

テレビ画像上のノイズ刺激による視覚誘発電位の計測

Measurement of Visual Evoked Potential by Noise Stimulus on TV Picture

○宮下貴行*, 田中元志*, 井上浩*, 新山嘉嗣**

○Takayuki Miyashita*, Motoshi Tanaka*, Hiroshi Inoue*, Yoshitugu Niiyama**

*秋田大学工学資源学部, **秋田大学医療技術短期大学部

*Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, **College of Allied Medical Science, Akita University

キーワード : 視覚誘発電位 (visual evoked potential), 脳波 (electroencephalogram), ノイズ (noise), テレビ画像 (TV picture), プログラマブル複合ノイズ発生器 (programmable composite noise generator)

連絡先 : 〒010-8502 秋田市手形学園町1-1 秋田大学 工学資源学部 電気電子工学科 井上研究室

宮下貴行, Tel.: (018)889-2492, E-mail: miya@venus.ee.akita-u.ac.jp

1.はじめに

近年, 我々の社会生活における電子機器は, めざましい発達を遂げている. 一方, その電子機器自体から発生するバースト性やインパルス性の電磁波ノイズにより, テレビ画像に妨害を与えることなどが問題となっている¹⁾. そこで, ノイズによる電波の受信環境の悪化を改善するためには, 外部から混入する電磁ノイズがテレビ画像に与える妨害の程度を調査する必要がある.

従来, 人間による評価と対応が良い妨害度測定器は実現されていないため, 主な妨害度の評価法として, 主観評価が用いられている. これまで, 筆者らは, ノイズパラメータが制御可能なプログラマブル複合ノイズ発生器(P-CNG: Programmable Composite Noise Generator)を用いて, テレビ画像に及ぼすノイズの影響を主観評価実験により検討してきた²⁾³⁾. その結果, ノイズの平均電力によ

る影響が大きいことが明らかとなっている. 一方, 主観評価と対応が良い客観評価の方法が望まれる.

主観評価では, 視覚情報によってノイズが邪魔に感じるかどうかの判断をすることから, 脳活動にも何らかの影響を及ぼしていると考えられる. すなわち, テレビ画像上に混入したノイズにより視覚系は刺激を受けているため, そのつど視覚誘発電位(VEP: Visual Evoked Potential)が生じると考えられる⁴⁾⁵⁾. また, VEPは混入されたテレビ画像上のノイズの妨害度に依存して変化することが考えられる.

本研究では, 視覚系の生理学情報を用いて, 客観評価を行うことのできる可能性を検討することを目的として, バーストノイズが混入したテレビ画像を見ることによって誘発される脳波上の変化を測定し, 解析を試みた.

2. 誘発電位⁴⁾⁵⁾

誘発電位の簡単な説明図をFig.1に示す．例えば，光や音といった感覚刺激を受けることにより，脳波の電位が変化する．このとき，誘発される電位は，

- 1) 感覚刺激の物理特性に依存する外因性成分
 - 2) 被験者の心理的な活動に依存する内因性成分
- に大別され，VEPは外因性成分に分類される．実際の誘発電位は，刺激とは直接関係のない脳電位（背景脳波）に埋もれており，識別することができない．しかし，加算平均といった方法を用いれば，刺激に対する反応を識別することができる⁶⁾．

