

VDT作業における疲労： 主観的及び客観的指標を用いた評価

Relationship between VDT Work and Fatigue: Evaluation Using the Subjective and Objective Indicators

キーワード：自覚症しらべ、フリッカーテスト、筋硬度

中本 哲

NAKAMOTO Akira

小田 和美

ODA Kazumi

I. 緒言

visual display terminal (VDT) とは「ホストコンピュータの視覚表示端末という意味である」⁷⁾とされているが、神代たちは「VDT導入によるメリットは作業の集約化、所要時間の短縮化などが上げられる。その反面、デメリットとしてVDT作業が生体諸機能に及ぼす障害が提起されている」と報告している⁴⁾。

八谷たち¹⁵⁾は「自覚症しらべ(25項目)」を用いて疲労感を調べたところ、VDT作業前に比して作業後の合計スコアの増加、つまり疲労感の増加を認め、同様に、岩切たち²⁾はVDT作業者の疲労自覚症状について調査した結果、「男女ともに眼の痛み・疲れが最も多く(72.1%)、次いで首・肩のこり痛み(59.3%)、腰のこり痛み(30.0%)、手・腕の痛み・疲れ(13.9%)が多かった」と具体的な部位を報告している。このような結果を背景にVDT作業と眼障害(眼精疲労⁴⁾、ドライアイ⁶⁾、などに関する研究も報告されている。

一方、自覚的愁訴のような主観的指標を基にした研究に対して、客観的な指標を用いてVDT作業における疲労を検討した研究ではフリッカーテスト^{1) 4) 8) 9)}、調節近点距離^{4) 9) 11)}、脳波⁴⁾の測定などが用いられている。さらに、VDT作業と筋疲労との関係をみた長谷川たち¹⁾は筋電図を用いて検討している。筋疲労に関する研究では筋電図以外にも筋

硬度を用いた研究もあるが^{13) 14)}、VDT作業と筋硬度に関する研究はみられない。

そこで、本研究ではVDT作業における疲労に関して「主観的指標」と筋硬度を含めた「客観的指標」の両面から検討することを目的とする。

II. 方法

1. 対象

体育専攻女子学生8名(年齢 20.6 ± 0.48 歳)を対象とした。

2. 測定期日と測定場所

平成19年10月に本学運動生理学実験室にて実施した。

3. 測定項目と測定方法

パーソナルコンピュータにおける文書入力作業を「課題作業」とし、その作業による疲労の実態を調査・測定した。文書入力は「Word」を使用し、「1頁40字40行、改行なし」の書式で文書を入力するものとした。なお、文書は事前にコピーした資料を用いた。また、作業は片手(利き手)使用としたが、本研究では全員が右利き手であった。

