

視野の時間特性の臨床的評価 (8)

中心部と傍中心部の加齢の相違について (図5, 表3)

山本 憲明・安間 哲史 (名古屋大学医学部眼科学教室)

Clinical Application of the Time-Dependent Perimetry (8)
The Regional Difference with Aging

Noriaki Yamamoto and Tetsushi Yasuma

Department of Ophthalmology Nagoya University School of Medicine

要 約

正常者の20°中心視野における2刺激分解能を測定し、老年群・若年群に分けて、加齢現象が部位によっていかなる特異性を示すかを検討した。あわせてフリッカー融合閾、視感度も測定し、2刺激分解能との異同について検討した。その結果、フリッカー融合閾は視感度と並行し、視野中心部に近いほど感度が良く、加齢による感度低下は視野中心部においてのみ明らかであった。一方、2刺激分解能は視感度・フリッカー融合閾とは並行せず、ことに視野中心部では特異的であった。即ち、若年群では中心から5°の部位に比べて視野中心部の感度の方が悪かった。これは、2刺激分解能では視覚系における反応の発生が視野中心部と傍中心部とは異なり、受容野特性や、sustained系あるいはtransient系の違いが影響している可能性が考えられた。加齢による感度の低下は、視感度やフリッカー融合閾よりも2刺激分解能で強く現れ、また視野中心部よりも傍中心部に強く現れていた。これは傍中心部の神経細胞の加齢による機能低下の方が視野中心部よりも著しいためであると考へた。補助試験として、各視野部位の視感度を補正して、2刺激分解能・フリッカー融合閾を測定したが、感度のパターンに大きな変化は認めなかった。これらのことから、2刺激分解能とフリッカー融合閾の差には、高次の視覚レベルが関与し、2刺激分解能の方が鋭敏に機能の低下を検出できることが分かった。(日眼92:591-602, 1988)

キーワード: 2刺激分解能, フリッカー融合閾, 視野, 加齢, 時間特性

Abstract

Double flash resolution (DFR) at 20° central part of the visual field was measured and compared between young and senior subjects. Critical flicker fusion (CFF) and increment thresholds were also measured to calculate the differences among these three tests. The sensitivity of CFF, which increased when the examined locus was closer to the center of the visual field, showed the same function as an increment threshold in both young and senior groups. On the other hand, the sensitivity of DFR had a different function to that of CFF or increment thresholds. In the paracentral region, the sensitivity of DFR increased when the examined locus was closer to the center of the visual field. In young subjects, however, the sensitivity at the center was lower than the one at 5°. We speculated that the pattern of impulse discharge was different at the center and at the paracentral region, which would be explained by receptive field properties or sustained and transient functions. The decrease of sensitivity of DFR with aging was more pronounced in DFR than in CFF, and this tendency was more

別刷請求先: 466 名古屋市昭和区鶴舞町65 名古屋大学医学部眼科学教室 山本 憲明 (昭和62年11月2日受付)

Reprint requests to: Noriaki Yamamoto, M.D. Dept. of Ophthalmol., Nagoya Univ. School of Med.

65 Tsurumai-cho, showa-ku, Nagoya 466, Japan

(Accepted November 2, 1987)

significant in the paracentral region than in the center of the visual field. These results suggest that the decline of the function of the neurons in the paracentral region is more significant than that in the center. Additional tests showed us that the sensitivity curves of DFR or CFF did not change significantly according to the stimulus luminance. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 92: 591—602, 1988)

Key words: Double flash resolution, Critical flicker fusion frequency, Visual field, Aging, Time-dependent function

I 緒 言

我々はこれまでに、視野の時間特性を用いて、経線別の加齢現象、緑内障などについて検討を行い^{1)~5)}、2刺激分解能(double flash resolution; DFR)を用いると、加齢では上方・下方視野の感度低下を、早期緑内障では耳側視野の感度低下を検出することができることを明かにした。また、DFRとフリッカー融合閾(critical flicker fusion; CFF)の受容野を検討し、DFRはtransient系に修飾されたsustained系の機能を表し、CFFは主にtransient系の機能を表す可能性が強いことを発表した⁶⁾⁷⁾。この研究は、2刺激分解能をさらに臨床応用するために、各視野部位における時間特性に加齢の及ぼす影響を検討したものである。即ち、実験1では、20°中心視野におけるDFR・CFF・視感度を測定し、実験2では、各視野部位の視標輝度を等感度に補正したときのDFR・CFFを測定し、若年者と老年者間の相違を検討した。

実験1

1. 方法

視標にはマイクロコンピュータによりコントロールされた赤色発光ダイオード(視角約34分、平均輝度210cd/m²、主波長700nm)を使用し、DFRの測定では、各々の露光時間を10msecに設定した2個のテスト光の時間間隔を変化させ、2個のパルスがちょうど分離して知覚される時の時間間隔(stimulus onset asynchrony)を求めた¹⁾。一方、CFFの測定では、DFRと同じ視標を明暗比1:1で点灯させ、視標がちらついて知覚される時の1周期の時間(periodic time)を求めた。背景照度は両者とも約80luxに固定した。

増分閾の測定にはTübinger視野計を用い、600nm以下の波長光を通過させない赤色カットフィルター(Wratten #29)を装着した視角44分の視標をテスト光として、静的感度を測定した。

2. 対象

DFRでは、24歳から36歳までの若年群20人(平均年

齢28.2歳)と、51歳から67歳までの老年群20人(同59.0歳)を対象とし、CFFでは、25歳から33歳までの若年群10人(同28.2歳)と、52歳から67歳までの老年群10人(同58.5歳)を対象とした。増分閾測定での対象はCFFと同じである。

測定時には、視力を近見30cmに矯正し、人工瞳孔は使用しなかった。他眼はアイパッチにて遮蔽した。

3. 測定部位

DFRでは、視野中心部および、中心部から放射状に伸びる45°間隔の8経線上で中心より5°, 10°, 15°, 20°の同心円上の点を測定点とし、耳側15°を除く計32点で測定した。測定順序は各経線上において、中心から周辺へ遠ざかる順として行った。CFFでは、視野中心部および、耳側・上方・鼻側・下方の4経線上で中心より5°, 10°, 15°, 20°の同心円上の点を測定点とし、耳側15°を除く計16点で測定した。測定順序はDFRと同様である。増分閾測定の測定部位は、CFFと同じである。

