

パーソナルコンピュータによる文字入力作業時の生理心理学的反応

— デスクトップ型とノート型の比較 —

花 輪 啓 一, 石 崎 香 理

I. 緒 言

国内世帯におけるパーソナルコンピュータ（以下：PC と略す）の普及率は、2007 年末現在全世界の 85.0%である¹⁾。また、国内企業で PC 導入の有無を調査したところ全産業の 96.3%、また従業員数 1000 人以上の事業所規模および産業では 99.7%で PC を導入している。このうちインターネットに接続またはネットワーク化されている事業所の割合は 88.4%である²⁾。

一方、PC の普及が高まった反面、PC を使用することに対して精神的なストレスを感じている労働者の割合は 34.8%で、1 日あたりの平均 VDT (Visual Display Terminals) 作業時間が長いほどその割合が多く、6 時間以上では 42.4%の労働者が精神的ストレスを感じている。また、仕事での VDT 作業で身体的な疲労感および疲労症状を感じている労働者は 78.0%で、そのうち「目の疲れ・痛みがある」とする労働者の割合が最も多く 91.6%となっている。これらの報告書の内容はデスクトップ型 PC、ノート型 PC を区別した内容となっていない。また、PC の国内出荷動向をみると 1996 年（平成 8 年）では総出荷数は 7,133 千台でデスクトップ型 PC 比率は 0.64、ノート型 PC 比率は 0.36 で、圧倒的にデスクトップ型 PC が占有していた。ところが、1999 年（平成 11 年）を境に、その比率が逆転し、2008 年（平成 20 年）には総出荷台数 4,384 千台でデスクトップ型 PC 比率は 0.34、ノート型 PC 比率は 0.66 となり、現在の国内の PC では明らかにノート型 PC の方が圧倒的に普及している現状にある³⁾。

ところが、VDT 作業における心身への影響についての調査結果の多くは

デスクトップ型とノート型を同一に論じられている。しかし、デスクトップ型に比較してノート型は身体的拘束性が強い作業を強いられることが知られているが、その影響について両者の詳細な検討が必ずしも十分に検討されていない。

そこで、本研究は文字入力作業時の生理心理的反応についてデスクトップ型とノート型の比較検討することを目的に実験を行った。

II. 研究対象・方法

1. 被験者

被験者は本学に在籍する学生（1年生）7名で全員女性である。その身体的特徴を表1に示した。被験者の年齢は 18.9 ± 0.4 歳、身長は 157.2 ± 6.0 cm、体重は 49.1 ± 4.1 kgであった。また、眼鏡等の使用は7名中5名の者がコンタクトレンズを常時装着していた。被験者7名全員PC操作は初心者（非鍛錬者）であった。

2. 測定項目

測定項目は作業環境（照度，輝度，乾球温度，気流），視距離（ディスプレイ

表1 被験者の身体的特徴

被験者	性別	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	矯正
S. A.	F	19	145.0	45.0	Non
A. O.	F	19	156.0	52.0	CL
R. K.	F	18	160.0	51.0	Non
S. S.	F	19	159.0	47.0	CL
Y. M.	F	19	156.0	45.0	CL
K. M.	F	19	161.0	48.0	CL
S. Y.	F	19	163.5	56.0	CL
平均値±標準偏差		18.9 ± 0.4	157.2 ± 6.0	49.1 ± 4.1	

F : Female CL : contact lens

イおよび書見台), 肘角度, 上腕脇角度, キーボード位置, 視機能(静止視力, 動体視力, 近点距離, 遠点距離, 調節時間(毛様態筋収縮時間および弛緩時間)), 心拍数, 筋電図, 疲労感である。また, 実験は冬季の1月下旬から2月上旬にかけて行われた。

