

## VDT 作業負荷による眼機能とテクノ AO の効果

佐藤 弥生・原 明子・大野 晃司・菊池 裕美  
松崎 廣栄・難波 龍人・宮田 幹夫

Ocular functions during loading by visual display  
terminal and the effect of Tecno AO

Yayoi SATOU, Akiko HARA, Kouji OONO, Hiromi KIKUCHI,  
Hiroe MATSUZAKI, Tatsuto NAMBA and Mikio MIYATA

## VDT 作業負荷による眼機能とテクノ AO の効果

佐藤 弥生・原 明子・大野 晃司・菊池 裕美  
松崎 廣栄・難波 龍人・宮田 幹夫

### Ocular functions during loading by visual display terminal and the effect of Tecno AO

Yayoi SATOU, Akiko HARA, Kouji OONO, Hiromi KIKUCHI,  
Hiroe MATSUZAKI, Tatsuto NAMBA and Mikio MIYATA

#### I 緒 言

コンピュータ画面作業時の疲労現象に対しては visual display terminal (VDT と略) 症候群と呼ばれている。この VDT 症候群に関しては日本眼科医会が早くから VDT 研究班を作り、報告書を提出している<sup>1)</sup>。その中では、VDT 症候群の自覚症状や、その眼に関する訴えが多い理由、結膜・角膜への影響、調節、輻輳など広範な眼科的な検査結果が詳述されている。この VDT 症候群の眼障害性の発症に cathod ray tube (CRT と略) 画面から発生する低周波電磁波の影響が問題視されてきている<sup>2)~4)</sup>。一方その VDT 画面からの電磁波障害を防御する各種の機器が開発、販売されているが、その有効性について科学的証明を得ているものはほとんどないと言ってよい。

今回 VDT 画面からの電磁波を受けて、変調した微弱電磁波を発生して生体防御作用を示すとされるアンテナ、テクノ AO (以下 AO と略) を使用する機会を得た。そして AO 無装着および、AO 装着 VDT 画面により同一作業負荷を被験者に掛けてその眼への影響を観察した。

#### II 方 法

被験者には20歳から30歳までの健康な北里大学病院女性検査技師10名の同意を得て選んだ。これらの被験者は両眼とも正視または-2D以下の軽度近視のものとした。コンタクト装用者はいない。また VDT 作業を専門とする職種の間入っていない。また日常勤務の影響を避けるために、検査日には日曜を選んだ。必ず同一被験者に AO 装着、および AO 無装着の下での同一作業負荷試験を行なった。また前回の負荷試験の影響を避けるために、作業負荷試験には最低1週間以上の間

角膜びらんスコア

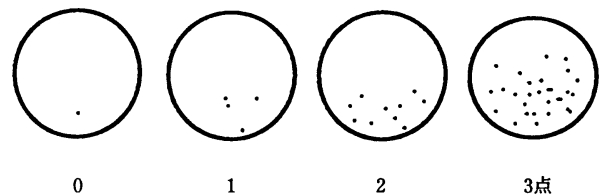


図1 角膜上皮症のフルオレスセイン染色によるスコア模式図

隔を置いた。作業負荷は被験者の興味をつなぎ、長時間継続作業が可能とするために、TVゲームとした。使用14インチTVはパナソニックTH-14RF1を使用した。ゲーム機はセガサターンHST3220を使用した。作業負荷時間は連続4時間とした。なお作業時頭部の位置に相当する部、すなわち画面より1.2mでの磁場および電場を測定した。Magnetic field meter MFM1000およびMFM10 (Combinoba社製) で測定した1 KHzから400 KHzでの磁場は17.2 nT, また Genitron で測定した磁場は58 nTであり、電場は9 V/mであった。AOはTV画面前面上方の枠に張り付けた。なおこのAOの機能の詳細については被験者には事前には知らせていない。