手順としては、1回20分の課題作業を7分間の間

隔を空けて3回実施した。そして、疲労の調査・測定は1回目課題作業前および1回目作業後、2回目作業後、3回目作業後の計4回実施した。

環境面では静穏を保ち、ディスプレイ周辺の照度は300～350Lxであった。

疲労については、以下に示す主観的指標と客観的指標の両面から検討した。

1) 主観的指標

主観的指標は日本産業衛生学会産業疲労研究会作成¹⁰⁾の「自覚症しらべ」(表1)と「疲労部位しらべ」を用いた。

まったくあてはまらない	1
わずかにあてはまる	2
すこしあてはまる	3
かなりあてはまる	4
非常によくあてはまる	5

表1. 自覚症調べ

1	頭がおもい	1	2	3	4	5
2	いらいらする	1	2	3	4	5
3	目がかたく	1	2	3	4	5
4	気分がわるい	1	2	3	4	5
5	おちつかない気分だ	1	2	3	4	5
6	頭がいたい	1	2	3	4	5
7	目がいたい	1	2	3	4	5
8	肩がこる	1	2	3	4	5
9	頭がぼんやりする	1	2	3	4	5
10	あくびがでる	1	2	3	4	5
11	手や指がいたい	1	2	3	4	5
12	めまいがする	1	2	3	4	5
13	ねむい	1	2	3	4	5
14	やる気がとぼしい	1	2	3	4	5
15	不安な感じがする	1	2	3	4	5
16	ものがぼやける	1	2	3	4	5
17	全身がだるい	1	2	3	4	5
18	ゆううつな気分だ	1	2	3	4	5
19	腕がだるい	1	2	3	4	5
20	考えがまとまりにくい	1	2	3	4	5
21	横になりたい	1	2	3	4	5
22	目がつかれる	1	2	3	4	5
23	腰がいたい	1	2	3	4	5
24	目がしょぼつく	1	2	3	4	5
25	足がだるい	1	2	3	4	5

日本産業衛生学会産業疲労研究会, 2002年

「自覚症しらべ」は25項目の設問で構成されているが、5群別に合計スコアを求め、群別に疲労状況を評価するものである。その5群とは次の通りである。

I群 ねむけ感: 設問番号の13・21・10・14・17である。

II群 不安定感: 設問番号の15・18・5・2・20である。

III群 不快感: 設問番号の6・1・4・9・12である。

IV群 だるさ感: 設問番号の19・23・11・25・8である。

V群 ぼやけ感: 設問番号の24・22・7・3・16である。

「疲労部位しらべ」は「首」から「足首」までの項目であり、「全く感じない」を0、「わずかに感じる」を1、「かなり感じる」を2、「強く感じる」を3と表示している。今回は本研究に関連する首・肩・上腕・前腕・手首の5部位について調査した。部位は身体右側とした。なお、0～3までの表示を「自覚症しらべ」と同様にスコア化(疲労部位スコア)し、部位別に被検者8人の平均値を算出し検討した。

2) 客観的指標

(1) 目の疲労

目の疲労はフリッカー(CFF: critical flicker fusion、竹井機器製)測定器を用いた。このテストは周波数(Hz)を低域から高域に上げる方法(光が点滅から点となった周波数をみるもの)と高域から低域に下げ方法(光が点から点滅となった周波数をみるもの)があるが、本研究では前者を用いた。3回実施し、その平均値を記録とした。

(2) 判断力

判断力は脳年齢計ATMT(ek製)を用いた。この機器は1から25までの数字がディスプレイ上にランダムに表示されるが、その数字を1から順にタッチするものである。今回は25までの数字にタッチした所要時間(秒)を記録とした。測定は1回である。

(3) 筋疲労

筋疲労は筋硬度計(TRY-ALL製NEUTONE TDMN1(DX))を用いて筋硬度を測定した。その測

定部位は前腕（総指伸筋）、肩（三角筋前部）、首から肩（僧帽筋：肩峰と第7頸椎棘突起の中間点）とし、いずれも右側とした。また、測定は3回実施し、その平均値を記録とした。

なお、本機器の測定値には単位がなく、 $N=0.0258 \times \text{測定値} + 0.4$ の式にて、単位をニュートン(N)に換算した⁵⁾。

4. 結果の処理

結果の処理は課題開始前の測定・調査結果を基準とし、課題1回目・2回目・3回目の終了時における結果との差を検討した。差の検定には対のあるt-testを用い5%を有意水準とした。なお、本研究は東京女子体育大学倫理審査委員会の承認（承認番号：研倫審・平29-9号）を得て実施した。

III. 結果

1. 課題作業の遂行

課題作業の文字数を表2に示した。

表2. 課題毎の文字入力数

被検者	文字入力数(字)		
	課題1回目	課題2回目	課題3回目
A	629	674	638
B	768	788	744
C	681	920	985
D	805	833	922
E	600	603	631
F	592	671	635
G	608	598	597
H	949	980	998
mean	704.0	758.4	768.8
±SD	±127.08	±144.57	±171.91