1) 作業環境

入力作業時の鉛直面照度, 水平面照度, キーボード面照度, 書見台面照度の測定には TOPCON 社製照度計 IM-2D, ディスプレイの発光輝度・暗地発光輝度の測定⁴⁾には TOPCON 社製輝度計 BM-9 ($2^{\circ} \times 100$), 椅座位姿勢作業時の頭部・下足部の乾球温度の測定は SIBATA 社製アスマン通風温湿度計, また同部位での気流の測定には SIBATA 社製風速計 ISA-75 型を用いて作業環境を評価した。作業中のキーボード位置はスペース・キーと机手前淵からの距離をもって評価した。それぞれの測定は入力作業開始 20 分後と 40 分後に測定した。

2) 視距離, 肘角度, 上腕脇角度

入力作業中の視距離の計測はディスプレイ面及び書類面から眼球先端までの距離はシチール製メジャーを用いて, また肘角度と上腕脇角度は竹井機器社製角度計 (FLEXIO METER 180 $^{\circ}$) を用いて, それぞれ入力作業開始 20 分後, 40 分後に計測した。

3) 視機能

静止視力と動体視力 (KAV: kinetic visual acuity) は興和社製動体視力計コーワ AS-4C, 近点距離, 遠点距離および毛様態筋の調節時間(緊張時間・弛緩時間) 測定には興和社製連続近点計付アコモド・ポリレコーダー HS-9E をそれぞれ用いて作業前後に測定した。

4) 心拍数, 筋電図

心拍数は Polar 社製スポーツ心拍計 S610i を用い, 15 秒間隔にて作業中連続的に測定し, 本体メモリーに記録させ, 後日データをパソコンに取り込み専用解析ソフト「Polar Precision Performance SW Ver. 4.0」にて解析した。

筋電図は ADInstruments 社製 PowerLab/8s システムを用い、表面電極法で有線を用いた。データは 0.2 KHz でサンプリングし、AD 変化してパソコンに入力作業中連続的に収録し、後日解析した。筋電図の導出部位は僧帽筋、指伸筋、尺側手根伸筋それぞれ左右の 6 部位である。筋電図生波形の記録と解析は DELL 社製 Inspiron/1100 パソコンに ADInstruments 社製の解析ソフト「Chart v5.0」をインストールして解析し、最大随意筋収縮の割合（% MVC：% of maximal voluntary muscle contraction）で評価した。

5) 疲労感

文字入力作業における疲労感については、日本産業衛生学会疲労研究会作成（2002 年度版）の「自覚症しらべ」^{5,6,7)} 質問用紙を用いて、文字入力作業前後で評価した。

質問用紙は下記の 5 要因にカテゴリー化された 25 項目の主観的疲労感の訴えから構成している。

I 群 ねむけ感：ねむい、横になりたい、あくびがでる、やる気がとぼしい、全身がだるい

II 群 不安定感：不安な感じがする、ゆううつな気分、おちつかない気分、いらいらする、考えがまとまりにくい

III 群 不快感：頭がいたい、頭がおもい、気分がわるい、頭がぼんやりする、めまいがする

IV 群 だるさ感：腕がだるい、腰がいたい、手や指がいたい、足がだるい、肩がこる

V 群 ぼやけ感：目がしょぼつく、目がつかれる、目がいたい、目がかわく、ものがぼやける

回答はそれぞれの被験者が感じた強さに応じてそれぞれの項目を 1：「まったくあてはまらない」、2：「わずかにあてはまる」、3：「すこしあてはまる」、4：「かなりあてはまる」、5：「非常によくあてはまる」から評価するよう要求した。この感覚の強さは、1 点から 5 点の評点とした。