4. 結果の検定

各々において次の3種の検定を行った(DFRでは耳側・上方・鼻側・下方のみ)。

検定1: 各視野部位において、若年群と老年群の感度の有意差検定を行った。

検定2: 若年群と老年群の各々において、各経線上の5°を基準として0°, 10°, 15°の感度の有意差検定を行った。

検定3: 各経線上の5°と各視野部位との感度を、若年群と老年群の間で有意差検定を行った。

実験2

1. 方法

刺激光を露光時間40msecで点灯したときの光覚閾を、中心から20°の部位で、刺激光の前にNDフィルターを挿入することにより求め、求められた閾値を基準として、各視野部位の視標の明るさを等感度にし、DFR・CFFを測定した。

2. 対象ならびに測定部位

正常人10人について、視野中心部ならびに鼻側の5°、

10°, 15°, 20°の各点で測定した。

II 結 果

視感度の結果を図1A-Dに示し検定結果を表1に示した。視野中心部(0°)では老年群の視感度の方が若年群より低下しており、統計学的にも有意差を認めた

が、それ以外の部位では一定した傾向を認めず(表1A), また同一経線上では、どの経線においても若年群・老年群ともに周辺に行くほど有意に感度は低下していた(表1B)。しかし若年群と老年群の間では、5°を基準とした視感度の差には、一定の傾向を認めなかった(表1C)。

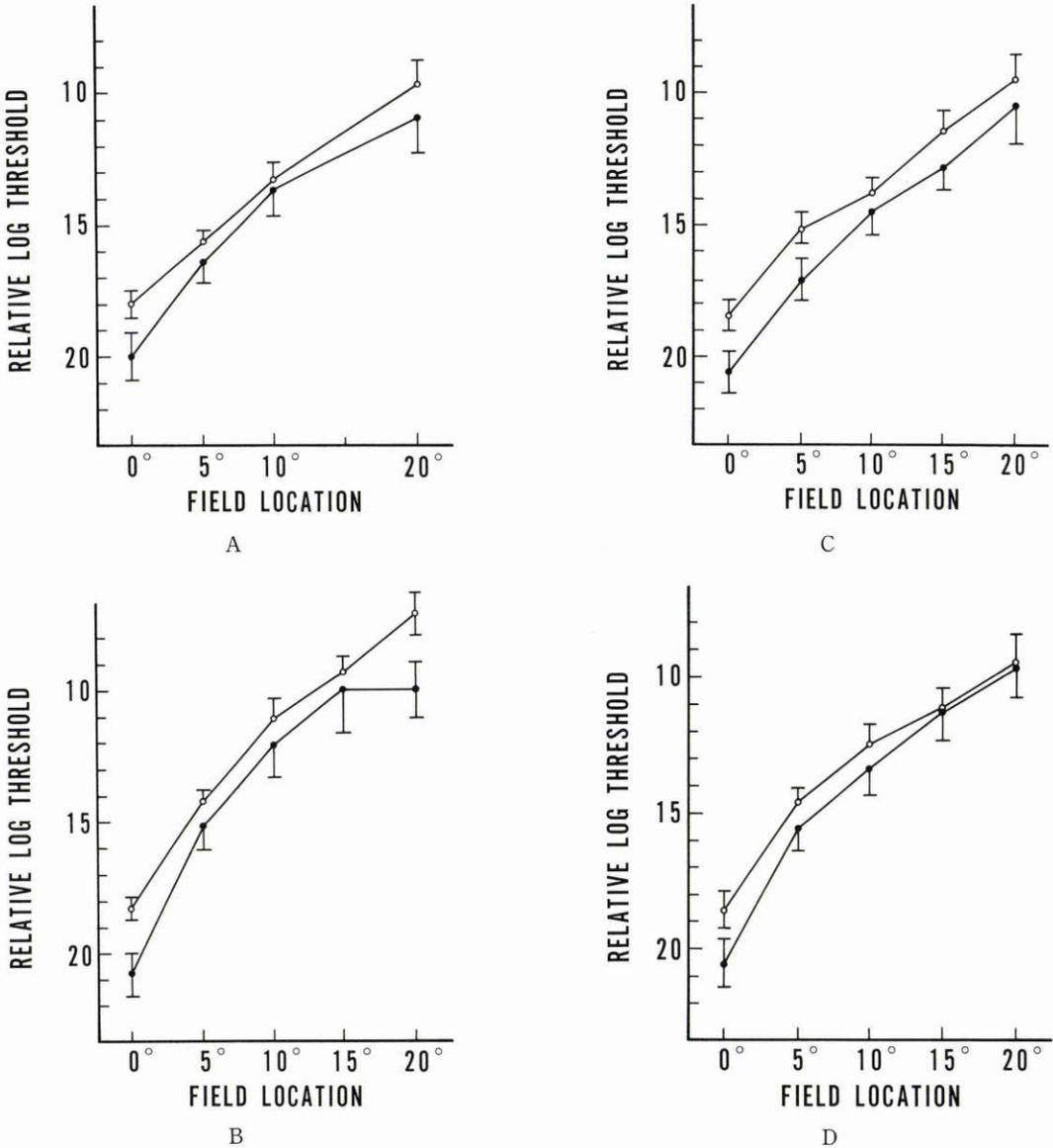


図1 Increment thresholds measured using the Tübinger perimeter are plotted as a function of the field location from the center. Closed circles represent the young group and open circles indicate the senior group. A) At the temporal visual field, B) superior visual field, C) nasal visual field, and D) inferior visual field.

表 1

A : T-values and their significances in the increment thresholds of different visual fields between young and senior groups.

| | | Temporal | | Superior | | Nasal | | Inferior | |
|-----|---|----------|----------------|----------|----------------|-------|----------------|----------|----------------|
| 0° | Y | 20.6 | t=3.90, p<0.01 | 20.8 | t=3.61, p<0.01 | 20.8 | t=3.48, p<0.01 | 20.5 | t=2.76, p<0.05 |
| | S | 18.1 | | 18.2 | | 18.5 | | 18.6 | |
| 5° | Y | 16.4 | N.S. | 15.3 | N.S. | 17.3 | t=3.15, p<0.01 | 15.7 | N.S. |
| | S | 15.7 | | 14.2 | | 15.2 | | 14.6 | |
| 10° | Y | 13.7 | N.S. | 12.1 | N.S. | 14.6 | N.S. | 13.3 | N.S. |
| | S | 13.3 | | 11.1 | | 13.9 | | 12.4 | |
| 15° | Y | / | | 10.0 | N.S. | 12.9 | N.S. | 11.0 | N.S. |
| | S | | | 9.4 | | 11.4 | | 10.7 | |
| 20° | Y | 11.0 | N.S. | 10.0 | t=3.18, p<0.01 | 10.6 | N.S. | 9.8 | N.S. |
| | S | 9.7 | | 7.2 | | 9.6 | | 9.5 | |

