

単純な CAD 作業が自覚症状とパフォーマンスに 及ぼす影響の検討

古 田 真 司
Masashi FURUTA
(健康科学選修)

宮 尾 克
Masaru MIYAO
(名古屋大学医学部公衆衛生学教室)

古 田 加代子
Kayoko FURUTA
(豊田学園医療専門学校)

I. は じ め に

現代においては、VDT (Visual/Video Display Terminal) 機器が多方面の産業に導入され、さまざまな形で急速に発達してきた。入力方法も、以前のようにキーボードだけでなく、マウスやデジタイザー、タッチパネル、ライトペンなども使われるようになっていく。一方では、VDT 作業自体の変化も著しく、単純なデータ入力や文書作成に加え、最近では製造業を中心とした職場の多くで、CAD (Computer Aided Design) もしくは CAM (Computer Aided Manufacturing) とよばれる図面作成作業が、日常業務として行なわれるようになってきた。こうした CAD/CAM の出現により、各種の図面作成作業において、従来の手作業のかなりの部分がコンピューターに置き換えられるようになり、この種の作業能率は飛躍的に向上した¹⁾²⁾。

しかし職場におけるこうした VDT 作業の導入は、作業者に対しこれまでにないさまざまな形の作業負担を与えてきた³⁾。そのなかで、最も強く訴えられるのが眼に関する症状である「目が疲れる」という訴えは、VDT 作業者にきわめて多く見られる⁴⁾⁵⁾が、他にも、視力の低下や調節力の異常などの報告がある⁶⁾。さらに、キーボード等を操作することで起こる頸肩腕系の疲労⁷⁾⁸⁾、椅子に長時間拘束されることに伴う腰痛への影響⁹⁾、あるいは、正確にかつ早く作業しなければならないというストレスから起こる精神神経系への負担⁸⁾などがあげられる。そしてこれらが原因となって、VDT 作業者から多様な自覚症状が訴えられることが、これまでも報告されている⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。しかしこれらの報告は、データ入力型の VDT 作業が中心で、最近普及が著しい CAD のような新しい形態の VDT 作業が、どのように自覚症状や作業能率 (パフォーマンス) に影響しているかについての報告はあまりない。

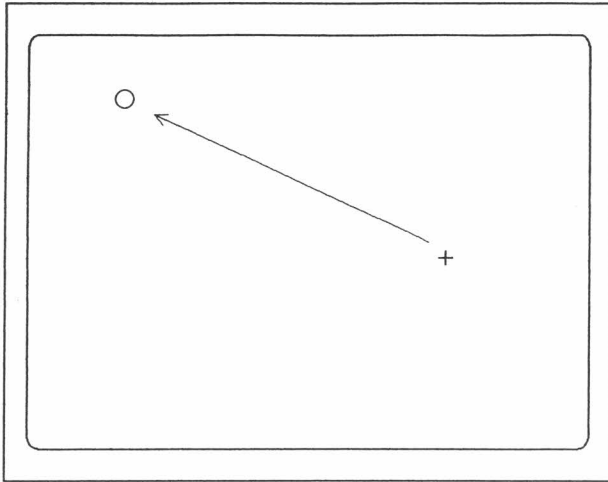


図1 単純な CAD 作業のディスプレイの略図

黒色の背景画面の左寄りに円のコマ（赤色の○）が表示され、マウスの左ボタンが押されるまで待ち続ける。被検者は画面上の十字のコマ（緑色の+）をマウスを使って動かし、なるべく円と十字のコマの中心を合わせるようにしてマウスの左ボタンを押す。すると、円のコマはすみやかに画面の右寄りに移動し、同様に、円と十字のコマの中心を合せてマウスの左ボタンを押すと、ふたたび円のコマは左に移動する。ただこれを繰り返すのが今回の作業の内容である。なお円のコマの位置は、乱数でランダムな位置に出現するようにプログラムされている。