課題1回目は、 704.0 ± 127.08 字、課題2回目は 758.4 ± 144.57 字、課題3回目は 768.8 ± 171.91 字であった。

2. 主観的指標

1) 自覚症しらべ

自覚症しらべの結果、つまり各群の自覚症スコアを表3に示した。各群ともに課題遂行毎にスコアの増加傾向がみられたが、各群によりその傾向は異なるものであった。

I群は課題前の 10.6 ± 5.97 に対して課題3回後は 13.5 ± 6.57 ($P < 0.05$)であり、有意な増加が認められた。しかし、他の課題後では有意な差は認められなかった。

II群は課題前の 8.4 ± 4.34 に対して課題3回後は $10.5 \pm .28$ であったが、いずれの課題後も有意な差は認められなかった。

III群は課題前の 7.1 ± 2.23 に対して課題3回後は 11.6 ± 5.83 ($P < 0.05$)であり、有意な増加が認められた。しかし、他の課題後では有意な差は認められなかった。

IV群は課題前の 7.1 ± 2.23 に対して課題1回後は 10.4 ± 3.70 ($P < 0.01$)、課題2回後は 12.8 ± 4.98 ($P < 0.01$)、課題3回後は 16.6 ± 5.45 ($P < 0.001$)であり、いずれにおいても有意な増加が認められた。

V群は課題前の 6.9 ± 2.42 に対して課題1回後は 9.4 ± 3.54 ($P < 0.01$)、課題2回後は 13.5 ± 5.37 ($P < 0.01$)、課題3回後は 14.4 ± 4.96 ($P < 0.001$)であり、いずれにおいても有意な増加が認められた。

表3. 自覚症状数

群	課題前	課題1回後	課題2回後	課題3回後
I	10.6 ± 5.97	10.0 ± 5.93 (0.919)	12.1 ± 6.71 (2.291)	13.5 ± 6.57 (2.852*)
II	8.4 ± 4.34	7.5 ± 3.82 (1.024)	8.9 ± 5.06 (0.453)	10.5 ± 6.28 (1.567)
III	7.1 ± 2.23	7.6 ± 3.20 (0.551)	9.4 ± 5.21 (1.502)	11.6 ± 5.83 (2.846 *)
IV	7.1 ± 2.23	10.4 ± 3.70 (4.202 **)	12.8 ± 4.98 (4.440 **)	16.6 ± 5.45 (6.905 ***)
V	6.9 ± 2.42	9.4 ± 3.54 (3.818 **)	13.5 ± 5.37 (4.252 **)	14.4 ± 4.96 (5.557 ***)

「課題前」の値との差を検討した。()内数値はt値

*: $P < 0.05$ **: $P < 0.01$ ***: $P < 0.001$

2) 疲労部位しらべ

疲労部位しらべの結果、つまり疲労部位スコアを表4に示した。各部位ともに課題遂行毎にスコアの増加傾向がみられたが、各群によりその傾向は異なるものであった。

首については、課題前 0.4 ± 0.517 に対して課題2回後は 1.6 ± 0.517 ($P < 0.01$)、課題3回後は 2.0 ± 0.755 (< 0.01)であり、有意な増加が認められた。しかし、課題1回後は有意な差は認められなかった。

肩については、課題前の 0.6 ± 0.518 に対して課題3回後は 2.3 ± 0.886 ($P < 0.01$)であり有意な増加が認められた。しかし他の課題後では有意な差は認められなかった。

上腕については、課題前の 0.3 ± 0.462 に対して課題1回後は 0.9 ± 0.354 ($P < 0.05$)、課題2回後は 1.4 ± 0.916 ($P < 0.05$)、課題3回後は 2.1 ± 1.125 ($P < 0.01$)、いずれにおいても有意な増加が認められた。

前腕については、課題前の 0.1 ± 0.353 に対して課題1回後は 1.0 ± 0.755 ($P < 0.05$)、課題2回後は 2.1 ± 0.640 ($P < 0.001$)、課題3回後は 2.4 ± 0.517 ($P < 0.001$)であり、いずれにおいても有意な増加が認められた。

手・手首については、課題前の 0.1 ± 0.353 に対して課題1回後は 1.0 ± 0.534 ($P < 0.01$)、課題2回後は 1.5 ± 0.534 ($P < 0.01$)、課題3回後は 2.1 ± 0.991 ($P < 0.01$)であり、いずれにおいても有意な増加が認められた。

