

原 著

## 動的脳電図法による視野の他覚的測定

—— 第Ⅲ報 網膜色素変性症の1例における定量的視野測定と脳電図 ——

早川友恵<sup>1)</sup> 深井小久子<sup>1)</sup> 川島幸夫<sup>1)</sup> 松田盈子<sup>2)</sup>  
難波哲子<sup>1)</sup> 椎原久美子<sup>1)</sup>

川崎医療福祉大学 医療技術学部 感覚矯正学科<sup>1)</sup>

川崎医科大学 生理機能センター<sup>2)</sup>

(平成5年11月17日受理)

## Objective Discrimination of the Visual Field Using Electroencephalographic Topography

—— A Case of Retinitis Pigmentosa with Relative Scotoma ——

**Tomoe HAYAKAWA<sup>1)</sup>, Sakuko FUKAI<sup>1)</sup>, Sachio KAWASHIMA<sup>1)</sup>  
Eiko MATSUDA<sup>2)</sup>, Tetsuko NAMBA<sup>1)</sup> and Kumiko SHIIHARA<sup>1)</sup>**

*Department of Sensory Sciences,  
Faculty of Medical Professions,  
Kawasaki University of Medical Welfare<sup>1)</sup>,  
Human Physiology Center,  
Kawasaki Medical School<sup>2)</sup>  
Kurashiki, 701-01, Japan  
(Accepted Nov. 17, 1993)*

**Key words :** objective perimetry, EEG topography, Goldmann perimeter,  
correlation, retinitis pigmentosa,

### Abstract

We investigated the correlation between an objective visual field using EEG topography and a subjective visual field using the Goldmann perimeter. Luminance visual evoked potentials were used to check for retinitis pigmentosa with relative scotoma.

In both eyes, we got a normal visual field at intensive  $V_4$  stimulation. Relative scotoma appeared at moderate stimulation. We got a  $10^\circ$  to  $15^\circ$  concentric visual field at weaker  $I_2$  stimulation. At  $I_4$ ,  $I_3$  stimulation we got a severe anomaly relative scotoma in the right eye. EEG topography showed a flat positive shape on the occipital pole in the right eye, and it showed small convex positive shape on the occipito-parietal scalp in the left eye. At a stimulation matching subjective visual field of  $10^\circ$  ( $I_2$ ), topography didn't change in

the right eye, and it changed in the left eye.

Objective data suggests a 10° visual field in the right eye, and about a 20° visual field in the left eye. These results are consistent with I<sub>3</sub> and/or I<sub>2</sub> stimulation of the Goldmann perimeter.

要 約

周辺視野が広範に感度低下をきたした網膜色素性症の1例について、自覚的視野の定量的評価と動的脳電図法による他覚的評価の相互関係を検討した。

自覚的視野の測定には、Goldmann 視野計を用いた。高輝度・広面積の視標 (V<sub>4</sub>) では正常視野を示した。視標の刺激強度を下げると (I<sub>4</sub>, I<sub>3</sub>) 比較暗点が検出された。特に右眼では I<sub>4</sub> で広範な障害が検出された。さらに刺激強度の低い視標 (I<sub>2</sub>) では、10~15°の求心性狭窄が検出された。右眼の全視野刺激の脳電図は後頭皿型帯電を示し、10°の狭視野負荷で帯電様式は変化しなかった。左眼の全視野刺激の脳電図は弱い凸型帯電を示し、10°の狭視野負荷では後頭極近傍の皿型帯電に変化した。

動的脳電図法および狭視野負荷法による視野の他覚的評価では右眼視野は約10°、左眼視野は20°前後と推定する。本法による視野の他覚的評価は、Goldmann 視野計の I<sub>3</sub>, I<sub>2</sub> 視標で得られる視野を反映するものとする。

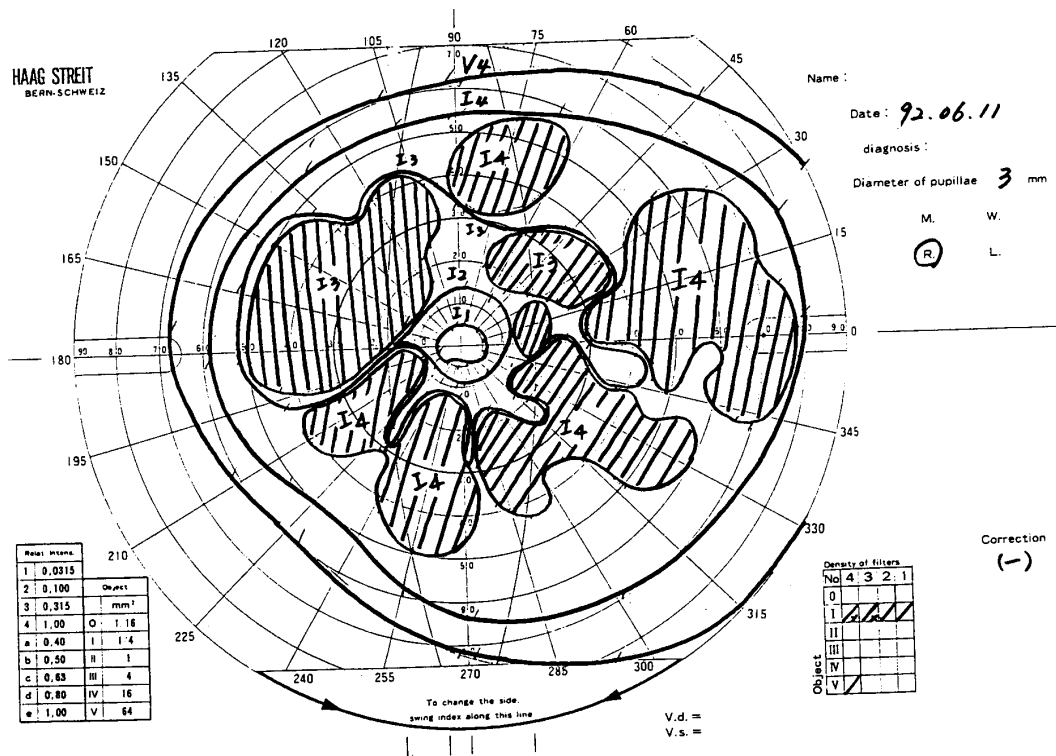


図1 右眼) 自覚的視野 V<sub>4</sub>視標では視野の異常は検出されなかった。I<sub>4</sub>, I<sub>3</sub>視標では広範な比較暗点が検出され、I<sub>2</sub>, I<sub>1</sub>視標では求心性の狭窄を認めた。

