.6	2.4	2.2	2.6	3.1	3.0		
2.2	1.8	1.8	1.8	2.4	2.3	2.6	2.3	3.0	2.3
1.7	1.8	1.9	1.9	2.3	1.8	1.3		2.0	2.5
1.6	2.1	1.9	1.9	1.7	2.4	2.1		2.1	2.1
2.4	2.3	2.0	2.0	1.6	1.1	2.2	1.8	2.1	2.1
1.6	1.5	1.1	1.4	1.2	2.3	1.6	1.9		
1.8	1.8	1.8	1.6	1.7	2.2				
2.1	1.4	1.6	1.7						

n=10

(dB)

Table 8 The average standard deviation of sensitivities of each field zone of Octopus program 32 for target sizes 1,3 and 5 in normal subjects.

Age group	Field zone	Target size		
		1	3	5
20's	~10°	1.8	1.1	1.1
	10°~20°	1.7	1.3	1.3
	20°~30°	2.1	1.5	1.4
30's	~10°	1.9	1.4	0.9
	10°~20°	2.2	1.5	1.1
	20°~30°	2.3	1.8	1.2
40's	~10°	2.0	1.7	1.3
	10°~20°	2.5	1.9	1.6
	20°~30°	2.7	2.1	1.6
50's	~10°	2.2	1.5	1.5
	10°~20°	2.6	2.1	1.6
	20°~30°	2.6	2.4	1.6
60's	~10°	2.1	1.6	1.9
	10°~20°	2.4	1.7	2.0
	20°~30°	2.7	2.0	2.2

(dB)

し視標サイズ1では、○で囲んだごとく固視点の上耳側に4点、6~11 dBの感度低下した比較暗点を検出した。

症例2は51才の女性で、原発開放隅角緑内障である。初診日のトノグラフィーのC値は両眼とも0.12で、経過観察中の最高眼圧は両眼とも25 mmHgであった。初診日から14年後の視神経乳頭の垂直 cup/disc ratio は右0.2, 左0.4と左右差を認め、左眼の眼底に網膜神経線維層欠損も認められた。Table 12に、初診日から14年後の左眼のOctopus視野測定結果のvalue tableとcomparison tableを示した。視標サイズ3, 5では、ともに○で囲んだ1点のみで、7 dB感度低下した異常点を認めるだけであった。これらに対し、視標サイズ1では、上鼻側の○で囲んだ7点(15 dBの感度低下した点を含む)で、明らかな視野異常を認めた。

症例3は57才の女性で、原発閉塞隅角緑内障

Table 9 2 SD (standard deviation) + 1 dB of each field zone of Octopus program 32 for target sizes 1,3 and 5 in normal subjects.

Age group	Field zone	Target size		
		1	3	5
20's	~10°	5	3	3
	10°~20°	5	4	4
	20°~30°	5	4	4
30's	~10°	5	4	3
	10°~20°	5	4	3
	20°~30°	6	5	3
40's	~10°	5	4	4
	10°~20°	6	5	4
	20°~30°	6	5	4
50's	~10°	5	4	4
	10°~20°	6	5	4
	20°~30°	6	6	4
60's	~10°	5	4	4
	10°~20°	6	4	4
	20°~30°	6	5	5

(dB)

Table 10 Comparison of detectability of early glaucomatous visual field defects between the target size 1 and target sizes 3 and 5.