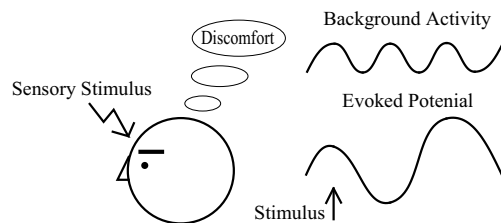


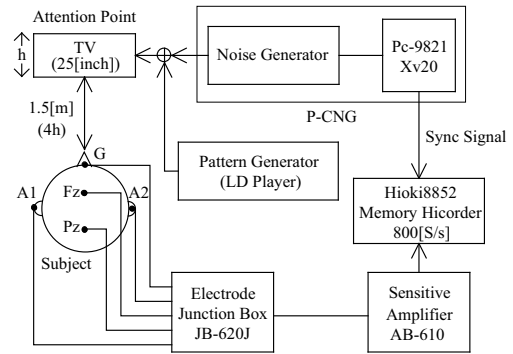
Fig. 1 誘発電位の簡単な説明図

3. 実験方法

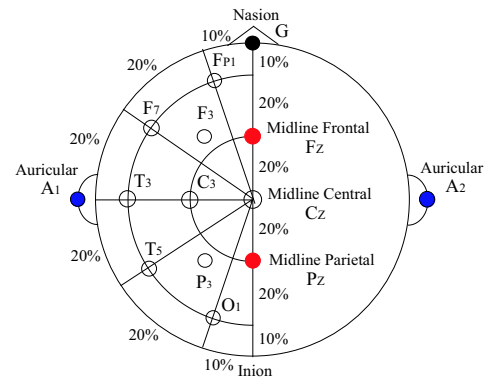
被験者は，20から24歳の健康な男性10名であり，実験の内容について同意を得てから行った．測定系の構成と電極配置をFig.2に示す．測定場所には空調をきかせ，照明(蛍光灯)をつけている．視距離は，テレビ画面高の約4～6倍とし⁷⁾，1.5 m離れた位置にリクライニングチェアを置く．

脳波記録にあたっては，エタノールを含んだ脱脂綿で被験者の頭皮上の記録部位をよく拭き，その上の皮膚に脳波用電極ペーストをすり込んだ後，ペーストを盛ったAg-AgCl皿電極を軽く押し付け，メッシュポアテープで固定する．

電極配置は，国際10-20法に従い，探查電極を正中線上の前頭Fzと頭頂Pzに置き，基準電極を左耳朶A1と右耳朶A2の連結，接地電極を鼻根部近傍Gとした⁵⁾．テレビ中央に，眼球運動によるアーチファクトを軽減するために注意点を設け，視角は約20°×15°である．また，脳波は通常，振幅が約50 μ Vppと小さいため，高感度増幅器で増幅してから



(a) 測定系



(b) 国際10-20法による電極配置

Fig. 2 測定系の構成と電極配置

Table 1 増幅器の設定

Gain [dB]	86
Low Cut Frequency [Hz]	0.5
High Cut Frequency [Hz]	300

ディジタルオシロスコープを用い，サンプリング間隔800 S/sで記録した．増幅器の設定をTable 1に示す．

テレビモニタ上にLDプレーヤ出力の映像信号を呈示し，P-CNG出力の周期性バーストノイズを混入させる．このとき，被験者には画像を見ているよう指示する．P-CNGは，非ガウス性ノイズの統計的性質をシミュレートできるノイズ発生器である³⁾．出力バーストノイズ波形の一例と実験パラメータをFig.3に示す．また，このバーストノイズの平均電力 $P[W]$ は，(1)式，ここで T は発生間隔[s]， T_D は継続時間[s]， σ は実効値[V]，で与えられる．

$$P = \frac{T_D}{T} \sigma^2 \quad (1)$$

実験では、ノイズ内の周波数情報を表す確率統計量(ACR: Average Crossing Rate)は、主観評価値が最も低下することが確認されている80 kHz一定とし、 T を1.5秒一定、 σ 、及び T_D を変化させた。測定時間は最大で150秒間とした。評価用標準画像としては、実際にテレビで放映された映像を集めたLD「地球大紀行 Vol.1」の一場面を用いた。評価用標準画像と実際にノイズが混入したときの画像をFig.4に示す。