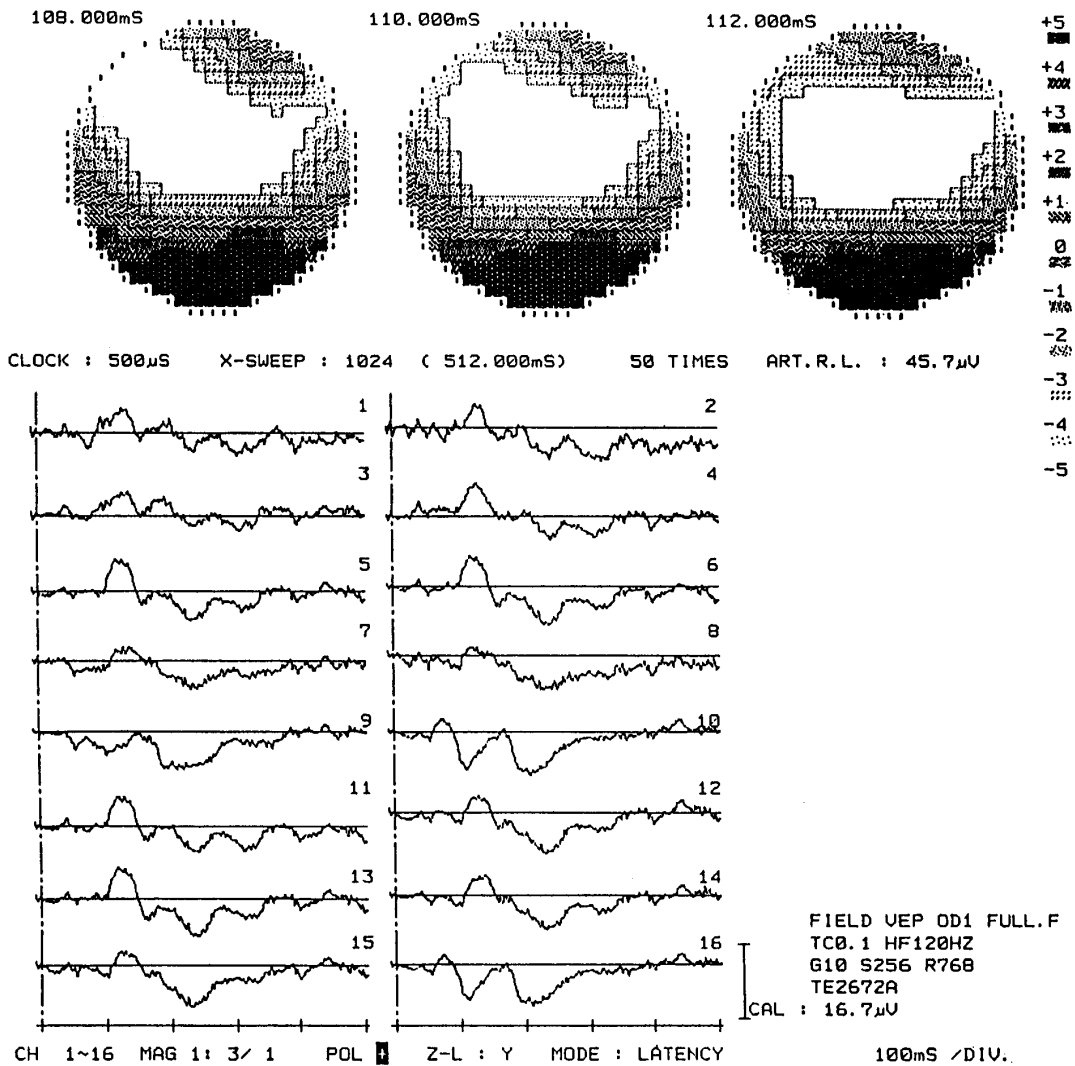


図2 A 右眼) 他覚的視野 全視野刺激の脳電図と原波形 原波形は, Fp<sub>1</sub> (1 ch), Fp<sub>2</sub> (2 ch), F<sub>7</sub> (3 ch), F<sub>8</sub> (4 ch), F<sub>Z</sub> (11c3), C<sub>3</sub> (5 ch), C<sub>4</sub> (ch), C<sub>Z</sub> (13ch), P<sub>3</sub> (14ch), P<sub>4</sub> (15ch), P<sub>Z</sub> (12ch), T<sub>5</sub> (7 ch), T<sub>6</sub> (8 ch), O<sub>1</sub> (9 ch), O<sub>2</sub> (10ch), O<sub>Z</sub> (16ch) より導出した50回加算平均の結果である。

結 言

視野の他覚的測定は、自覚的応答の困難な小児や高齢者の視機能の評価や重複障害児の視機能の評価に有用である。これらの例は長時間を要する検査が困難であり、迅速に視野障害の有無や程度を評価できる他覚的検査法が望まれている。