被検者は、19歳と20歳の健康な女子短大生8名である。モデル化した単純な線引き作業を繰り返すCAD作業プログラムを作成し、パソコン上で1人につき1時間ずつ作業をさせた。

作業はパソコン(NEC:PC-9801VX)にマウス(NEOS:MS-50)を接続し、被検者は、ディスプレイ(NEC:PC-KD854)を注視するだけで、すべての作業はマウスだけで行えるようにした。その作業内容を図1に示した。赤い○に緑の+を合わせるだけの単純な作業の繰り返しである。この時、たとえ円と十字の中心が合わなくても作業は次に進んで行くため、被検者にはこれが成功したかどうかはその時点ではわからない。約10分間の練習ののち、スタートの合図でマウスのボタンを押したときからデータの計測をはじめ、1時間の作業をさせた。マウスのボタンを押すごとに、マウスを押した時刻(作業開始後の秒数)、円のコマの座標、十字のコマの座標の3つのデータがフロッピーディスクに自動的に記録されるようにプログラムを作成した。これらのデータから、一定時間内にマウスを何回押したかを示す「マウス回数」と、そのうちうまく円と十字のコマの座標を合せられた回数(2点間の距離はX軸、Y軸とも2ドット以内なら成功とする)である「成功回数」を算出し、これらを作業能率(パフォーマンス)の指標とした。

一方、CAD作業の直前と直後に、疲労度の自覚症状調査として、産業疲労研究会作成の「自覚症状しらべ」¹³⁾を使い、「眠気しらべ」は、Hoddesら¹⁴⁾が作成したSSS(Stanford Sleepiness Scale)にもとづいて7段階(1.とても活動的~7.とても眠い)の評価を、

CAD作業とは、設計のためにコンピューターを用い、ライトペンやデジタイザあるいはマウス、キーボードなどを使って、画面上に詳細な図を描いていくものである¹⁾。またMiyao¹²⁾は、CAD作業を大別すると、マウスなどを使って線を繰り返し引く単純な作業と、3次元のレイアウトを考えながら幾何学的なデザインをする思考的な作業の2種類に分けられると述べている。今回我々は、前者の単純なことを繰り返すCAD作業に焦点をあて、この作業をモデル化して実験を行ない、それが自覚症状や作業能率(パフォーマンス)等にどのように影響するかの検討を試みたので、以下に報告する。

II. 対象および方法

表 1 CAD 作業前後における被験者別の自覚症状調査結果

被験者No.	自覚症状A群		自覚症状B群		自覚症状C群		目の疲れ		眠気調べ	
	前	後(差)	前	後(差)	前	後(差)	前	後(差)	前	後(差)
1	4	7 (+3)	3	1 (-2)	0	0 (0)	2	3 (+1)	4	5 (+1)
2	1	5 (+4)	0	2 (+2)	0	4 (+4)	2	4 (+2)	3	5 (+2)
3	1	3 (+2)	0	0 (0)	0	0 (0)	2	3 (+1)	4	5 (+1)
4	2	5 (+3)	0	4 (+4)	3	7 (+4)	3	5 (+2)	3	5 (+2)
5	3	8 (+5)	2	6 (+4)	1	3 (+2)	2	4 (+2)	3	5 (+2)
6	0	9 (+9)	0	8 (+8)	0	1 (+1)	2	4 (+2)	3	5 (+2)
7	1	6 (+5)	0	0 (0)	1	3 (+2)	1	4 (+3)	4	5 (+1)
8	0	1 (+1)	0	0 (0)	0	0 (0)	1	2 (+1)	1	2 (+1)

注) 自覚症状A群 (一般的疲労), B群 (精神的疲労), C群 (身体の異和感) はそれぞれ10項目中の訴え数を示した。また, 目の疲れは1から5の5段階, 眠気調べは1から7の7段階で表わされており, それぞれ疲れや眠気が強い方が大きい数字となっている。