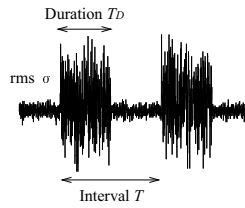


Fig. 3 バーストノイズ波形例

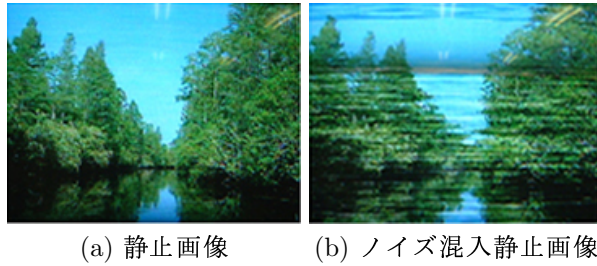


Fig. 4 評価用標準画像

4.解析方法

デジタル信号として取り込まれた脳波の解析の流れをフローチャートとしてFig.5に示す。脳波信号の解析区間は、刺激呈示100 ms前からの1秒間毎とした。各試行に対し加算平均処理⁶⁾を行うことにより、背景脳波が抑えられ、誘発電位が得られる。これは信号対雑音比(SN比)を上げるために最もよく用いられる方法であり、SN比は加算回数 n の平方根に比例して(2)式のように上昇する。アーチファクトの混入や被験者に対する負担を考え、 n は必要最小限が望ましい。

$$\left(\frac{S}{N}\right)_n = \sqrt{n} \left(\frac{S}{N}\right) \quad (2)$$

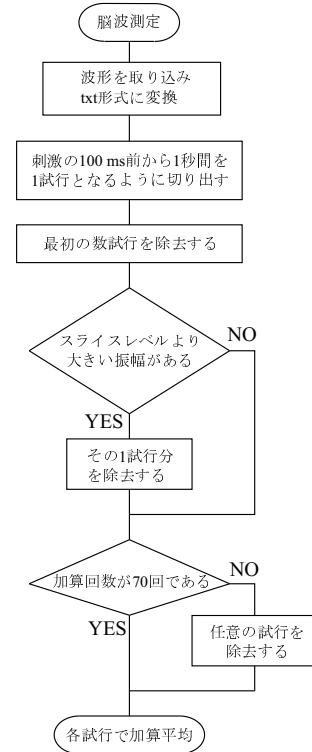


Fig. 5 解析の流れ

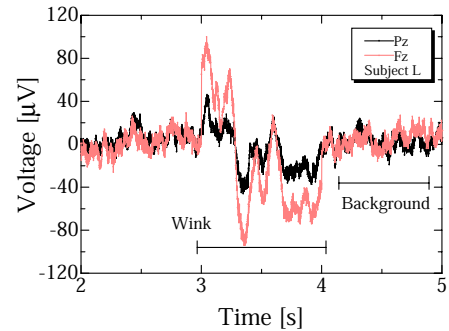


Fig. 6 瞬目によるアーチファクト

しかし、この処理では波形が一定の形で出現するアーチファクトは除去されない。本測定での主なアーチファクトは瞬目であり、その波形例をFig.6に示す。瞬目のアーチファクトは、運動野に近いFz配置の方がPz配置よりも大きく、個人差や瞬目の仕方に依存するが、100~200 μV_{pp} の振幅を持つ。そこで、全ての測定において、瞬目による影響をできるだけ除くため、 $\pm 50 \mu V$ を越える振幅を含む試行を除去した。また、安定した脳波が誘発されるまでの最初の数試行の除去、及び各被験者の加算回数の違いによる誤差を防ぐために1名あたりの加算回数が70回になるようにした。さら

に，10名分のデータについて加算平均することにより，総加算平均(Grand Mean)波形を作った．

5.測定結果と検討

5-1.視覚誘発電位(VEP)

評価用標準画像にバーストノイズが混入されていないとき，及び混入させたときの10名の被験者による代表的な総加算平均波形をFig.7に示す．ここで用いたバーストノイズは，平均電力 $P=16.7\ \mu\text{W}$ ($\sigma=50\ \text{mV}$, $T_D=10\ \text{ms}$)である．Fig.7(b)中の下部に示すパルスは，エンベロープを示し，振幅はバーストノイズの実効値 σ ，パルス継続時間 T_D はバーストノイズの継続時間に対応している．ただし，エンベロープ振幅は図の縦軸には対応していない．

