

## Pattern VER による視機能の他覚的評価 正常者分析と屈折要因の検討

池谷 尚剛 中野 秀樹\* 谷村 裕

パーソナルコンピューターを用いた Pattern VER を正眼者で測定し、潜時・振幅に関して波形分析を行った。また、人工的なレンズ操作によって屈折要因の影響を検討した。その結果、正眼者の Pattern VER は、(1)振幅はチェックサイズ16'で最大になり、これより大きなサイズは急激に低下すること、(2)潜時はチェックサイズが16'より小さくなると延長する傾向があること、(3)視力の閾値を必ずしも反映していないこと、が確認された。これは、閾値では機能を最大限に発揮することはできないことを示唆している。また、プラス球面レンズによって屈折状態を変えると振幅は低下し、それと共に潜時が延長することが示された。特に小さなチェックサイズほどその影響が顕著に現われた。

キーワード：Pattern VER 視機能 他覚的評価 屈折要因

### 1. はじめに

視機能を他覚的に測定する方法として視覚誘発反応(以下 VER)がある。VERは刺激の種類によって異なる視機能を反映することが知られている。フラッシュ光を刺激として用いると光の on-off に関する機能が反映され、パターン刺激では空間的な分解能を評価することができる(Spehlman, 1965; Jeffery, 1971)。この特性を利用して、パターン刺激によって視力を他覚的に測定することが試みられている(安達, 森田, 1978; 安達, 1982; Chelva, Van Lith, 1982)。パターン刺激による VER (Pattern VER; 以下 PVER)は様々な刺激要因に影響されることが知られている(安達, 1980)。このうち、眼球光学系の屈折要因については、PVER 振幅の低下が安達(1982)、千葉, 安達(1978)によって指摘されているが、低視力状態での PVER は消失することが多く(小口, 1980)、屈折度数との関係は検討されていない。

また、近年パターン刺激装置としてパーソナルコンピューターを利用する研究(田村, 1982)もみられるようになり、その臨床応用も試みられている。

そこで、本研究ではパターン刺激をパーソナル

コンピューターで作成し、PVER の正常波形の分析を行うと共に、屈折の要因が PVER にどのような影響を与えるかを検討した。

### 2. 方法

#### (1) 被験者

PVER の正常波形分析は正眼者 9 名 17 眼、屈折要因の検討は 3 名 5 眼で行った。

#### (2) 装置

PVER の測定装置は Fig. 1 に示すようにパーソナルコンピューター (NEC PC-8801) を用いてパターン刺激を提示した。脳波はアンプ(日本光電 AVB-9)で増幅し、アベレージャー(日本光電 ATAC-350)で処理した。脳波は、10-20法に従い Oz-Pz から双極誘導し、アースは左耳から導出し

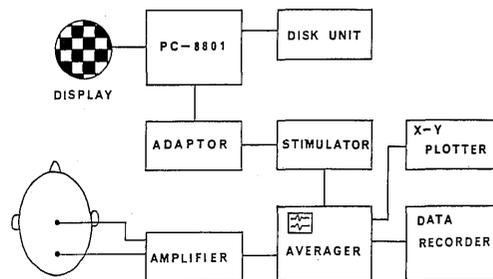


Fig. 1 Pattern VER systemのBlock Diagram

\* 臨床医学系

Table 1 被験者の屈折補正度数と矯正視力

Name	Refract Data (D)			
H.S.	OD	1.5xC-0.75	Ax90	
	OS	1.5xC-0.75	Ax90	
Y.A.	OD	1.5xS-0.25	C-0.50	Ax100
	OS	1.5xS-0.25	C-0.75	Ax75
H.T.	OD	1.5xS-4.25	C-0.75	Ax15
	OS	1.5xS-4.50	C-0.75	Ax10
M.H.	OD	1.5xS-3.00	C-0.25	Ax5
	OS	1.5xS-0.50	C-0.75	Ax165
T.O.	OD	1.5xS+0.50	C-0.75	Ax80
	OS	1.5xS+0.50	C-0.75	Ax85
H.A.	OD	2.0xS-2.25	C-0.50	Ax95
	OS	2.0xS-1.50	C-0.50	Ax15
Y.A.	OD	1.5xS-0.25	C-0.50	Ax100
	OS	1.5xS-0.25	C-0.75	Ax70
T.M.	OD	2.0xC-0.25	Ax5	
	OS	2.0xC-0.50	Ax15	
S.K.	OD	1.5xS-0.50		