Defect(-)	14 eyes
Defect(+)	
size 1 > sizes 3,5	10 eyes
size 1 = sizes 3,5	8 eyes
size 1 < sizes 3,5	0 eye

である。初診時右眼圧は50 mmHg以上で、同日、直ちにアルゴンレーザー虹彩切開術を施行した。その後、眼圧は20 mmHg以下に低下した。レーザー虹彩切開術後1年6カ月目の右眼のGoldmann視野測定結果では、内部イソプターにnasal stepが認められた。Table 13は、同時期の右眼のOctopus視野測定結果のvalue tableとcomparison tableである。この症例でも、視標サイズ5ではまったく異常点を認めず、視標サイズ3では鼻側に2点のみ軽

Table 13 Value tables and comparison tables of the right eye of a 57 year-old female with primary angle closure glaucoma (Case 3) for target sizes 1,3 and 5. (Octopus program 32)

size 1

value table

		9	7	8	9				
		7	8	11	11	10	10		
		8	8	12	10	8	14	10	11
5	9	7	13	14	11	10	15	10	11
5	9	14	15	21	17	19		7	12
12	11	18	20	21	19	16		12	11
12	14	13	17	18	16	11	15	15	13
	14	9	16	15	12	17	15	14	
		11	15	16	13	20	16		
			13	12	13	17			

size 1

comparison table

				+	+	+	+						
				+	+	+	+	+	+				
				+	7	+	+	8	+	+	+		
				8	7	10	+	+	7	7	+	+	+
				9	7	+	+	+	+	+		9	+
				+	+	+	+	+	+	+		+	+
				+	+	+	+	+	+	7	+	+	+
				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

size 3

value table

				17	19	19	19			
				19	21	21	20	21	21	
				18	21	23	22	22	22	22
16	18	21	24	25	27	25	24	21	20	
21	23	25	28	27	28	25		22	21	
23	25	25	27	28	28	25		21	22	
21	23	24	25	25	26	25	25	25	20	
	23	22	27	26	26	27	25	26		
		21	25	24	25	25	26			
			22	24	25	24				

size 3

comparison table

						+	+	+	+				
						+	+	+	+	+	+		
						+	+	+	+	+	+	+	
						7	7	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+

size 5

value table

				28	28	28	29			
				28	29	29	30	27	30	
				27	28	30	30	30	29	30
27	28	30	32	33	33	29	30	28	28	
28	30	33	37	34	34	33		32	29	
30	32	33	35	31	35	33		32	28	
32	30	31	33	33	34	32	31	30	29	
	32	32	32	32	36	32	33	30		
		30	31	33	33	31	33			
			31	31	32	32				

size 5

comparison table

						+	+	+	+				
						+	+	+	+	+	+		
						+	+	+	+	+	+	+	
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+
						+	+	+	+	+	+	+	+

(dB)

度の感度低下を認めるだけであった。しかし視標サイズ1では、○で囲んだ11点で、明らかな nasal step と固視点の上耳側の視感度の低下が認められた。

以上のように、視標サイズ1を用いた視野測定結果は、視標サイズ3、5を用いた視野測定結果と比較して、より広範囲に深い緑内障性視野異常を検出した。

考 察

最近のコンピューター技術のめざましい発達により、自動視野計の開発が進み、日常の眼科臨床に広く普及するようになってきた。代表的な自動視野計として、Octopus 視野計や Humphrey 視野計などがある。

自動視野計の開発以前から現在まで広く臨床に用いられている Goldmann 視野計では、通常サイズV（視標面積 64 mm^2 ）からI（視標面積 0.25 mm^2 ）の楕円形視標を用いて視野測定を行う。これに対し、自動視野計での視野測定では、Goldmann 視野計の視標サイズIIIに相当する視角 0.431° の円形視標（視標サイズ3）のみが用いられることが多い。そしてこの視標サイズ3で正常者を測定した結果にもとづいて正常値が設定されており、これと比較して、被検者の測定結果の異常の有無を判定するようになっている。このように視標サイズ3が用いられているのは、中心静的視野測定において安定した結果が得られると考えられているからである。つまり視標サイズ3を用いた視野測定での視感度のダイナミックレンジが、静的視野測定に適する巾と傾斜をもち、また測定結果の信頼性が高いと考えられてきたためである。

