F P Dワークステーションの形態と作業姿勢

斎藤真（愛知みずほ大学）

Characteristics of Working Postures at Workstations Using Flat Panel Displays

Shin SAITO (Aichi Mizuho College)

1. はじめに

F P Dは、C R Tに比べて鏡面反射率が高いこと¹⁾や可読性が視線の角度に依存性すること^{1~3)}などハードウェア特性に由来する人間工学的問題が指摘されている。さらにF P Dのほとんどは、ノート型やラップトップ型といったキーボードとディスプレイが一体化していることから、作業遂行時にオペレータの作業姿勢を拘束する可能性も高く、従来のC R Tを用いたワークステーションとは異なった配慮も必要と考えられる。

そこで本研究では、F P Dワークステーション使用時のオペレータの作業姿勢と筋骨格系の負担を明らかにするため、頭頸部の運動を中心とした姿勢および右僧帽筋の筋電図の変化（実験1）、視線方向を計測し（実験2）、C R T使用時のそれと比較することを試みた。

2. 実験方法

(1) 実験1：作業姿勢および筋電図の変化

被験者は、18~21才までの健康な男女大学生4名（男子2名、女子2名、平均年齢19.3才）とした。いずれもV D T機器の使用経験がある者とした。

実験に用いたC R Tは14型であり、F P DはL C Dのノート型パソコンを用いた。またC R T、F P Dともに床面から70cmの高さのテーブルに設置し、C R Tは高さ14.5cmのパソコン本体上へ乗せて使用した。キーボードの位置は、C R TおよびF P Dともにテーブル端より10cmの場所に置き、作業中は動かさないようにした。被験者の椅子は高さを調整できるものとし、各被験者に自由に調

節させた。また、照明器具からの写り込みが生じないように配慮した。

筋電図は、右三角筋、右僧帽筋下行線維、右僧帽筋横行線維、右僧帽筋上行線維の4筋群から表面筋電位をデータレコーダへ記録した。各被験者には、C R T、F P Dそれぞれのワークステーションで原稿を見ながらの文書入力作業を10分間ずつ2回行わせた。

(2) 実験2：視線方向

C R T使用の被験者は19~32才までの男女5名（男子4名、女子1名、平均年齢24.7才）とし、F P Dのそれは20~32才の男女5名（男子3名、女子2名、平均年齢28.6才）とした。いずれも正常な視機能を有する者とした。視線方向は、アイカメラ（NAC EMR-V）を用いて計測を行った。

F P Dは、L C Dのノート型パソコンを用いた。またC R T、F P Dともに床面から70cmの高さのテーブルに置いて使用させた。それぞれの被験者には原稿をみながらのデータ入力と画面を中心に修正作業を約10分間行わせた。

3. 結果

(1) 実験1

図1に作業姿勢の計測対象とその定義を示す。被験者の眼球からディスプレイの中央まで結んだ線を視距離 l 、この視距離 l と水平線のなす角度を視軸角度 θ_V とした。またリードライン（外眼角と外耳孔の中心を結んだ線）が水平線となす角度を頭部角度 θ_L とし、肩峰と耳孔を結んだ線が水平線となす角度を頸部角度 θ_N とした。

図1 作業姿勢の計測対象とその定義

作業姿勢は、VDT作業中の被験者を側面からVTRに撮影した画像を2秒ごとにフレーム解析を行った。解析は、水平線を0 degとし、上方向を正、下方向を負と定義した。

表1に各ワークステーション使用時の平均測定値を示す。

表1 各ワークステーションにおける視距離、視軸角度、頭部角度および頸部角度の平均値 (N=4、**:P<0.01)

	CRT	FPD
視距離 l (mm)	391.2	328.8 **
視軸角度 θ_V (deg)	-0.1	-34.1 **
頭部角度 θ_L (deg)	-11.4	-21.0 **
頸部角度 θ_N (deg)	56.7	54.6

視距離 l はCRT、FPDそれぞれ391.2 mm、328.8 mmとなり、FPDの方が16%程度視距離が短くなる傾向が示され、これらは平均値の差の検定を行ったところ1%水準で有意であった。

FPD使用時の視軸角度 θ_V は-34.1 degとなり、CRTと比較して34 deg下方視になりやすいことが示された。また頭部角度 θ_L は、FPDの方が約9.6 deg下向きであり、頭部はCRT使用時よりも前傾することが示された。これら視線角度および頭部角度の平均値は、各ワークステーション間において視距離同様1%水準で有意な差が認められた。

頸部角度 θ_N についてはFPD、CRTそれぞれのワークステーションにおいて有意な差は認められなかった。

CRT使用時の頭部角度の変動は、FPDのそれに比べて大きく、それぞれを標準偏差および変動係数で比較すると、CRTは4.53 deg (39.81%)、FPD2.17 deg (10.26%) となった。

図2 各ワークステーション使用時の筋電図の記録例 (上: CRT、下: FPD)

(ch1: 右三角筋、ch2: 右僧帽筋下行線維、ch3: 右僧帽筋横行線維、ch4: 右僧帽筋上行線維)

図2にそれぞれCRT、FPD各ワークステーション使用時の同一被験者の筋電図の記録例を示す。各筋群ともにFPD使用時の方

が振幅が大きく、筋放電が強いことがわかる。特に右僧帽筋下行線維や右僧帽筋上行線維では、この傾向が顕著であった。

(2) 実験2：視線方向

図3に各ワークステーション使用時の各被験者の平均垂直眼位を示す。

図3 垂直眼位の平均値

耳眼水平線を0degとし、FPDは-4.27deg、CRTのそれは+5.15degとなった。FPD使用の方がCRT使用よりも平均的に視線が低くなることが示され、両者の差は1%水準で有意であった。

