

# 静的動的視野解離 statokinetic dissociation (SKD) と空間和の関係

—正常者における生理的 SKD—

尾谷 扇子, 尾谷 雅博, 橋本 清栄, 岡野 正

東京医科大学霞ヶ浦病院眼科

## 要 約

正常者における生理的静的動的視野解離 (statokinetic dissociation, SKD) の発生機序と空間和の関係について検討した。対象は、眼疾患の既往のない正常者 13 例 13 眼 (平均年齢 41.9 歳) である。Humphrey Field Analyzer の動的プログラムとカスタムプログラムを用いて、III 1b と III 4c̄ の視標による SKD の計測を行った。空間和はサイズ I, III, V の視標を用いた 24-2 プログラムの計測から求めた。SKD (度) は、III 1b, III 4c̄ の視標でそれぞれ  $18.8 \pm 3.4$ ,  $20.1 \pm 5.4$  であり、SS (III-I), SS (V-III) の空間和 (dB) はそれぞれ  $9.8 \pm 0.7$ ,

$4.7 \pm 0.9$  であった。視標 III 4c̄ による下耳側の SKD は他の象限の SKD より大きくなったが、視標 III 1b では逆に小さくなった。これは周辺視野では網膜感度曲線の勾配が大きくなるため、successive lateral spatial summation が起きにくいと考えられた。加齢に伴い SKD は大きくなる傾向を示したが、空間和との関係は明らかでなかった。(日眼会誌 101: 272-278, 1997)

キーワード：静的動的視野解離, 空間和, 正常者, 加齢, Successive lateral spatial summation

## The Relationship between Statokinetic Dissociation (SKD) and Spatial Summation

—Physiologic SKD in Normal Persons—

Senko Osako, Masahiro Osako, Kiyoe Hashimoto and Tadashi Okano

Department of Ophthalmology, Tokyo Medical College Kasumigaura Hospital

## Abstract

We investigated the relationship between physiologic statokinetic dissociation (SKD) and spatial summation in normal persons. The subjects were 13 eyes of 13 normal persons (average age: 41.9 years) with no past history of ocular disease. The kinetic program and custom program of the Humphrey Field Analyzer were followed for each subject using the targets of III 1b and III 4c̄ to measure SKD. Spatial summation was calculated from the results of the 24-2 program using size I, III, and V. The SKD of all normal persons for III 1b and III 4c̄ was  $18.8 \pm 3.4$  and  $20.1 \pm 5.4$  degrees, respectively. The spatial summation for SS (III-I) and SS (V-III) was  $9.8 \pm 0.7$  and  $4.7 \pm 0.9$  (dB), respectively. Although the SKD

on lower temporal meridian using the III 4c̄ target was larger than that of the other meridian, this relation was reversed using the III 1b target. This is because the steep slope of the retina sensitivity curve in the periphery field decreases successive lateral spatial summation. Although SKD tends to be larger with the increase in age, the relationship between SKD and spatial summation was not obvious. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 272-278, 1997)

Key words: Statokinetic dissociation, Spatial summation, Normals, Age, Successive lateral spatial summation

## I 緒 言

静的動的視野解離 (statokinetic dissociation, SKD) と

は、病的な視野において動的視標に比べ静的視標に対する感度が著しく低下する現象であり、1917年に Riddoch<sup>1)</sup> が後頭葉外傷患者の視野に SKD が認められたこ

別刷請求先：160 東京都新宿区西新宿 6-7-1 東京医科大学眼科学教室 尾谷扇子  
(平成 8 年 7 月 15 日受付, 平成 8 年 10 月 31 日改訂受理)

Reprint requests to: Senko Osako, M.D. Department of Ophthalmology, Tokyo Medical College, 6-7-1, Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160, Japan

(Received July 15, 1996 and accepted in revised form October 31, 1996)