評価用標準画像にバーストノイズ刺激を混入させたとき(Fig.7(b))では，混入されていないとき(Fig.7(a))にはない成分(P1)が表れていることがわかる．ここで，Fig.7(b)中の点を以下のように定義した．

- ・ baseline : 刺激前100 ms間の平均振幅
- ・ N1 : 刺激後に顕著に見られる最初の陰性成分
- ・ P1 : N1後の陽性成分
- ・ N2 : P1後の陰性成分

したがって，このP1を最大振幅とするN1, P1, N2で構成される成分が，刺激によって生じる外因性の視覚誘発電位(VEP)であると考えられる．

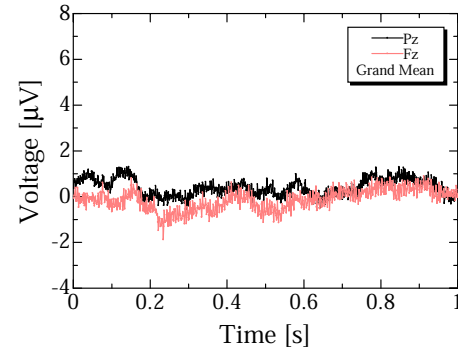
また，振幅値の定量化には，baseline-to-peak法，及びpeak-to-peak法を用いて⁸⁾，

- ・ P1-baseline間の振幅VP1-baseline
- ・ P1-N1間の振幅VP1-VN1
- ・ baselineより正側でN1とN2の間の面積A
- ・ N1からN2までの間隔I

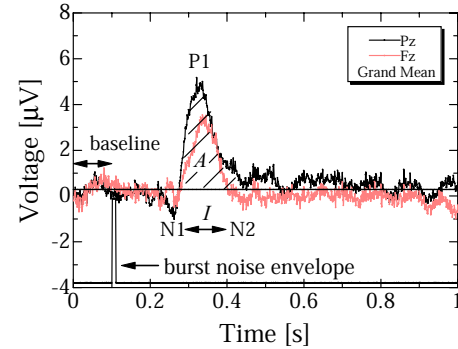
と定義し，この4点について着目した．

5-2.実効値変化時のVEP特性

ノイズパラメータをTable 2に示すように設定し，実効値 σ 及び継続時間 T_D を変化させたときの



(a) 静止画像



(b) ノイズ混入静止画像($P=16.7\ \mu\text{W}$)

Fig. 7 総加算平均波形

Table 2 ノイズパラメータ

	σ 変化時	T_D 変化時	P 変化時
$\sigma[\text{mV}]$	10,30,50,80	50	10,30,50,80
$T_D[\text{ms}]$	50	10,30,50,100	10,30,50,100
$P[\mu\text{W}]$	3.3~213.3	16.7~166.7	3.3~426.7

VEPの特性をFig.8から10に示す．図中の実線は，最小二乗法による近似曲線である．ここで，設定した $\sigma = 10\ \text{mV}$ は，認識できる最も小さい値で， $\sigma = 80\ \text{mV}$ は，画像にひずみが生じない最も高い値である．同様に $T_D = 10\ \text{ms}$ も認識できる最も小さい値で， $T_D = 100\ \text{ms}$ は，注目するVEP成分に重畳しないと考えられる最も高い値である．

Fig.8は， σ を変化させたときの測定結果である．P1-baseline間の振幅特性(Fig.8(a))では，バーストノイズの実効値 σ が大きくなるにつれ，VEPの振幅も対数的に増大している．したがって，相関係数は， $r \simeq 0.95$ と強い相関であり， σ はVEPの大きさを決める上で重要なパラメータであるといえる．

