

光感受性発作の脳波診断と防止策

高橋 剛夫

八乙女クリニック 神経精神科
〒981-3112 仙台市泉区八乙女2-12-2

1. はじめに

ポケモン事件はテレビ視聴に伴う多様な刺激要因のうち、特異な映像シーン—視覚刺激—が多数例の光感受性発作 (photosensitive seizure) を誘発して人々を震撼させた¹⁻³⁾。光感受性発作は木漏れ日などのチラツキや、強い日差しが引き金になって起こることは古くから知られていた⁴⁾。しかしテレビの登場とともに'50年代には映像起因のテレビ発作が急増した。ついで、テレビゲームが普及した'80年代にはテレビゲーム発作の症例報告が相次ぐ。時代はさらにコンピューター・グラフィックスの技術を駆使したアニメ時代へ推移する。そして1997年12月16日にポケモン事件が発生し、映像起因の光感受性発作がにわかに国内・外の関心事になった¹⁻³⁾。

2. 低輝度視覚刺激による脳波賦活

光感受性発作の診断には、脳波検査による光突発反応 (photoparoxysmal response, PPR) の検出が欠かせない。その視覚刺激としては従来、ストロボの閃光点滅刺激が行われており、それを閉眼・開眼下で与える方法がなお一般的である⁴⁾。筆者はテレビ画面に近似な低輝度の視覚刺激を用い、開眼下でそれを与える脳波検査を長年にわたって施行してきた。それを低輝度視覚刺激 (low-luminance visual stimulation, LLVS) による脳波賦活¹⁻³⁾と呼んでいるが、LLVSによるPPR検出率は高率である⁵⁾。それによって蓄積されたデータは、ポケモン事件の解明に役立つことを特筆したい¹⁻³⁾。

図1に、10-30 cd/m²のLLVSによるPPR賦

活に関わるパラメーターのなかでも大事な3基本刺激である①点滅、②幾何学図形、③赤、その組み合わせ刺激である④幾何学図形点滅、そして⑤赤点滅を模式的に示した。幾何学図形に関しては、コントラストが40%以上、空間周波数は1-4 cycles/degreeの黒/白の縞模様がPPRを誘発し、白地に点滅(10-30 Hz)が加わるとその賦活効果は著しく増大する。長波長(>600 nm)の赤はPPRを誘発し、10-30 Hzの赤点滅は顕著なPPR賦活効果を示す。

上述の刺激要因を考慮し、LLVSの簡便な方法として円形型ストロボフィルター(日本光電)⁶⁾が開発された。図2はその1例を示したものであり、ストロボ(左)の前に縦縞のフィルター(右)を装着すると縦縞点滅刺激が可能となる。幾何学図形の空間周波数はいずれも2 cycles/degreeであるが、その点滅刺激によるPPR賦活には個人差があり、縦縞に加え横縞と水玉図形フィルターが用意されてある。さらに、同じく30 cd/m²の赤点滅と白点滅のためのフィルターも揃っている。検査は医師が施行し、いずれも開眼下で眼前30 cmから刺激する。各刺激は5秒以内とし、PPRが出現した際は直ちに刺激を中断する。

図3は光感受性でんかん者に行ったLLVSによる脳波賦活の所見である。30 cd/m²の同一輝度刺激による18 Hzの白点滅は無効、18 Hzの赤点滅と縦縞点滅によって全般性PPRが誘発された。このような所見から光感受性は、①図形点滅感受性、②赤点滅感受性、③図形点滅+赤点滅感受性の3群に分類される。なお、図形点滅感受性は単なる幾何学図形刺激によっても時にPPRが誘発され、とくに縦縞に対し強