さらに「目の疲れ」として「1. ない～5. 非常に」の5段階から選ばせる簡単なアンケートをそれぞれおこなった。

なお, 被験者8名のうち強い乱視や遠視の者はなかったが, 2名(被験者No.1とNo.4)には近視があり, 作業中もコンタクトレンズを使用した。またディスプレイを設置する際, 画面上に直接光または反射像が現れないようにし, 周囲の明るさ

は作業中に急激な変化がないように注意した。室内温度は作業中約18～20℃の範囲で一定であった。実験は平成3年2月中旬に行なった。

表 2 作業前と作業後の自覚症状の比較 (n = 8) と, 自覚症状で有意に訴えが増加した質問項目

	作業前	作業後
自覚症状A群	1.50±1.32	5.50±2.40**
・頭がおもい	0人	→ 5人
・全身がだるい	0人	→ 6人
・ねむい	3人	→ 7人
・目がつかれる	3人	→ 8人
自覚症状B群	0.63±1.11	2.63±2.87
(・根気がなくなる)	1人	→ 5人
自覚症状C群	0.63±0.99	2.25±2.33*
(・肩がこる)	1人	→ 5人
目の疲れ	1.88±0.60	3.63±0.86***
眠気調べ	3.13±0.93	4.63±0.98***

注) 自覚症状は, 10項目のうちの平均訴え数±S.D.

目の疲れは1から5の5段階の平均±S.D.

眠気調べは1から7の7段階の平均±S.D.

*: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001 (paired T-testによる)

III. 結 果

1. 自覚症状調査

疲労の自覚症状調査の結果(表1)では, A群(一般的疲労)の項目について, 8人全員が作業後の訴え数が増加した。B群(精神的疲労)やC群(身体の異和感)では作業後に増加するものが多かったが, 訴え数にはかなり個人差が見られた。8人を平均した訴え数の変化では(表2), A群が作業前1.5個から作業後5.5個へと有意に増加した。各項目別で見ると, 「頭が重い」「全身がだるい」「ねむい」「目が疲れる」の4項目が有意な増加を示していた。B群では「根気がなくなる」, C群では「肩がこる」が有意に増加していたが, その他の項目では作業前後であまり訴え数に関する変化がなかった。

「目の疲れ」は, 同じく表1に示したように, 8人全員が作業後に作業前より強い目の

NO. 1

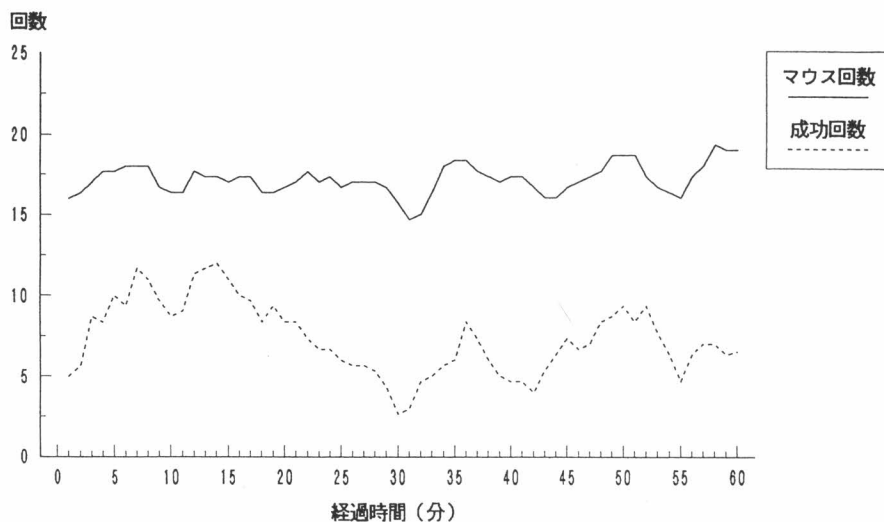


図2 ある被験者のパフォーマンスの変化 (被験者No.1)