眼科的検査項目は以下の通りである。

- 1) 角膜上皮検査 (フルオレスセイン染色による)  
角膜上皮症の程度は、細隙燈顕微鏡観察下でのフルオレスセイン染色による程度を既報と同様に0~4点までの評価として数値化した (図1)<sup>5)</sup>。
- 2) 視力、屈折検査  
他覚的検査 (自動屈折計による屈折度)  
自覚的検査 (矯正視力検査による屈折度)
- 3) 調節近点  
石原式近点距離計で10回反復測定した。
- 4) 調節のステップ応答検査

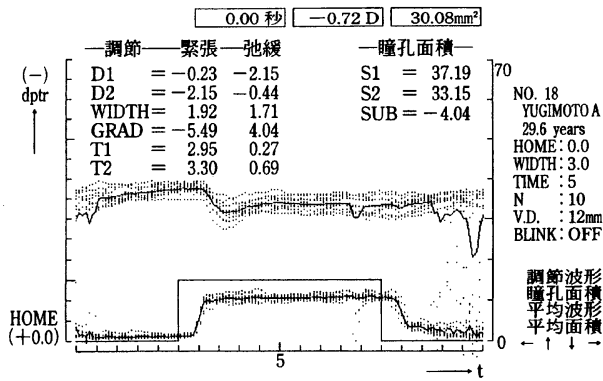


図2 ステップ応答の調節反応と瞳孔の近見反応の記録

矩形の線は3Dのステップ刺激, 下段は調節の10回記録とその平均値曲線, 上段は瞳孔の動きの10の記録と平均曲線。左縦軸は調節のD, 右縦軸は瞳孔面積。

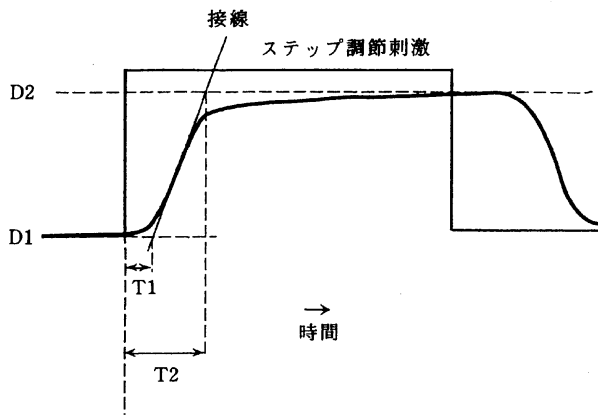


図3 ステップ応答の調節のパラメーター

煩雑さを避けるために調節の緊張相のパラメーターのみを記した。弛緩相においても同様に計測したが, 緊張相のD2がそのまま弛緩相の基線となる。

実際のステップ応答の記録(図2)と, そのパラメーター(図3)を示す。なお図中のパラメーターは煩雑さを避けるために, 緊張時のパラメーターのみを記入してある。弛緩時にも同様なパラメーターを解析した。ステップ刺激は3Dである。評価の対象としたのは, 調節のステップ刺激前後の屈折度, 調節幅, 緊張時間因子, 弛緩時間因子, 調節速度とし, 各値とともに, 作業負荷前後の差を解析対象とした。なお10回連続測定の前平均値で表した。なおこれらの検査は被験者に負担が非常に掛かるために, 右眼のみの検査とした。

5) 瞳孔の近見反応

調節のステップ応答時の瞳孔の反応を記録した。実際の測定結果を図2に調節反応と合わせて示す。測定回数は10回として, その平均値をとった。解析対象は調節負荷前の瞳孔径と調節負荷後の瞳孔径の差, すなわち縮瞳

幅である。

6) 眼球の活動性追従運動検査

作業負荷前後での眼電位図を記録比較した。

III 結 果

1) 角膜上皮障害

フルオレスセイン染色による角膜上皮障害のスコアはAO無装着では負荷後で1.40±0.96, そしてAO装着では0.70±0.73で, p0.016と明らかに有意であった(表1)。