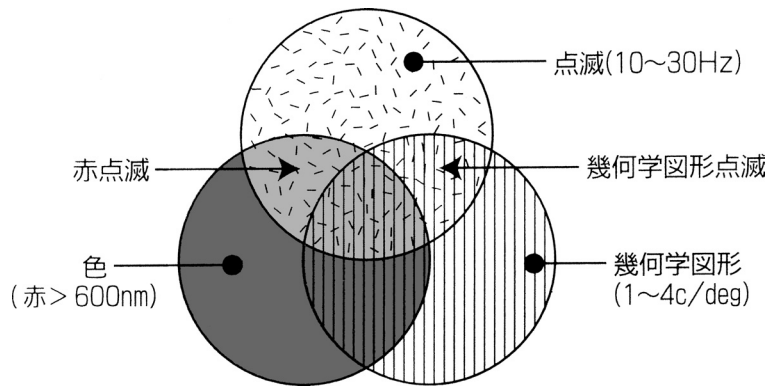


図1 PPR(≒光感受性発作)の誘発に関わる3大刺激要因

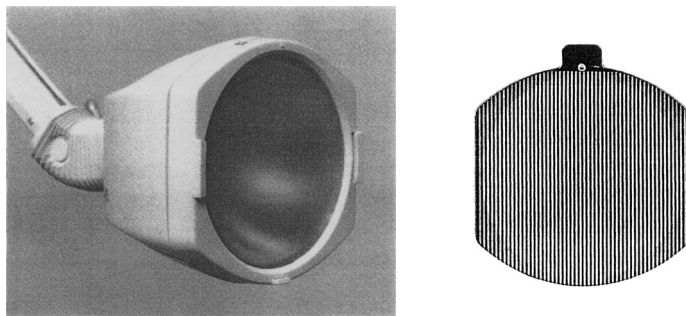


図2 ストロボと円形型ストロボフィルター⁶⁾

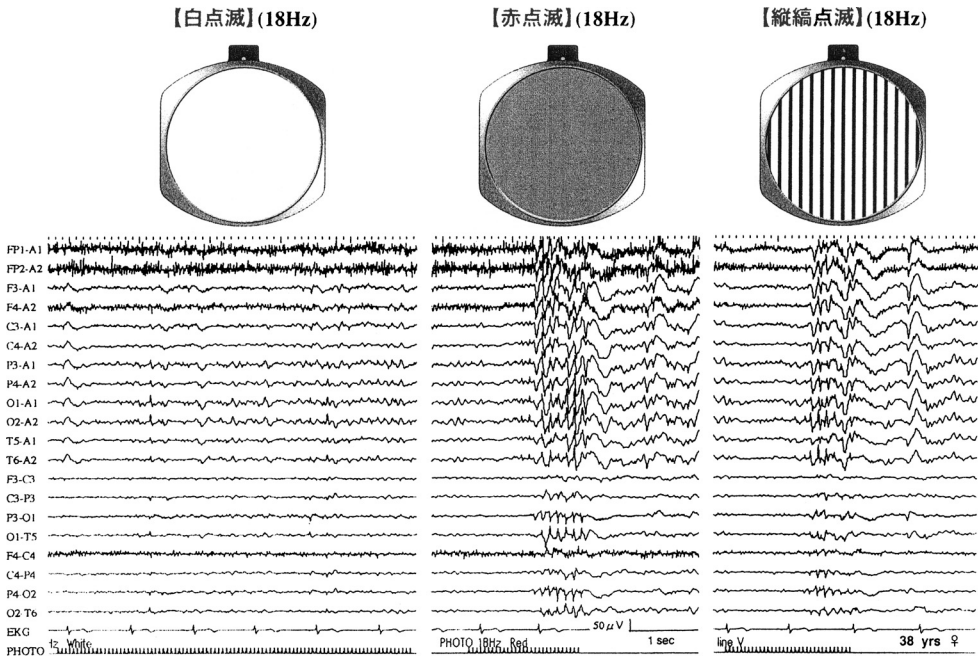


図3 光感受性てんかんの視覚刺激に対する脳波反応
治療前の検査であり、服薬なし。

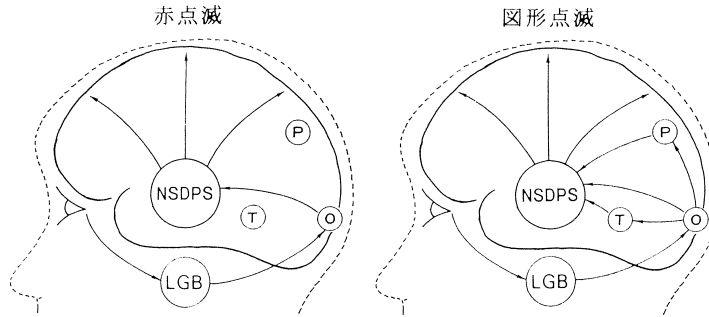


図4 赤点滅と図形点滅により誘発される PPR (≒ 光感受性発作) の生起メカニズム²⁾

い感受性がある。

赤点滅と図形点滅によって誘発される全般的 PPR を比較すると、両者には相違がある^{2,3)}。赤点滅は脳の全領野から同時に生起する PPR を誘発し、中心部刺激によりその特徴がさらに明確化する。したがって、網膜黄斑部の刺激効果が全般的 PPR を誘発する主役を演じているものと考えられる。それに対し、図形点滅刺激は後頭－側頭後部－頭頂部から生起する全般的 PPR を誘発する。

図4は全般的 PPR の出現様式の模式図である。赤点滅は黄斑部、外側膝状体 (LGB) を経て有線野 (O) に達し、そこに生じた局在性の興奮性電位は舌状回と紡錘状回 (色の中核, color center) を経て直ちに非特殊性投射系 (NSDPS) に伝播され、それが全領野に投射して全般的 PPR が誘発される。図形点滅による場合はこれとやや異なる。有線野 (視覚野) に生じた局在性の興奮性電位は側頭 (T)・頭頂 (P) 葉の皮質性伝播と同時に、非特殊投射系に達し、次いで全般的 PPR が出現するものと推測される。