た。脳波の記録条件は、フィルターは Low Cut 1.5Hz, High Cut 100Hz, 脳波のサンプリングタイムは500usec, 解析時間は512msec, 加算回数は50回, 刺激周波数は1.85Hzとした。パターン反転頻度は潜時を分析の対象とするため, transient VERとなる3.7Hzとした。

パターン刺激の種類は市松模様とし直径6.3°の円形の窓の中に提示した。市松模様のチェックサイズは視角1.1°, 55', 33', 27', 16', 13', 8', 6'の8種類とした。視距離は1.5m, 刺激面の平均輝度は65cd/m<sup>2</sup>, コントラストは80%であった。また刺激面の周囲はツヤ消しの黒ケント紙で覆い, 均一の背景となるようにした。

(3) 手続き

被験者の屈折異常は Table 1 に示すように眼鏡によって完全補正を行った。被験者は椅子に座り, 頭部をあご台で固定した。実験中は刺激面の中心を固視するように指示した。

刺激の提示はチェックサイズの大きい順とし, 再現性を見るため各サイズとも測定を2回行った。

3. 結果

1) 正常波形分析

Fig. 2 は被験者 T. A. の各チェックサイズに対する PVER を示したものである。PVER の分析

は刺激提示後110msec 付近に出現する陽性波 (P 110) の振幅・潜時と刺激のチェックサイズとの関係を検討した。本実験で用いている6.3°という視野直径は PVER の最大振幅の得られる大きさ(安達, 1980) として採用された。

Fig. 3 は P 110 の振幅とチェックサイズとの関係を示したものである。振幅はチェックサイズ16' で最大 (8.0±2.0uV) になり, チェックサイズがそれより大きくても小さくても振幅が低下した。特に, 振幅の低下傾向はチェックサイズが大きい場合に顕著にみられ, 最も大きなサイズである