また，P1-N1間の振幅特性，及び面積特性(Fig.8(b)(c))においても，P1-baseline間の振幅特性と同

様の相関が得られ、N1-N2間隔特性(Fig.8(d))では、バーストノイズの平均電力の大きさに対して、N1-N2間が対数的に長くなる傾向があることがわかる。

5-3. 継続時間変化時のVEP特性

Fig.9は、 T_D を変化させたときの測定結果である。P1-baseline間の振幅のPz配置、及びP1-N1間の振幅(Fig.9(a)(b))では、バーストノイズの継続時間 T_D が大きくなるにつれ、VEPはわずかに小さくなり、相関も強かった。しかし、以前の検討によると、主観評価実験では、 T_D が大きくなったときにも妨害度は高くなる結果が得られている²⁾。このことから、継続時間 T_D が与える影響は、人間の感覚と外因性のVEPでは異なることが考えられる。したがって、VEPはフラッシュのように感じる一瞬の刺激に対して、強い影響を受けることがわかる。一方、面積特性、及びN1-N2間隔特性(Fig.9(c)(d))では、バーストノイズとの関係を見出せず、相関係数は弱かった。

5-4. 平均電力変化時のVEP特性

Fig.10は、平均電力 P を変化させたときの測定結果である。P1-baseline間の振幅特性(Fig.10(a))では、バーストノイズの平均電力の大きさに対して、VEPの振幅が対数的に大きくなる傾向があり、相関係数は $r \simeq 0.75$ であった。しかし、P1-N1間の振幅特性、面積特性、及びN1-N2間隔特性(Fig.10(b)~(d))では、バーストノイズとのはっきりとした関係を見出せなかった。

以上の結果より、主観評価では、バーストノイズの平均電力 P の大きさによる影響が大きいとの以前の知見に対して²⁾、VEPはP1-baseline間の振幅のみバーストノイズの平均電力の大きさに対して大きくなる傾向があり、また、実効値 σ と継続時間 T_D が与える影響は異なる結果であった。

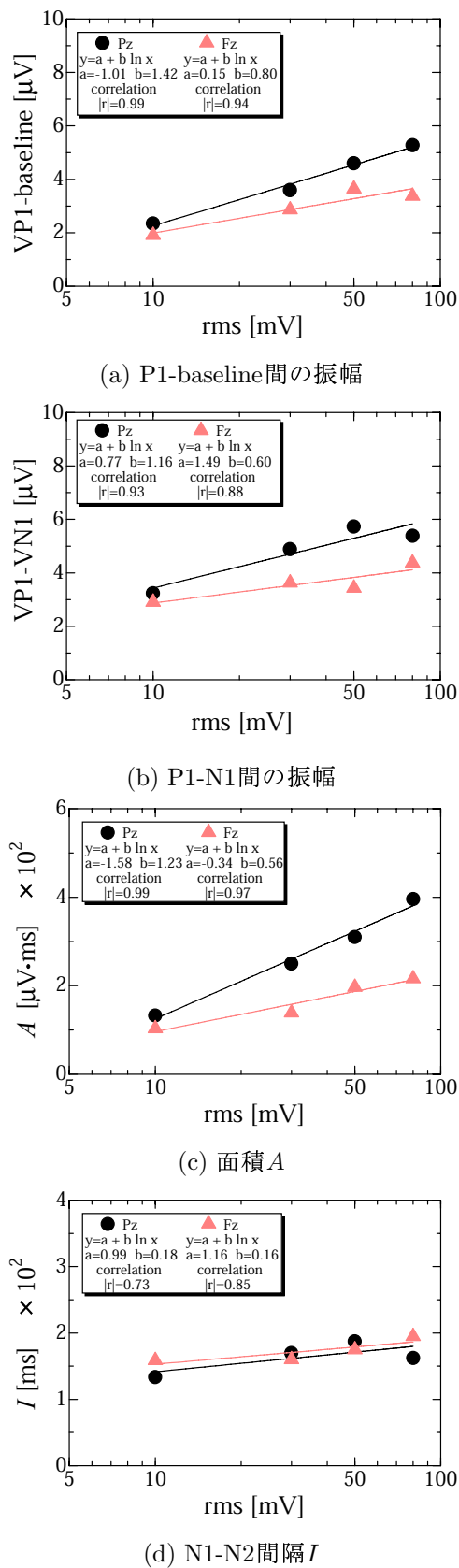
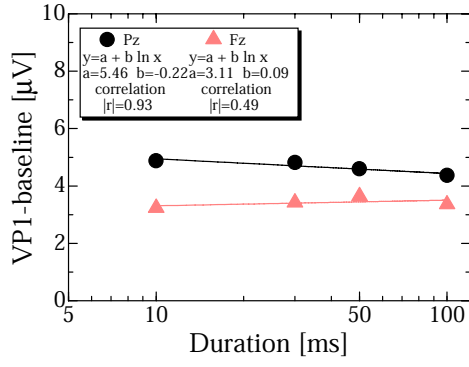
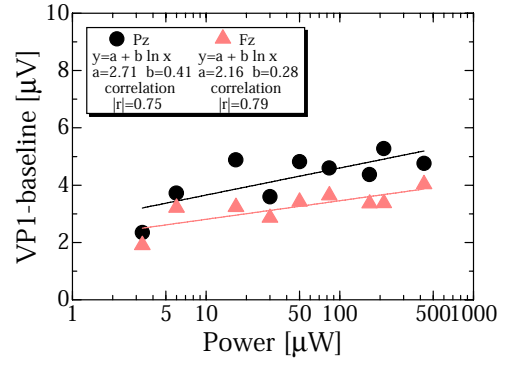