とを初めて報告している。この報告以来、SKDは視神経炎などのさまざまな視路疾患に認められることが報告<sup>2)3)</sup>されている。

網膜神経節細胞は投影される外側膝状体の層により2種類に分類され、大細胞から成る腹側2層(magnocellular layer)に投影するものはM細胞、小細胞から成る背側4層(parvocellular layer)に投影するものはP細胞と呼ばれている<sup>4)</sup>。これらの神経節細胞の特性から病的視野のSKDの発症機序は、P細胞がM細胞に比べて相対的優位に障害された場合に起こると推察されていたが、我々は以前にSKDを伴った視神経炎患者にFlicker(フリッカー)視野計を用いて視野における時間周波数特性を調べた結果、患者の視野では低時間周波数域のみの感度低下を示さず、低時間周波数から高時間周波数に及ぶ広域領域でのフリッカー感度低下を認めたことを報告<sup>5)</sup>した。これにより、P細胞がM細胞に比べて優位に障害されているとは考えにくく、SKDを伴った視神経炎患者ではP細胞・M細胞ともに障害されていることを示唆した。

さらに、SKDを伴った視神経炎患者と緑内障患者の静的視野計測をサイズVとIIIの視標の大きさを調べて空間和の関係を調べた結果、視神経炎患者では緑内障患者に比べ約2倍の病的空間和が認められることを報告<sup>6)</sup>した。空間和の異常(視野の不調和現象)は明らかなSKDを示さない視野においても認められるため特異的ではないが、空間和の量を定量することによってその疾患の特異性を見出すことができることを示唆した。

異常な視野に起こる病的SKDに対してわずかであるが、正常者にもSKDを認めることが知られている<sup>7)8)</sup>。このSKDは生理的(physiologic)SKDと呼ばれているが、自動視野計によって計測した報告はあまり多くない。今回、我々は正常者の視野における生理的SKDの発生機序について考察を行い、さらに空間和との関係について検討したので報告する。

## II 実験方法

対象は、前眼部・中間透光体・眼底に異常を認めず、矯正視力が1.0以上の22~75歳までの正常者13例13眼(平均年齢 $41.9 \pm 17.5$ 歳、平均値 $\pm$ 標準偏差)で、眼疾患の既往はなかった。

SKDの計測方法は図1に示すとおりで、45度、135度、225度、315度の経線上に沿った動的および静的視野計測を行い、SKDの定量を行った。動的視野計測にはHumphrey Field Analyzer(HFA)の動的プログラムを用い、視標の設定は、輝度1b(16 asb, 28 dB)または4c(6 asb, 32 dB)とし、大きさをGoldmann視野計(GP)の視標サイズIII(4 mm<sup>2</sup>, 直径0.43度)とした。視標を求心的に4度/秒で動かし、動的視標を知覚した測定点(偏心度)を各経線で3回測定して、その平均を求めた。静的視野計測に

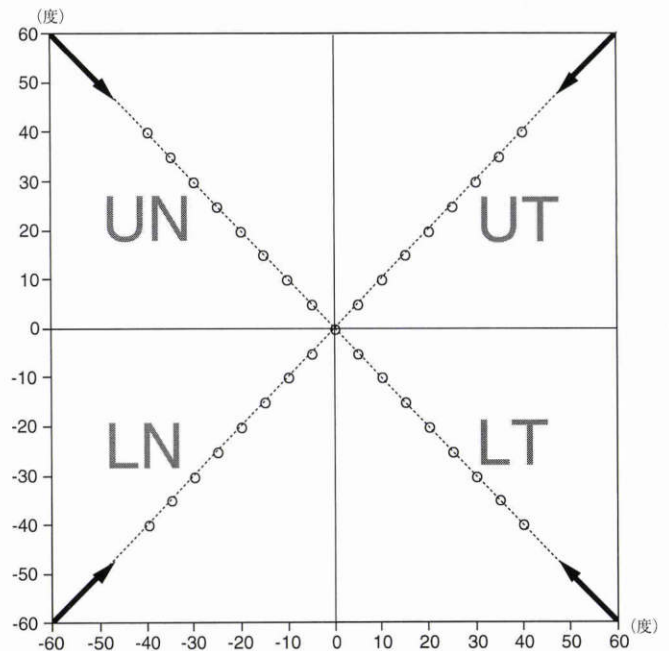


図1 静的動的視野解離 statokinetic dissociation (SKD)の計測方法。

45, 135, 225, 315度の経線上に沿った動的および静的視野計測を行い、SKDの定量を行った。動的視標には、III 1b(16 asb, 28 dB)およびIII 4c(6 asb, 32 dB)を用いて、求心的に4度/秒で動かして測定した。静的視野計測には、各経線上を中心から偏心56度まで7度間隔で測定した。矢印：動的視標の測定経線、○：静的視標の測定点、UT：上耳側、UN：上鼻側、LN：下鼻側、LT：下耳側。