(Y : young group, S : senior group, N.S. : non-significant)

表 1

B : T-values and their significances in the increment thresholds between 5° and other loci in each group.

| | | Temporal | Superior | Nasal | Inferior |
|--------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Young | 0° | t=-9.26 p<0.01 | t=-10.9 p<0.01 | t=-6.19 p<0.01 | t=-8.61 p<0.01 |
| | 10° | t=7.06 p<0.01 | t=8.62 p<0.01 | t=13.5 p<0.01 | t=6.52 p<0.01 |
| | 15° | / | | t=7.46 p<0.01 | t=16.5 p<0.01 |
| Senior | 0° | t=-8.68 p<0.01 | t=-8.52 p<0.01 | t=-9.07 p<0.01 | t=-7.72 p<0.01 |
| | 10° | t=4.56 p<0.01 | t=6.59 p<0.01 | t=4.83 p<0.01 | t=7.73 p<0.01 |
| | 15° | / | | t=11.4 p<0.01 | t=7.85 p<0.01 |

表 1

C : T-values and their significances in the difference of the increment thresholds between 5° and other loci were calculated between the two groups.

| | Temporal | Superior | Nasal | Inferior |
|-----|-------------------|-------------------|------------------|----------|
| 0° | t=-3.29 p<0.01 | t=-2.27 p<0.05 | N.S. | N.S. |
| 10° | N.S. | N.S. | t=3.93 p<0.01 | N.S. |
| 15° | / | | N.S. | N.S. |
| 20° | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |

(N.S. : non-significant)

CFFにおいても(図2A-D)視感度と同様に、視野中心部では老年群の感度の方が若年群より低下しており、統計学的にも有意差を認め、それ以外の部位では一定した傾向を認めず(表2A)、同一経線上では、どの経線においても若年群・老年群ともに周辺に行くほど有意に感度は低下していた(表2B)。若年群と老年群間には、やはり一定の傾向を認めなかった(表2C)。

次に、DFRの結果を図3A-Hに示し検定結果を表3に示す。測定したどの部位でも、老年群では若年群より有意に感度が低下しており(表3A)、また、若年群ではどの経線においても視野中心部の方が5°より有意に感度が低下しており、5°から周辺部では、耳側・鼻

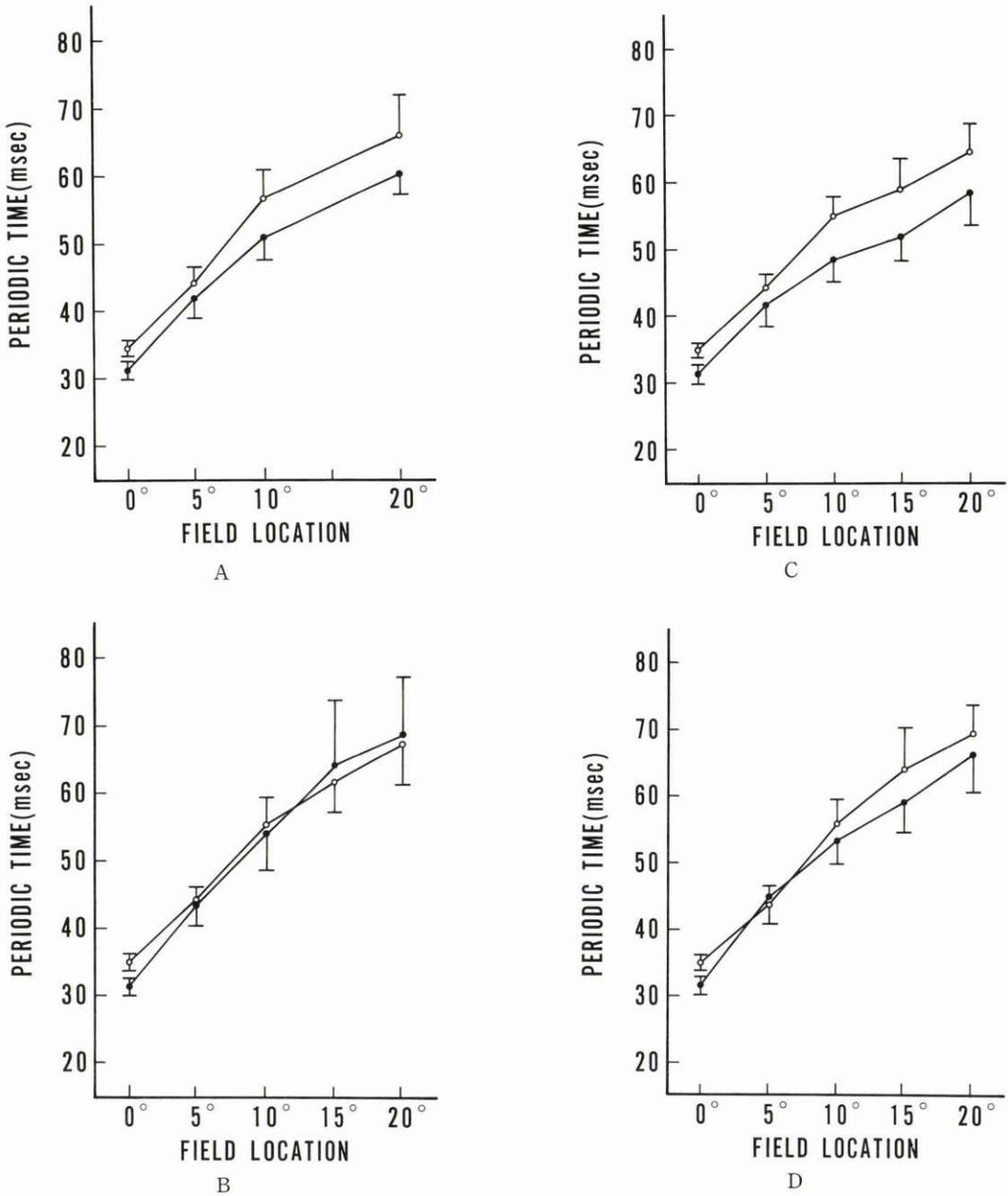


図2 Periodic time of the critical flicker fusion thresholds (CFF) are plotted as a function of the field location from the center. Other details are the same as Figure 1.