3. 客観的指標

客観的指標に関する結果を表5に示した。

1) 目の疲労

目の疲労にはCFFを用いた。

課題前および各課題後の値は約30Hzであり、課題前に対する各課題後の値には有意な差は認められなかった。

2) 判断力

判断力には脳年齢計を用いた。

課題前の 31.6 ± 5.45 秒に対して、各課題後の値は増加傾向にあり、課題3回後は 35.5 ± 4.96 秒であった。しかし、課題前に対する各課題後の値には有意な差は認められなかった。

3) 筋疲労

筋疲労は筋硬度計を用いた。

総指伸筋は課題前および各課題後の値は $1.24 \sim 1.26$ Nであり、課題前に対する各課題後の値には有

表4. 疲労部位スコア

部位	課題前	課題1回後	課題2回後	課題3回後
首	0.4 ± 0.517	0.6 ± 0.518 (1.000)	1.6 ± 0.517 (3.989 **)	2.0 ± 0.755 (5.017 **)
肩	0.6 ± 0.518	1.1 ± 0.640 (1.323)	1.5 ± 0.755 (2.198)	2.3 ± 0.886 (3.870 **)
上腕	0.3 ± 0.462	0.9 ± 0.354 (3.416 *)	1.4 ± 0.916 (2.826 *)	2.1 ± 1.125 (3.910 **)
前腕	0.1 ± 0.353	1.0 ± 0.755 (2.966 *)	2.1 ± 0.640 (6.110 ***)	2.4 ± 0.517 (13.748 ***)
手・手首	0.1 ± 0.353	1.0 ± 0.534 (3.862 **)	1.5 ± 0.534 (5.227 **)	2.1 ± 0.991 (5.292 **)

「課題前」の値との差を検討した。()内数値はt値

*: $P < 0.05$ **: $P < 0.01$ ***: $P < 0.001$

表5. 客観的指標について

	課題前	課題1回後	課題2回後	課題3回後
フリッカーテスト(HZ)	30.8 ± 3.36	30.0 ± 3.50 (0.678)	31.1 ± 3.45 (0.231)	30.7 ± 3.03 (0.264)
脳年齢(秒)	31.6 ± 5.45	31.8 ± 6.84 (0.101)	33.9 ± 4.42 (0.793)	35.5 ± 4.96 (2.102)
筋硬度(N)				
・総指伸筋	1.24 ± 0.078	1.24 ± 0.098 (0.163)	1.25 ± 0.103 (0.308)	1.26 ± 0.076 (0.766)
・三角筋前部	1.09 ± 0.110	1.13 ± 0.169 (0.969)	1.14 ± 0.159 (0.901)	1.18 ± 0.172 (1.563)
・僧帽筋	1.24 ± 0.092	1.32 ± 0.112 (2.839 *)	1.27 ± 0.104 (1.338)	1.31 ± 0.105 (2.464 *)

「課題前」の値との差を検討した。()内数値はt値

*: $P < 0.05$

意な差は認められなかった。

三角筋前部も総指伸筋と同様に、課題前および各課題後の値は1.09～1.18Nであり、課題前に対する各課題後の値には有意な差は認められなかった。

僧帽筋は課題前の $1.24 \pm 0.092\text{N}$ に対して、課題1回後は $1.32 \pm 0.112\text{N}$ ($P < 0.05$)、課題3回後は $1.31 \pm 0.105\text{N}$ ($P < 0.05$)であり、有意な増加が認められた。しかし、課題2回後は有意な差は認められなかった。

