

## 両眼視野における binocular summation —視標サイズの両眼視感度に及ぼす影響—

若山 曉美<sup>1)</sup>, 松本 長太<sup>1)</sup>, 岩垣 厚志<sup>2)</sup>, 松本富美子<sup>3)</sup>, 大牟禮和代<sup>1)</sup>, 下村 嘉一<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>近畿大学医学部眼科学教室, <sup>2)</sup>阪和住吉総合病院眼科, <sup>3)</sup>近畿大学医学部堺病院眼科

### 要 約

**目 的**：自動視野計 Octopus 201 にスペースシノプトを組み込んだ装置を用いて、視標サイズの binocular summation に及ぼす影響について検討した。

**対象と方法**：対象は21～26歳までの正常者4名で、視感度の測定は、ドーム内を背景に各眼に融像刺激を与えながら、片眼を遮蔽した単眼視下と融像下における両眼視の状態で行った。視標サイズは1, 3, 5を用い、測定プログラムはSARGONプログラムによって作製し、中心6°内を2°間隔で計37点について測定した。

**結 果**：両眼視での視感度は、各視標サイズともに単

眼視よりも高かった。Binocular summationの形状は、視標サイズ1では平坦化、視標サイズ3では凸型、視標サイズ5では凹型を示した。

**結 論**：Binocular summationは、視標サイズや網膜部位によって異なり、中心窩ではサイズ3、周辺部ではサイズ5で増大した。(日眼会誌 105:111—118, 2001)

**キーワード**：Binocular summation, 両眼視野, 視感度, 視標サイズ, 網膜部位

## Effect of Stimulus Size on Binocular Summation within the Binocular Visual Field

Akemi Wakayama<sup>1)</sup>, Chota Matsumoto<sup>1)</sup>, Atsushi Iwagaki<sup>2)</sup>, Fumiko Matsumoto<sup>3)</sup>,  
Kazuyo Ohmure<sup>1)</sup> and Yoshikazu Shimomura<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Kinki University School of Medicine

<sup>2)</sup>Hanwasumiyoshi Sougou Hospital

<sup>3)</sup>Department of Ophthalmology, Sakai Hospital, Kinki University School of Medicine

### Abstract

**Purpose** : To study the influence of stimulus sizes on binocular summation using the modified Octopus 201 combined with a space synoptophore.

**Methods** : Four normal subjects, aged 21 to 26 were tested. Using the SARGON program, we designed a new program to test 37 points in the central 6° visual field. Sensitivity of the central 6° visual field under monocular and binocular conditions was measured while the fusion patterns were displayed on the space synoptophore. The visual fields were measured at stimulus sizes 1, 3, and 5.

**Results** : The visual sensitivity under binocular conditions was higher than under monocular conditions for all the stimulus sizes. Binocular summation

for stimulus size 1 was present in a flat form, for stimulus size 3 in a convex form, and for stimulus size 5 in a concave form in the central 6° visual field.

**Conclusion** : Binocular summation differed in stimulus size and retinal eccentricity. Binocular summation for stimulus size 3 increased in the fovea and it increased for stimulus size 5 in the peripheral area in the central 6° visual field. (J Jpn Ophthalmol Soc 105:111—118, 2001)