3. 実験手順

実験に先立ち、全被験者に本研究の趣旨を詳細に説明し、同意書に署名を得てから実験を実施した。

実験に用いた PC は、デスクトップ型では NEC 社製 Mate MA13T (OS; Microsoft Windows XP Home Edition Ver. 2002, CPU; Intel Pentium III 1.34GHz, 128MB RAM), ディスプレイおよびキーボードは本体と分離型で、ディスプレイは I-O DATA 社製 15 インチ液晶ディスプレイ (LCD-A15V) を用いた。一方、ノート型では NEC 社製 LaVie LL550/3 (OS; Microsoft Windows XP Home Edition Ver. 2002, CPU; Mobile AMD Duron Processor 996MHz, 384MB RAM), ディスプレイおよびキーボードは本体と一体型で、ディスプレイサイズは 15 インチ液晶ディスプレイを用いた。文字入力ソフトは両者とも Microsoft Office Word 2003 を用いて文字入力作業を行った。

文字入力は夏目漱石著「坊ちゃん」(岩波書店 1990 年)の第一節と第六節の文章を一字一句そのまま縦書き入力するように指示した。デスクトップ型およびノート型での文字入力では練習効果を排除するために各被験者に入力文章をランダムに指示をして入力させた。今回の入力作業は単純入力型で VDT 作業区分⁸⁾では C 作業区分で行った。

実験は予め作業前の被験者に「自覚症しらべ」質問紙に記入した後、直ちに心拍数と筋電図測定のための電極を装着した。その後、静止視力、動体視力、近点及び遠点距離、調節時間(収縮時間・弛緩時間)を測定した。作業前の各測定終了後シチール製一般事務作業机と OA 用椅子のワークステーションに椅座位姿勢をとり、椅子の高さ、背もたれ、書見台、キーボード、ディスプレイ、マウスの位置を被験者が作業しやすい椅子の高さ、ディスプレイ角度、ディスプレイ・キーボード位置および書見台(角度、位置)を調整させた。また、作業中に作業初期に設定した高さ、角度、位置等が入力作業において作業が辛い、作業がしづらい、疲れると感じた時点で入力作業が楽に作業できるように配置を自由に変更するように指示した後に実験を開始

した。

入力作業時間は45分間とした。その間、心拍数と筋電図を連続的に記録した。作業終了後は直ちに心拍数と筋電図の電極を取り外した後、静止視力、動体視力、近点及び遠点距離、調節時間を測定し、作業後の「自覚症しらべ」質問紙に記入して終了した。

III. 結 果

1. 作業環境

デスクトップ型とノート型における文字入力作業中の作業環境測定の結果を表2に示した。照度測定では、ディスプレイ面(鉛直面)照度はデスクトップ型では 326.7 ± 14.9 lx, ノート型では 310.4 ± 38.7 lx, 水平面照度はデスクトップ型では 482.1 ± 38.7 lx, ノート型では 477.0 ± 15.3 lx, 書見台面照度はデスクトップ型では 451.1 ± 16.7 lx, ノート型では 431.0 ± 36.0 lx で、いずれの項目ともデスクトップ型とノート型の両者間に明らかな差は認められな

表2 文字入力作業中の照度, 輝度, 気温, 気流

		デスクトップ型	ノート型
照 度(lx)	鉛 直 面	326.7 ± 14.9	310.4 ± 38.7
	水 平 面	482.1 ± 38.7	477.0 ± 15.3
	キーボード面	536.0 ± 30.9	$467.6 \pm 28.8^{***}$
	書見台面	451.1 ± 16.7	431.0 ± 36.0
輝 度(cd/cm ²)	発 光	1.96 ± 0.04	1.61 ± 0.45
	暗地発光	0.16 ± 0.02	0.29 ± 0.38
乾球温度(°C)	頭 部	25.7 ± 0.6	$24.8 \pm 0.5^{**}$
	下 足 部	24.2 ± 0.4	$23.5 \pm 0.6^*$
気流(m/s)	頭 部	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.02
	下 足 部	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.02

平均値±標準偏差 *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001: デスクトップ型とノート型の有意差

かった。しかしながら、キーボード面照度はデスクトップ型では 536.0 ± 30.9 lx, ノート型では 467.6 ± 28.8 lx, ノート型で平均 68.4 lx 有意に低かった。