視野の他覚的評価は、視覚誘発反応による試みが多数報告されている<sup>1-13)</sup>。著者らは、正常人、心因性および器質性眼疾患における視野障害の求心性視野狭窄の他覚的検査法として、動的脳

電図法と狭視野負荷法による方法を試みてきた。正常人の脳電図は全視野刺激で後頭凸型帯電を形成した。一方、心因性視野狭窄は自覚的視野が10~20°であるにもかかわらず、全視野刺激で後頭凸型帯電が出現し、自覚的視野に一致した狭視野負荷では後頭皿型帯電に変化した<sup>14)</sup>。また、器質性眼疾患による求心性視野狭窄の中心視野25~30°では後頭凸型帯電、中心視野10°では後頭皿型帯電となり、狭視野負荷によっても脳電図が変化しないことを報告した<sup>15)</sup>。これらの結果は、動的脳電図法と狭視野負荷法が視野の概要を把握するのに有用であることを示唆して

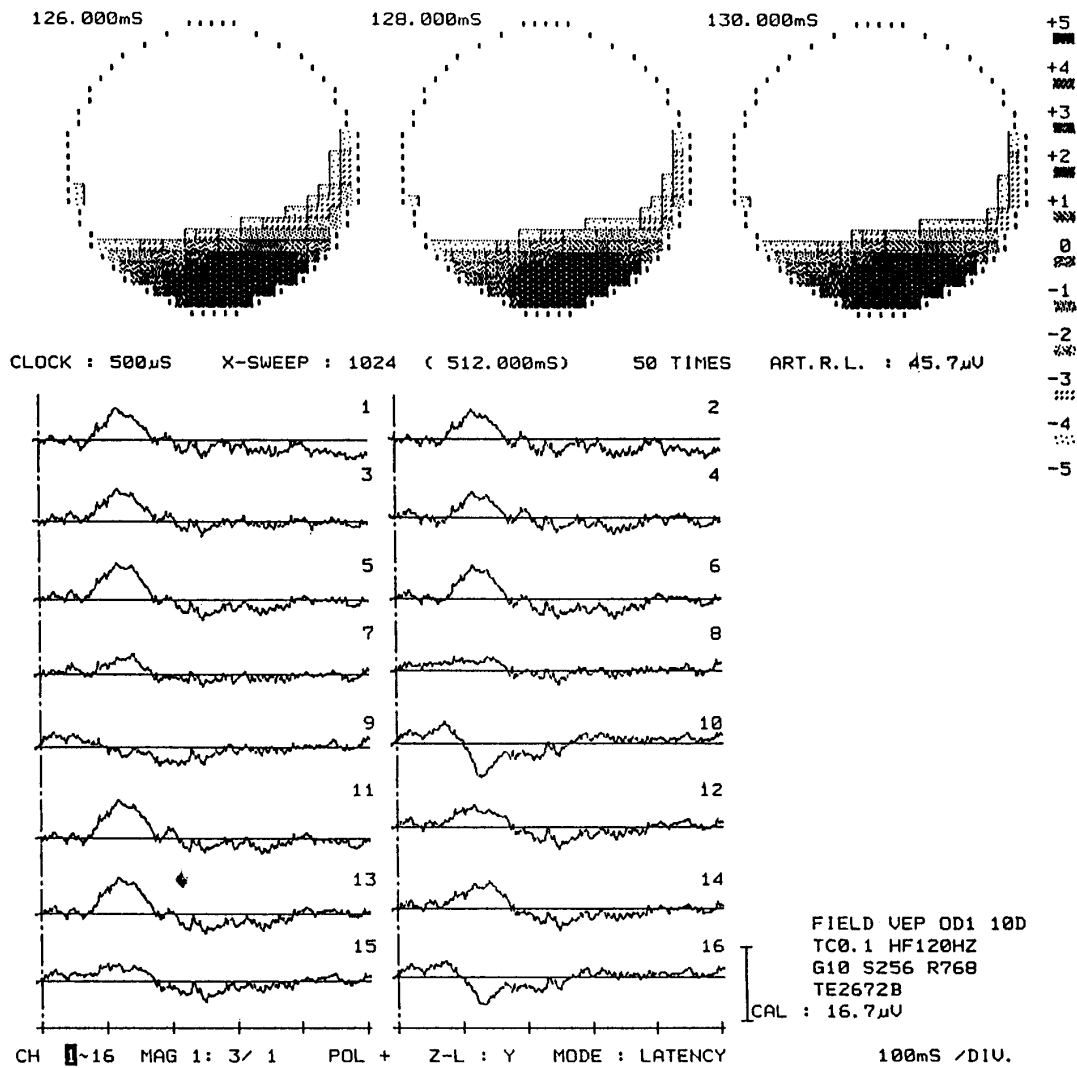


図2B 右眼) 他覚的視野 狭視野負荷10°を行った時の脳電図と原波形 原波形は, Fp<sub>1</sub>(1ch), Fp<sub>2</sub>(2ch), F<sub>7</sub>(3ch), F<sub>8</sub>(4ch), F<sub>Z</sub>(11c3), C<sub>3</sub>(5ch), C<sub>4</sub>(ch), C<sub>Z</sub>(13ch), P<sub>3</sub>(14ch), P<sub>4</sub>(15ch), P<sub>Z</sub>(12ch), T<sub>5</sub>(7ch), T<sub>6</sub>(8ch), O<sub>1</sub>(9ch), O<sub>2</sub>(10ch), O<sub>Z</sub>(16ch)より導出した50回加算平均の結果である。

いる。

著者らは、これまで典型的な求心性視野狭窄例について検討してきた。しかし、求心性視野狭窄をきたす疾患の多くは周辺視野の感度低下より始まり、典型的な求心性視野狭窄へ推移する。したがって、求心性視野狭窄を動的脳電図法で他覚的に評価する為には、比較暗点（見えるが見にくい状態の視野）が脳電図上にどのように表現されるかを理解しておく必要がある。すなわち、動脳電図法および狭視野負荷法による他覚的視野が、どのような視野の感度分布を評価しているかを検討する必要がある。