**Key words** : Binocular summation, Binocular visual field, Visual sensitivity, Stimulus size, Retinal eccentricity

## I 緒 言

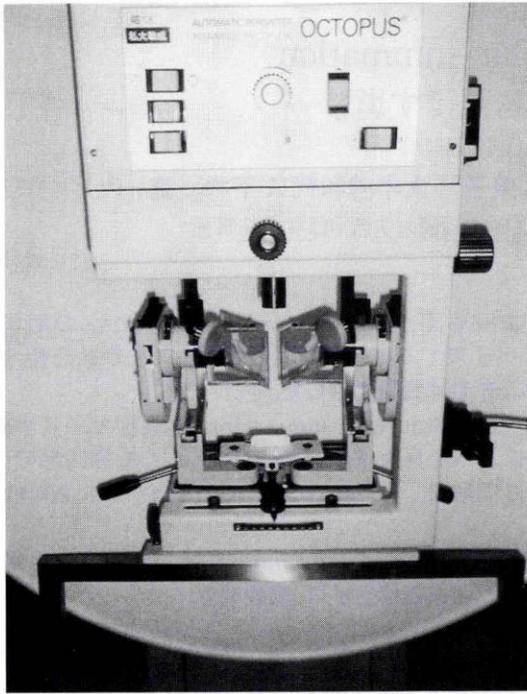
両眼視の成立条件の一つに各眼の視野が互いに重なり

合い、両眼共通の視野である両眼視野の存在がある。両眼視野内においては、各眼の中心窩および中心窩から同方向、等距離にある一対の網膜対応点から得られた情報を

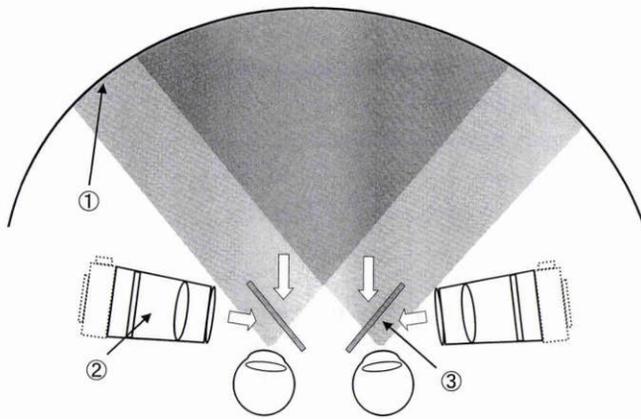
別刷請求先：589-8511 大阪狭山市大野東 377-2 近畿大学医学部眼科学教室 若山 曉美  
(平成12年6月8日受付, 平成12年7月27日改訂受理)

Reprint requests to: Akemi Wakayama, C.O. Department of Ophthalmology, Kinki University School of Medicine,  
377-2 Ohno-higashi, Osaka-Sayama 589-8511, Japan

(Received June 8, 2000 and accepted in revised form July 27, 2000)



A



B

図1 測定装置.

A: 外観, B: シェーマ

- ①: Octopus 201 のドーム, ②: スペースシノプト,
- ③: ハーフミラー

視覚野で融像し両眼単一視を成立させている. 両眼単一視を成立させている両眼視野の広さについては, Goldmann 視野計を用いた研究が多く行われている<sup>1)~3)</sup>. しかし, 両眼視の成立を知るうえでは広さのみではなく, 両眼視野の中でどのような両眼相互作用が起こっているかを検討することは重要である.

そこで, 我々は両眼視の状態を確認しながら視感度を測定するために, 自動視野計 Octopus 201 に両眼刺激装置としてスペースシノプトを組み込み, 融像刺激を与えながら両眼視における視感度を測定する装置を開発し, 視標サイズ3を用いた時の両眼視野における binocular summation について報告<sup>4)</sup>した. 今回, 我々は本装置を用

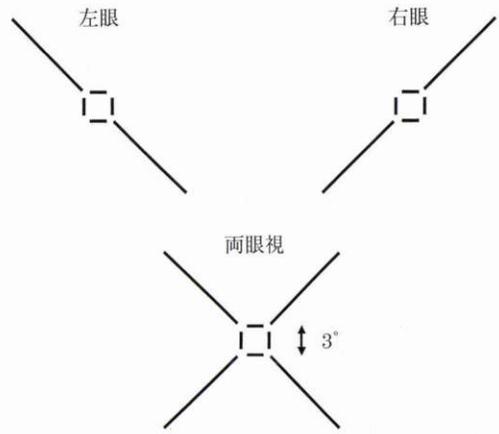


図2 スペースシノプトの図形.

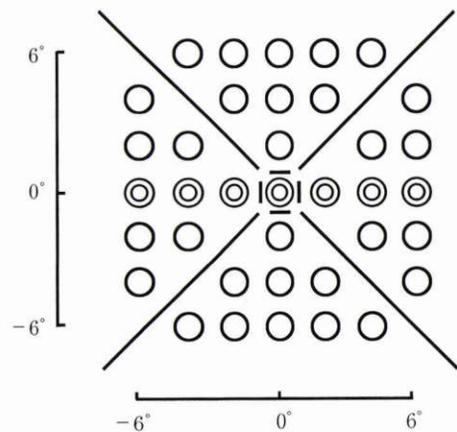


図3 測定点.

いて視標サイズの binocular summation に及ぼす影響について検討したので報告する.

## II 実験方法

対象は, 実験内容を説明したうえで承諾を得られた 21~26 歳までの正常者 4 名とした. 正常者の条件は, 矯正視力 1.0 以上, 屈折値は球面  $\pm 1.00$  D 以内, 円柱  $-0.75$  D 以内, 正常両眼視 (TNO stereo test で 60 sec. of arc 以上) を有し, 中間透光体, 眼底は正常で視機能に影響を及ぼす可能性のある疾患を持たないものとした.