ディスプレイの発光輝度はデスクトップ型では 1.96 ± 0.04 cd/cm², ノート型では 1.61 ± 0.45 cd/cm², 暗地輝度はデスクトップ型では 0.16 ± 0.02 cd/cm², ノート型では 0.29 ± 0.38 cd/cm² で、いずれの項目ともにデスクトップ型とノート型との間に著しい差は認められなかった。

乾球温度は作業者の頭部ではデスクトップ型 $25.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$, ノート型 $24.8 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 作業者の下足部ではデスクトップ型 $24.2 \pm 0.4^\circ\text{C}$, ノート型 $23.5 \pm 0.6^\circ\text{C}$ で、いずれの測定位置ともにデスクトップ型よりもノート型作業時において有意に低い値であった。

気流は作業者の頭部ではデスクトップ型 0.04 ± 0.01 m/s, ノート型 0.05 ± 0.02 m/s, 作業者の下足部ではデスクトップ型 0.06 ± 0.02 m/s, ノート型 0.05 ± 0.02 m/s で、いずれの部位ともデスクトップ型とノート型の両者間には明らかな差は認められなかった。

2. 視距離, 肘角度, 上腕脇角度およびキーボー位置

ディスプレイ面および書類面視距離, キーボード位置, 肘角度, 上腕脇角度の計測の結果を図1に示した。文字入力作業中の視距離はデスクトップ型では 54.0 ± 8.1 cm, ノート型では 47.0 ± 5.8 cm, 書類面視距離はデスクトップ型では 52.4 ± 6.7 cm, ノート型では 45.5 ± 5.5 cm で、いずれの文字入力作業中の視距離ともにデスクトップ型はノート型よりもそれぞれ有意に長かった。一方、キーボード位置はデスクトップ型では 15.2 ± 5.1 cm, ノート型では 19.1 ± 4.0 cm, 肘角度はデスクトップ型では $93.4 \pm 22.5^\circ$, ノート型では $103.4 \pm 8.8^\circ$, 上腕脇角度ではデスクトップ型では $33.3 \pm 8.6^\circ$, ノート型では $35.3 \pm 6.1^\circ$ で、いずれの項目ともにデスクトップ型とノート型との間には明らかな差は認められなかった。