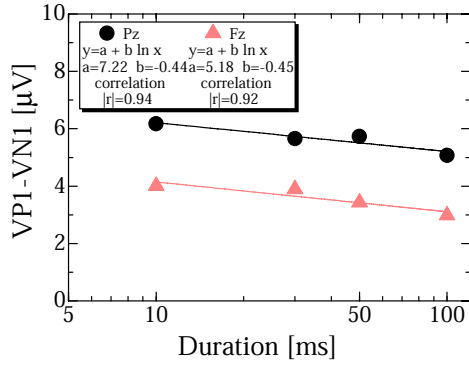
Fig. 8 σ 変化時の特性



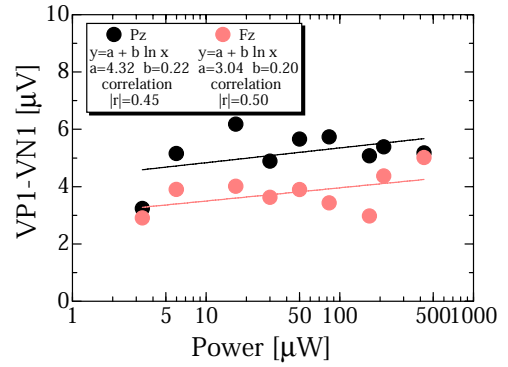
(a) P1-baseline間の振幅



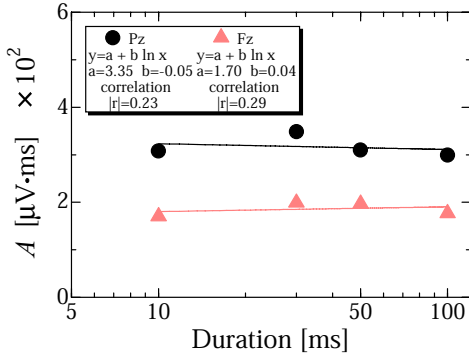
(a) P1-baseline間の振幅



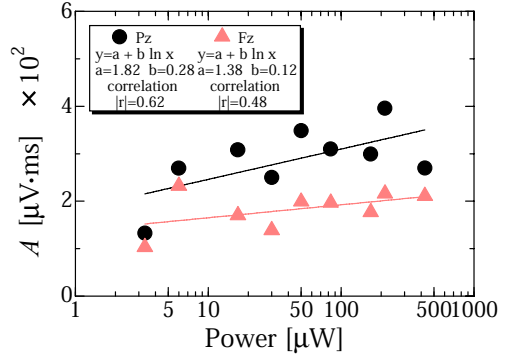
(b) P1-N1間の振幅



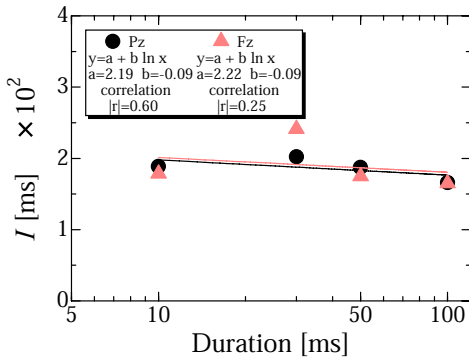
(b) P1-N1間の振幅



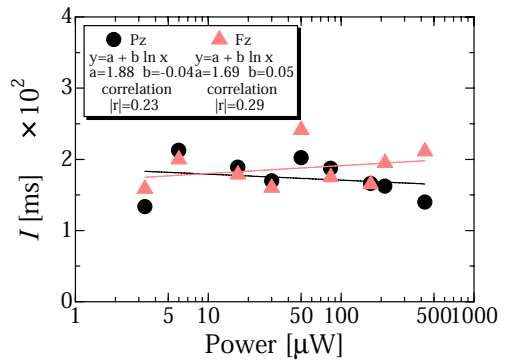
(c) 面積A



(c) 面積A



(d) N1-N2間隔I



(d) N1-N2間隔I

Fig. 9 T_D 変化時の特性

Fig. 10 P 変化時の特性

6.おわりに

主観評価と対応が良い客観評価による画質の妨害度調査が望まれる。そこで、テレビ画像上のバーストノイズ刺激を知覚することによって誘発される脳波を計測し、客観評価の可能性を検討した。

その結果、バーストノイズ刺激によってVEPを得ることができ、VEPはバーストノイズの継続時間 T_D より、実効値 σ による影響の方が大きく、平均電力 P の大きさにも関係することがわかった。これより、脳波を用いて客観評価が行える可能性を得ることができた。しかし、外因性のVEPだけでは、主観評価との対応が難しいことも明らかになった。