この被験者は、開始15分までの「成功回数」が比較的多かったが、その後急激に減少し、後半やや盛返した例である。マウスを押している「マウス回数」は、1時間でそれほど大きな変化はなかった。

NO. 6

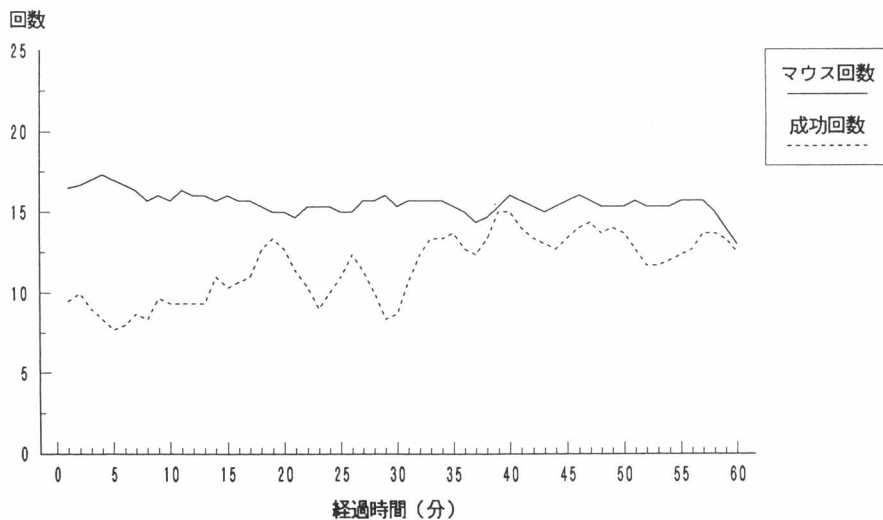


図3 ある被験者のパフォーマンスの変化 (被験者No.6)

これは、前半よりも後半の30分のパフォーマンスが良くなった例である。「成功回数」「成功率」ともに、後半の方が良くなっている。しかし、開始後18分ごろから5〜7分周期で「成功回数」が落ち込む変動の繰り返しが見られる。一方これに較べて、「マウス回数」は1時間中、ほぼ一定であった。

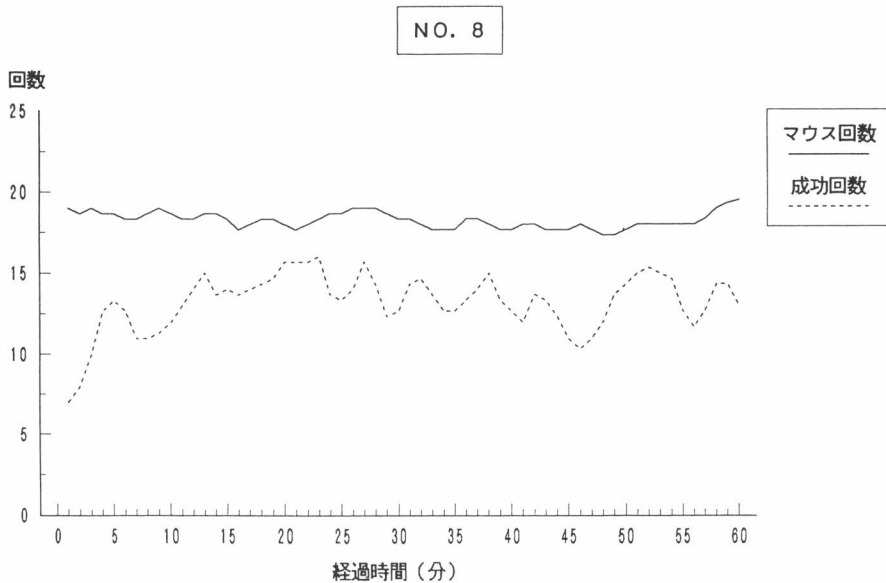


図4 ある被験者のパフォーマンスの変化(被験者No.8)