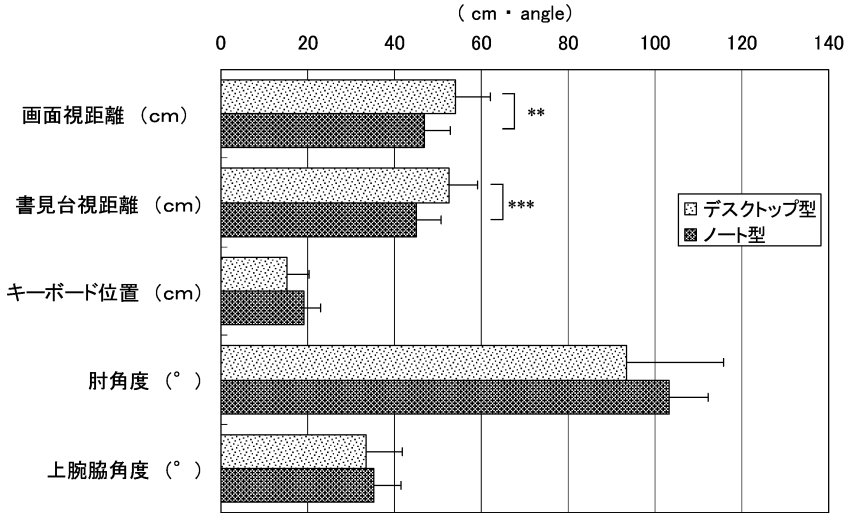


図1 デスクトップ型とノート型における文字入力作業時の視距離，キーボード位置，肘角度，上腕脇角度

** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

3. 視機能

デスクトップ型とノート型の作業前後の視機能検査の結果を表3に示した。静止視力はデスクトップ型では作業前 0.94 ± 0.28 ，作業後 0.86 ± 0.31 ，ノート型では作業前 0.83 ± 0.31 ，作業後 0.76 ± 0.22 で，両者ともに作業後の視力が低下する傾向がみられたが有意な低下ではなかった。また，作業後のノート型の視力はデスクトップ型より低い値を示したが，両者間において明らかな差は認められなかった。動体視力 (KVA) はデスクトップ型では作業前 0.49 ± 0.18 ，作業後 0.46 ± 0.14 ，ノート型では作業前 0.48 ± 0.20 ，作業後 0.42 ± 0.11 で，両者ともに作業前後の動体視力にはまったく差は認められなかった。また，作業後の動体視力においてもデスクトップ型とノート型には明らかな差は認められなかった。近点距離はデスクトップ型では作業前 86.6 ± 9.7 mm，作業後 88.9 ± 12.1 mm，ノート型では作業前 90.3 ± 11.2 mm，作業後 93.6 ± 12.1 mm で，両者ともに作業後の距離が延長する傾向が

表3 文字入力作業前後の視機能

	n	デスクトップ型		ノート型	
		作業前	作業後	作業前	作業後
静止視力	7	0.94±0.28	0.86±0.31	0.83±0.31	0.76±0.22
動体視力	7	0.49±0.18	0.46±0.14	0.48±0.20	0.42±0.11
近点距離(mm)	7	86.6±9.7	88.9±12.1	90.3±11.2	93.6±12.1
遠点距離(m)	7	4.0±1.2	3.6±1.4	4.1±1.3	3.9±1.3
収縮時間(sec)	7	1.97±1.14	1.66±0.41	1.55±0.47	1.64±0.57
弛緩時間(sec)	7	1.39±0.32	1.59±0.64	1.37±0.43	1.46±0.45

平均値±標準偏差

みられたが有意な延長ではなかった。また、両者の作業後の近点距離はデスクトップ型に比してノート型は平均4.7 mmの延長がみられたが有意な差ではなかった。遠点距離はデスクトップ型では作業前4.0±1.2 m, 作業後3.6±1.4 m, ノート型では作業前4.1±1.3 m, 作業後3.9±1.3 mで、両者ともに作業後の遠点距離が短くなる傾向がみられたが、有意な差ではなかった。また、作業後の遠点距離においてもデスクトップ型とノート型には明らかな差は認められなかった。調節時間の収縮時間はデスクトップ型では作業前1.97±1.14 sec, 作業後1.66±0.41 sec, ノート型では作業前1.55±0.47 sec, 作業後1.64±0.57 secで、作業後に収縮時間はデスクトップ型では速く、ノート型では遅くなる傾向がみられたが、作業前後での著しい差は認められなかった。また、作業後の収縮時間においてもデスクトップ型とノート型の両者間において著しい差は認められなかった。弛緩時間はデスクトップ型では作業前1.39±0.32 sec, 作業後1.59±0.64 sec, ノート型では作業前1.37±0.43 sec, 作業後1.46±0.45 secで、作業後に弛緩時間はデスクトップ型、ノート型とも遅くなる傾向がみられたが、作業前後での著しい差は認められなかった。また、作業後の弛緩時間においてもデスクトップ型とノート型の両者間において著しい差は認められなかった。