2) 視力, 屈折検査

視力, 遠点ともAO装着の有無による差は認められなかった。

3) 調節近点検査

石原式近点距離計で10回反復測定した結果は表2の通りであり, AO装着では近点の延長がp0.041で有意に認められた。また屈折より遠点を計算したが, 差は認められなかった。

4) 調節のステップ応答検査

各パラメーターの作業負荷前後の差を表3に示す。

緊張性の速度では差が認められなかったが, 弛緩性の速度の作業負荷前後の差をとると, AO無装着で0.827±1.11と調節の戻りが早くなっており, 一方AO

表1 AO無装着, および装着での角膜上皮症のスコア

	AO無装着	AO装着
角膜上皮症スコア	1.40±0.96	0.70±0.73*

表2 AO無装着, および装着での調節近点および調節遠点の延長

	AO無装着	AO装着	p
近点の延長	0.08±1.17	0.98±1.50*	0.041
遠点の延長	-0.02±0.22	-0.09±0.17	0.300

表3 AO無装置, および装置での各パラメーター作業負荷前後の差の値と比較

	AO無装着	AO装着	p
D1(緊張)	0.04 ±0.16	-0.02±0.13	0.37
D2(緊張)	-0.20 ±0.40	-0.06±0.21	0.34
D1-D2(緊張調節幅)	0.24 ±0.37	0.04±0.18	0.16
D1(弛緩)	-0.09 ±0.24	-0.06±0.21	0.77
D2(弛緩)	-0.08 ±0.27	0.01±0.13	0.34
D1-D2(弛緩調節幅)	0.11 ±0.37	0.07±0.19	0.79
T1(弛緩)	0.19 ±0.42	-0.21±0.63	0.10
T2(弛緩)	3.07 ±3.66	3.05±3.37	0.008
緊張速度	0.32 ±1.15	0.33±1.42	0.99
弛緩速度	0.827±1.11	-0.69±1.05**	0.006

表4 作業負荷後の瞳孔の変化

	変化なし	近見反応異常	散瞳	縮瞳
AO 無装置	2	6	4	1
AO 装着	6	2	2	0

装着では $-0.69 \pm 1.05$ と戻りが遅くなっている。有意差検定では $p < 0.006$ で有意差が認められた。緊張および弛緩時の調節度、時間、調節の幅、T1およびT2では差が認められなかった。

#### 5) 瞳孔の近見反応

瞳孔は非常に変動しやすく、今回の計測機器の打ち出す数値にばらつきが多いために正確に数値化するのには困難であった。そのために、瞳孔反応の実際の記録から反応を判断して表4に示した。表中の「変化なし」は作業負荷後に瞳孔径および近見反応が負荷前に比べて変化していないもの、「近見反応異常」は作業負荷後に瞳孔の近見反応の減弱や不安定性を示したもの、「散瞳」は作業負荷後の安静時に作業負荷前より散瞳をしめたもの、「縮瞳」は作業負荷後の安静時に作業負荷前より縮瞳を示したものである。AO無装着では作業負荷後に反応量の近見反応異常が6眼、変化なしが2眼、散瞳4眼、縮瞳1眼であったのに対し、AO装着では近見反応異常2眼、変化なしが6眼、散瞳が2眼であった。なおAO無装着眼では総計が13眼となっているが、これは重複した異常を示す例があったためである。

#### 6) 眼球の滑動性追従運動

AO無装着、AO装着群ともに異常は認められなかった。

### IV 考 按

AOの発生する超微弱磁気は脳の磁界測定に使用されるSQUID(超伝導量子干渉計)によって測定が可能である。TV画面による曝露直後にAOより発生している電磁波を測定すると、10 Hz前後および、27 Hz前後に集中した発信が認められる。そしてその強度は100~300 femoTesla, そして-280 brui de fondから40 brui de fond程度の動きを示すという極めて弱い発信である。しかし電磁波の生物学的な作用は量子レベルで十分であり、AOの発信は充分の強度であることが示されている<sup>6)</sup>。そして、これまでにはAOから発する補償電磁波がVDT作業者の脳波を改善することが報告されている<sup>7)</sup>。今回の実験はAOのVDT作業への視覚系への有用性を検討する目的で行われた。