しかし視野測定においては、視標サイズが大きい場合は、興奮が、視標が投影された神経細胞にある閾値以上におこり、視標を認めることができる空間和という現象がおこる。これに関連した Ricco の法則（輝度×面積は一定）と Piper の法則（輝度× $\sqrt{\text{面積}}$ は一定）がよく知られている。

今回私は、この空間和の中心視野の視感度へ

の影響を検討するために、まず正常眼において中心 30° 内の視野測定を、Octopus 自動視野計を用いて行った。

Octopus 視野計201で用いられているプログラム32の視標サイズ3の正常値は、10才代後半から20才代前半の10年間で最も視感度が高く、その後10才加齢するごとに全測定点で一律に 1 dB ずつ低く設定してある。Haas ら³、Drance ら⁴、Heijl ら⁵ も加齢による視感度の低下率は、20才前後にピークをもち、ほぼ年齢に対する一次回帰を示す、と報告している。本研究の結果でも、年齢に対する中心 30° 内視野の74点（プログラム32の76点のうち、マリオット盲点に相当する2点を除く）の mean sensitivity の低下は、統計学的には一次回帰を示した（Fig. 2）。

しかし、実際には各年代における中心視野の mean sensitivity は、視標サイズ3を用いた測定では20才代と30才代で変化なく、40才代で 0.5 dB だけの低下であった。そして50才代では40才代より 1.0 dB 低下し、60才代でさらに 1.4 dB 低下した。このように中心 30° 内視野の74点の mean sensitivity の低下は、50才代からあきらかになる結果が認められた。視標サイズ1や視標サイズ5を用いた測定での中心 30° 内視野の74点の mean sensitivity も、これとほぼ同様の結果であった。

また加齢による中心視野の mean sensitivity の低下について、Haas ら³ は Octopus 視野計の視標サイズ3で検討し、0.58 dB/decade と報告している。本研究の結果では、視標サイズ3では 0.70 dB/decade であった。また視標サイズ1では 0.75 dB/decade、視標サイズ5で 0.61 dB/decade の低下であった。

さらに Haas ら³ は Octopus 視野計で中心 24° 内の視野を測定し、加齢による視感度の低下は、上方視野の方が下方視野より大きく、また中心固視点付近と周辺部が大きい、と述べている。しかし本研究では、Fig. 3 で示したように、 45° と 135° 経線上の測定点の視感度は、すべての視標サイズでほぼ平行に低下する傾向

が認められた。

本研究での視野測定における false response は, false positive answer, false negative answer とともに25%以下の症例に限定し, 測定結果の信頼性を高めた。

また正常眼の short term fluctuation は, 視標サイズ1の測定でもすべて2.5 dB以下で, 視標サイズ3, 5での測定ではすべて2.0 dB以下と, 大きな差を認めないことを確認した。

本研究に使用した Octopus 自動視野計では, 一般に視標サイズ3で測定された患者の測定結果を, 「正常眼で視標サイズ3を用いて測定された中心視野の平均視感度」と比較する。つまり Octopus 視野計には視標サイズ3以外の視標サイズでの正常値が設定されていない。そこで私は, 正常眼で視標サイズ1と5を用いて測定した場合の正常値を設定しようとした。そしてこの正常値を, 初期緑内障における視野異常の検出に応用した。また日本人における視標サイズ3の正常値についても同様に再検討した。

Octopus 視野計では, 各測定点における正常値は「正常眼で測定された平均視感度-4 dB以上」と設定されている。この方法とは異なり, 私は正常眼で測定した中心視野の平均視感度と, さらに視野の島の profile の形状の個人差を考慮して, 正常値を独自に設定し, 緑内障での視野異常の検出に応用した。

本研究の結果では, 正常眼の中心視野における, 視感度の個人差を表す標準偏差値は, 視標サイズ1, 3, 5のいずれにおいても, また20才代から60才代までのほとんどの年齢においても中心固視点付近が最も低く, 周辺部に行くにつれて高い傾向が認められた。しかし, 例外的に中心視野の中心部の測定点の標準偏差値が, それより周辺部にある測定点よりも高い測定点も認められた。本研究での正常値の設定にあたっては, この問題を除くためにプログラム32の74測定点を中心10°内, 10°~20°, 20°~30°の3つの領域に分け, この各領域毎に標準偏差値を平均した値を用いて正常値を設定した。