側の10°を除いて、周辺に行くにつれて有意に感度は低下していた(表3B)。老年群では若年群に見られたような中心部の特異性は認められなかった(表3B)。また、10°から周辺では、5°との間の感度差には、若年群と老年群との間に有意差を認めず(表3C)、若年群と老

年群のDFRの感度が平行移動していることが明らかであった。

視標を等感度に揃えた場合、CFFとDFRはいかに変化するかを示したのが、図4(DFR)、図5(CFF)である。若年群・老年群とも、視野中心部に近づくほ

表 2

A : T-values and their significances in the CFF values of different visual fields between young and senior groups.

| | | Temporal | | Superior | | Nasal | | Inferior | |
|-----|---|----------|----------------|----------|----------------|-------|----------------|----------|----------------|
| 0° | Y | 31.2 | t=3.33, p<0.01 | 31.4 | t=3.35, p<0.01 | 31.4 | t=3.39, p<0.01 | 31.6 | t=3.02, p<0.01 |
| | S | 34.7 | | 34.9 | | 34.9 | | 34.8 | |
| 5° | Y | 42.4 | N.S. | 43.7 | N.S. | 41.9 | N.S. | 44.6 | N.S. |
| | S | 44.5 | | 44.1 | | 44.5 | | 43.8 | |
| 10° | Y | 51.0 | N.S. | 54.3 | N.S. | 48.4 | t=2.48, p<0.05 | 53.0 | N.S. |
| | S | 57.0 | | 55.5 | | 55.0 | | 55.9 | |
| 15° | Y | / | | 64.4 | N.S. | 52.0 | N.S. | 58.8 | N.S. |
| | S | | | 62.1 | | 59.0 | | 63.9 | |
| 20° | Y | 60.9 | N.S. | 69.3 | N.S. | 58.6 | N.S. | 66.1 | N.S. |
| | S | 66.5 | | 67.7 | | 64.7 | | 69.2 | |

(Y : young group, S : senior group, N.S. : non significant)

表 2

B : T-values and their significances in the CFF values between 5° and other loci in each group.

| | | Temporal | Superior | Nasal | Inferior |
|--------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Young | 0° | t=-7.89 p<0.01 | t=-9.95 p<0.01 | t=-6.07 p<0.01 | t=-9.67 p<0.01 |
| | 10° | t=5.61 p<0.01 | t=3.52 p<0.01 | t=4.56 p<0.01 | t=5.26 p<0.01 |
| | 15° | / | | t=3.75 p<0.01 | t=5.65 p<0.01 |
| Senior | 0° | t=-7.83 p<0.01 | t=-5.72 p<0.01 | t=-7.77 p<0.01 | t=-7.79 p<0.01 |
| | 10° | t=6.24 p<0.01 | t=5.13 p<0.01 | t=6.32 p<0.01 | t=7.39 p<0.01 |
| | 15° | / | | t=6.42 p<0.01 | t=5.47 p<0.01 |

表 2

C : T-values and their significances in the differences of the CFF values between 5° and other loci were calculated between the two groups.

| | Temporal | Superior | Nasal | Inferior |
|-----|----------|----------|-------|-------------------|
| 0° | N.S. | N.S. | N.S. | t=-2.29 p<0.05 |
| 10° | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |
| 15° | / | | N.S. | N.S. |
| 20° | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |

(N.S. : non significant)

ど、補正前に比べて感度は低下するものの、グラフ全体の傾向には大きな変化を認めなかった。

以上の結果を簡単に整理してみると、1) 視感度とCFFは類似したパターンを示し、若年群・老年群とも視野中心部に近いほど感度が良かった。加齢により視野中心部のみ感度が低下したが、傍中心部では変わらなかった。2) DFRでは、測定部位すべてで加齢現象が見られた。両群とも傍中心部では、より中心部に近い方が感度が良かったが、中心部のみは特性を異にした。即ち、老年群では5°よりも中心部の方が感度が良かったのに対して、若年群では中心部は5°よりも感度が悪く、加齢による感度低下は中心部よりも傍中心部で

きく、老年群と若年群は異なるパターンを示した。

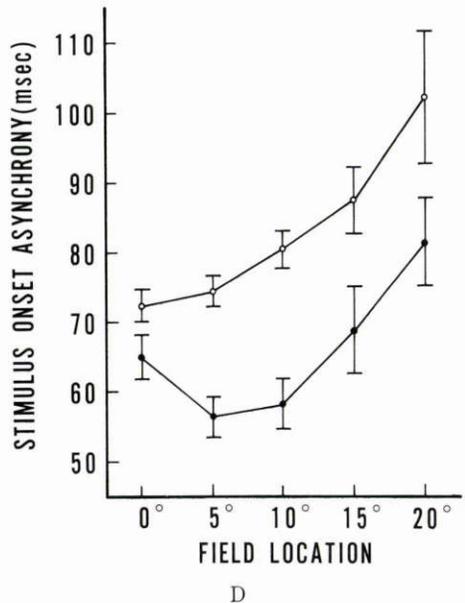
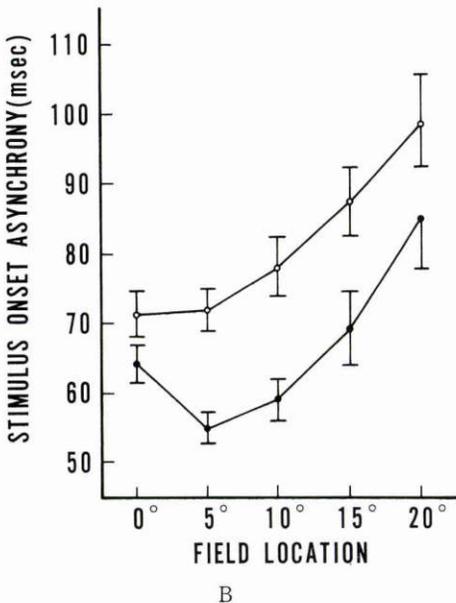
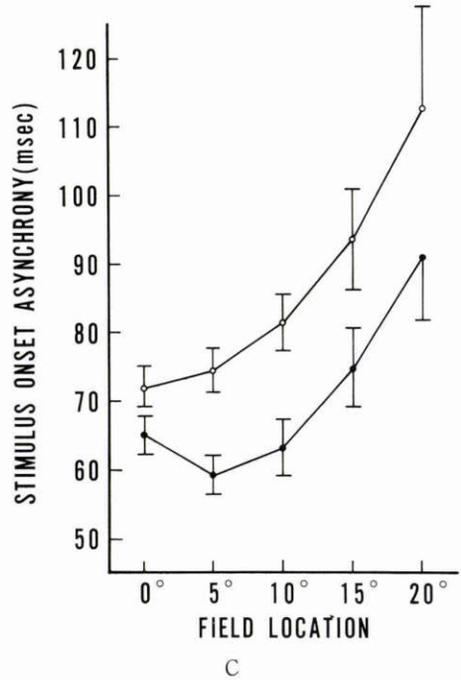
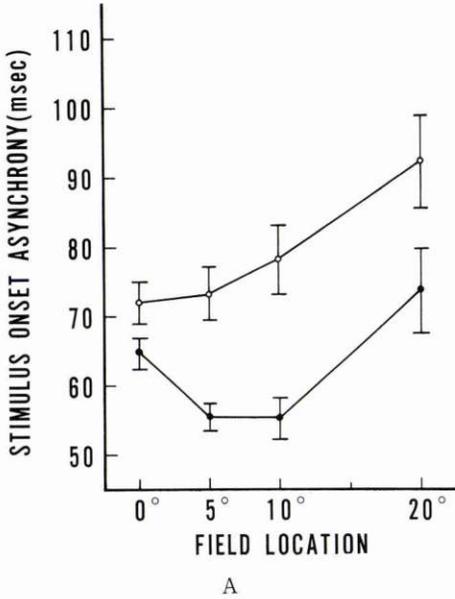
以上から、DFRは視感度・CFFの場合とは性格を異にし、視野中心部と傍中心部では特性が異なっており、しかもDFRは特異な加齢現象を示すことが明かであった。