これは、作業開始直後から4-6分間隔で「成功回数」の周期変化を繰り返した例である。前半30分と後半30分では、全体で見れば、それほど差は見られない。また、「マウス回数」も1時間中ほぼ一定であった。

疲れを訴えていた。また「眠気しらべ」も、全員が作業後は作業前より1から2段階眠くなる傾向を示した。8人の平均で見ても(表2)、いずれの項目も作業前よりも作業後の方が、その程度が有意に強くなった($P < 0.001$)。

2. 作業能率(パフォーマンス)

1分間当たりの「マウス回数」と「成功回数」を経過時間に合せてグラフ化したものの代表的な例を図2~図4に示した。なお、このグラフはその前後の1分間ずつをあわせて平均化した3分間移動平均値を用いて表現してある。

図2の被験者No.1の例では、「マウス回数」が1時間を通じてほぼ一定のペースであったのに対して、「成功回数」は、前半の20分間こそやや多いものの、後半になるとかなり低下した。また、後半には12~13分ごとの周期的な落込みもみられた。この被験者No.1は、表1によると作業前から自覚症状の訴えも高く、「眠気調べ」も作業前から「4. すこしボウとしている」と答えており、作業中の眠気の影響が強かったと思われる。

一方、図3の被験者No.6は、逆に後半の30分の方がパフォーマンスが良くなった例である。5~7分間隔の周期変化を見せているが、後半の30分間は「成功率」がかなり良くなっている。この被験者の場合、表1を見ると、作業後に自覚症状A群やB群がきわめて高くなっており、熱心にこの課題に取り組んだ結果、かなり疲労を自覚したことがわかる。

図4は、「成功回数」でみたパフォーマンスが最も良かった。被験者No.8の例である。この例でも、「マウス回数」が1時間を通じてほぼ一定のペース(平均18.3回/分)であるのに対して、「成功回数」は変動が大きく約5分間隔で上下を繰り返していた。

こうした今回の実験における各被験者の作業のこなしかたの特徴を、表3にまとめて示

表3 CAD 作業中の被験者別のパフォーマンス結果

被験者NO.	マウス回数 (1時間)	成功回数 (1時間)	成功回数から見た こなしかたの特徴	(周期変化) の有無	成功率(%) (1時間平均)
1	1030 (3位)	440 (7位)	前半型	<12-13分周期>	42.72 (7位)
2	986 (4位)	762 (2位)	やや後半型	<周期なし>	77.28 (2位)
3	857 (8位)	355 (8位)	前半型	<7-8分周期>	41.42 (8位)
4	933 (5位)	492 (6位)	周期型	<8-10分周期>	52.73 (5位)
5	1112 (1位)	534 (5位)	やや前半型	<周期なし>	48.02 (6位)
6	933 (5位)	694 (3位)	後半型	<5-7分周期>	74.38 (3位)
7	868 (7位)	686 (4位)	周期型	<5-6分周期>	79.03 (1位)
8	1095 (2位)	792 (1位)	周期型	<4-5分周期>	72.33 (4位)

注) マウス回数とは、1時間の間にマウスを押した回数。成功回数とは、マウス作業で1時間の間にうまく○と+を合せた回数。こなしかたの特徴は、1時間の作業の前半30分の方が成功回数が多かった者(前半型)、後半に成功回数が多かった者(後半型)、周期変化を繰り返しどちらともいえない者(周期型)に分類した(図2～図4を参照)。成功率は、成功回数÷マウス回数×100で算出。なお、(○位)は各指標における8人中の順位を示す。