方法は, INTERZEAG 社製, 自動視野計 Octopus 201 のドーム内に両眼刺激装置として, 1984 年に岩井<sup>5)</sup>が試作した TOPCON 社製シノプトスコープを改造したスペースシノプトを組み込み, ドーム内を背景に各眼に図形を投影した状態で視感度の測定を行った (図 1 a, b). スペースシノプトは, 従来の大型弱視鏡の鏡筒部分を取り外し, 反射鏡の位置にハーフミラーのみが取り付けられている. 図形の投影方法はスペースシノプトの図形面と Octopus 201 の背景輝度を一定にするために, ランプハウスを取り外し, 直接ドーム内の背景光を利用して眼前のハーフミラーに図形を投影した. このため, 被検者は

右 眼						左 眼							
20.9	22.3	21.1	20.5	19.1		20.8	22.0	22.4	21.5	21.6			
22.0		22.9	22.6	22.4	21.3	22.4		21.9	21.8	22.6	21.3		
22.8	23.1		25.4		22.8	22.3	21.8	23.0		24.0	23.0	22.3	
22.9	23.8	24.8	28.1	24.9	23.3	22.4	22.3	23.1	24.6	28.1	23.8	24.0	22.9
22.0	22.0		23.8		22.3	20.8	21.8	22.3		23.0		23.5	21.3
21.5		21.3	22.0	21.8		21.3	21.8		22.0	21.0	22.3		22.1
	19.9	21.8	21.0	20.3	20.3		20.5	20.5	21.0	19.8	20.3		
(22.2±1.7)						(22.3±1.5)							

両 眼

22.1	24.1	22.9	22.8	22.3		
23.5		24.1	24.4	24.0	23.3	
24.3	25.0		25.8	24.3	24.5	
23.6	24.8	26.0	29.5	26.1	25.0	24.5
24.0	25.0		24.5	23.8	23.3	
22.8		23.4	23.5	23.3		23.5
22.8	22.3	22.5	22.5	22.0		
(23.9±1.4)						(dB)

A

右 眼						左 眼							
30.5	29.5	29.0	28.8	28.4		29.3	29.3	29.8	30.8	28.8			
29.8		31.0	29.9	30.8	29.9	30.0		29.8	30.0	30.3	29.8		
31.3	31.4		30.0		30.3	29.8	29.9	30.0		31.3	31.3	30.3	
31.0	31.4	31.0	33.5	32.1	31.8	30.5	30.1	31.4	30.8	33.8	31.5	31.9	31.1
30.0	29.8		30.1		31.0	29.5	29.6	30.1		30.0		30.5	30.3
29.0		30.0	29.0	29.5		28.8	29.4		30.3	29.5	30.5		30.0
	28.5	29.0	29.3	29.5	29.5		28.5	29.0	30.0	29.0	30.3		
(30.1±1.1)						(30.2±1.0)							

両 眼

31.9	31.8	31.5	31.6	30.6		
31.0		32.3	31.5	32.4	31.8	
32.1	32.5		32.5	32.5	32.0	
32.5	32.9	32.6	37.0	33.3	33.4	32.5
32.3	32.1		32.5	33.0	31.5	
30.9		32.1	31.5	31.5		31.8
30.5	31.8	30.9	30.5	31.5		
(32.1±1.1)						(dB)

B

右 眼						左 眼							
35.1	35.0	34.1	33.3	32.6		34.1	34.4	35.4	34.5	34.3			
35.6		35.3	34.5	34.8	34.1	34.6		34.4	34.4	35.3	35.6		
35.4	33.6		33.9		34.9	34.6	34.1	35.0		34.0	36.4	35.4	
35.8	35.4	35.6	38.8	35.9	35.8	34.6	35.9	35.8	35.3	38.5	35.3	36.3	35.6
34.4	34.6		34.5		35.3	34.0	34.3	35.6		33.9		36.1	34.9
34.6		34.5	34.6	34.4		34.8	34.4		35.1	34.6	35.1		35.6
	34.5	34.6	34.1	34.5	34.8		33.8	33.4	33.6	35.6	35.6		
(34.8±0.9)						(35.0±0.9)							

両 眼

37.1	37.1	36.4	37.0	36.4		
36.8		37.0	36.5	37.8	37.0	
37.3	37.5		36.5	38.0	37.5	
38.1	37.9	37.3	40.0	37.4	38.1	38.1
37.1	37.5		36.3	38.0	37.8	
36.6		36.5	36.8	37.8		37.3
37.0	36.8	36.0	37.0	37.3		
(37.2±0.6)						(dB)

C

図 4 図形を投影した条件での単眼視および両眼視の平均視感度.