そこで、今回は、周辺視野に比較暗点を認める網膜色素変性症について、定量的計測による自覚的視野と脳電図との関係を検討したので報告する。

症例および方法

1. 症 例

症例は、19歳の男性で主訴は夜盲である。13~15歳頃より夜盲が出現していたが、視力障害はなく、中心視野が保たれているため周辺視野障害に関しては自覚症状がなかった。

本例の視野障害にかかわる問題点を下記に示

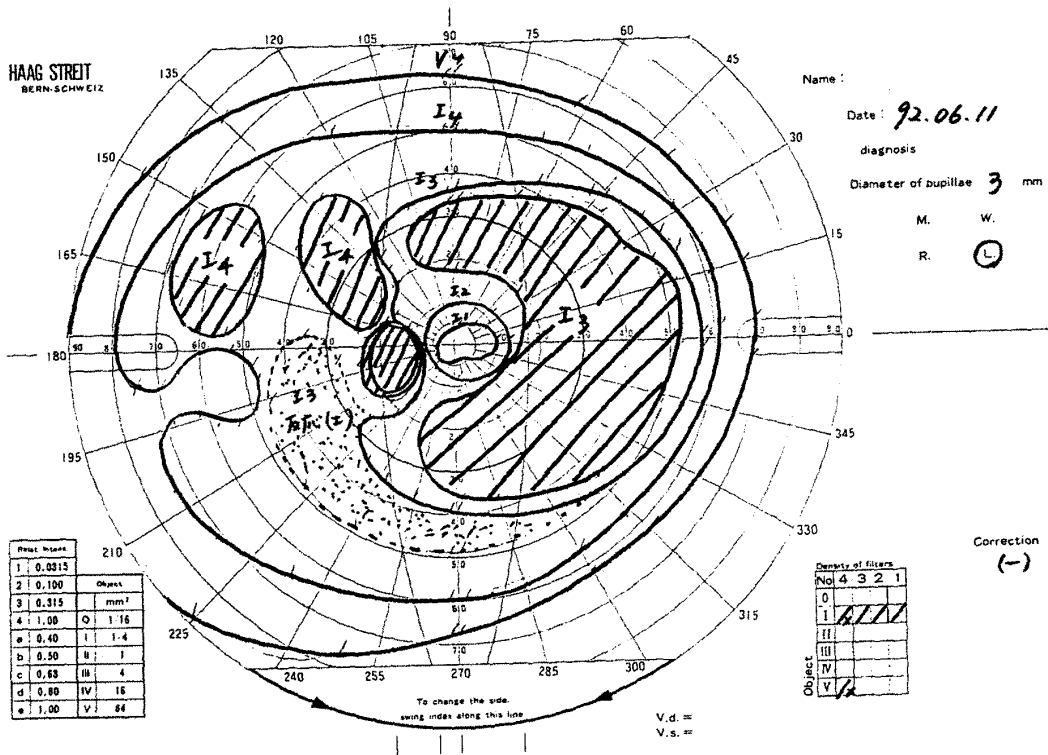


図3 左眼) 自覚的視野 V<sub>4</sub>視標では視野の異常は検出されなかった。I<sub>4</sub>, I<sub>3</sub>視標では比較暗点が検出され、I<sub>2</sub>, I<sub>1</sub>視標では求心性の狭窄を認めた。

す。

- #1 視力 右眼) 1.2 左眼) 1.5
  - #2 夜盲
  - #3 両眼) 網脈絡膜萎縮
  - #4 両眼) 視野障害—周辺視野の比較暗点
  - #5 異常網膜電図 両眼) b波減弱
- 以上より、両眼) 網膜色素変性症と考えられた。

2. 自覚的視野および他覚的視野の測定方法

自覚的視野の測定には、視野の質と量の測定ができる動的量的視野計(Goldmann perimeter, Haag Streit 社)を使用した。測定は約20分の明順応後に行い、5種類の視標(V<sub>4</sub>, I<sub>4</sub>, I<sub>3</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>1</sub>)にて感度分布を測定した。視標の刺激強度は、V<sub>4</sub>は刺激面積64mm<sup>2</sup>・輝度1000asb, I<sub>4</sub>は刺激面積0.25mm<sup>2</sup>・輝度1000asb, I<sub>3</sub>は刺激面積0.25mm<sup>2</sup>・輝度315asb, I<sub>2</sub>は刺激面積0.25・輝度100asb, I<sub>1</sub>は刺激面積0.25mm<sup>2</sup>・輝度31.5asbである。

他覚的視野の測定は、閃光刺激による視覚誘

発反応を動的脳電図法で処理した。誘発反応の刺激にはキセノンフラッシュ(Photostimulator 3G-21P, NEC三栄)を使用した。刺激強度は1 Joule, 刺激頻度は1 Hzである。刺激光と被験者の距離は50cmとし、眼前5cmに乳白色の dif-fuser を設置した。閃光刺激は、全視野および狭視野負荷で行った。動的脳電図法の記録電極は、国際10-20法に基づき頭皮上16か所に設置し、基準電極は平衡型頭部外電極(右胸鎖関節突起および第7頸椎棘突起の皮膚上に設置)とした。接地電極は前額部に設置した。低周波フィルター-1.6Hz, 高周波フィルター-120Hzで記録し、解析時間は512msec.とした。50回の加算平均の後、得られた反応波から、波形 VEP の Oz の電位を基準にし P100 成分の脳電図を作成した (Topography system 711A, NEC三栄)。