3. ポケモン事件について¹⁻³⁾

午後6時半から始まったアニメ番組『ポケモン』を見ていた人々は次々に発作 (光感受性発作, ポケモン発作) を起こし、全国で約700名が医療機関を受診した。番組のクライマックスを迎えた6時50分過ぎ、ミサイルが発射され、それを爆破する場面が展開されていた。急に爆

破の衝撃波が画面いっぱいに広がり、思わず目を背けるような赤みを帯びた点滅シーンが出現する。それは赤/青が激しく点滅する4秒間の場面であったが、この問題映像によって光感受性発作を含むほとんどの被害が一挙に発生した。たった4秒のテレビ映像によって光感受性発作がこのように同時多発したことは、前代未聞である。

図5は問題映像を静止して分析した結果の模式図である。アニメ番組は毎秒24コマのコマ単位で製作されるのに対し、テレビ映像は毎秒60フィールドのフィールド単位からできている。問題映像の赤1コマ、青1コマ (またはその逆) の繰り返しは12Hzであり、この12Hzで点滅する赤/青の映像が一瞬、画面いっぱいに写し出され、光感受性発作を誘発する強烈な刺激になった。

ポケモン発作の発症機序として Harding⁷⁾は、問題映像の赤波長が>600nmであることをまず確認し、筆者ら^{8,9)}と Y. Takahashi ら¹⁰⁾の報告を援用しながら、この赤がヒト網膜視細胞の赤錐体のみを刺激して興奮性入力のみが視覚領に達し、それが光感受性者では強力な刺激となって発作が誘発された可能性を示唆した。

ところで、複数回の光感受性発作を繰り返し、医療の対象になる光感受性患者の有病率は4,000名に1人とされ、12-14歳の年齢をピークに認められる。そして女性に多い特徴がある。ポケモン事件の調査結果を見ると、①ポケモン発作の有病率は光感受性患者のそれにほぼ匹敵