A : 視標サイズ 1, B : 視標サイズ 3, C : 視標サイズ 5

Mean sensitivity ± 標準偏差

右 眼						左 眼					
20.8	21.3	21.4	19.4	20.6		20.8	21.5	21.5	21.5	21.8	
22.3		22.6	23.0	22.4	21.4	21.3	22.5	22.9	22.8		22.4
22.3	23.3		23.4		21.8 21.5	21.5	22.9		23.8		22.8 23.3
23.4	24.6	26.0	28.8	24.6	23.3 22.5	22.3	23.3	24.6	28.8	24.6	24.3 23.6
22.8	22.9		23.3		22.5 21.3	21.8	22.0		23.5		23.1 22.5
22.3		22.0	22.0		20.5	21.0		21.8	21.5		21.6
20.5	21.9	21.3	20.0	20.3		20.8	21.8	20.5	20.5	20.9	
(22.3±1.7)						(22.4±1.5)					

両 眼

22.1	23.1	22.6	23.1	22.8							
23.5		24.3	24.8	24.0	23.8						
23.8	25.3		24.5		24.0 23.3						
24.8	24.8	26.4	29.8	26.8	25.5 24.6						
24.0	24.6		24.9		24.8 23.0						
23.0		23.3	23.4	23.3	23.5						
22.5	22.3	22.0	22.8	21.8							
(33.9±1.5)						(dB)					

A

右 眼						左 眼					
30.4	29.8	29.5	30.0	29.0		29.6	29.4	29.6	29.5	29.5	
30.3		30.8	30.5	30.0	29.5	30.0		30.3	30.5	31.0	30.3
30.5	31.0		29.8		30.5 29.8	30.3	30.0		31.4		31.3 30.0
31.4	32.0	31.9	33.8	32.4	31.3 30.1	30.6	30.8	31.5	33.8	31.8	31.6 31.1
30.3	31.4		30.3		30.1 29.8	30.6	30.1		29.8		31.3 30.3
30.8		30.3	30.0	30.0	29.5	29.4		29.8	30.1	29.8	29.5
29.5	29.3	28.3	29.0	28.8		29.3	29.3	29.0	29.5	29.8	
(30.3±1.1)						(30.3±0.9)					

両 眼

31.0	31.3	30.5	31.6	30.6							
31.6		32.1	31.5	32.3	31.8						
32.1	33.1		32.8		32.5 32.3						
33.3	33.1	33.6	35.9	33.8	33.5 32.6						
32.0	32.8		32.0		33.1 32.3						
31.5		31.3	31.0	31.3	32.3						
30.8	31.3	30.5	30.3	31.0							
(32.1±1.1)						(dB)					

B

右 眼						左 眼					
34.5	35.5	34.4	34.5	33.6		34.6	35.5	34.9	34.5	34.3	
34.6		35.4	35.3	34.0	34.8	34.4		34.5	34.8	34.8	34.5
35.0	34.9		34.3		34.8 34.0	34.9	34.8		35.0		35.8 36.1
35.9	36.1	35.9	37.5	35.6	36.0 34.9	35.6	36.0	35.4	37.4	36.6	36.5 35.5
34.4	35.1		34.9		35.0 34.3	35.8	35.5		34.3		35.9 35.0
35.0		34.8	34.0	34.5	34.0	35.6		35.0	34.8	35.0	34.8
34.8	34.0	33.8	34.3	34.0		34.4	34.3	33.8	34.5	34.8	
(34.8±0.8)						(35.1±0.8)					

両 眼

36.8	37.4	37.3	37.3	36.5							
36.3		36.8	37.8	37.9	37.5						
37.1	37.1		37.5		37.0 37.5						
37.8	37.9	37.6	38.8	37.5	38.6 38.0						
37.4	37.6		37.5		37.5 37.5						
37.8		37.0	36.5	37.3	37.0						
36.5	36.8	36.0	36.0	36.3							
(37.3±0.6)						(dB)					

C

図5 図形を投影しない条件での単眼視および両眼視の平均視感度。

A：視標サイズ 1, B：視標サイズ 3, C：視標サイズ 5

Mean sensitivity±標準偏差

Octopus 201 のドーム内を背景に、スペースシノプトから眼前のハーフミラーに投影される図形を観察することができる。今回使用したスペースシノプトの図形は、視角  $3^\circ$  の正方形を融像図形とし、右眼に  $135^\circ$ 、左眼に  $45^\circ$  の斜線を引いた図形で斜線を含めた全体の視角は約  $30^\circ$  であった(図 2)。視感度の測定は、ドーム内を背景に各眼に図形を投影し両眼視の状態を確認しながら、片眼を遮蔽した単眼視と融像下における両眼視の状態で行った。また、binocular summation に対する融像刺激の影響を考慮するために、図形を投影しない条件下でも視感度の測定を行った。