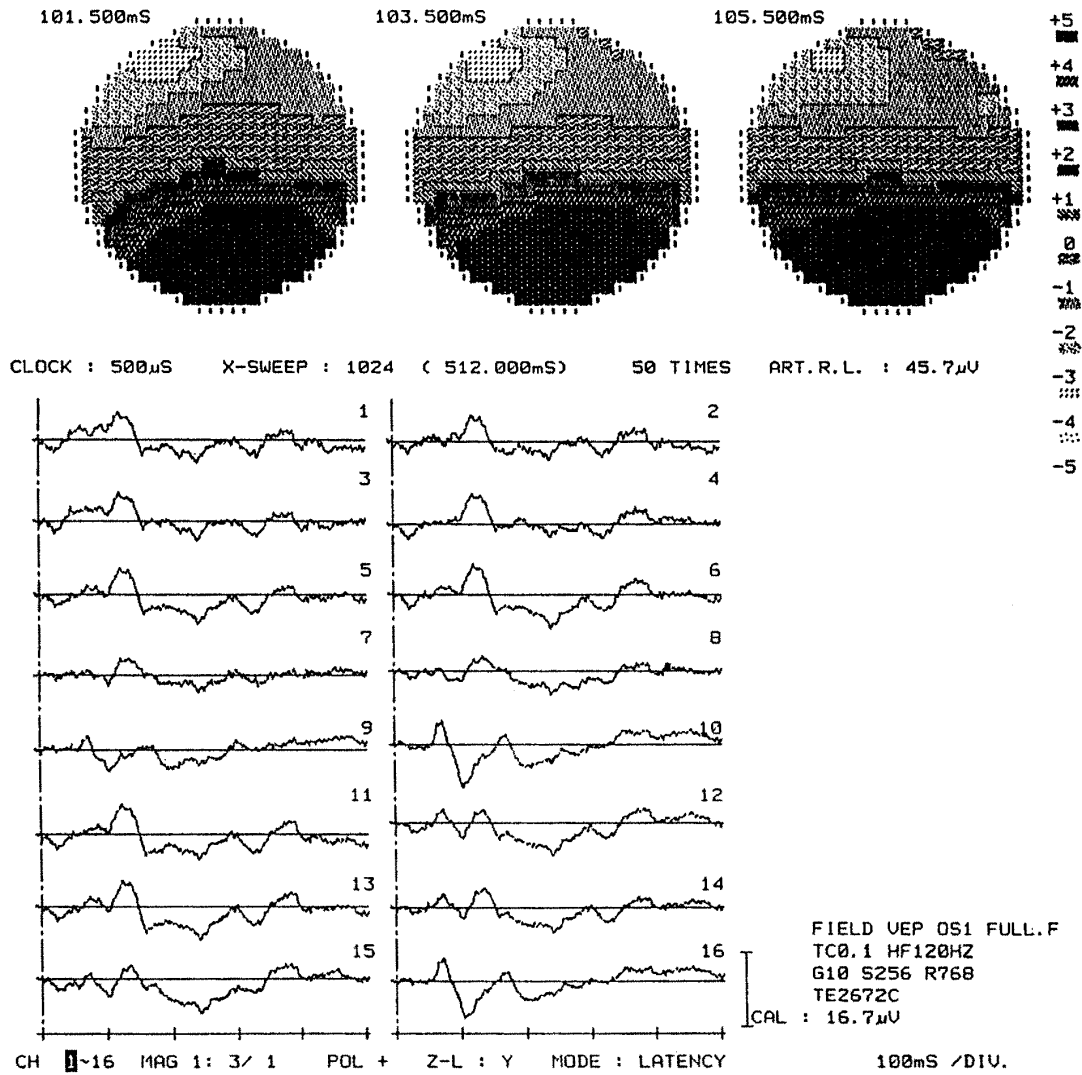


図4 A 左眼) 他覚的視野 全視野刺激の脳電図と原波形 原波形は、Fp<sub>1</sub>(1ch), Fp<sub>2</sub>(2ch), F<sub>7</sub>(3ch), F<sub>8</sub>(4ch), F<sub>Z</sub>(11c3), C<sub>3</sub>(5ch), C<sub>4</sub>(ch), C<sub>Z</sub>(13ch), P<sub>3</sub>(14ch), P<sub>4</sub>(15ch), P<sub>Z</sub>(12ch), T<sub>5</sub>(7ch), T<sub>6</sub>(8ch), O<sub>1</sub>(9ch), O<sub>2</sub>(10ch), O<sub>Z</sub>(16ch)より導出した50回加算平均の結果である。

結 果

1. 右眼の自覚的視野と他覚的視野

自覚的視野の所見を図1に示す。明るく大きな視標V<sub>4</sub>では正常な視野を示した(鼻側70°, 耳側90°, 上側70°, 下側75°)。V<sub>4</sub>視標につく刺激強度をもつI<sub>4</sub>視標では視野の外郭は正常な広さを示したが、視野内の耳側および下方に感度が低下した部分(比較暗点)を認めた。さらに、I<sub>3</sub>視標では鼻側視野に比較暗点が検出され、V<sub>4</sub>視標で得られた視野の中(特に中心約15°より周辺の視野)に広範な感度低下を示す部位を認めた。

I<sub>2</sub>視標は15~10°の求心性視野狭窄、I<sub>1</sub>視標は5°の求心性視野狭窄を示した。

動的脳電図法および狭視野負荷法による他覚的視野の結果を図2に示す。右眼の全視野刺激(図2, A)では、刺激後110msec.ごろ後頭部に陽性電位の出現を認めた。この陽性電位はO<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>Z</sub>で高振幅を示し、頭頂では検出されなかった。脳電図で観察すると刺激後100~120msec.に後頭部の皿型陽性帯電が得られた。動量的視野計のI<sub>2</sub>視標で得られた10°の狭視野負荷を実施したところ(図2, B), 刺激後120~130msec.ごろ陽性電位が後頭部に出現した。脳電図では