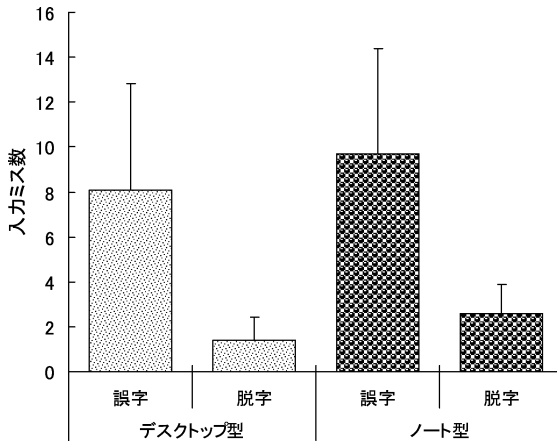


図2 デスクトップ型とノート型における入力ミス数

4. 作業量および誤入力

各被験者の45分間の連続文字入力作業における入力文字数はデスクトップ型では 1360 ± 170 字、1分間当り 30.2 ± 3.8 字、ノート型では 1384 ± 217 字、1分間当り 30.6 ± 4.8 字で、いずれとも両者間に有意な差は認められなかった。

45分間連続作業における文字入力ミス数(誤字, 脱字)を図2に示した。誤字数は、デスクトップ型では平均 8.1 ± 4.7 字、ノート型では 9.7 ± 4.7 字であった。また、脱字数はデスクトップ型では 1.4 ± 1.0 字、ノート型では 2.6 ± 1.3 字であった。いずれも両者間に有意な差は認められなかった。

5. 心拍数

文字入力作業中の心拍数の変動を図3に示した。文字入力作業中の心拍数は、作業開始0分～9分, 10分～19分, 20分～29分, 30分～39分, 40分～45分のいずれの時間帯においてもデスクトップ型作業時の平均心拍数はノート型作業時の平均心拍数に比して有意に高かった。また、45分間の一連作業中の平均心拍数においてもノート型では 75.2 ± 1.2 beats/min, デスクトップ

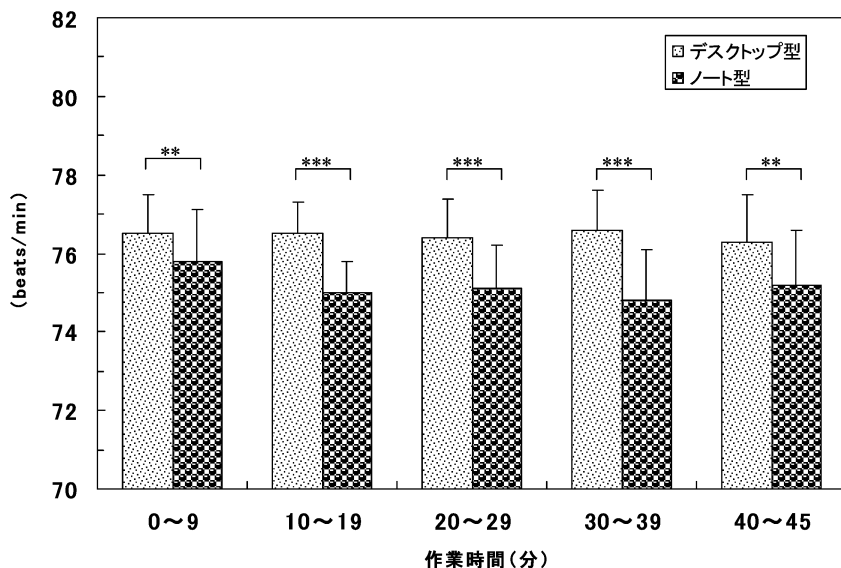


図3 デスクトップ型とノート型における入力作業時の心拍数の変動

p<0.01 *p<0.001

型では 76.5 ± 1.0 beats/min で、両者間において 0.1%水準で有意な差が認められた。

6. 筋電図

45分間の文字入力作業中の僧帽筋、指伸筋、尺側手根伸筋のそれぞれ左右の筋電図の電位出力を図4に示した。

僧帽筋の電位出力は、デスクトップ型では右僧帽筋 $32.0 \pm 17.0\%$ MVC、左僧帽筋 $15.1 \pm 8.8\%$ MVC で左右間において 5%水準で有意な差が認められた。また、ノート型では右僧帽筋 $28.2 \pm 12.2\%$ MVC、左僧帽筋 $17.3 \pm 7.5\%$ MVC で左右間において 5%水準で有意な差が認められたが、デスクトップ型とノート型の両者間では明らかな差は認められなかった。指伸筋の電位出力は、デスクトップ型では右指伸筋 $25.0 \pm 13.0\%$ MVC、左指伸筋 $25.7 \pm 13.8\%$