III 考 按

静的視野の加齢変化としては、傍中心部より中心部

の方が感度の低下が大きかったとの報告があり⁸⁾、我々の結果も症例数が少ないものの、中心部のみで有意に感度が低下しており、同じ傾向を示していた。

加齢によるCFFの変化に関しては、一般に視野中心部のCFFは低下することが知られており、フリッカー視野と加齢の関係についてWolfら⁹⁾は、感度は視



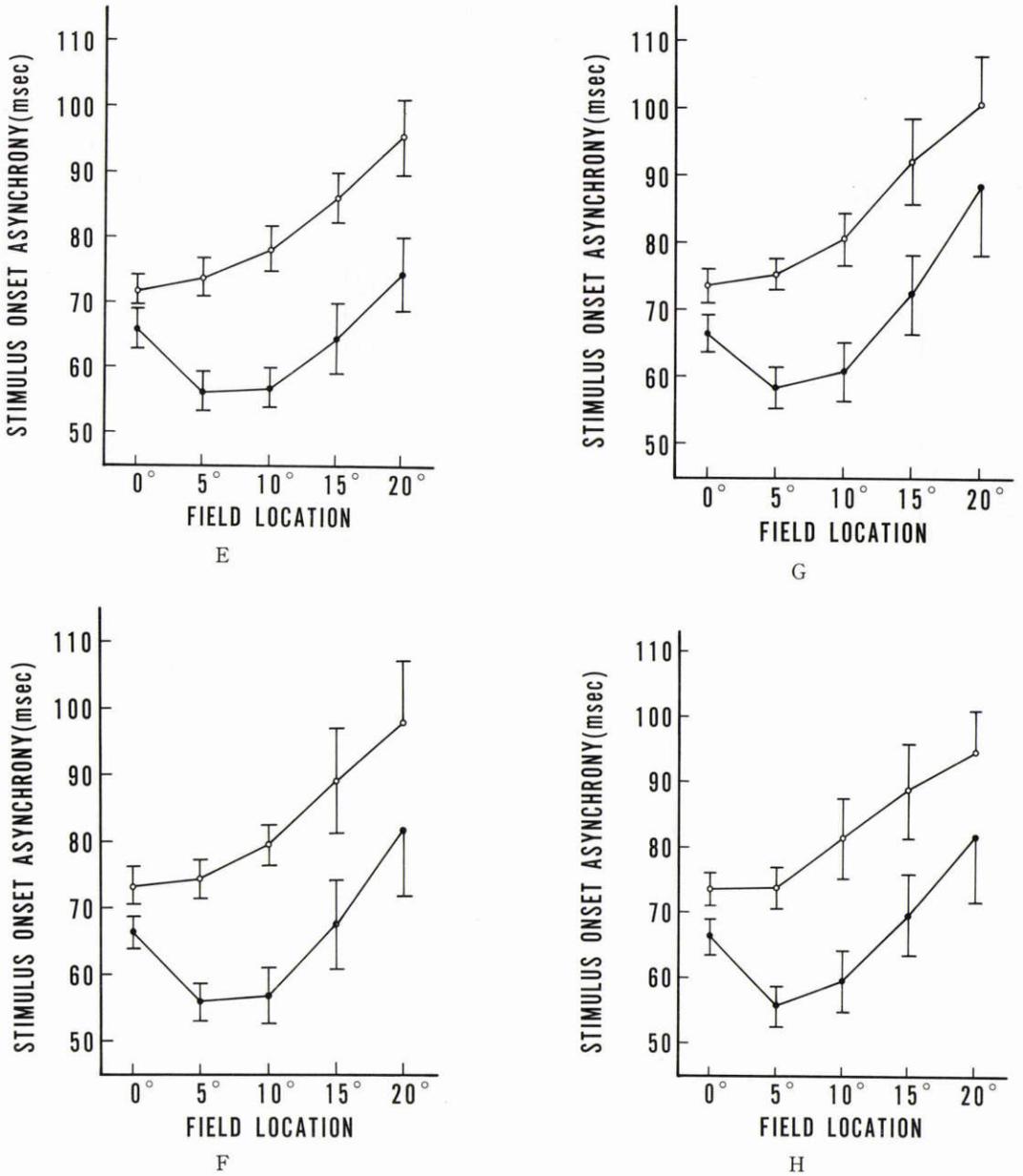


図3 Stimulus onset asynchrony of the double flash resolution (DFR) are plotted as a function of the field location from the center. A) At the temporal visual field, B) upper temporal visual field, C) superior visual field, D) upper nasal visual field, E) nasal visual field, F) lower nasal visual field, G) inferior visual field, and H) lower temporal visual field. Other details are the same as Figure 1.