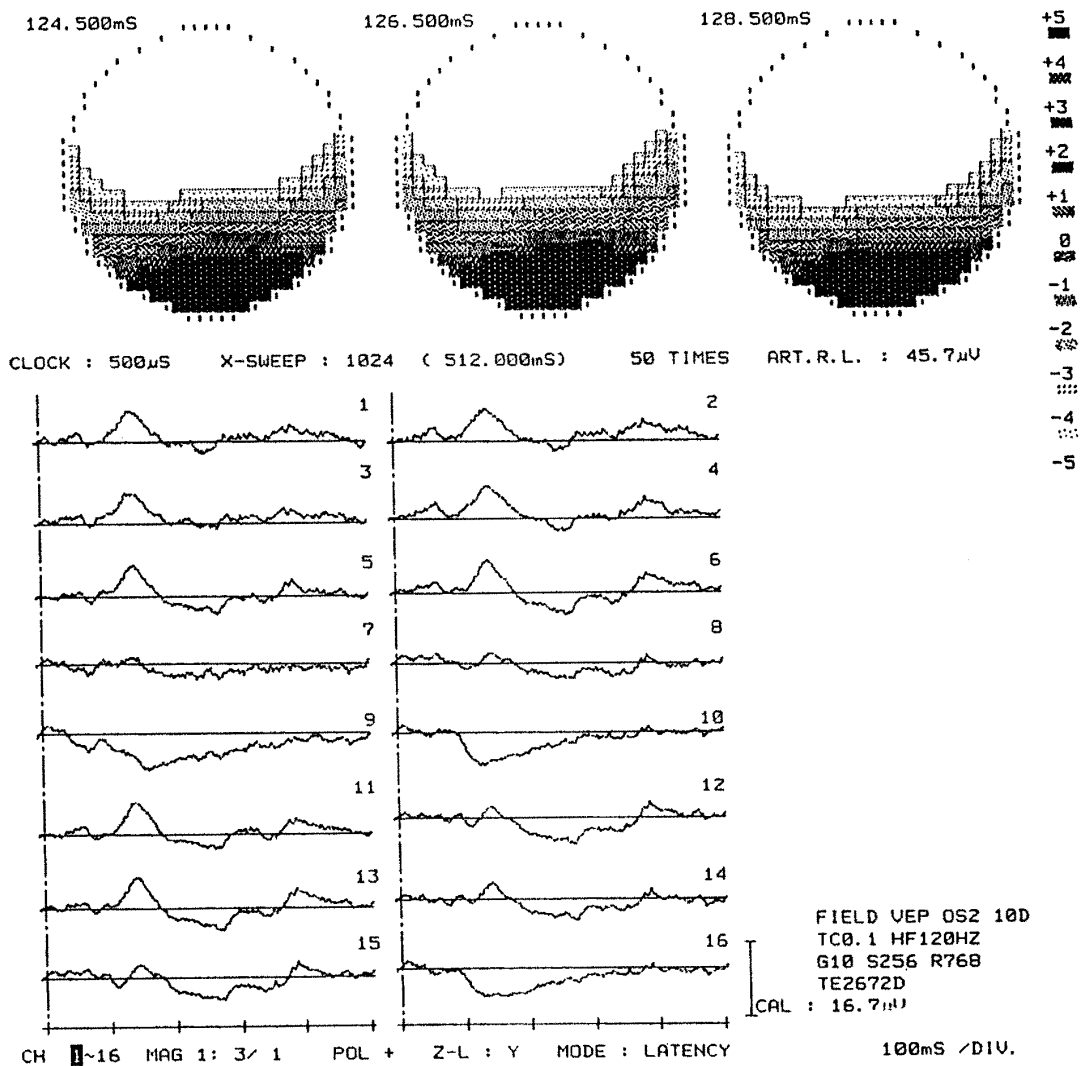


図4B 左眼 他覚的視野 狭視野負荷 $10^\circ$ を行った時の脳電図と原波形 原波形は、 $Fp_1$  (1ch),  $Fp_2$  (2ch),  $F_7$  (3ch),  $F_8$  (4ch),  $F_z$  (11ch),  $C_3$  (5ch),  $C_4$  (ch),  $C_z$  (13ch),  $P_3$  (14ch),  $P_4$  (15ch),  $P_z$  (12ch),  $T_5$  (7ch),  $T_6$  (8ch),  $O_1$  (9ch),  $O_2$  (10ch),  $O_z$  (16ch) より導出した50回加算平均の結果である。

後頭極近傍の皿型帯電が得られた。狭視野負荷により反応潜時は延長し、帯電域は狭小化した。帯電様式そのものは大きな変化を示さなかった。

2. 左眼の自覚的視野と他覚的視野

自覚的視野の所見を図3に示す。 $V_4$ 視標では正常視野を示した(鼻側 $70^\circ$ , 耳側 $90^\circ$ , 上側 $70^\circ$ , 下側 $75^\circ$ )。  $I_4$ 視標では正常な視野の広がり示したが、耳側上半視野 $20\sim 45^\circ$ および $50\sim 70^\circ$ の部位に感度低下(比較暗点)を認めた。 $I_3$ 視標では耳側視野の狭窄を認めた。中心から鼻側視野にはこの視標に反応する部位を認めたもの、鼻

側 $15\sim 20^\circ$ より周辺には巨大な輪状の比較暗点が検出された。 $I_2$ 視標は $10^\circ$ の求心性視野狭窄、 $I_1$ 視標は $5\sim 10^\circ$ の求心性視野狭窄を示した。