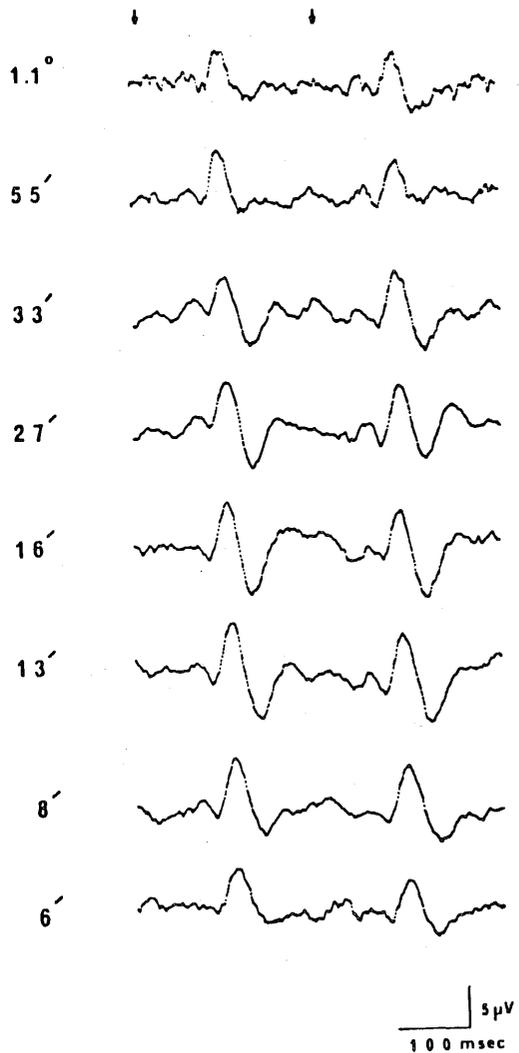


Fig. 2 各チェックサイズに対するPVER ↓はパターン反転を示している。

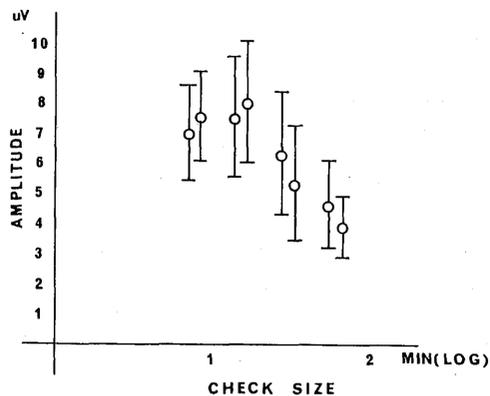


Fig. 3 各チェックサイズに対する振幅の変化  
チェックサイズの視角は横軸に対数で表示した。

1.1°では振幅が $3.9 \pm 1.0 \mu V$ となり、視角16'に比べて50%以下の振幅に低下していた。

チェックサイズによる振幅の増減は視覚系の機能を反映し、振幅が大きいほど刺激に対する視覚系の機能が高いことになる。つまり、視覚系は外界の刺激に常に一定の反応をしているわけではなく、視覚系の機能レベルに対応した適正な刺激に対して最も良く反応することを示唆している。

本実験の被験者は眼鏡によって完全補正してあるため視力は1.5または2.0である。これは視角1'またはそれ以下の2点を弁別することのできることを意味している。しかし、PVERの振幅は視角16'をピークにして、それ以下のチェックサイズでは低下する傾向を示した。従って、PVERの最大振幅と視力の閾値とは一致していないことになる。

Fig. 4はP 110の潜時とチェックサイズの関係を示している。興味あることに、潜時とチェックサイズとの関係は振幅とは逆の傾向を示した。潜時はチェックサイズ1.1'~27'では112msec~114msecとほぼ一定していた。しかし、チェックサイズが16'より小さくなると潜時は延長していく傾向が示され、視角6'では126.7msecと10msec以上の延長がみられた。

この理由として、チェックサイズが細かいと情報量が多くなり、視覚系での処理時間がかかることが考えられる。

2) 屈折要因とPVERの振幅、潜時との関係  
パターンチェックサイズは正常波形分析で最

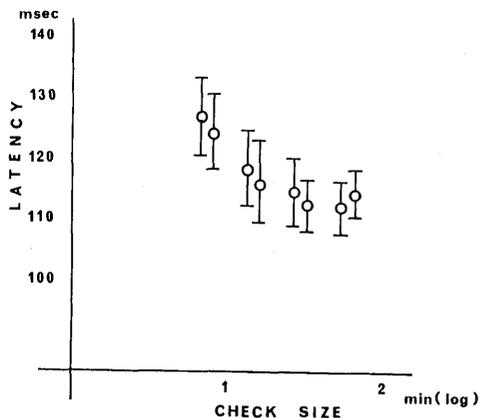


Fig. 4 各チェックサイズに対する潜時の変化  
チェックサイズの視角は横軸に対数で表示した。

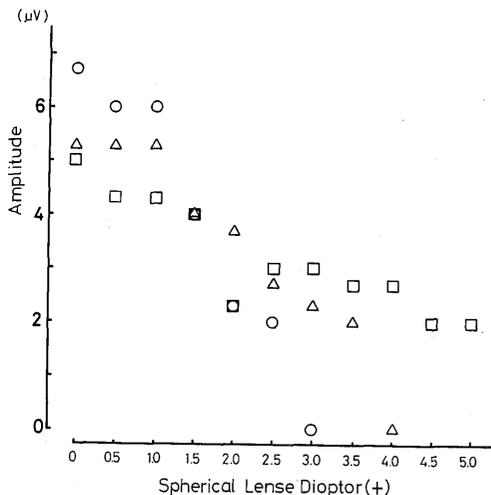


Fig. 5 レンズ度数と振幅の関係  
○は13', △は16', □は27'をあらわしている。  
○は3.0D, △は4.0DでPVERが消失している。

も振幅の大きかった16'とその前後のサイズである13', 27'の3種類を用いた。被験者の屈折状態はプラス球面レンズを0.5Dステップでプラス5.0Dまで付加して変化させた。プラス球面レンズを用いると、人工的な近視状態になり焦点が網膜より前に結ぶことになる。このため、網膜像の鮮明さが低下し (defocusの状態)、視力は低下する。プ

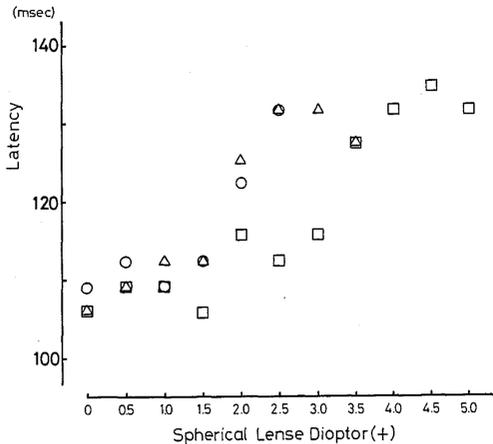


Fig. 6 レンズ度数と潜時の関係  
 ○は13', △は16', □は27'をあらわしている。  
 ○は3.0D, △は4.0DでPVERが消失している。