野全体で秩序だって低下するとしている。我々の結果では視感度同様に視野中心部のみで加齢現象が認められたが、それは視感度の影響によると考えることがで

きた。つまり加齢の影響はCFFには大きく現れなかったと言える。

一般に視標が視角2°より小さく高輝度の場合、CFF

表 3

A : T-values and their significances in the DFR values of different visual fields between young and senior groups.

| | | Temporal | | Upper temporal | | Superior | | Upper nasal | | Nasal | | Lower nasal | | Inferior | | Lower temporal | |
|-----|---|----------|-------------------|----------------|-------------------|----------|-------------------|-------------|-------------------|-------|-------------------|-------------|-------------------|----------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0° | Y | 64.5 | t=4.51, p<0.01 | 64.6 | t=3.76, p<0.01 | 65.2 | t=3.89, p<0.01 | 65.1 | t=4.11, p<0.01 | 66.0 | t=3.51, p<0.01 | 66.6 | t=4.24, p<0.01 | 66.5 | t=4.27, p<0.01 | 66.4 | t=4.18, p<0.01 |
| | S | 72.2 | | 71.6 | | 72.0 | | 72.1 | | 72.6 | | 73.5 | | 73.5 | | 73.5 | |
| 5° | Y | 55.1 | t=9.49, p<0.01 | 55.0 | t=9.93, p<0.01 | 59.2 | t=8.08, p<0.01 | 56.3 | t=10.5, p<0.01 | 56.5 | t=9.35, p<0.01 | 55.9 | t=11.1, p<0.01 | 58.4 | t=9.63, p<0.01 | 55.5 | t=8.65, p<0.01 |
| | S | 73.4 | | 72.3 | | 74.8 | | 74.6 | | 74.1 | | 74.6 | | 75.1 | | 73.9 | |
| 10° | Y | 55.2 | t=9.04, p<0.01 | 59.2 | t=7.91, p<0.01 | 63.1 | t=7.05, p<0.01 | 58.1 | t=10.5, p<0.01 | 56.9 | t=10.4, p<0.01 | 57.0 | t=9.82, p<0.01 | 60.8 | t=7.51, p<0.01 | 59.5 | t=6.20, p<0.01 |
| | S | 78.1 | | 78.0 | | 81.5 | | 80.4 | | 78.3 | | 79.8 | | 80.6 | | 81.5 | |
| 15° | Y | / | | 69.2 | t=5.68, p<0.01 | 74.9 | t=4.43, p<0.01 | 68.7 | t=5.27, p<0.01 | 64.9 | t=7.40, p<0.01 | 67.6 | t=4.68, p<0.01 | 72.3 | t=5.07, p<0.01 | 69.6 | t=4.33, p<0.01 |
| | S | | | 87.4 | | 93.5 | | 87.3 | | 86.1 | | 89.2 | | 92.3 | | 88.6 | |
| 20° | Y | 73.5 | t=4.56, p<0.01 | 85.1 | t=2.82, p<0.01 | 90.4 | t=2.77, p<0.01 | 81.5 | t=4.00, p<0.01 | 74.7 | t=5.77, p<0.01 | 82.0 | t=2.65, p<0.05 | 88.5 | t=2.12, p<0.05 | 81.5 | t=2.38, p<0.05 |
| | S | 92.5 | | 98.3 | | 112.3 | | 102.3 | | 95.6 | | 98.1 | | 100.5 | | 94.5 | |

(Y : young group, S : senior group)

表 3

B : T-values and their significances in the DFR values between 5° and other loci in each group.

| | | Temporal | Superior | Nasal | Inferior |
|--------|-----|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Young | 0° | t=9.49 p<0.01 | t=6.03 p<0.01 | t=10.7 p<0.01 | t=7.78 p<0.01 |
| | 10° | N.S. | t=3.68 p<0.01 | N.S. | N.S. |
| | 15° | / | | t=7.84 p<0.01 | t=4.88 p<0.01 |
| Senior | 0° | N.S. | t=-2.50 p<0.05 | N.S. | N.S. |
| | 10° | t=4.25 p<0.01 | t=5.43 p<0.01 | t=4.69 p<0.01 | t=3.92 p<0.01 |
| | 15° | / | | t=6.58 p<0.01 | t=7.88 p<0.01 |

(N.S. : non-significant)

表 3

C : T-values and their significances in the differences of the DFR values between 5° and other loci were calculated between the two groups.

| | Temporal | Superior | Nasal | Inferior |
|-----|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 0° | t=7.72 p<0.01 | t=5.86 p<0.01 | t=7.67 p<0.01 | t=6.88 p<0.01 |
| 10° | t=-2.82 p<0.01 | N.S. | t=-3.43 p<0.01 | N.S. |
| 15° | / | | N.S. | N.S. |
| 20° | N.S. | N.S. | N.S. | N.S. |

(N.S. : non-significant)

の感度は、錐体の分布密度に比例して中心部に近いほど良いと言われており¹⁰⁾、我々の結果も同様で、CFFは視感度と同じパターンを示していた。しかし、視感度を補正し視標輝度を等感度にしてもなお、中心部に近いほど良い感度を示していたことから、視感度を補正するとCFFのパターンも変化すると考えたAulhornら¹¹⁾とは異なった結果であった。このことからCFFには視感度のみでなく、他の要因の関与が強いと考えられた。一般に受容野の大きさは周辺ほど大きく、乾ら¹²⁾によればCFFの受容野の大きさは視野中心部で4分、10°周辺部では8分であり、受容野が大きいほ