したがって正常値は「正常眼で測定された各測定点での平均視感度から各視野領域毎に求められた 2SD+1 dB を引いた視感度以上」とした。

平均値から 2SD を引いて, それ以上の値を正常とするのは, 多くの統計学的処理で行われる方法であり, さらにそこから 1 dB (計 2SD +1 dB) を引いた理由は, 実際の測定値 (value table) が整数で結果が出るのに対し, 正常者で測定した視感度の平均値 (Table 1~3) は, 少数点以下の値を含んでいるからである。

小さい視標サイズを用いた視野測定では, 視標のボケや中間透光体の混濁の影響を受けやすいことがいわれている⁶。私は中心視野測定におけるこれらの問題について検討を行うために, +レンズや中間透光体の混濁の simulation として遮蔽膜, ND フィルターを用いて, 視標サイズ1, 3, 5で測定を行なった⁷。その結果, 比較的軽度の視標のボケや中間透光体の混濁では, 小さい視標サイズ1と標準的に用いられることが多い視標サイズ3で, 視感度の低下に大きな差がないと考えられた。

正常眼の視野測定における, 視標サイズの視野の島の profile の形状に与える影響は Hallet⁸, Fankhauser と Schmidt⁹, Dannheim と Drance¹⁰, Johnson ら¹¹ の報告がある。また視神経視路疾患における空間和の研究は Wilson¹² や松本¹³ の報告などがみられる。しかし緑内障における空間和の影響についての報告は少ない。

網膜の神経節細胞のうち, 緑内障で最も早期に障害されると考えられている Y細胞の受容野中心部の直径は, 中心窩で 4', 偏心度 10° で 12'¹⁴ と小さく, これ以上の大きさの視標サイズでは空間加重が生じることになる。そのため, 網膜の受容野に少しでも近い小さな視標サイズを用いた視野測定が理想である。

緑内障の視野異常の検出においては, この空間和のため大きな視標サイズでは小さく浅い暗点は見逃される可能性がある。Wilensky ら¹⁵ は, 進行した緑内障で Octopus 視野計の視

標サイズ3で測定して0dBであった測定点の80%以上が、視標サイズ5により閾値が測定できた、と報告している。また Gramer ら¹⁶は、Octopus 視野計のプログラム31を用いて緑内障眼を測定し、緑内障性視野異常を認める領域の測定点の感度は、視標サイズ3では視標サイズ1より、また視標サイズ5では視標サイズ3よりそれぞれ6~10dB高くなり、大きい視標サイズでは小さい暗点を見逃すことがあると述べている。Zalta と Burchfield¹⁷は、Humphrey 視野計を用いて、推測された視野の形状にもとづいた正常値から、緑内障眼での視野異常を検出して、視標サイズ1を用いる有用性を報告している。

本研究では、正常人70眼で測定した Octopus 視野計のプログラム32の結果をもとに、各視標サイズでの正常値を設定した上で、緑内障眼において視野測定を行い、初期緑内障性視野異常を検出しようとした。そして視標サイズ1を用いた中心静的視野測定は、標準的に自動視野計の測定に用いられる視標サイズ3での測定と比べて、初期緑内障性視野異常を鋭敏に検出でき、非常に有用であると考えられた。

結 論

1. 正常眼において Octopus 視野計201のプログラム32を用いて、視標サイズ1, 3, 5で中心視野測定を行った。そして正常70眼での測定結果をもとに、プログラム32の各測定点での平均視感度と標準偏差値から、年代別に各視標サイズの視野の正常値を設定した。