した。これによると、マウス回数が多くても成功回数が多いとは限らず、それぞれの作業のやりかたは、きわめて個人差が大きいことがわかった。被験者No.1のように、前半30分の作業能率が高く後半30分は疲れて(あるいは眠くなって)能率が落ちてしまったのは、No.1を含めてNo.3, No.5の3名で、いずれもトータルのパフォーマンス(「成功回数」)は良くない(それぞれ、7位, 8位, 5位)。一方、被験者No.6のように、後半30分の成功回数が多かったのはNo.2であったが、No.2もNo.6同様、作業後の自覚症状の訴え数が高かった(表1参照)。その他の被験者No.4, No.7, No.8は前半30分も後半30分も平均すればほとんど同じ程度のパフォーマンスであったが、いずれも5～10分程度の周期変化を繰り返していたのが特徴であった。

これら8人全員のパフォーマンスの変化について、その平均値の推移で見ると(図5)、作業開始直後の10分間の能率はやや低かったが、その後の約15分間(開始後25分まで)の作業能率は最も高かった。その後はやや低迷し、最後の10分間の作業能率が増加していた。

IV. 考 察

今回の単純なCAD作業実験では、眼の疲れや眠気などを含む自覚症状A(一般的疲労)の訴え数が、1時間の作業後に有意な増加を示し、自覚症状B(精神的疲労)やC(身体の異和感)よりもその影響は強かった。さらに今回は「眼気」や「目の疲れ」の有無を質問するだけでなく、その程度を段階化して質問したが、いずれの訴えも作業後に強くなることが示された。

VDT作業(オンライン端末操作者等)を対象に調査を行った垂水ら¹¹⁾によると、VDT作業者では性、年齢にかかわらず眼部症状・頸腕部症状が多く、身体症状や精神症状は低い傾向がみられたと報告している。一方、男子大学生を被験者として三澤ら¹⁵⁾が行なった実験的研究によると、画面上の特定の文字を別の文字に置換していく模擬のVDT作業(2時間)によって、休憩のとりかたの違いによらず、とくに「目の疲れ」に対する訴え率は高かったと報告している。小松原¹⁶⁾は、単純判断や短期記憶しか要求しない作業では享楽感や価値感の自覚がなく、そのため疲労感が高くなることを指摘している。今回の実験で用

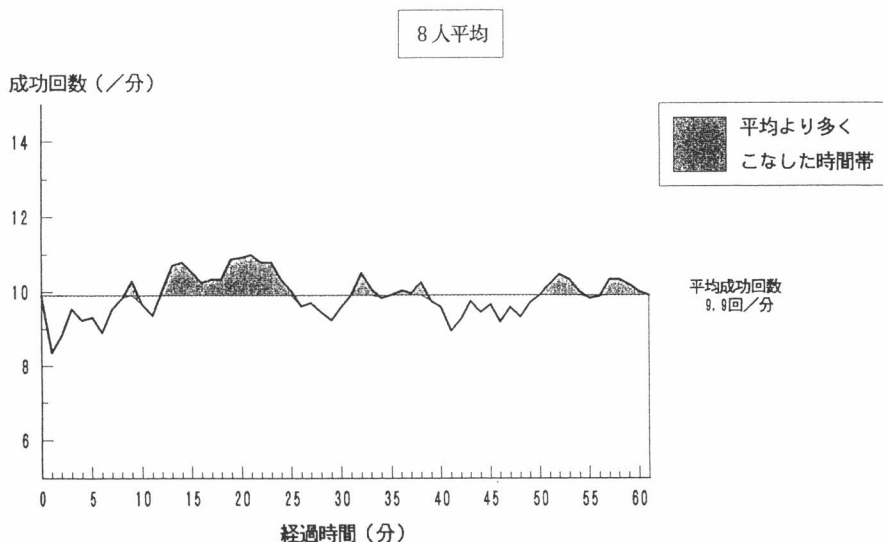


図5 経過時間ごとに見た「成功回数」の平均値の推移（8人平均）

作業全体から見た、8人の全平均成功回数は1分間あたり9.9回であった。この数字と8人の時間別平均成功回数を較べてみると、作業開始から約10分間は平均より低いが、その後25分経過時点までは全平均より高い状態で推移した。その後約5分間作業量が低下し、その後約7分間回復するものの、ふたたび約10分間平均値を下回って、最後の10分間でやや回復する経過であった。