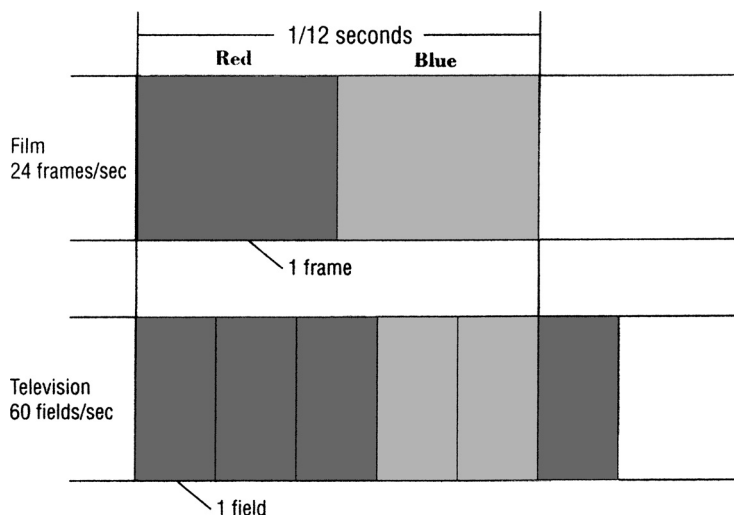


図5 ポケモンの問題映像を静止して分析した結果の模式図³⁾

し、②ポケモン発作のあった70%が初回発作であったという。換言すると、①は問題映像が光感受性者にとって発作を誘発するいかに強力な刺激であったかを物語っており、②はポケモン発作のあった過半数の人々が、それまでは無事に生活していた若年者（潜在性光感受性者）と判断される資料となる。

ポケモン事件は光感受性発作に対する社会通念を一変した。それまでは、テレビは明滅するメディア（NTSC方式が採用されている国内のテレビ画面には30Hzと60Hzの点滅成分が内在）といわれることから理解されるように、テレビ誘発の光感受性発作は画面に内在する点滅刺激に起因し、ごく希な病態と考えられていた。ところがポケモン発作はアニメの一部映像—色点滅シーン—によって同時多発した。

4. 光感受性発作の防止策

4.1 「アニメーション等の映像手法に関するガイドライン」¹⁾

ポケモン事件4ヵ月後、NHKと日本民間放送連盟は「アニメーション等の映像手法に関するガイドライン」を発表した。これは映像手法について制作現場に向けたものと、視聴者に向けたテレビの視聴方法の解説に分かれている。

4.1.1 映像手法について

映像や光の点滅は、原則として1秒間に3回を超える使用を避けるとともに、次の点に留意する。

「鮮やかな赤色」の点滅はとくに慎重に扱う。この条件を満たしたうえで1秒間に3回を超える点滅が必要なときは、5回を限度とし、かつ画面の輝度変化を20%以下に抑える。加えて、連続して2秒をこえる使用は行わない。