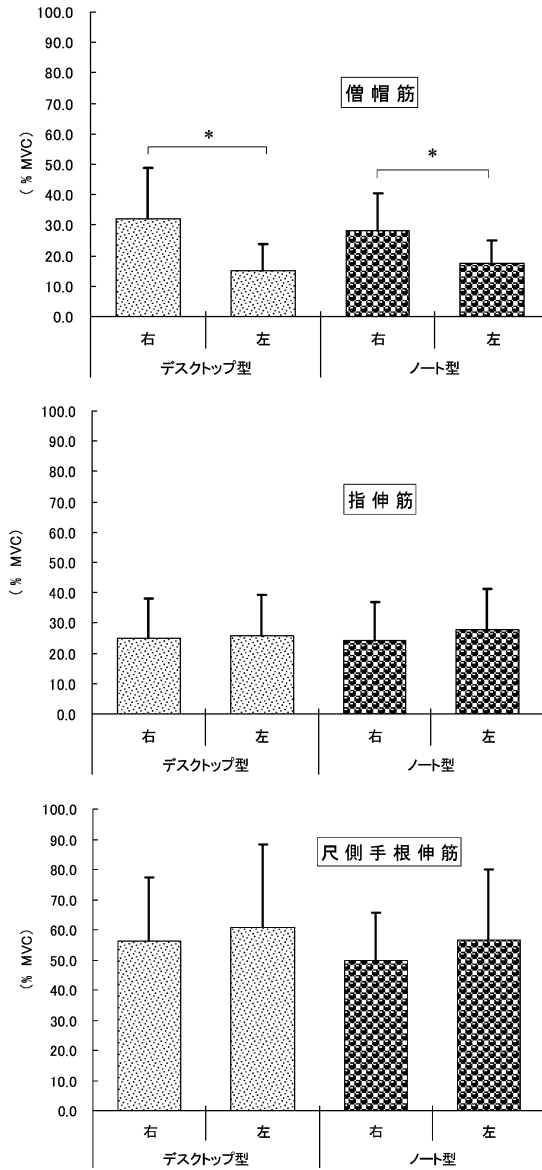


図4 文字入力作業時の僧帽筋, 指伸筋, 尺側手根伸筋の筋電位

* $p < 0.05$

MVC, ノート型では右指伸筋 $24.1 \pm 12.8\%$ MVC, 左指伸筋 $28.0 \pm 13.3\%$ MVC で, 左右間およびデスクトップ型とノート型の両者間に明らかな差は認められなかった。尺側手根伸筋の電位出力は, デスクトップ型では右尺側手根伸筋 $56.1 \pm 21.2\%$ MVC, 左尺側手根伸筋 $60.9 \pm 27.4\%$ MVC, ノート型では右尺側手根伸筋 $49.9 \pm 15.8\%$ MVC, 左尺側手根伸筋 $56.5 \pm 23.4\%$ MVC で左右間およびデスクトップ型とノート型の両者間に明らかな差は認められなかった。

7. 疲労感

文字入力作業時の疲労感は25項目からなる主観的な疲労を「自覚症しらべ」を用いて評価した。この質問用紙の25項目の主観的疲労の総訴え率を図5に示した。

文字入力作業時の主観的疲労感の総訴え率は, デスクトップ型では作業前 $26.3 \pm 22.5\%$, 作業後 $38.3 \pm 29.1\%$, ノート型では作業前 $34.3 \pm 27.0\%$, 作業後 $50.0 \pm 31.2\%$, いずれも作業後において疲労感の訴え率が有意 ($p <$