は、各経線上を中心から偏心56度まで7度間隔で測定するHFAのカスタムテストを作成して測定した。静的視標には、動的視野計測と同じサイズIIIの視標を用いた。カスタムテストの結果から求めた帰帰直線から、静的視標が動的視標と同一輝度で知覚される座標を求め、各々のSKDの定量を行った。

空間和(SS)の計測には、GPの視標サイズI(1/16 mm<sup>2</sup>, 直径0.11度)、III, V(64 mm<sup>2</sup>, 直径1.72度)を用いてHFAの24-2プログラムを施行した。各座標ごとにサイズVからサイズIIIに視標サイズを変えたときの網膜感度差を求め、これを空間和SS(V-III)とした。同様にサイズIIIからサイズIへ視標サイズを変えたときの空間和SS(III-I)も計測した。各座標毎に求めた空間和を基に各視野における空間和の平均を求めた。さらに、視野を0~90度(UT)、90~180度(UN)、180~270度(LN)、270~360度(LT)の4象限に分けて、対応する象限のSKDの量とSSの相関について調べた。

HFAで計測した結果は、すべてHumphrey Conversion Program(Visual Pathways社製)によってPC/AT互換機にデータを移し、Microsoft Excelでデータを処理した後、StatviewのANOVAによって統計解析を行った。左眼の視野はすべて右眼に変換し分析した。



表1 全正常者の動的・静的視標知覚部位(偏心度)と生理的静的動的視野解離(SKD)(視標: III 1 b)

経線	動的視標	静的視標	生理的 SKD
45度	44.5±4.9	25.3±4.4	19.2±4.7
135度	41.1±5.6	22.1±3.4	19.0±4.2
225度	47.9±6.7	27.9±5.6	20.1±4.8
315度	53.9±6.2	36.9±8.2	17.0±6.0
全経線	46.9±5.0	28.0±4.6	18.8±3.4

単位: 度, 平均値±標準偏差

表2 全正常者の動的・静的視標知覚部位(偏心度)と生理的SKD(視標: III 4 c)

経線	動的視標	静的視標	生理的 SKD
45度	32.1±6.2	12.3±3.9	19.8±5.2
135度	28.7±7.0	12.2±3.9	16.5±7.2
225度	34.7±5.9	15.1±4.4	19.6±5.9
315度	40.7±7.8	16.2±7.6	24.5±7.3
全経線	34.0±6.0	13.9±4.4	20.1±5.4

単位: 度, 平均値±標準偏差

表3 年齢別動的・静的視標知覚部位(偏心度)と生理的SKD(視標: III 1 b)

40歳未満			
経線	動的視標	静的視標	生理的 SKD
45度	45.4±4.7	27.2±3.6	18.3±4.8
135度	42.1±6.2	23.2±3.1	19.0±5.4
225度	47.9±7.5	29.3±4.4	18.6±4.7
315度	55.1±6.0	39.4±6.9	15.7±6.5
全経線	47.6±5.4	29.8±3.6	17.9±3.4
40歳以上			
経線	動的視標	静的視標	生理的 SKD
45度	43.3±5.2	23.1±4.6	20.2±4.7
135度	39.9±5.1	20.8±3.6	19.2±2.5
225度	48.0±6.3	26.2±6.8	21.8±4.6
315度	52.6±6.7	34.0±9.2	18.6±5.7
全経線	46.0±4.7	26.0±2.1	19.9±3.4

単位: 度, 平均値±標準偏差

### III 結果

表1, 2は, 45度, 135度, 225度, 315度経線上において, III 1 bおよび III 4 cの動的視標および静的視標が知覚された偏心度(度)と, これらの結果から求めた生理的SKD(度)の平均値と標準偏差を示している。静的視標および動的視標の知覚された偏心度の平均は, すべての象限において統計学的有意差を認めた(p<0.01, Scheffe F-test)。対象を40歳未満(7例, 平均年齢28.3±4.5歳)と40歳以上(6例, 平均年齢59.2±10.9歳)の2群に分けて加齢変化についても検討した。2群の平均年齢は統計学的に有意差があった(p<0.01, Scheffe F-test)。表