VDT作業者の角膜上皮症はすでによく知られている<sup>8)</sup>。この発症機序として、涙液産生の減少<sup>9)</sup>や瞬目回数<sup>10)</sup>の減少を指摘する報告もある。しかし、TV画面を凝視するわけでもなく、もともと瞬目運動も示さないマ

ウスのTV曝露実験でも角膜上皮症が認められている事実<sup>2)</sup>はCRT画面から放射される電磁波の関与を考慮せざるを得ない。日本製のCRT画面からは1 MHz以下の通信障害にならない電磁波が放射されている<sup>2)3)11)</sup>。今回のAO無装着のTV画面での作業では、AO装着作業での同一作業負荷による角膜上皮症の発症は明らかな差が認められた。このことはAOの角膜上皮症に対する有効性を示すとともに、CRT画面から発生する低周波電磁波の影響が角膜上皮症発症の大きな因子であることを示唆している。もちろん角膜上皮症が角膜下方に認められやすい点はこれまでの報告と同じであり、角膜の涙液層の関与を否定するものではない。

VDT作業によって調節機能に障害が起きることも報告されている<sup>12)</sup>。長期の経過観察で近視化も報告されている<sup>13)~15)</sup>。そして、近視化は若年者ほど強いと報告されている<sup>14)</sup>。過去の報告ではCRT作業で近点の短縮が報告されている<sup>5)</sup>。すなわち調節の緊張の亢進である。今回ではその短縮傾向、すなわち調節幅の増強がAO無装着では認められなかった。これはCRT画面が過去の報告よりも小さく、漏洩電磁波も弱かったためかもしれない。一方AO装着では、調節の減弱が認められている。すなわち電磁波負荷の極めて少ない投影式のスクリーン画面作業負荷と同様に調節の減弱傾向が認められた<sup>5)</sup>。これは作業負荷により、異常な緊張が生じるのではなく、当然現れるべき疲労現象が生じていると考えられた。すなわちAO装着はCRTからの電磁波によると思われる異常な調節緊張を防ぐ効果があるものと思われる。またAO装着ではステップ応答による調節の弛緩の速度が緩やかになり、疲労現象を同様に示していたとも言えるが、その明快な説明は困難である。

また瞳孔の近見反応もAO無装着では反応の悪化が6例、一方AO装着では悪化は2例に過ぎなかった。また調節負荷を掛けていない瞳孔径ではAO無装着では散瞳4例、縮瞳1例、AO装着では散瞳は2例に過ぎなかった。瞳孔は自律神経を直接観察し得る部位であるが、散瞳、縮瞳とも自律神経の異常反応と考えてよく、AO装着でそれが防ぎ得たことを示していると考えられた。

低周波電磁波の健康障害性が種々議論されてきている。低周波電磁波が細胞レベルでカルシウムの異常を生じる報告はすでに膨大な数にのぼっている<sup>16)~19)</sup>。富岡は100 kHzの電磁波曝露による水晶体のカルシウム値の異常とそれに引き続く白内障を報告している<sup>4)</sup>。このようなカルシウムの異常は当然筋の緊張に異常をきたすのは予想される事でもあろう。

先にも述べたがAOは脳波の改善が知られている<sup>7)</sup>。鶏胚の電磁波による死亡率の上昇も報告されているが、その死亡率はAOのアンテナから発生する微弱な補償電磁波によりほぼ防げる報告がある<sup>20)</sup>。AOの有効性を

明らかに示す報告と言える。もちろん電磁波の発生、および漏洩しない電子機器の開発が望ましいことはいまでもないが、現代社会でそれを望むことは困難であり、その生体障害性を防ぐ手段が要求される。その意味で今回の実験はCRT作業に伴う視覚系の障害の防御にAOの有用性を示し得たと考えられた。