コントラストの強い画面の反転や、画面の輝度変化が20%を超える急激な場面転換は、原則として1秒間に3回を超えて使用しない。

規則的なパターン（縞模様、渦巻き模様、同心円模様など）が、画面の大部分を占めることも避ける。

4.1.2 テレビの視聴方法

テレビは十分明るい部屋で2メートル以上離れてみる。テレビの上に電気スタンドを置くと効果的。

近距離でテレビをみない。視聴中に不快感が生じたら、片方の眼を手で覆い、両眼を急に閉じない。

長時間のテレビ視聴を避ける。とくに寝不足、発熱、空腹時などのときは要注意。

テレビ映像への過度の集中も避ける。

眼がチカチカするときは画面から離れる。眼

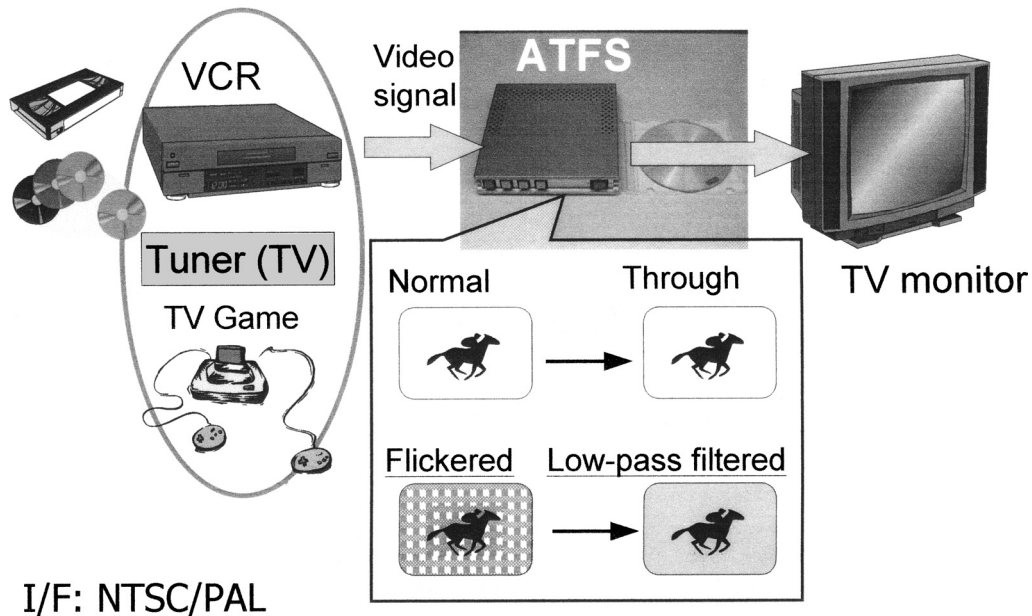


図6 適応型時間フィルター(ATF)の原理¹⁴⁾

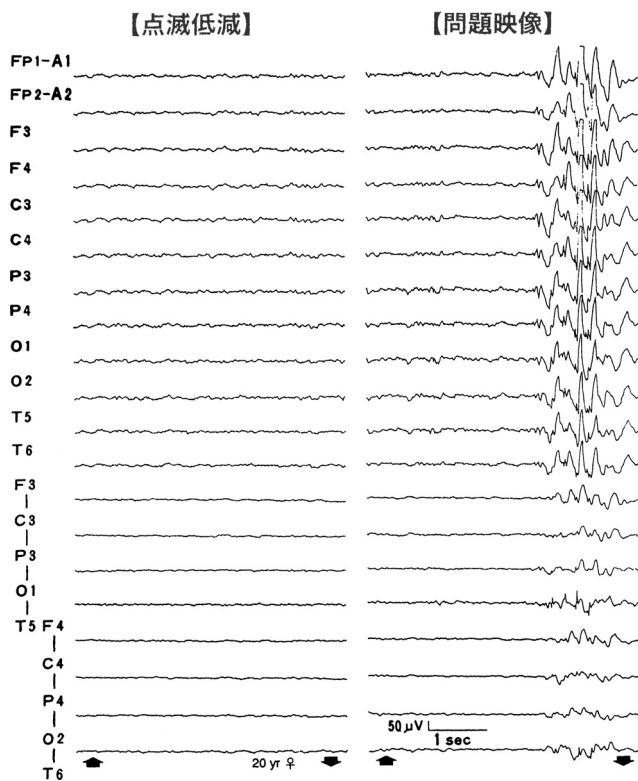


図7 ATFによるPPR抑制効果「点滅低減」は装置作動下にて問題映像を提示、「問題映像」はその直接提示を意味する¹⁴⁾。

の周辺がピクピクするときはテレビ視聴を中断する。

濃い青の着色メガネが有効¹¹⁾。近年、複合フィルター (compound filters)¹²⁾の有用性が報告された。

光感受性発作に関する本邦アンケート調査が2001年に施行された。その結果をみると、①光感受性者の発作誘因はテレビ画像が48.8%と高く、②光感受性発作は1997>1998をピークに減少傾向にあり、ガイドラインの有効性が示された¹³⁾。

4.2 適応型時間フィルター

ポケモン事件直後、NECが開発した防止策として、適応型時間フィルター (adaptive temporal filter, ATF) の有用性が発表された¹⁴⁾。図6にその原理を示す。ATFには神経細胞の時間応答モデルが用いられており、入力画像刺激に対する視覚神経系の興奮性を定量化し、それを危険性の指標と定義した。この指標を使って、映像の危険点減成分である10-20Hz成分は自動的に減減される。