表4 年齢別動的・静的視標知覚部位(偏心度)と生理的SKD(視標: III 4 c)

40歳未満			
経線	動的視標	静的視標	生理的 SKD
45度	32.3±5.2	13.8±3.9	18.5±4.8
135度	30.5±7.4	14.2±3.4	16.3±6.5
225度	34.8±7.1	16.7±4.2	18.0±7.2
315度	41.1±8.4	18.0±8.0	23.1±8.9
全経線	34.7±6.6	15.7±4.5	19.0±6.3

40歳以上

経線	動的視標	静的視標	生理的 SKD
45度	31.9±7.8	10.6±3.2	21.3±5.6
135度	26.6±6.6	9.9±3.3	16.7±8.5
225度	34.6±4.8	13.1±4.1	21.5±3.9
315度	40.1±7.8	14.0±7.1	26.1±5.2
全経線	33.3±5.8	11.9±3.6	21.4±4.3

単位: 度, 平均値±標準偏差

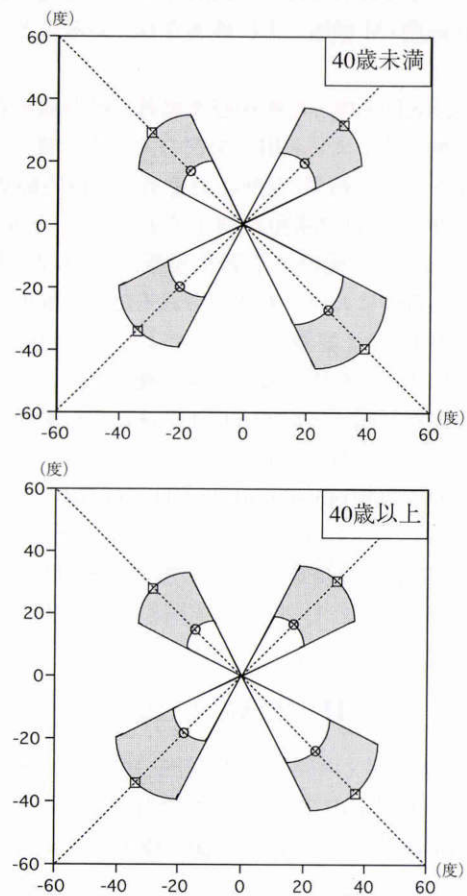


図2 年齢別生理的SKD(視標: III 1 b)。

□は動的視標の知覚部位, ○は静的視標の知覚部位, 灰色部分は各経線上の生理的SKDを示す。

3, 4は40歳未満と40歳以上の2群に分けた場合の結果を比較している。40歳未満の群に比べ40歳以上の群では, 生理的SKDがすべての象限で大きくなる傾向を示したが, 統計学的有意差はなかった。図2, 3は, 正常者を年齢別に分けた場合の生理的SKDをグラフにしたも

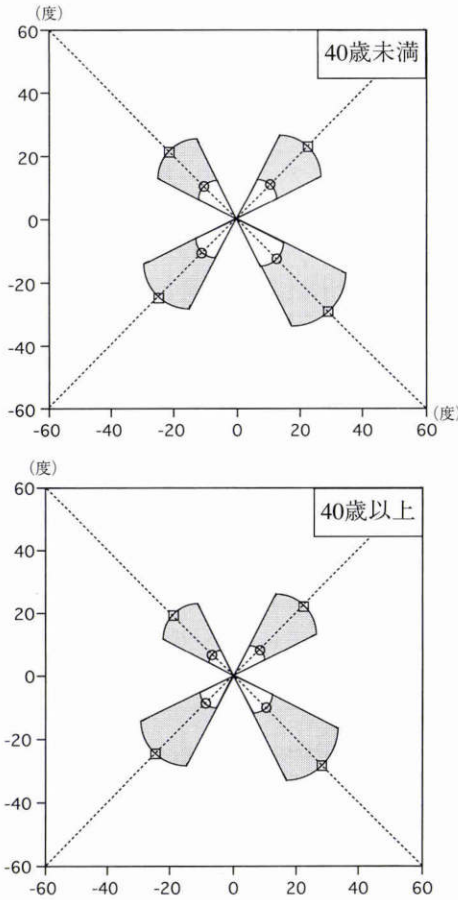


図3 年齢別生理的SKD(視標: III 4 c).