4. 考察

FPD使用時の視距離は、CRTよりも平均16%程度短くなることが示された。視距離の変動について、各計測値をもとに算出した相関係数から検討を加えたところ、CRT、FPDともに視距離は頸部角度および頭部角度の変動が影響するが、FPD使用時のそれは頸部角度の変動の方が強いことがわかった。これはFPD使用時の頭部運動が少ないことから支持され、オペレータは頭部をあまり動かさない状態でディスプレイとの距離を保持することが明らかとなった。視距離が短くなる傾向は、VDTの表示特性や視覚系の負担と密接な関係があることから適切な視距離を確保できるような配慮が必要である。

次にFPD使用時は、頭部が前傾する傾向

が顕著であった。これは視線角度 (θ_V) がCRT使用時に比べて10deg下方になることからわかるように、FPDの画面の高さに依存するためである。本実験で用いた画面とキーボードが一体化しているノート型では、特にこうした現象が強く出現するものと考えられる。またFPD使用時の頭部運動はCRT使用時に比べて少ないことが示された。これはFPDの画面、キーボードがCRTと比較して小さいことやそれらのレイアウトが比較的狭い範囲内に集中していること⁴⁾などに起因し、受容する情報の分布が人間の有効視野⁵⁾の範囲内にあるためと推察される。ここで平均的な視距離を40cmと仮定したときに眼球運動だけで情報を取り込める範囲を推算すると、水平方向21.4cm、垂直方向14.1cmとなり、実験で用いたノート型パソコンの大きさを十分カバーできることがわかった。したがってFPDを用いた場合は、頭部をあまり動かさずに眼球運動を主に情報の受容をしていたものと考えられる。

筋電図の記録から、FPD使用時の頸部、背部の筋緊張が高まることが示され、特に僧帽筋下行線維と同上行線維の持続的な筋放電が顕著であった。これは、前傾した頭部を支持するためと考えられ、静的な筋収縮が持続する現象である。静的な筋収縮は筋内圧の上昇による血流障害を引き起こしやすく⁶⁾、Grandjeanが指摘するように、頭頸部の前傾姿勢による筋骨格系の負担を増加させる可能性は大きいものと推察される⁷⁾。

一方、FPDを使用時の垂直眼位は、下方視となる傾向が示され、一般的なVDT作業時の垂直眼位とは異なることがわかった。上方視は視覚系の負担を増加させる原因であることが指摘されており^{8~10)}、こうした観点からみるとFPDを用いたVDT作業は、垂直眼位の影響から誘発される視覚系の負担はCRT使用時と比較して少ないものと思われる。

現在市販されているFPDは、ノート型、ラップトップ型といった画面やキーボードの可動性が少なく、それぞれの位置調整ができないものが主流である。さらにFPDを用いたVDT機器は、現状では通常の事務机やテーブルの上などで使われる場合が多いことから、視認性や作業姿勢などとともに現状での使用状況を考慮した対策が必要である。

5. まとめ

FPD、CRT各ワークステーション使用時の作業姿勢、筋電図および垂直眼位を計測し、両者の比較を行った。以上から今後は下方への眼位を保ちながら、頭頸部の筋骨格系への負担の少ない作業姿勢を維持できるワークステーションの設計条件を導くことが必要と思われる。

本研究の一部は、平成6年度文部省科学研究補助費（課題番号06770268）の研究助成によるものである。

参考文献

- 1) 窪田悟：平面ディスプレイの人間工学的要件, 照明学会誌, 76(10), 549～556, 1991
- 2) 窪田悟：液晶ディスプレイの視野角の評価, テレビジョン学会誌, 46(3), 354～356, 1992
- 3) 吉武良治, 土屋和夫：STN液晶ディスプレイの見やすさに影響を与える要因の検討, 人間工学, 29(4), 1993
- 4) 斎藤真, 外山みどり, 鈴木亨, サトウ・テプトカ・ソノ, 斉藤進：VDT作業時のFPDとCRTの視線方向の違いについて, 人間工学（第22回関東支部大会）, 74, 1992
- 5) 畑田豊彦：VDTと視覚特性, 人間工学, 22(2), 45～52, 1986
- 6) 大西徳明：キーボードオペレーション作業の筋負担, 人間工学, 22(2), 75～80, 1986
- 7) E. Grandjean（西山勝夫, 中迫勝訳）：コン

ピュータ化オフィスの人間工学, 136～144, 啓学出版, 1989

8) S. Saito, M. Sotoyama, T. Suzuki, Sh. Saito and S. Taptagaporn: Vertical gazing direction and eye movement analysis for a comfortable VDT workstation design, *Work With Display Units '92*, 110～114, Elsevier Science Publishers, 1993

9) M. Sotoyama, Sh. Saito, S. Taptagaporn, T. Suzuki and S. Saito: Gaze direction and ocular surface area in VDT work, *Human-Computer Interaction* 19A, 750～755, Elsevier Science Publishers, 1993

10) S. Taptagaporn and S. Saito: Visual Comfort in VDT operation; Physiological resting state of the eye, *Industrial Health*, 31, 13～28, 1993