Octopus 201 の測定条件は、背景輝度 4 asb、刺激時間 100 msec、白色背景光に白色視標を使用し、視標サイズは 1, 3, 5(視角  $0.108^\circ, 0.431^\circ, 1.724^\circ$ ) の 3 種類を用いて測定した。閾値測定法は、normal strategy (4-2-1 dB bracketing 法)で行った。測定プログラムは、任意の測定点を設定することができる SARGON プログラムによって作製した(図 3)。測定点は、中心窩および中心視野  $6^\circ$  内を  $2^\circ$  間隔で配置し、合計 37 点について測定した。二重丸で示した 7 点についてはそれぞれ 2 回測定した。視感度の測定は、約 10 分間、背景下で順応した後に行った。測定結果は、初回検査の結果を用いず、単眼視および両眼視の各条件下で 2 回ずつ測定した平均値とした。また、検査と検査の間には十分な休憩をとり疲労による影響がないように配慮した。

統計学的検討には、単眼視での右眼、左眼と両眼視の 3 群間について Friedman 検定を用いた。3 群間で有意差があった場合は Wilcoxon 符号付順位検定を用いた。なお、危険率 5% 未満の場合を有意差ありと判定した。

## II 結 果

### 1. 各測定条件下における結果の信頼性

偽陽性率および偽陰性率は、単眼視、両眼視ともに 20% 以下と信頼性のある測定結果であった。Short term fluctuation は、1.8 dB 以下で測定条件による差異はなく、再現性のある結果であった。

### 2. 単眼視および両眼視での視感度

視標サイズ 1, 3, 5 の各視標サイズともに単眼視での右眼視感度、左眼視感度と両眼視での視感度の 3 群間に有意差(Friedman 検定,  $p < 0.001$ )があった。また、単眼視の視感度はすべての視標サイズにおいて左右眼で有意差がなかった。右眼または左眼視感度と両眼視での視感度のそれぞれ 2 群間に有意差があり、視標サイズ 1, 3, 5 における両眼視での視感度は、単眼視よりも高かった(Wilcoxon 符号付順位検定,  $p < 0.001$ ) (図 4)。また、図形を投影しない条件下での視感度は、視標サイズ 1, 3, 5 ともに単眼視での右眼視感度、左眼視感度と両眼視での視感度の 3 群間に有意差(Friedman 検定,  $p < 0.001$ )があり、両眼視での視感度は、単眼視よりも高かった(Wilcoxon 符