□は動的視標の知覚部位, ○は静的視標の知覚部位, 灰色部分は各経線上の生理的SKDを示す。

表5 全正常者の平均網膜感度

象限	I	III	V
U T	20.2±1.3	29.4±1.7	34.4±1.4
U N	20.2±1.8	30.0±1.6	34.7±0.9
L N	20.8±1.4	30.8±1.4	35.7±0.7
L T	21.4±1.6	31.5±1.4	35.9±0.7
全象限	20.6±1.4	30.5±1.4	35.2±0.8

単位: dB, 平均値±標準偏差

U T: 上耳側, U N: 上鼻側, L N: 下鼻側,

L T: 下耳側

のである。灰色部分は各経線上の生理的SKDを示している。静的視標の知覚部位は、動的視標に比べ加齢とともに偏心度がより小さくなる傾向をしている。

表5は、視標サイズをサイズI, III, Vと変えて24-2プログラムを施行した結果を各象限別および視野全体での平均網膜感度として表している。これを40歳未満と40歳以上の2群に分けると表6のような結果となる。表7は、各象限と視野全体におけるSS(V-III), SS(III-I)を示したものであり、表8は年齢別に分けた場合の空間和の比較を示している。年齢別に2群に分けた場合、いずれの象限においてもサイズI, III, Vの平均網膜感度および空間和に統計学的有意差を認めなかった。

表6 年齢別平均網膜感度

40歳未満			
象限	I	III	V
U T	20.7±1.4	30.0±1.5	35.0±0.8
U N	20.7±1.8	30.0±2.0	35.0±1.0
L N	21.2±1.2	31.1±1.7	36.0±0.8
L T	21.6±1.8	31.9±1.3	35.9±0.7
全象限	21.0±1.4	30.7±1.6	35.5±0.7
40歳以上			
象限	I	III	V
U T	19.8±1.1	28.9±1.8	33.9±1.7
U N	19.6±1.7	29.9±1.4	34.5±0.8
L N	20.3±1.4	30.6±1.1	35.3±0.5
L T	21.1±1.5	31.2±1.6	35.8±0.8
全象限	20.2±1.4	30.1±1.4	35.0±0.8

単位: dB, 平均値±標準偏差

表7 前正常者の空間和(SS)

象限	SS(V-III)	SS(III-I)
U T	5.0±1.0	9.2±1.1
U N	4.7±1.0	9.8±0.9
L N	4.8±0.9	10.1±0.8
L T	4.3±1.3	10.2±1.1
全象限	4.7±0.9	9.8±0.7

単位: dB, 平均値±標準偏差

表8 年齢別空間和(SS)

40歳未満		
象限	SS(V-III)	SS(III-I)
U T	4.9±1.1	9.4±1.0
U N	4.9±1.1	9.3±0.8
L N	4.9±1.0	9.9±1.1
L T	4.0±1.2	9.7±0.8
全象限	4.6±1.0	9.8±0.7
40歳以上		
象限	SS(V-III)	SS(III-I)
U T	5.0±1.0	9.1±1.2
U N	4.6±0.9	10.3±0.6
L N	4.8±0.9	10.2±0.5
L T	4.6±1.3	10.1±1.4
全象限	4.8±0.9	10.0±0.7

単位: dB, 平均値±標準偏差

#### IV 考 按

Frankhauser ら<sup>7)</sup>, Safran ら<sup>8)</sup>は正常者の静的および動的視野計測から生理的SKDを求め報告しているが、今回の実験ではこれをすべて自動視野計によって計測し、より厳密に生理的SKDの計測を行っている。正常者の視野においての静的視標に対する動的視標への感度の優位性は、視標が動くことによる空間和と時間和の相互