ラスレンズを増加していったPVERが出現しなくなった時のレンズ度数をそのチェックサイズに対する臨界度数とした。分析は測定した5眼の平均値で行った。

Fig. 5は、レンズ度数とPVERの振幅との関係を示している。PVERの振幅はレンズ度数が増加すると次第に低下していき、あるレンズ度数で消失していた。P110の振幅が消失する臨界度数は、チェックサイズによって異なり13'で+3.0D, 16'で+4.0D, というチェックサイズの小さい順となっていた。また27'では+5.0Dでも振幅が確認された。この結果は、視対象が細かいパターンでは屈折による変化を受けやすく、パターンが大きければ屈折の影響を受けにくいことを示している。

Fig. 6はレンズ度数とPVERの潜時との関係を示している。レンズ度数が増加するとPVERの潜時は各チェックサイズとも延長していくことが明らかになった。P110の潜時が延長していることは、網膜像の鮮明さが失われることで視覚系の処理時間が延びることを意味している。

## 考 察

### 1. 正常波形分析

パターンのチェックサイズと振幅の関係は視角10'~20'の時最大となり、その前後のサイズでは低下するとされている(千葉, 安達, 1978)。本実

験の結果は視角16'で最大振幅となり、チェックサイズによる振幅の低下も先行研究と類似していた。パターン刺激の反転頻度については、transient VERを採用したが、steady state VERと比べて振幅の個人差が大きくなる傾向が認められた(1.0 uV < SD < 2.1 uV)。

transient PVERのチェックサイズと潜時の関係について、Sokol & Moskowitz (1981) はサイズが細かくなると潜時が延長することを指摘し、その理由としてパターンに対する処理時間または伝達時間の変化を反映しているものと考えた。

また、視角16'を境に潜時に差が生じることは、視覚の処理系が変わることを示唆している。Parker & Salzen (1977) は視角15'を境にPVERの潜時が異なることを示している。今回の結果も視角16'以下で潜時が延長していた。この視角15'~16'という値は視覚系の構造とどの様に対応しているのだろうか。網膜の視細胞は中心窩では視神経と一対一の対応をしているが、周辺部にいくにつれてその比率は大きくなる。また、視細胞にも3種類あり、その機能が異なることが知られている(福島, 1980)。松永(1981)は動視標によるVERを測定し、中心窩部分は低速の視標に反応し、傍中心窩部分は高速の指標に反応していることを明らかにした。そして、それぞれが網膜のX細胞, Y細胞系統の伝達系に対応していることを確認した。このことは網膜中心部における細胞群による処理時間の差が潜時の差になっていることを示唆している。PVERの潜時に差が現われたことは、パターンのサイズによって視覚系の処理システムが変わっていることを示唆しているのかもしれない。今回提示したパターンの視野は6.3°であり、傍中心窩部分を含んでいた。今後、提示する視野の大きさによって潜時・振幅がどのように変化するか検討する必要がある。

### 2. 屈折要因との関係

本実験の結果、プラス球面レンズによって人工的に屈折状態を変化させると、PVERの潜時と振幅が変化することが確認された。また、PVERの屈折状態による変化はパターンのチェックサイズによって異なることが示された。

PVERが出現しうる屈折範囲はチェックサイズと刺激のコントラストによって異なっている。Van Lith et al (1977) はチェックサイズ20'コントラスト20%では+3.0D, 40'~40%で5.0D, 80'~

80%では+8.0Dで振幅が認められたとしている。コントラストとチェックサイズを一定にした場合は、屈折状態と振幅の関係はプラス側へもマイナス側へも均等の変化を与えるとされている (Chiba, Kanaizumi, Adachi, 1977)。また, Sokol & Moskovitz (1981) は網膜像の defocus による潜時の遅れとして, チェックサイズ12' レンズ度数+2.0D では10msecであるが, チェックサイズ48'では同じ10msec遅らすのに+5.0Dのレンズ度数が必要になるとしている。こうしたPVERの潜時と振幅を屈折との関係からとらえていくことは, 視覚系の機能を評価するうえで興味深いことである。