### V 要 約

健康成人にAO無装着およびAO装着のTV画面で同一作業負荷4時間を掛け、その眼障害性を比較し次の結果を得た。

- 1) 角膜上皮症はAO装着によりAO無装着に比べて有意に減少していた。
- 2) AO装着により近点の延長が認められ、過去の報告と考え合わせて、調節の異常な緊張の発生を防止していると考えられた。
- 3) AO装着で調節のステップ応答での弛緩速度が遅れが認められた。
- 4) 近見時の瞳孔の異常もAO装着ではAO無装着に比べて少なかった。

以上よりVDT作業時におけるAOの有用性が示唆された。

キーワード : VDT, CRT, テクノAO, TECNO AO, 電磁波

### 文 献

- 1) VDT医学マニュアル 日本眼科医会VDT研究班班長 石川哲編, 全日本病院出版協会, 1989年.
- 2) 樋口裕彦: 電磁波による角膜障害の可能性に関する実験的研究. 日眼 96: 933—940, 1992.
- 3) 堀内浩史, 難波龍人他: 環境因子の眼アレルギーへの影響—電磁波の影響. 1991年, 日眼総会発表.
- 4) 富岡敏也: 低周波電磁波のマウス水晶体への影響. 北里医学 26: 429—435, 1996.
- 5) 難波龍人, 富岡敏也, 他: TVとスクリーン画像の眼障害性の比較. 眼臨 92: 279—281, 1998.
- 6) Binhi VN, Fillion-Robin M, Picard G: Physical constraints specifying possible primary mechanisms whereby Techno AO and superweak EMFs affect biological systems. Twentieth Annual Meeting of Bioelectromagnetics 1998 June 7—11, Florida.
- 7) Catier J: Neurological studies. Third international congress of European Bio Electromagnetics Association, Nancy, France 1996.
- 8) 渥美一成, 鈴木昭弘: Computer display像と眼精疲労. 日本眼科学学会誌 3: 74—78, 1982.
- 9) 岩崎和佳子: VDT作業の視機能に及ぼす影響. 眼科 29: 209—219, 1987.
- 10) 岩崎常人, 栗本晋二: VDT作業による眼精疲労と涙液産生能との関係. 臨眼 39: 172—173, 1985.
- 11) 富永洋志夫: VDT作業の電磁環境の実態. 日本の眼科 63: 514—518, 1993.
- 12) 日本眼科医会テクノストレス眼症研究班業績集 (1990—1993), 日本眼科医会.
- 13) 日本眼科学会VDT研究会, 昭和61年度研究業績集. 日本の眼科 58: 829—883, 1987.
- 14) 荒木 実: VDT作業者の屈折度に関する5年間の追跡調査. 第92回日本眼科学会総会講演抄録 p284, K19, 1988.
- 15) 日本眼科学会VDT研究会, 昭和62年度研究業績集. 日本の眼科 59: 51—52, 1988.
- 16) Lerchl A, Reiter RJ, et al: Evidence that extremely low frequency Ca(2+)-cyclotron resonance depress pineal melatonin synthesis in vitro. Neurosci Lett 124: 213—215, 1991.
- 17) Carson JJ, Prato FS, et al: Time varying magnetic fields increase cytosolic free Ca<sup>2+</sup> in HL cells. Am J Physiol 259: C687—92, 1990.
- 18) Walleczek J: Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signaling. FASEB J 6: 3177—3185, 1992.
- 19) Cleary SF: A review of in vitro studies: low frequency electromagnetic fields. Am Ind Hyg Assoc J 54: 178—185, 1993.
- 20) Youbicier-Simo BJ, Lebecq JC, Bastide M: Damage of chicken embryos by electromagnetic fields from mobile phones. Twentieth Annual Meeting of Bioelectromagnetics 1998 June 7—11, Florida.