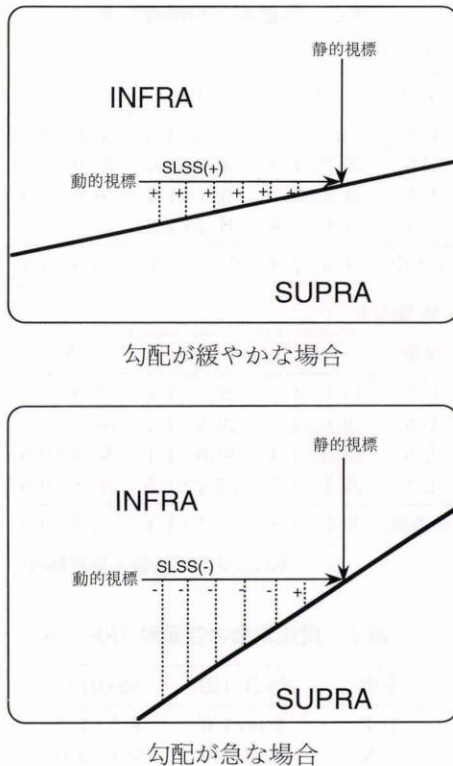


図4 Successive lateral spatial summation (SLSS).

SLSSとは、infraliminalな刺激が連続的に多数のレセプターを刺激することによって閾下の視標を知覚ようになる現象である。太線は網膜感度曲線を示すが、SLSSによって緩やかな勾配の感度曲線上では急な勾配のものより閾下の動的視標が知覚されやすくなる。INFRA: infraliminal, SUPRA: supraliminal

作用が関係していると考えられる。今回用いた HFA の静的視野計測における視標呈示時間は 200 msec であるが、サイズ III の視標を 4 度/秒で動かした場合、静的視標と同じ呈示時間内に 0.8 度移動するため、動的視標は視標の大きさの約 3.4 倍の面積を刺激することになる。これに対して、動的視標が静的視標と同一面積を刺激する時間はかなり短いため、動的視標が優位に知覚される理由として時間と空間和の関与が大きいことがわかる。

SKD を求めた以前の報告と我々が求めた SKD は、動的視標の速度や視標の大きさなどの計測方法の違いから直接比較はできないが、自験例では生理的 SKD は 15~26 度とかなり大きな値となっている。このように生理的 SKD が大きくなった理由として、視標の速度や視標の大きさなどの違いが関与していると考えられる。Johnson ら<sup>9)</sup>は SQUID 自動視野計を用いた実験で視標速度を 1~8 度/秒と変化させて計測した結果、中心および周辺視野の動的視野計測には 4 度/秒が至適速度であったと報告していることから、本実験ではこの視標速度を採用した。

Greve<sup>10)</sup>は、動的視標の successive lateral spatial summation (SLSS)、すなわち、infraliminal な刺激が連続的に多数のレセプターを刺激することによって閾値下の視標を知覚ようになる現象が生理的 SKD に関与すると報告している。サイズ III の視標を使った自験例に対して、I 4e の視標で SKD を調べた報告では SKD の平均が 6 度ぐらいと小さくなっているが<sup>11)</sup>、この違いは図 4 に示すような網膜感度曲線の違いによる SLSS モデルから説明できる。すなわち、サイズ I の視標では比較的急峻な網膜感度曲線を描くため、閾値下の視標が多数のレセプターを刺激にしても静的視標の閾値に近づかなければ知覚されるほどレセプターの興奮の加算が得られないが、緩やかな感度曲線を描くサイズ III の視標では加算効果が得られやすいため、静的視標に比べ動的視標がより周辺部で知覚されると解釈される。

III 1b の視標では下耳側 (LT) の SKD が他の象限に比べて小さく、III 4c では他の象限に比べて大きくなった。Safran ら<sup>9)</sup>は生理的 SKD は鼻側より耳側で明らかになると報告しているが、自験例では視標の明るさを変えることにより相反する現象が認められている。これは、耳側では鼻側に比べ視野が広く静的視標に対する網膜感度が周辺視野まで高く、勾配も緩やかであるため SLSS が起こりやすくなり SKD が大きくなるが、III 1b ぐらいの明るい視標になると動的視標の知覚はより周辺部となり、感度曲線のスロープがより急峻な部位を通りようになるため SLSS が起こりにくくなり、SKD が他の象限より小さくなったと考えられた。