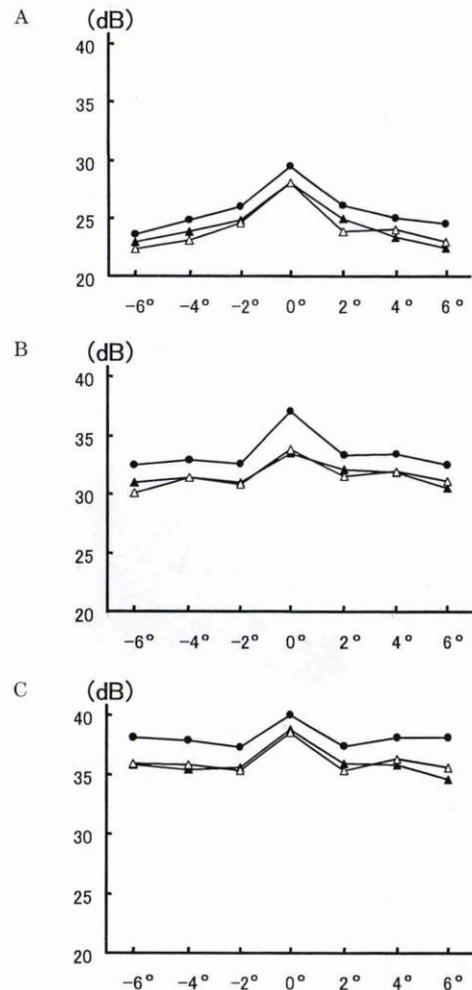


図 6 単眼視および両眼視での水平経線の視感度プロフィール。

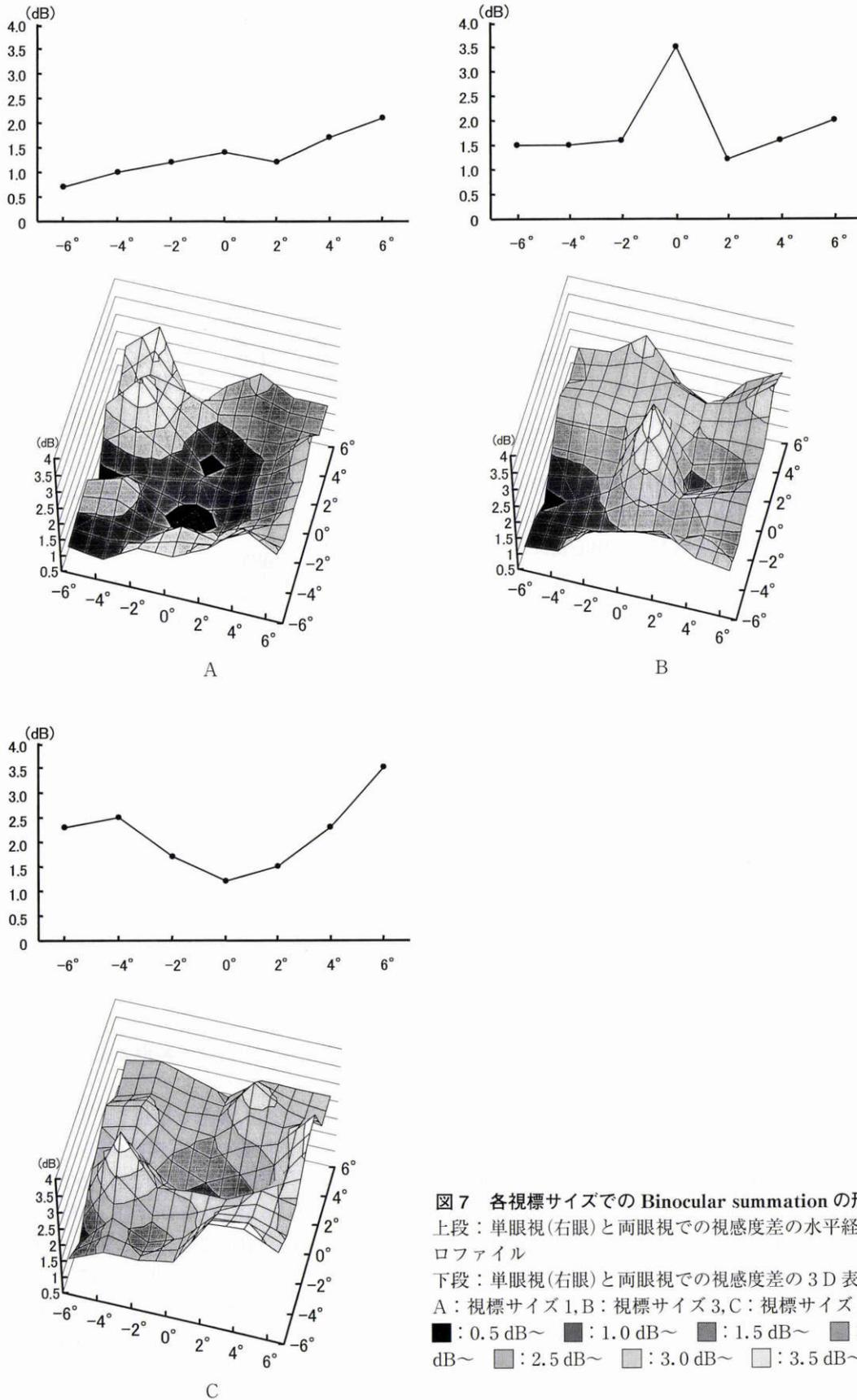
A: 視標サイズ 1, B: 視標サイズ 3, C: 視標サイズ 5  
▲: 単眼視での右眼, △: 単眼視での左眼, ●: 両眼視での両眼

号付順位検定,  $p < 0.001$ ) (図 5)。

### 3. 視標サイズにおける各網膜部位での binocular summation

中心窩領域では、図形を投影した条件と投影しない条件下での両眼と右眼との視感度の差は、視標サイズ 1 で  $1.4 \pm 0.7$  (平均値  $\pm$  標準偏差) dB,  $1.0 \pm 0.4$  dB, 視標サイズ 3 で  $3.5 \pm 0.6$  dB,  $2.1 \pm 0.4$  dB, 視標サイズ 5 で  $1.3 \pm 0.8$  dB,  $1.3 \pm 0.3$  dB であった。左眼との差は視標サイズ 1 で  $1.4 \pm 0.7$  dB,  $1.0 \pm 0.4$  dB, 視標サイズ 3 で  $3.3 \pm 0.3$  dB,  $2.1 \pm 0.4$  dB, 視標サイズ 5 で  $1.5 \pm 0.6$  dB,  $1.4 \pm 0.2$  dB であった。中心窩領域での単眼視と両眼視での視感度の差は、図形を投影し融像刺激を与えた場合の方が高く、特に視標サイズ 3 で著明であった。

中心窩を除く中心視野  $6^\circ$  内の領域では、図形を投影した条件と投影しない条件下での両眼と右眼との視感度の差は視標サイズ 1 で  $1.7 \pm 0.7$  dB,  $1.7 \pm 0.4$  dB, 視標サイズ 3 で  $1.9 \pm 0.2$  dB,  $1.7 \pm 0.2$  dB, 視標サイズ 5 で  $2.5 \pm$