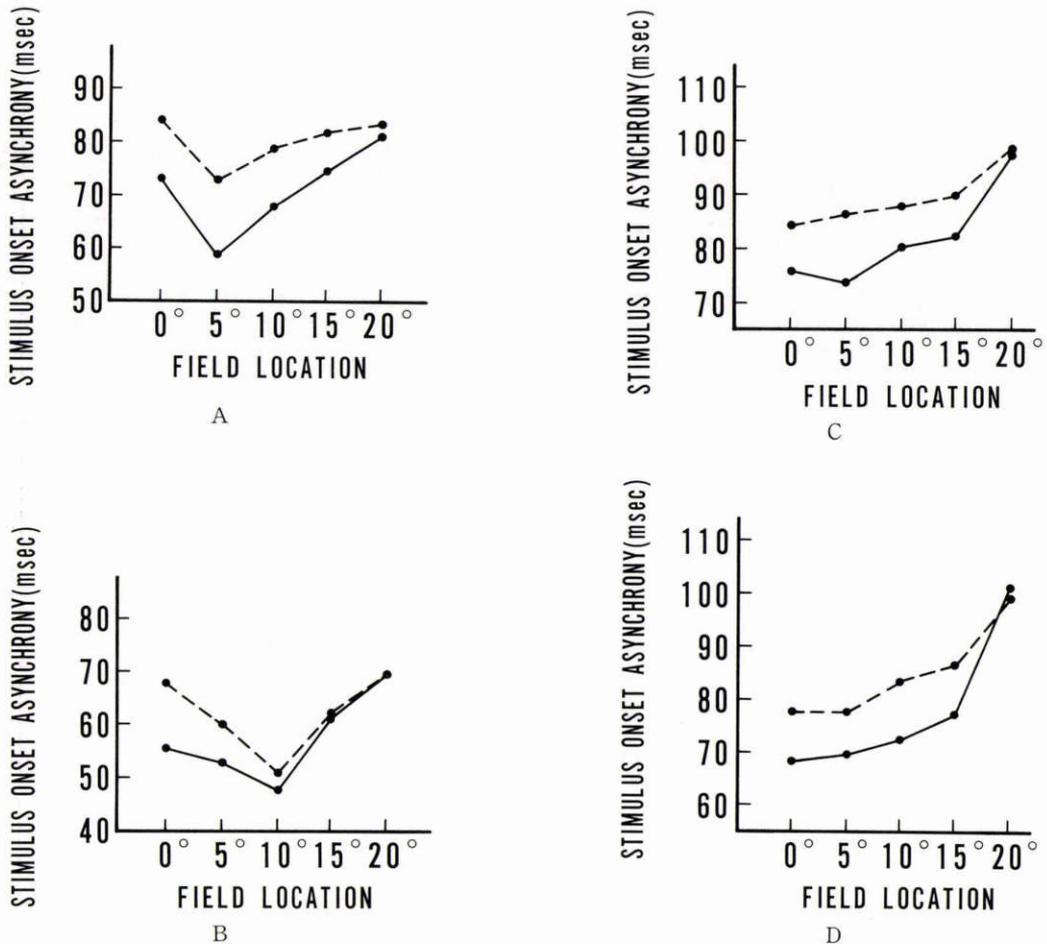


図4 The DFR curves under two different stimulus conditions are displayed. The solid line indicates the DFR function when the same luminance stimuli were used at all field locations. The dotted line indicates the one when the stimulus luminance was set at the same log units above the threshold as the one at 20° paracentral location. A) A.S. 34 years old, B) T.Y. 36 years old, C) K.M. 63 years old, and D) S.O. 61 years old.

ど時間分解能は低下するとされているため、CFFの視野部位における差には、受容野の大きさが影響している可能性が強く考えられた⁶⁾。

異なる視野部位における時間特性に関する報告は、CFFについては数多くあるが、DFRに関しては少なく¹³⁾、ことにDFRの加齢現象については、我々の知る限りでは報告を見ない。DFRがCFFと異なって、視野中心部と傍中心部とで二元性を示した理由の1つとして、抑制反応を考えることができる。即ち、心理物理学的に、ごく短時間の刺激光は、神経細胞に興奮性のインパルスが発生させた後に、抑制性のインパルス

を発生させ、それは2番目の刺激光によって発生した興奮性のインパルスを抑制するため、2刺激を分離するのに長い時間間隔が必要となると言われていた¹⁴⁾¹⁷⁾。Meijerら¹⁵⁾は、抑制性のインパルスは、視標がある一定の大きさよりも大きい時のみ発生することを見出し、Ikeda¹⁶⁾は、抑制性のインパルスは視標が受容野中心野より大きいときに受容野周辺野を刺激して発生させた反応であると考えた。生理学的にも、受容野周辺野からの抑制反応は水平細胞を介して伝達され、受容野中心野からの反応よりも時間的に遅れることが分かっている¹⁷⁾。またMeijerら¹⁵⁾はさらに、

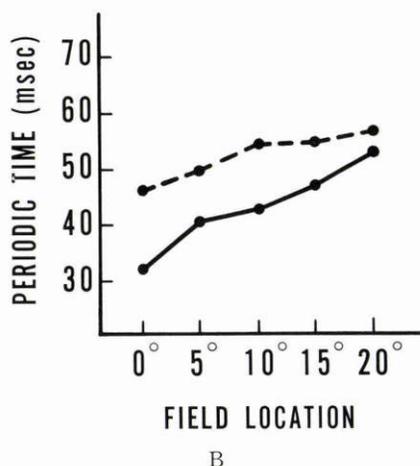
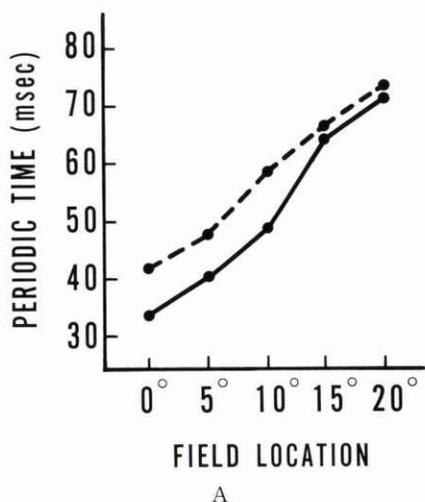


図5 The CFF curves under two different stimulus conditions. Other details are the same as Figure 4. A) M.K. 27 years old, and B) K.M. 26 years old.

DFRの受容野の大きさは視野周辺ほど大きく、背景が明るいほど大きくなると報告している。

抑制反応の発生が受容野の大きさに左右されると仮定すると、若年群では、今回の順応状態では、視野中心部においてのみ、受容野中心野の大きさが視標の大きさよりも小さかったため、抑制反応が発生し、時間分解能が低下していたのに対し、受容野が拡大している傍中心部では、受容野中心野の大きさが視標の大きさよりも大きいため、抑制反応は発生せず、受容野の拡大と共に時間分解能が低下したと考えることができる。そして老年群では、傍中心部の受容野が中心部に

比して著しく拡大するため、抑制反応が強くなり、傍中心部における感度の低下が中心部に比して大きかったのであろう。一方 CFFの受容野中心野は、どの視野部位でも視標より大きいため、抑制反応は発生せず、周辺に向かう受容野の拡大に伴って感度は低下したと考えることができる。