### 3. PVER と視機能との関係

PVERの潜時の遅れは視覚情報の処理時間が延長することであり, 振幅の低下は視覚刺激に対する活動量の低下を反映していると考えられる。今回, 屈折要因が振幅と潜時の両方に影響し, かつパターンの大小によってその影響が異なることが認められた。また, 正常波形の分析でPVERが必ずしも視力という分解能の閾値を反映していないことを指摘した。今後はPVERが反映している視機能を視力にとどめるだけでなく, 視野, 眼球運動といった他の視機能や視覚的な能力, たとえば視能率などとの関連を検討する必要があるのかもしれない。

### 文 献

- 1) 安達恵美子, 森田之大(1978): 格子縞反転刺激による視覚誘発電位の研究, 日眼会誌, 81, 892-899
- 2) 安達恵美子(1978): Pattern Reversal VECPによる屈折検査, 眼紀, 29, 787-789
- 3) 安達恵美子(1980): ヒト VECPの基礎, 眼科MOOK, No 14, 眼と電気生理, 162-172, 金原出版
- 4) 安達恵美子(1982): 屈折異常と視覚誘発電位, 眼科, 24, 337-349
- 5) Chelva, E. & Van Lith G. H. M. (1982): Influence of defocusing, absorption and scatter on evoked potentials to contrast and contour-related stimuli, Docum. Ophthalm. Proc. Ser., Vol. 31, 337-344
- 6) Chiba, Y., Kanaizumi, D. & Adachi-Usami, E. (1977): Psychophysical and VECP examinations of emmetropia, miopia, hypermetropia and aphakia, Doc. Ophthalm. Proc. Ser., Vol. 13, ERG, VER and Psychophysics (Ed. Lawwill, T.), 47-55
- 7) 千葉弥幸, 安達恵美子(1978): Checkerboard Pattern Reversal VECP—振幅の個人差と視力—, 眼紀, 29, 784-786
- 8) 福島邦彦(1976): 視覚の生理とバイオニクス, 社団法人 電気通信学会
- 9) 今田利明, 淀川英司(1981): 視覚系の階層構造と情報処理時間, 電気通信学会技術研究報告 MBE 81-21, 43-50
- 10) Jefferys, D. A. (1971): Cortical source locations of pattern-related visual evoked potentials recorded from the human scalp, Nature Vol. 229, 12, 502-504
- 11) 松永功(1981): 視覚誘発反応(VER)によるヒト視路の伝導系に関する研究, 日眼会誌, 85, 147-155
- 12) 小口芳久(1980): 視神経疾患のVECP, 眼科MOOK, No 14, 207-217, 金原出版
- 13) Parker, D. M. & Salzen, E. A. (1977): Latency changes in the human visual evoked response to sinusoidal gratings, Vis. Res. 17, 1201-1204
- 14) Sokol, S. and Moskovitz, A. (1981): Effect of retinal blur on the peak latency of pattern evoked potential, Vis. Res., Vol. 21, 1279-1286
- 15) Spehlmann, R. (1965): The averaged electrical responses to diffuse and to patterned light in the human, Electroenceph. clin. Neurophysiol., Vol. 19, 560-569
- 16) 田村修(1982): マイコンを用いたVECP用パターン刺激装置, 眼紀, 33, 752-753
- 17) Van Lith, G. H. M., Henkes, H. E. & van Marle, G. W. (1979): Visual acuity and checkerboard potentials with defocusing lenses, Doc. Ophthalm. Proc. Ser. Vol. 13, ERG, VER and Psychophysics (Ed. Lawwill, T.), 13-19

## Summary

### Objective Evaluation of Visual Function by Pattern VER

Naotake Iketani, Hideki Nakano and Yutaka Tanimura

We tested 9 normal subjects on Pattern VER with personal computer, and analyzed the refractive factor of PVER using spherical plus lenses. All subjects were perfectly corrected with glasses.

The results were as follows :

We recognized the factors of PVER were checksize and refraction. The maximum amplitude was obtained from checksize 16'. The peak latency (P110) indicated the significant delay for the checksize smaller than 16'. The amplitude of PVER were obtained from larger checksize with increasing retinal blur under condition of constant contrast. That indicated PVER didn't reflected the threshold of visual acuity.

**Key word:** Pattern VER, Visual function, Objective evaluation, Refractive factor