0.3 dB,  $2.5 \pm 0.2$  dB であった。左眼との差は視標サイズ1で  $1.7 \pm 0.5$  dB,  $1.6 \pm 0.3$  dB, 視標サイズ3で  $1.8 \pm 0.4$  dB,  $1.7 \pm 0.3$  dB, 視標サイズ5で  $2.3 \pm 0.6$  dB,  $2.2$

$\pm 0.3$  dB であった。中心窩を除く中心視野6°内の領域では, binocular summation に対する図形の影響は, 中心窩領域に比べて少なかった。

各網膜部位での binocular summation は、中心窩領域では視標サイズ 3、中心窩を除く中心視野 6° 内の領域では視標サイズ 5 で binocular summation の増大があった (図 6)。

#### 4. 各視標サイズでの binocular summation の形状

Binocular summation の形状は、視標サイズによって異なり、視標サイズ 1 では中心窩と中心窩を除く中心視野 6° 内の領域で差がなく、ほぼ平坦な状態であった。視標サイズ 3 では、中心窩領域で最も増大し凸型であった。視標サイズ 5 では、視標サイズ 3 の形状とは逆に中心窩を除く中心視野 6° 内の周辺部で増大し凹型であった (図 7)。

### IV 考 按

Binocular summation は、1943 年 Pirenne<sup>6)</sup>によって報告されて以来、これまでにいくつかの報告<sup>7)~10)</sup>があるが、本装置のように融像刺激を与えながら測定した報告<sup>11)</sup>は少ない。本装置は検査中の両眼視の状態を確認しながら測定することができ、binocular summation の評価には非常に有用である。Binocular summation は、両眼に同等な刺激を網膜対応点に与えた時、両眼では単眼よりも感度が高くなることが報告<sup>7)8)12)</sup>されている。両眼の網膜対応点からの情報は、視覚野で収斂され両眼単一視が成立する。視覚野には両眼からの情報を受け取る両眼視細胞が 70~80% 存在し、この両眼視細胞は両眼の対応する受容野が重なり合った時に興奮し、重なりがずれた時に抑制される<sup>13)~15)</sup>。今回用いた視標サイズ 1, 3, 5 において両眼視での視感度が単眼視よりも高かったことについては、両眼の対応する受容野に同等な刺激を同時に与えたことによって生じた binocular summation であると考えられる。また、Fukuda<sup>11)</sup>は probability summation を考慮したうえで binocular summation は、binocular disparity が 0' と 6' と小さい時に起こったと報告しており、probability summation の影響も考慮しなければならないと考える。

Grigsby<sup>8)</sup>によると、両眼の網膜対応点、つまり 1 眼の鼻側網膜と他眼の耳側網膜の感度に asymmetry があると binocular summation が減少することが報告されている。今回の binocular summation の検討については、中心視野 6~8° 内では鼻側と耳側網膜の感度に差がないこと<sup>7)16)</sup>や中心視野が対応する視覚野での割合が約 80% 以上であること<sup>17)</sup>から、特に中心視野 6° 内について行った。

視標サイズの binocular summation に及ぼす影響については、各網膜部位によって刺激する視標サイズの影響を受け、中心視野 6° 内においては視標サイズ 1 では平坦化、視標サイズ 3 では凸型、視標サイズ 5 では凹型を示し、各視標サイズによって binocular summation の形状が異なるという特徴があった。網膜神経節細胞の分布密度は中心部において最も高く、また、受容野は中心部で小さく周辺にいくほど大きくなることが知られてい

る<sup>18)19)</sup>。視標サイズは、心理物理学的に明らかにされている空間的寄せ集め現象と関係があり、受容野特性を反映していると考えられている<sup>20)</sup>。高島ら<sup>21)</sup>は自動視野計を用い、片眼刺激下で視標サイズを様々に変えて空間的寄せ集め現象を検討し、受容野特性を測定している。今回の視標サイズによる binocular summation の形状の違いは、両眼単一視の情報を処理する受容野特性を反映していると考えられ、各網膜部位について binocular summation を最も反映する適刺激面積があることを推定している。

Wood<sup>7)</sup>は中心窩と 7° 以上の周辺視野について検討し、中心窩では視標サイズの影響を受けず、サイズ 5 では周辺にいくほど binocular summation が大きくなることを報告した。中心窩領域における我々の結果との違いは、Wood<sup>7)</sup>らは単に両眼開放下で測定した視感度であるのに対し、本装置では両眼視での視感度は各眼に融像図形を与え、両眼で融像させ両眼単一視させた状態で測定した視感度であり、融像図形を投影した条件と投影しなかった条件での binocular summation の結果の違いでもわかるように中心窩での binocular summation をより明確に捕らえたものと考えられる。網膜中心窩の領域は、解剖学的に耳側網膜と鼻側網膜の重複部位があり<sup>22)23)</sup>、この部位からの情報は両側の視覚野に到達し立体視の獲得に重要な役割を果たしている<sup>24)</sup>。このように中心窩という領域は、解剖学的にも生理学的にも他の領域に比べて特異性があり、他の領域とは異なった空間的寄せ集め現象を示した可能性が考えられる。