ATFシステムはテレビに接続して使用するが、図7はその効果を示したものである。色点減であるポケモンの問題映像を、ATFシステムを使って光感受性者に提示するとPPRは誘発されず、問題映像の直接提示では間もなくPPRが出現した。4 cycles/degreeの縦縞を使った15Hz点減図形の場合も同様の結果であり、筆者らはATFシステムが色点減と図形点減の双方に奏効することを確かめた^{14,15)}。ATFシステムは小型化されており、一日も早い実用化が期待される。

5. ま と め

臨床の立場から、ポケモン事件を中心に光感受性発作の脳波診断と防止策について概説した。その発症機序を取り上げても、なお不明な点が少なくない。防止策に関しては今後、映像の問題だけではなく新たな人工的視覚環境の変化に対応できる工夫と創意が、われわれに求められるに違いない。視覚刺激に起因する健康被害の

対策には、基礎と臨床のさらに連携を深めた視覚研究の必要性が痛感される。

文 献

- 1) 高橋剛夫：テレビ映像と光感受性発作—その脳波診断と防止策—。新興医学出版社，東京，1999。
- 2) 高橋剛夫：光感受性てんかんの臨床神経生理。新興医学出版社，東京，2002。
- 3) T. Takahashi: Photosensitive Epilepsy: EEG Diagnosis by Low-luminance Visual Stimuli and Preventive Measures. IGAKU-SHOIN Publication Service Ltd., Tokyo, 2002.
- 4) G. F. A. Harding and P. M. Jeavons: Photosensitive Epilepsy. New Edition. MacKeith Press, London, 1994.
- 5) T. Takahashi, N. Nakasato, H. Yokoyama and Y. Tsukahara: Low-luminance visual stimuli compared with stroboscopic IPS in eliciting PPR in photosensitive patients. *Epilepsia*, **40** (Suppl. 4), 44-49, 1999.
- 6) 高橋剛夫：光感受性発作の脳波診断と防止策。臨床神経生理学，**28**, 236-245, 2000。
- 7) G. F. A. Harding: TV can be bad for your health. *Nature Medicine*, **4**, 265-267, 1998.
- 8) T. Takahashi and Y. Tsukahara: Influence of color on the photoconvulsive response. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.*, **41**, 124-136, 1976.
- 9) T. Takahashi, Y. Tsukahara and S. Kaneda: Influence of pattern and red color on the photoconvulsive response and the photic driving. *Tohoku Journal of Experimental Medicine.*, **133**, 129-137, 1981.
- 10) Y. Takahashi, T. Fujiwara, K. Yagi and M. Seino: Wavelength dependency of photoparoxysmal response in photosensitive nonepileptic subjects. *Tohoku Journal of Experimental Medicine.*, **181**, 311-319, 1997.
- 11) T. Takahashi and Y. Tsukahara: Usefulness of blue sunglasses in photosensitive epilepsy. *Epilepsia*, **33**, 517-521, 1992.
- 12) Y. Takahashi, T. Sato, K. Goto, M. Fujino, T.

- Fujiwara, M. Yamaga, T. Ito, H. Isono and N. Kondo: Optical filters inhibiting television-induced photosensitive seizures. *Neurology*, **57**, 1747–1748, 2001.
- 13) Y. Takahashi and T. Fujiwara: Effectiveness of broadcasting guidelines for photosensitive seizure prevention. *Neurology*, **62**, 990–993, 2004.
- 14) M. Nomura, T. Takahashi, K. Kamijo and T. Yamazaki: A new adaptive temporal filter: application to photosensitive seizure patients. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, **54**, 685–690, 2000.
- 15) T. Takahashi, K. Kamijo, Y. Takaki and T. Yamazaki: Suppressive efficacies by adaptive temporal filtering system on photoparoxysmal response elicited by flickering pattern stimulation. *Epilepsia*, **43**, 530–534, 2002.