2. 20才代から60才代における、45°と135°経線上の中心30°内視野の、加齢による視感度の変化は、すべての視標サイズで20才代と30才代をピークに、全測定点でほぼ平行して低下する傾向が認められた。加齢による中心視野の74点の mean sensitivity の低下は、視標サイズが小さいほど大きかった。

3. 初期緑内障眼においては、視標サイズ3, 5を用いた測定に比べて、視標サイズ1を用いた中心視野測定が、緑内障性視野異常を鋭敏に

検出し、初期の緑内障の診断に有用であると考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御指導ならびに御校閲を賜りました恩師大鳥利文教授に心から感謝いたします。さらに様々な形で御助力頂きました松本長太講師ならびに奥山幸子大学院生に感謝致します。

本研究の要旨は第1回日本緑内障学会(1990年9月、大阪)、第64回大阪緑内障カンファレンス(1990年12月、大阪)、4th European Octopus Users' Society Meeting(1991年9月、Bern)において発表した。

文 献

1. 大鳥利文. 自動視野計測法の進歩. 日眼紀 1988; 39: 543-549.
2. 宇山孝司, 松本長太, 奥山幸子, 大鳥利文, 宇山令司. 緑内障眼の視野測定における視標サイズの影響について. あたらしい眼科 1991; 8: 597-603.
3. Haas A, Flammer J, Schneider U. Influence of age on the visual field of normal subjects. Am J Ophthalmol 1986; 101: 199-203.
4. Drance SM, Berry V, Hughes A. Studies on the effects of age on the central and peripheral isopters of the visual field in normal subjects. Am J Ophthalmol 1967; 63: 1667-1672.
5. Heijl A, Lindgren G, Olsson J. Normal variability of static perimetric threshold values across the central visual field. Arch Ophthalmol 1987; 105: 1544-1549.
6. Radius RL. Perimetry in cataract patients. Arch Ophthalmol 1978; 96: 1574-1579.
7. 宇山孝司, 松本長太, 奥山幸子, 大鳥利文. 視標のボケと中間透光体混濁の中心静的視野閾値におよぼす影響. 日眼会誌 投稿中.
8. Hallet PE. Spatial summation. Vision Res 1963; 3: 9-24.
9. Fankhauser F, Schmidt TH. Die optimalen Bedingungen für die Untersuchung der räumlichen Summation mit stehender Reizmarke nach der Methode der quantitativen Lichtsinn Perimetrie. Ophthalmologica 1960; 139: 409-423.
10. Dannheim F, Drance SM. Studies of spatial summation of central retinal areas in normal people of all ages. Canad J Ophthalmol 1971; 6: 311-319.
11. Johnson CA, Keltner JL, Balestrery F. Effects of target size and eccentricity on visual

- detection and resolution. *Vision Res* 1978 ; 18: 1217-1222.
12. Wilson ME. Spatial and temporal summation in impaired regions of the visual field. *J Physiol* 1967 ; 189 : 189-208.
13. 松本長太. 自動視野計 Octopus の中心視野測定における視標サイズ, 背景輝度の影響について. *近畿大医誌* 1989 ; 14 : 1-17.
14. 乾 敏郎. 視神経疾患の視覚特性. 松崎浩編. *眼科 MOOK No. 30 視神経とその疾患*. 東京: 金原出版, 1986 ; 244-256.
15. Wilensky JT, Mermelstein JR, Siegel HG. The use of different-sized stimuli in automated perimetry. *Am J Ophthalmol* 1986 ; 101 : 710-713.
16. Gramer E, Kontic D, Kriegelstein GK. Die computerperimetrische Darstellung glaukomatöser Gesichtsfelddefekte in Abhängigkeit von der Stimulusgrösse. *Ophthalmologica* 1981 ; 183:162-167.
17. Zalta AH, Burchfield JC. Detecting early glaucomatous field defects with the size I stimulus and Statpac. *Br J Ophthalmol* 1990 ; 74: 289-293.