精神物理学的には視標の直径が 2 倍になることは、視標の輝度を 0.5 log unit 明るくするのに等しいが<sup>12)</sup>、我々が求めた空間和の SS (III-I) および SS (V-III) は平均で 9.8 dB, 4.7 dB となっていた。上の視標面積と輝度の関係が成り立っていれば、SS (III-I) と SS (V-III) の両者ともに 10 dB ぐらいの増加となるはずであるが、SS (V-III) はかなり少なくなった。Sloan<sup>13)</sup>は、視標の大きさを変えて網膜感度を測定した結果、視標の大きさがサイズ III ぐらいから空間和の飽和が始まり、サイズ V では空間和がほぼ完全飽和に近い状態であることを報告しており、SS (V-III) が SS (III-I) の約 1/2 であったのは空間和の飽和が関与していると考えられる。

Wilson<sup>14)</sup>によると、外側膝状体前後の病変の視野では、正常者と違って視標を大きくするに従い網膜感度が上昇し、空間和は飽和されずに網膜感度は正常に近づいていくと報告している。これは正常者に認める空間和と全く違う性状の病的な空間和が起きているためであるが、正常者と異常な視野での空間和を比較するためには、空間和の飽和についても考慮しなければならない。視野の異常が進行すると最大視標輝度が 10,000 asb であるような視野計ではサイズ I の視標に対する感度が計測できずに 0 dB 以下になり、正確な空間和の算出ができない



くなる座標が多くなることから、軽度の異常を伴う視野で空間和の関係を調べるにはSS(III-I)を、病的SKDを伴った視路疾患や緑内障の空間和を調べる場合にはSS(V-III)の空間和を正常者と比較した方がより多くの座標から空間和のサンプルを抽出できるために有用であると思われる<sup>9)</sup>。

自験例では加齢によってすべての視標の網膜感度はわずかに低下する傾向を認め、空間和のSS(V-III)およびSS(III-I)もわずかに大きくなる傾向を示した。これは、視標サイズを小さくするに従い網膜感度の低下が相対的に大きくなったためである。加齢による網膜感度の変化は、中間透光体の混濁、縮瞳、神経節細胞の減少<sup>15)16)</sup>などが関与するが、すべての症例は自然瞳孔であり、明らかな中間透光体の混濁も認めなかった。微妙な視野変化の検索には小さい視標を用いた方が異常の検出率が良く<sup>17)18)</sup>、加齢による神経節細胞の減少が網膜感度の低下として表れていると思われる。また、表3、4に示されるように加齢によってSKDが増加しているが、その理由は主に静的視標の感度が低下したためであり、SKDの変化は加齢による視野変化を反映していると考えられた。サイズIIIの視標を使ったSKDの計測では、網膜感度曲線が緩らかなため、僅かな視野の沈下が大きな静的視標の知覚部位(偏心度)の変化として表れてくるため標準偏差が大きくなるという欠点もあり、SKDを計測する視標サイズの選択にはさらに検討を加える余地があると思われる。

同じHFAで正常者のSKDを動的視標と静的視標の感度差で調べたHudsonら<sup>19)</sup>の報告によると、サイズIIIの視標を用いた生理的SKDは若年者で4.64dB、高齢者で4.82dBと報告している。視標サイズIIIの視標が4度/秒で動くとき静的視標と同じ呈示時間で約3.4倍の面積を刺激することになるが、この大きさはサイズIVの視標より小さい。自験例のSS(V-III)とHudsonらが求めた生理的SKDがほぼ同じであることから、生理的SKDを起こす原因には空間和だけでは説明できない動的視標の他の因子が関与していることがわかる。

今回の実験では、生理的SKDの大きさが網膜感度曲線の勾配によって影響されることを明らかにした。すなわち、緩やかな勾配の感度曲線上ではSLSSが起りやすくSKDが大きくなり、急な勾配の場合ではSLSSが起りにくいと考えられた。各経線上の生理的SKDは年齢が高くなるほど大きくなる傾向を示したが、この変化はわずかであり、空間和にはハッキリした傾向を示さなかった。加齢に伴い神経節細胞が減少することが知られているが、SKDが加齢とともに増加することと関係がある可能性も否定できない。さらに、被検者数を増やして検討する必要があると思われる。