今後は、主観評価との対応を検討するため、被験者がノイズを見て邪魔と感じるといった心理的な活動に依存する内因性成分にも着目していくことが必要と考えられる。

参考文献

- 1) 赤尾保男：“環境電磁工学の基礎”，コロナ社 (1991).
- 2) 田中元志，井上 浩，高木 相：“複合ノイズ発生器(CNG)を用いたテレビ画像劣化の主観評価実験”，テレビジョン学会誌，Vol.49，No.7，pp.923-927 (Jul. 1995).
- 3) Motoshi Tanaka, Kei sasajima, Hiroshi Inoue and Tasuku Takagi：“Programmable Composite Noise Generator (P-CNG) and Its Application to the Opinion Test on TV Degradation”，IEEE 1998 International Symposium on EMC (Denver, USA), pp.270-275 (Aug. 1998).
- 4) 黒岩義之，園生雅弘：“臨床誘発電位ハンドブック”，中外医学社 (1998).
- 5) 高橋剛夫，黒澤義之：“視覚と脳波の臨床”，新興医学出版社 (1995).
- 6) 藤原哲司：“筋電位・誘発電位マニュアル”，金芳堂 (1999).
- 7) テレビジョン学会：“テレビジョン画像の評価技術”，コロナ社 (1986).
- 8) 加我君孝，古賀良彦，大澤美貴雄，平松謙一：“事象関連電位(ERP)マニュアル-P300を中心に”，篠原出版 (1995).