動的脳電図法および狭視野負荷法による他覚的視野の結果を図4に示す。全視野刺激(図4, A)は、刺激後100msec.ごろに陽性電位が出現、 $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_z$ ,  $P_z$ , で高振幅を示した。脳電図で観察すると後頭の陽性帯電が得られた。帯電様式は、典型的凸型帯電ではないが、後頭皿型帯電または後頭極近傍の帯電とは限定できなかった。動的量的視野計の $I_2$ 視標で得られた $10^\circ$ の狭視野負荷を実施したところ(図4, B), 刺激後

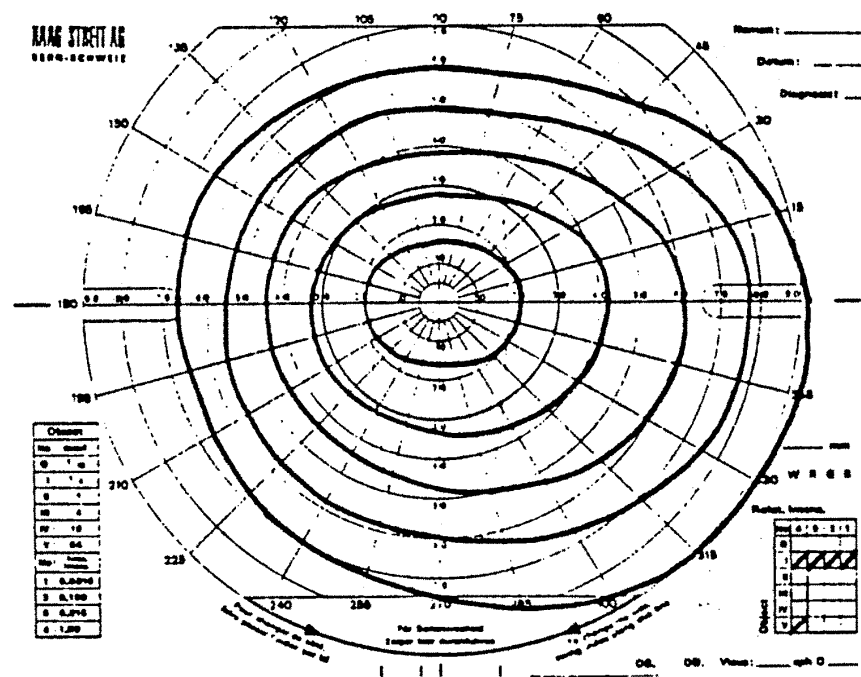


図5 動的量的視野計 (Goldmann perimeter) による右眼) 正常視野 (文献16より転載) 計測には $V_4$ ,  $I_4$ ,  $I_3$ ,  $I_2$ ,  $I_1$ 視標を用いており, 外側より各視標の結果を示している。

120msec.ごろ  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_z$  で陽性電位が出現した。脳電図では後頭極近傍の皿型帯電が検出された。狭視野負荷により反応潜時の延長および帯電域の狭小化を認めた。

### 考 察

動的脳電図法および狭視野負荷法による視野の他覚的評価の特性を把握するため、定量視野計測法による自覚的視野所見との関係を検討した。本研究では、周辺視野が残存しており、その視野内に部分的に感度が低下した部位がある網膜色素変性症の脳電図を観察した。

視野を構成する要素には、感度と面積がある。明るく (輝度100asb), 大きい (64mm<sup>2</sup>) 視標によって得られる視野は、正常人では、外方100°, 内方60°, 上方60°, 下方70°の広さを持つ。一方、刺激強度が低下すると視野は狭く描出される。本報告で対象とした症例と同年齢層の正常視野は、Goldmann 視野計による計測では図5<sup>16)</sup>のような感度分布となる。このような視野を有する正常人の視野誘発反応 (P100成分) の脳電図は、後頭凸型陽性帯電となる。この後頭凸型帯電の起源は、松浦によって大脳縦列にそった後頭葉

視中枢の広範な反応によって得られることが明らかにされている<sup>17)</sup>。この凸型帯電は、正常人の狭視野負荷および器質性眼疾患による視野障害例の検討より、中心視野が25~30°以上ある例で出現することが判明している<sup>14,15)</sup>。

これらの先行研究を基礎に、本報で示した症例の自覚的視野と脳電図所見について考察する。両眼の視野所見に共通する点は、明るく大きい視標 ( $V_4$ ) では正常な広さを示すが、中心10~20°より周辺の視野に広範な感度低下を認めたことである。右眼は、 $V_4$ 標につく刺激強度の  $I_4$ 視標で既に比較暗点が検出されており、視野の質的低下が著しかった。右眼刺激の脳電図は、全視野刺激で後頭皿型帯電にとどまり、正常視野例で検出される後頭凸型帯電は得られなかった。また、全視野刺激の脳電図と10°の狭視野負荷を行ったときの脳電図は帯電様式が変化せず、全視野刺激で得られた後頭皿型帯電の電位発生源は中心10°の視野由来であると推定する。すなわち、右眼の脳電図は  $I_3$ 又は  $I_2$ の視標で示された視野を表現しており、 $V_4$ 視標で示された視野の広がり表現しなかったと考える。左眼は、 $I_3$ 視標で広範な比較暗点が検出されたが、 $I_4$ 視標での



視野障害の程度は右眼より軽度であった。全視野刺激の脳電図は、右眼とは異なり、弱い後頭凸型帯電を示した。10°の狭視野負荷を行ったときの脳電図は、全視野刺激とは異なり、明らかに後頭極近傍の帯電に変化した。したがって、左眼は10°より広い中心視を有すると考えられる。このことは、全視野刺激の脳電図はV<sub>4</sub>視標で示された視野の広がりを変えず、また10°の広さを示したI<sub>2</sub>視標よりは広い視野を示していると考えられる。