両眼視野での binocular summation について詳細に検討することは、各網膜領域での両眼視の成立を知るうえで重要であり、今後さらに視標サイズを増やし、単眼視、両眼視における受容野特性の相互関係を検討するとともに異常な両眼視を伴う斜視や弱視症例についても評価していきたいと考える。

### 文 献

- 1) Esterman B: Functional scoring of the binocular field. *Ophthalmology* 89: 1226—1234, 1982.
- 2) Woodruff G, O'Reilly C, Kraft S: Functional scoring of the field of binocular single vision in patients with diplopia. *Ophthalmology* 94: 1554—1561, 1987.
- 3) Kaban T, Smith K, Orton RB: The normal field of binocular vision as tested on the Goldmann perimeter. *Am Orthopt J* 47: 164—171, 1997.
- 4) Wakayama A, Matsumoto F, Iwagaki A, Otori T: Binocular summation within the binocular visual field. In: Wall M, et al (Eds): *Perimetry Update 1998/1999*. Kugler Pub, Netherlands, 193—200, 1999.
- 5) 岩井壽子: 大型弱視鏡—構造上の問題—。眼紀 78: 1652—1656, 1984.

- 6) **Pirene MH** : Binocular and unocular threshold of vision. *Nature* 152: 698—699, 1943.
- 7) **Wood JM, Collins MJ, Carkeet A** : Regional variation in binocular summation across the visual field. *Ophthalmic Physiol Opt* 12: 46—51, 1992.
- 8) **Grigsby SS, Tsou BH** : Grating and flicker sensitivity in the near and far periphery : Naso-temporal asymmetries and binocular summation. *Vision Res* 34: 2841—2848, 1994.
- 9) **Harwerth RS, Smith EL** : Binocular summation in man and monkey. *Am J Optom Physiol Optics* 62: 439—446, 1985.
- 10) **Tobimatsu S, Kato M** : The effect of binocular stimulation on each component of transient and steady-state VEPs. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 100: 177—183, 1996.
- 11) **Fukuda H, Kani K, Okamoto Y** : Binocular interactions as a function of retinal disparity. In : *Vickers D, et al (Eds) : Human Information Processing: Measures, Mechanisms, and Models*. Elsevier Science Publishers BV, North-Holland, 31—41, 1989.
- 12) **Harter MR, Seiple WH, Salmon LE** : Binocular summation of visually evoked responses to pattern stimuli in humans. *Vision Res* 13: 1433—1446, 1973.
- 13) **Pettigrew JD, Nikara T, Bishop PO** : Binocular interaction on single units in cat striate cortex : Simultaneous stimulation by single moving slit with receptive fields in correspondence. *Exp Brain Res* 6: 391—410, 1968.
- 14) **Hubel DH, Wiesel TN** : Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex. *J Physiol* 160: 106—154, 1962.
- 15) **Nikara T, Bishop PO, Pettigrew JD** : Analysis of retinal correspondence by studying receptive fields of binocular single units in cat striate cortex. *Exp Brain Res* 6: 353—372, 1968.
- 16) **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* 14: 1—17, 1989.
- 17) **Horton JC, Hoyt WF** : The representation of the visual field in human striate cortex. A revision of the classic Holmes map. *Arch Ophthalmol* 109: 816—824, 1991.
- 18) **Stone J, Johnston E** : The topography of primate retina : A study of the human, bushbaby, and New- and Old-World monkeys. *J Comp Neurol* 196: 205—223, 1981.
- 19) **Glezer VD** : The receptive fields of the retina. *Vision Res* 5: 497—525, 1965.
- 20) **Sloan LL** : Area and Luminance of test object as variables in examination of the visual field by projection perimetry. *Vision Res* 1: 121—138, 1961.
- 21) **高島みすず, 可児一孝** : 自動視野計による視覚受容野特性の測定. *神眼* 10: 28—32, 1993.
- 22) **Stone J** : The naso-temporal division of the cat's retina. *J Comp Neurol* 126: 585—600, 1966.
- 23) **Bunt AH, Minckler DS, Johanson GW** : Demonstration of bilateral projection of the central retina of the monkey with horseradish peroxidase neurography. *J Comp Neurol* 171: 619—630, 1977.
- 24) **二唐東朔** : 単眼視, 両眼視の生理. 三島濟一, 他 (編) : *眼科 Mook 4 神経眼科へのアプローチ*. 金原出版, 東京, 1—12, 1978.