IV. 考察

本研究はVDT作業における疲労に関して「主観的指標」と「客観的指標」の両面から検討することを目的として実施した。

自覚症しらべにおいて、各群ともに課題遂行とともにスコアの増加がみられたが、これは八谷たちの報告¹⁵⁾と同様の結果であった。また、群の中でもIV群(だるさ感)にみられる筋の疲労感、そしてV群(ぼやけ感)にみられる目の疲労感のスコアは課題1回後から有意な増加を示した。また、疲労部位しらべにおいては上腕・前腕・手および手首が課題1回後からすでにスコアの増加が認められるが、首は課題2回後から、そして肩は課題3回後から有意な増加を示した。岩切たち²⁾は部位別の愁訴数比率について「首が最も比率が高く、次いで肩・腰・手・腕の順」となっていることを報告している。そのため、本研究の疲労部位に関しても首・肩が課題1回後から有意な増加を示すと推測したが、他の部位よりもやや遅れる結果であった。

VDTにおける愁訴と疲労部位に影響する要因は多く、岩切たち²⁾は、首・肩のこり・痛みにはキー入力中の肩の持ち上がりとマウスの形状・操作位置が関連し、手・腕の痛み・疲れには操作位置と机の高さが関連したことを報告している。同じく岩切たち³⁾はオフィスレイアウトにおけるフリーアドレス形式レイアウトは「首・肩・および背中・腰のこり・痛みを増大させる可能性も否定できなかった」と報告している。他にも、画質モード¹²⁾、椅子の肘掛けの高さ¹⁾などの報告も見られる。本研究の環境はフリーアドレス形式レイアウトであり、机の高さの調節をしていないものであった。

次に客観的指標であるが、本来CFFにおける値(周波数:Hz)の低下は覚醒水準の減退に帰因する知覚機能の低下を反映する大脳皮質の資格情報処理能力の減少を表現しており⁴⁾、CFFに関連する要因として西村⁸⁾は精神疲労、自律神経失調および眼精疲労に関する自覚症状との相関が高いことを報告している。本研究では各課題後に一定の傾向をみることができなかったが、VDT作業として計算問題を課題とした神代たち⁴⁾の研究や1時間の課題作業(漢字熟語の正誤の入力、2つ用意した5文字の英数字の比較で間違いの消去)を午前中に3回、午後には3回の実施した研究⁹⁾では値の低下を認めている。一方、23インチ液晶ディスプレイを用いて3Dゲーム(2時間)と2Dゲーム(2時間)を行わせた西村たち⁸⁾は、ゲーム前後の比較において有意な差は認めない。その理由として「CFFは慢性の眼精疲労を鋭敏に反映するが、短時間の評価には必ずしも適しているようには思えない」としている。これらの研究と本研究の結果を考えると、時間的要因も考えられるが、本研究の課題は単純な文書入力であることに対して、神代たちと西村たちは考えて判断する必要のある課題であったため、より大脳皮質の機能低下が大きかったのではないかと推察される。

判断力として、脳年齢計を用いた。結果としては、課題前、各課題後の時間は30秒から40秒であり、一定の傾向を見つけることはできなかった。これは、ディスプレイに表示される数字をタッチする際に、滞ることなくタッチできる時があれば、ある不特定の1つの数字を探すのに10秒近く時間がかかることもある。そのため個人差あるいは個人の中で所要時間が異なったためではないかと推察される。また、所要時間が40秒程度では実施時間が少ないのではないかと。つまり、脳年齢計の使用は適切ではなかったのではないかと考えられる。

筋硬度についてみると、総指伸筋、三角筋前部では一定の傾向は見られなかった。しかし、僧帽筋は各課題とも課題前に比して増加を示し、課題1回後と課題3回後では有意な増加を示した。課題前の僧帽筋の筋硬度は $1.24 \pm 0.092\text{N}$ であったが、同年代女性の僧帽筋(本研究と同部位)の筋硬度(安静時)

は $1.21 \pm 0.12\text{N}$ とする報告⁵⁾もあり、同年代女性と同等の筋硬度であった。他の部位についての報告はみあたらない。

以上のように検討してきたが、主観的指標においては先行研究と同様の結果であった。また、客観的指標では、僧帽筋における筋硬度の値の増加が確認された。これらのことから、自覚的には首・肩よりも腕の方が早い段階で疲労を感じているが、腕・肩の筋硬度に変化はなく、主観的指標と客観的指標は必ずしも一致しないことが示唆された。しかし、本研究では先行研究に比して課題遂行時間が短いものであったが、今後は課題内容や作業環境、等にも十分に配慮するなどさらなる検討が必要である。