いたCAD作業は、きわめて単純で退屈なものであったので、この内容は従来の単純なデータ入力や文字の検索作業に相当する内容であったと考えられる。そのため、単純なデータ入力型作業者に多い¹⁷⁾とされる頸肩腕症状（肩こり・頭重感等）も見られた可能性がある。

次に、この単純なCAD作業に対する作業能率（パフォーマンス）の変化について考察する。今回の実験では、作業能率の指標として「マウス回数」と「成功回数」を用いている。「マウス回数」については回数に差はあるものの全員ほぼ一定の間隔でマウスを押しているが、「成功回数」は被検者ごとに大きな差が見られ、また、時間経過に伴って大きく変化することがわかった。

「マウス回数」はみかけ上の作業量を示しており、簡単で単純な作業そのものは、眠気や疲労感にそれほど影響されずこなしていくことが可能なであろう。一方、「成功回数」はその時々の作業の正確さを示しており、これは眠気や疲労度に大きく左右されていることが想像される。今回は、ほとんどの被検者にこの「成功回数」の周期変化（5～10分間隔）がみられたが、これは、このような単純で退屈なCAD作業においては、1時間という比較的短い時間でも、安定したパフォーマンスが保たれないことを示唆している。小松原¹⁶⁾は、画面上に書かれたカタカナから特定の意味のある言葉を選びだす単調な作業実験を2時間行ない（被験者は1名）、最初の30分間が質的パフォーマンス（作業の正確さ）のピークで、以後はそれが低下して再び回復しなかったが、処理画面数（みかけ上のパフォーマンス）は30分以降もあまり変化しなかったことを報告している。この結果はわずか1名のデータにすぎないが、今回の我々の結果と符合する点が多い。

一方、前述の三澤ら¹⁵⁾のVDT実験の結果では、120分連続作業の群や60分連続作業の群

は、時間とともに作業のエラーが増加したが、30分に1回5分ずつ休憩した群のエラーは少なかったことが示されている。我々の今回の結果でも、図5に示したように、平均すると開始後25分で作業能率のピークを過ぎてしまうことが示された。従って、作業能率から見た連続作業時間はこの時点が限界であり、この種の単純な VDT 作業に関しては、約30分で数分間の休憩をとることが望ましいと思われた。

また、自覚症状との関係では、後半に作業能率を上げたものや「成功率」が高いものほど疲労を訴える傾向が見られた。このことから、今回のような単純な CAD 作業を行う場合に自覚症状としての疲労感を増加させる要因は、単に作業量の多さではなく、それぞれの作業者が熱心に課題に取り組む姿勢に関係が深いことが考えられる。坪井ら¹⁸⁾は、几帳面な性格の者は、コンピューターの操作に適している反面、疲労を生じやすいと述べている。このことは、こうした VDT 作業に関する自覚症状調査で、単に作業時間や作業量では把握できない大きな要因が隠されていることを示唆していると思われる。

V. ま と め

単純な CAD 作業における自覚症状とパフォーマンスの変化を検討するために、女子学生8名を被検者とした1時間のモデル作業実験を行った。CAD 作業の前後で、「自覚症状しらべ」と「眠気しらべ」「目の疲れ」などの調査を行い、また、作業中は作業内容をすべてフロッピーディスクに記録して分析した。その結果は次の通りである。

1. 目の疲れや眠気などを含む自覚症状A（一般的疲労）の訴え数が、1時間の作業後に有意な増加を示し、自覚症状B（精神的疲労）やC（身体の異和感）よりもその影響は強かった。また、「眠気」や「目の疲れ」の度合いも作業後に強くなることが示された。