本論文の要旨は第99回日本眼科学会総会で発表し、優秀ポスターに選ばれた。この研究は、文部省科学研究費の助成を受

けた。

## 文 献

- 1) **Riddoch G**: Dissociation in visual perceptions due to occipital injuries, with especial reference to appreciation of movement. *Brain* 40: 15—57, 1917.
- 2) **Zappia RJ, Enoch JM, Stamper R, Winkelman JZ, Gay AJ**: The Riddoch phenomenon revealed in non-occipital lobe lesions. *Br J Ophthalmol* 55: 416—420, 1971.
- 3) **Yabuki K, Sakai M, Suzumura H, Endo N, Matsuo H**: A comparison of kinetic and static perimetry for lesions in the visual pathway. In: Heijl A (Ed): *Perimetry Update 1988/89*, 15—19, Kugler, Ghedini Publ, Amsterdam/Berkeley/Milano, 1989.
- 4) **三好智光, 福田 淳**: 網膜神経節細胞の機能文化と並列情報処理. 若倉雅登(編): *視覚情報処理, メジカルビュー社, 東京*, 35—47, 1994.
- 5) **Osako M, Casson EJ, Johnson CA, Huang P, Keltner JL**: Statokinetic dissociation: Analysis of spatial and temporal characteristics by perimetry. In: Mill RP, et al (Eds): *Perimetry Update 1990/1991*, 129—134, Kugler, Ghedini Publ, Amsterdam/New York, 1991.
- 6) **尾裕雅博, 羽磨隆士, Casson EJ, Johnson CA**: 静的動的視野解離 Statokinetic dissociation (SKD) を伴う視神経炎と緑内障の視野における空間和の比較. *臨眼* 46: 837—841, 1992.
- 7) **Frankhauser F, Schmidt T**: Die optimalen Bedingungen für die Untersuchung der räumlichen Summation mit stehender Reizmarke nach der Methode der quantitativen Lichtsinneperimetrie. *Ophthalmologica* 139: 409—423, 1960.
- 8) **Safran AB, Glaser JS**: Statokinetic dissociation in lesions of the anterior visual pathways. A reappraisal of the Riddoch phenomenon. *Arch Ophthalmol* 98: 291—295, 1980.
- 9) **Johnson CA, Keltner JL**: Optimal rates of movement for kinetic perimetry. *Arch Ophthalmol* 105: 73—75, 1987.
- 10) **Greve EL**: Single and multiple stimulus static perimetry in glaucoma; the two phases of perimetry. *Thesis Doc Ophthalmol* 36: 1—355, 1973.
- 11) **Wedemeyer L, Johnson CA, Keltner JL**: Statokinetic dissociation in optic nerve disease. In: Heijl A (Ed): *Perimetry Update 1988/1989*, 9—14, Kugler, Ghedini Publ, Amsterdam/Berkeley/Milano, 1989.
- 12) **Anderson DR**: *Perimetry with and without automation*. CV Mosby, St. Louis, 1987.
- 13) **Sloan LL**: Area and luminance of the test object as variable in examination of the visual field by projection perimetry. *Vision Res* 1: 121—138, 1961.
- 14) **Wilson ME**: Spatial and temporal summation in impaired regions of the visual field. *J Physiol* 189: 189—208, 1967.
- 15) **Curcio CA, Drucker DN**: Retinal ganglion cells

- in Alzheimer's disease and aging. *Ann Neurol* 33 : 248—257, 1993.
- 16) **Mikelberg FS, Drance SM, Schulzer M, Yidegiligne HM, Weis MM** : The normal human optic nerve. Axon count and axon diameter distribution. *Ophthalmology* 96 : 1325—1328, 1989.
- 17) **Uyama K, Matsumoto C, Okuyama S, Otori T** : Influence of the target size on the sensitivity of the central visual field in patients with early glaucoma. In : Mill RP (Ed) : *Perimetry Update 1992/1993*, 381—385, Kugler Publ, Amsterdam/New York, 1993.
- 18) **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.
- 19) **Hudson C, Wild JM** : Assessment of physiologic statokinetic dissociation by automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 33 : 3162—3168, 1992.
-