次に、この抑制反応が、視標の大きさに関係なく視野中心部のみで発生する、あるいは、特異的に長く持続する可能性もある。それには第一に、錐体と桿体の違いを考えなければならないが、今回使用した視標は600nm以下の波長光は含んでおらず、桿体の影響は非常に少ない。第二に、sustained系とtransient系の違いがあげられる。sustained系は視野中心部に多く、transient系は周辺部に多いとされ、一見、CFFのカーブはsustained系の分布の様子に、DFRのカーブはtransient系の分布の様子に似ている。ところが、CFFにはtransient系が関与しているとされており¹⁸⁾¹⁹⁾、また、transient系はDFR・CFFの両方に関与し、sustained系はDFRのみに関与すると考えられることなどから⁶⁾、DFRがCFFと異なる所としては、sustained系の関与があげられる。

我々は前報⁷⁾で、閾値付近のDFRとCFFを、視野中心部と傍中心部(3°耳側視野)で測定し、CFFでは中心部も傍中心部も同一の機構によって制御され、DFRでは傍中心部はCFFと同一の機構によって制御されているのに対し中心部は別の機構、つまりsustained系が働いている可能性の強いことを明らかにした。今回得られた視野中心部の特異性も、前報⁷⁾の結果より説明することができると思われる。

加齢による視野中心部のDFRの感度の低下について、Pearsonら²⁰⁾は5歳から50歳のDFRを測定し、高齢者ほど有意に感度が低下していたとし、また、Ambersonら²¹⁾は20歳代から60歳代までは徐々に低下したが有意差は無く、70歳を過ぎて有意に低下したとしている。我々の結果では、50歳代60歳代で有意に低下しており、また、視野中心部より傍中心部で感度の低下が著しかった。Balazsiら²²⁾は、視神経線維は加齢により年に平均5637本の割合で失われるとしており、このような網膜視機能の軽度の低下が、視感度・CFFよりもDFRに顕著に現れたのであろう。さらに、Hendersonら²³⁾は、大脳皮質の神経細胞数の加齢による減少は、胞体の大きい細胞の方が小さい細胞よりも多いと報告しており、この傾向が視神経についてもあてはまるとすれば、傍中心部の大きい神経細胞の方が中心

部の小さい細胞より多く減少する可能性があり、DFRの中でも傍中心部の感度低下が中心部より著しかったことが説明できる。

以上のように、DFRとCFFでは視野による感度のパターンに差があり、DFRによって加齢現象が鋭敏に検出できたことから、DFRとCFFの差異には、受容野特性や、sustained・transientの両系を含めた視覚の高次のレベルでの機能差が反映している可能性があることが分かった。

本講演の要旨は昭和62年5月第91回日本眼科学会総会(京都)において発表した。ご校閲いただいた粟屋忍教授に感謝いたします。

文 献

- 1) 安間哲史, 寺崎浩子, 横山健二郎他: 視野の時間特性の臨床的評価。(1)装置の試作と正常者の特性。日眼 90: 535—541, 1986.
- 2) 宮川典子, 安間哲史, 山崎 淳: 視野の時間特性の臨床的評価。(2)網膜視機能の不均一性。日眼 90: 1044—1048, 1986.
- 3) 宮川典子, 安間哲史: 視野の時間特性の臨床的評価。(3)網膜視機能の加齢について。日眼 90: 1550—1556, 1986.
- 4) 山崎 淳, 安間哲史: 視野の時間特性の臨床的評価。(4)上下視野における非線形性。日眼 90: 1557—1563, 1986.
- 5) 安間哲史, 山崎 淳, 山本憲明: 視野の時間特性の臨床的評価。(5)極早期緑内障における視機能異常の検出。日眼 91: 277—285, 1987.
- 6) 安間哲史, 山崎 淳, 山本憲明: 視野の時間特性の臨床的評価。(6)受容野特性との関連。日眼 91(12): 1987. 印刷中.
- 7) 安間哲史, 山本憲明, 山崎 淳他: 視野の時間特性の臨床的評価。(7)DFRとCFFの生理的意味。日眼 投稿中.
- 8) Haas A, Flammer J, Schneider U: Influence of age on the visual fields of normal subjects. Am J Ophthalmol 101: 199—203, 1986.
- 9) Wolf E, Schraffa A: Relationship between critical flicker frequency and age in flicker perimetry. Arch Ophthalmol 72: 832—843, 1964.
- 10) Fukuda T: Relation between flicker fusion threshold and retinal positions. Percept Mot Skills 49: 3—17, 1979.
- 11) Aulhorn E, Harms H: Visual perimetry. Jameson D, Hurvich LM, ed. Handbook of Sensory Physiology. VII/4, Visual Psychophysics, 102—144, New York, Springer-Verlag, 1972.
- 12) 乾 敏郎, 近江栄美子, 中村孝子他: フリッカー感度と受容野面積との関係について。臨眼 77: 1126—1130, 1983.
- 13) Skrandies W: Critical flicker fusion and double flash discrimination in different parts of the visual field. Int J Neurosci 25: 225—231, 1985.
- 14) Ikeda M: Temporal summation of positive and negative flashes in the visual system. J Opt Soc Am 55: 1527—1534, 1965.
- 15) Meijer JG, van der Wildt GJ, van den Brink G: Twin-flash response as a function of flash diameter. Vision Res 18: 1111—1116, 1978.
- 16) Ikeda M: Temporal impulse response. Vision Res 26: 1431—1440, 1987.
- 17) Werblin FS: Control of retinal sensitivity II. Lateral interactions at the outer plexiform layer. J Physiol 63: 62—87, 1974.
- 18) Fukada Y: The relationship between response characteristics to flicker stimulation and receptive field organization in the cat's optic nerve fibers. Vision Res 11: 227—240, 1971.
- 19) Kulikowski JJ, Tolhurst DJ: Psychophysical evidence for sustained and transient detectors in human vision. J Physiol 232: 149—162, 1973.
- 20) Pearson LA, Tong JE: Two-flash fusion threshold: The influence of age, psychophysical method, instructions, viewing conditions, sex and subject variability. Br J Psychol 59: 407—414, 1968.
- 21) Amberson JI, Atkinson BM, Pollack RH, et al: Age difference in dark-interval threshold across the life-span. Exp Aging Res 5: 423—433, 1979.
- 22) Balazsi AG, Rootman J, Drance SM, et al: The effect of age on the human optic nerve. Am J Ophthalmol 97: 760—766, 1984.
- 23) Henderson G, Tomlinson BE, Gibson PH: Cell counts in cerebral cortex in normal adults through life using an image analyzing computer. J Neurol Sci 46: 113—136, 1980.

(第91回日眼総会原著)