まとめ

本研究はVDT作業における疲労に関して「主観的指標」と「客観的指標」の両面から検討することを目的として実施した。

主観的指標として自覚症しらべを実施したが、IV群(だるさ感)にみられる筋の疲労感、そしてV群(ぼやけ感)にみられる目の疲労感のスコアは課題1回後から有意な増加を示した。また、疲労部位しらべにおいては上腕・前腕・手および手首が課題1回後からすでにスコアの増加が認められるが、首は課題2回後から、そして肩は課題3回後から有意な増加を示した。

客観的指標として筋硬度を測定したが、僧帽筋に関しては課題2回後と課題3回後のいずれも課題前より数値が増加していた、しかし総指伸筋と三角筋前部に関しては課題前と各課題実施後に差は認められなかった。また、フリッカーテストと判断力(脳年齢)においては有意な差は認められなかった。

参考文献

- 1) 長谷川徹也, 神代雅晴(1996):キー入力作業における椅子の肘掛けの効果, 人間工学, 32(3), 115-121.
- 2) 岩切一幸, 毛利一平, 外山みどり, 他(2004): VDT作業者の身体的疲労感に影響する諸要因の検討, 産衛誌, 46, 201-212.
- 3) 岩切一幸, 毛利一平, 外山みどり, 他(2006):フリーアドレス形式オフィスレイアウトでのVDT作業者の姿勢および身体的疲労感, 産衛誌, 48, 7-14.
- 4) 神代雅晴, 三上行生, 長谷川徹也(1984): VDT作業における眼精疲労と中枢性ストレスの検討, 産業医学, 27, 105-111.
- 5) 口後晴基, 黒澤和生(2010):筋硬度の定量化ならびに筋硬結における筋疼痛と筋硬度との関連, 理学療法科学, 25(1), 41-44.
- 6) Motoko Kawashima, Motoko Yamatsuji, Norihiko Yokoi, et al. (2015): Screening of dry eye disease in visual terminal display workers during occupational health examination: The Moriguchi study, J. Occup Health, 57, 253-258.
- 7) 中村芳子(2002):visual display terminalによる眼障害, 医学と薬学, 48(3), 305-314.
- 8) 西村雄宏, 岩田豊人, 村田勝敬(2010):3Dゲーム使用の視覚系神経機能に及ぼす影響, 秋田医学, 37, 85-91.
- 9) 西村武, 森本一成, 岸本泰蔵, 新居雅行(1986): VDT作業による疲労の主観評価値と客観的測定値との相関, テレビジョン学会誌, 40(12), 69-74.
- 10) 日本産業衛生学会産業疲労研究会:自覚症しらべ, <http://square.umin.ac.jp/of/service.html>
- 11) 大高功, 高林克枝(2008):モニターを使った作業(VDT作業)と疲労度合いについて, 日本未病システム学会雑誌, 14(2), 211-213.
- 12) 杉野友啓, 前田健次, Ben Broughton, 梶本修身(2013):低色温度調整新画質モード搭載スマートフォンによる目の疲れの軽減効果, 日本未病システム学会雑誌, 19(3), 9-13.
- 13) 隅元庸夫, 世古俊明, 三浦紗世, 他(2015):坐位と立位における多段階前傾姿勢保持時の筋硬度の違い, 理学療法科学, 30(2), 219-224.
- 14) 鈴木正寛, 佐藤 崇, 小宮秀明(2013):上腕筋群における局所運動後の骨格筋の硬化と筋肉痛

との関係, 理学療法科学, 28(3), 389-393.

- 15) 八谷百合子, 泉 博之, 大貝晴俊, 森 晃爾
(2009): 独立成分分析を用いたVDT作業時の疲労関連信号抽出方法の検討, 産業医科大学雑誌, 31(3), 265-279.