正常人における検討では、後頭凸型帯電は中心視野25~30°以上で得られるが、Goldmann視野計によると中心視野25~30°はI<sub>2</sub>からI<sub>3</sub>視標で描出する視野の中間に位置する。一方、本報告の結果は、脳電図所見がGoldmann視野計のI<sub>3</sub>又はI<sub>2</sub>の視標で示された視野を表現していることを示唆している。すなわち、われわれの動的脳電図法および狭視野負荷法による視野の他覚的評価は、定量的視野の中の比較的感度の高い部位を評価している可能性が高いと考える。このことは、後頭葉視中枢において中心視野の投射面積が広いことに由来しており、春田ら<sup>18)</sup>および

Horton et al<sup>19)</sup>により報告された。更に網膜レベルにさかのぼれば網膜電図が中心視野を反映しやすいことを、川島ら<sup>20)</sup>は報告している。動的脳電図法による他覚的視野が、中心視野を反映しやすいのはこれらの視野と視覚伝導路・視中枢の解剖学的構造によると考える。

視野の他覚的評価は重複障害児や高齢者の視機能を把握するために必要であり、しばしば詐病の鑑別診断にも用いられる。本報告により、動的脳電図法および狭視野負荷法による他覚的評価が視野の質と量をどのように表現しているかが明らかにされた。また、この方法で評価される他覚的視野の特性を日常臨床で用いる視野計との関連性において理解できたことは、本方法による視野の他覚的評価の特性を考える上で非常に有益であったと考える。今後も更に視野障害例と脳電図の相互関係を分析し、本報告で得られた結果について検証したい。

本研究は、文部省科学研究費(奨励A 04771994)の補助を受けた。付記して感謝の意を表す。

## 文 献

- 1) 千葉弥幸, 黒田紀子, 安達恵美子, 千葉次郎 (1979) 中心部四分の一視野刺激に対する Pattern Reversal VECP. 日本眼科学会雑誌, **83**, 1564—1574.
- 2) 市橋 進, 木村 久, 筒井 純 (1980) Pattern shift VECP の臨床的応用中心視と周辺視の比較. 臨床眼科, **34**, 873—875.
- 3) Kojima M, Zrenner E (1980) Determination of local thresholds in the visual field by recording the scotopic visual evoked cortical potential in man. *Ophthalmic Research*, **12**, 1—8.
- 4) Barrett G, Blumhardt LD, Halliday AM, Halliday E, Kriss A (1976) A paradox in the lateralisation of the visual evoked response. *Nature*, **261**, 253—255.
- 5) Kuroiwa Y, Celesia GG (1981) Visual evoked potentials with hemifield pattern stimulation, Their use in the diagnosis of retrochiasmatic lesions. *Archives of Neurology*, **38**, 86—90.
- 6) Blumhardt LD, Barrett G, Halliday AM (1977) The asymmetrical visual evoked potential to pattern reversal in one half field and its significance for the analysis of visual field defects. *British Journal of Ophthalmology*, **61**, 454—461.
- 7) Lehmann D, Meles HP, Mir Z (1977) Average multichannel EEG potential field evoked from upper and lower hemi-retina, Latency differences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **43**, 725—731
- 8) Jeffreys DA (1971) Cortical source location of pattern-related visual evoked potentials recorded from the human scalp. *Nature*, **229**, 502—504.

- 9) 千葉次郎, 安達恵美子 (1979) 上, 下半視野刺激に対する Pattern Reversal VECF. 日本眼科学会雑誌, **83**, 2215-2224.
- 10) 安達恵美子 (1977) Scotopic VECF による perimetry —どこ迄検出できるか—. 日本眼科学会雑誌, **81**, 340-346.
- 11) 丸尾 享 (1978) Electroencephalographic Perimetry, 第3報 網膜局所刺激による Vertex Potential について. 日本眼科学会雑誌, **82**, 226-231.
- 12) 早川友恵, 木村 久, 筒井 純 (1989) VEP による視野の他覚的測定 —正常人における基礎的検討—. 日本視能訓練士協会誌, **17**, 58-61.
- 13) 木村 久, 筒井 純 (1989) 脳電図法を用いた flash および grating VEP による視野の他覚的測定. 臨床眼科, **43**, 833-836.
- 14) 早川友恵, 深井小久子, 川島幸夫, 松田盈子 (1993) 動的脳電図法による視野の他覚的測定, 第I報 正常人及び心因性視野障害. 神経眼科, **10**, 20-27.
- 15) 早川友恵, 深井小久子, 川島幸夫, 松田盈子 (1993) 動的脳電図法による視野の他覚的測定, 第II報 求心性視野狭窄を伴う器質性眼疾患について. 日本眼科学会雑誌投稿中.
- 16) 湖崎 弘 (1985) 視野検査 3. ゴールドマン視野計. 湖崎 克 他編, 眼科検査法ハンドブック, 初版, 医学書院, 東京, pp 187-198.
- 17) 松浦雅史 (1986) 視覚誘発動的脳電位図法における後頭部凸型帯電の研究. 日本眼科学会雑誌, **90**, 1499-1505.
- 18) 春田龍吾, 可児一孝, 乾 敏郎 (1984) 新しい視野の量的表現の試み —網膜神経節細胞密度を考慮に入れて—. 神経眼科, **1**, 6-73.
- 19) Horton JC, Hoyt WF (1991) The representation of the visual field in human striate cortex, A revision of the classic Holmes map. *Archives of Ophthalmol*, **109**, 816-824.
- 20) 川島幸夫, 筒井 純, 宮田典男, 楠牟礼正和 (1989) 加算網膜電位図の三次的検討 (XY 平面, 時間因子): 定型的, 非定型的網膜色素変性症における分析. 日本眼科学会雑誌, **93**, 1114-1125.