2. みかけ上の作業量（マウス回数）は、ほとんどの被検者で、眠気や疲労度にそれほど影響されず一定間隔でこなしていた。しかし、実際にうまく課題をこなした回数（成功回数）は、5～10分間隔の周期変化を繰り返し、単純な CAD 作業においては、1時間という比較的短い時間でも、安定したパフォーマンスが保たれないことが示された。

3. 今回のような単純な作業課題では、平均すると開始後25分で作業能率のピークを過ぎてしまうことが示された。従って、作業能率から見た連続作業時間はこの時点が限界であり、ここで数分の休憩をとることが望ましいと思われた。

4. 自覚症状とパフォーマンスの関係では、自覚症状としての疲労感を増加させる要因は、単に作業量の多さではなく、それぞれの作業者が熱心に課題に取り組む姿勢に関係が深いことが考えられた。

（平成5年9月13日受理）

引 用 文 献

- 1) Grandjean E. : Ergonomics in computerized offices, London, Taylor & Francis, : p. 6-p.9, 1987.
- 2) 労働省労働衛生課編：VDT 作業の労働衛生実務一指導者用一。東京、中央労働災害防止協会：p. 34, 1988.
- 3) 阿部眞雄, 中山 仁, 前原直樹, 宮尾 克：VDT 健診マニュアル。東京、労働基準調査会：p. 11-p. 15, 1992.
- 4) 北山孝允, 宮下和久：VDT 作業と眼機能（視機能に関する健康診断を中心に）。日災医誌, 34(7) :

- 551-554, 1986.
- 5) 相沢好治：VDT 作業に伴う自覚症状と眼に関する訴えが多い理由. VDT 医学マニュアル. 石川哲編. 東京, 金原出版：p. 18-p. 21, 1989.
 - 6) 栗本晋二：VDT 作業が視機能に与える影響. 人間工学, 19：87-90, 1984.
 - 7) 坪井康次, 筒井末春：目以外の訴え, 症状について (含, 頸肩腕症候群). VDT 医学マニュアル. 石川哲編, 東京, 金原出版：p. 23-p. 25, 1989.
 - 8) 田村 博, 酒井一博, 宮尾 克・他：VDT 健康セミナー, テクノストレスとその対策. 東京, 労働経済社：p. 86-p. 93, 1984.
 - 9) 杉田 稔, 蓑輪尚子, 石井 幹・他：VDT 作業者の自覚症状の訴えに影響を及ぼす因子. 産業医学, 28：409-419, 1986.
 - 10) 島井哲志, 岩崎祥一, 高橋 稔・他：VDT 作業者の自覚症状と経験年数の関係. 産業医学, 28：87-95, 1986.
 - 11) 垂水公男, 長見まき子, 門脇一郎：VDT 作業者の自覚症状に影響する要因の検討. 産業医学, 32：77-88, 1990.
 - 12) Miyao, M. & Ishihara, S. : Improved visual, mental and muscular load in liquid crystal display, cathode-ray tube and computer-aided design applications. Research Perspectives in Occupational Health and Ergonomics in Asia, pp. 207-212, Occupational Health Department, Faculty of Public Health, Mahidol University, 1992.
 - 13) 日本産業衛生学会産業疲労研究会：新しい「自覚症状しらべ」(1970)についての報告. 労働の科学, 25(6)：12-62, 1970.
 - 14) Hoddes E. : The history and use of the Stanford Sleepiness Scale. Psychophysiol 9：150, 1972.
 - 15) 三澤哲夫, 吉野賢治, 重田定義：VDT 作業の一連続作業時間に関する実験的研究. 産業医学, 26：296-302, 1984.
 - 16) 小松原明哲：Visual Display 作業における精神負担. 人間工学, 19：81-86, 1984.
 - 17) Ong CN, Hoong BT, Phoon WO : Visual and muscular fatigue in operators using display terminal. Human Ergol, 10：161-171, 1981.
 - 18) 坪井康次, 筒井末春：心身医学上の問題点. VDT 医学マニュアル. 石川哲編. 東京, 金原出版：p. 91-p. 92, 1989.