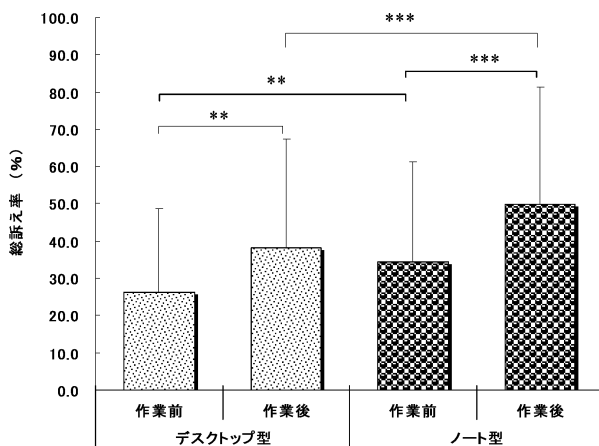


図5 デスクトップ型およびノート型での作業前後の疲労感

** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

0.01) に上昇した。デスクトップ型とノート型の比較では作業前の疲労感はノート型はデスクトップ型に比して明らかに有意 ($p < 0.01$) に高かった。また作業後の疲労感においてもノート型はデスクトップ型に比して明らかに有意 ($p < 0.001$) に高かった。

また 25 項目を 5 要因のカテゴリー (I 群: ねむけ感, II 群: 不安感, III 群: 不快感, IV 群: だるさ感, V 群: ぼやけ感) における文字入力作業後の疲労感の訴え率の結果を図 6 に示した。

文字入力作業後の主観的疲労感を 5 要因のカテゴリーの分析をデスクトップ型とノート型で比較した結果, I 群「ねむけ感」はデスクトップ型では $54.3 \pm 25.6\%$, ノート型では $71.4 \pm 20.2\%$ で, 明らかにノート型で有意 ($p < 0.01$) に高かった。II 群「不安感」はデスクトップ型では $5.7 \pm 12.8\%$, ノート型では $17.1 \pm 6.4\%$ で, 明らかにノート型で有意 ($p < 0.05$) に高かった。III 群「不快感」はデスクトップ型では $37.1 \pm 26.0\%$, ノート型では $37.1 \pm 26.0\%$ で, 両者間において明らかな疲労感の訴えによる差は認められなかった。IV 群「だるさ感」はデスクトップ型では $31.4 \pm 23.5\%$, ノート型では

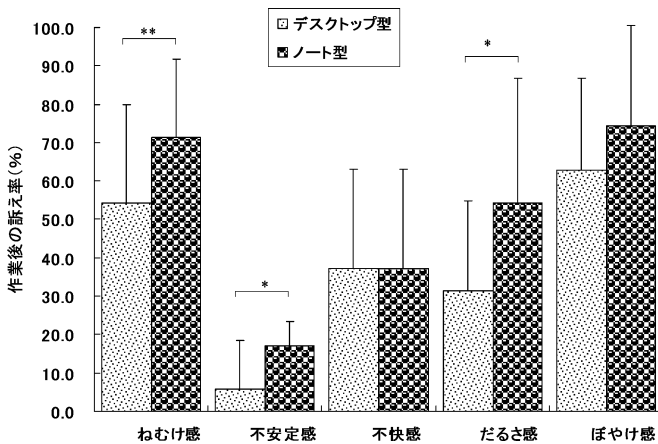


図 6 デスクトップ型とノート型の作業時の群別疲労感

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

54.3±32.6%で、明らかにノート型で有意 ($p<0.05$) に高かった。V群「ぼやけ感」はデスクトップ型では62.9±23.9%、ノート型では74.3±27.5%で、両者間で有意な差は認められなかった。

IV. 考 察

コンピュータ操作時の作業環境については「VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン」⁸⁾ではディスプレイ面における照度は500 lx以下、書類上及びキーボード上における照度は300 lx以上とすることが望ましいとされている。本研究におけるディスプレイ面の照度はデスクトップ型では326.7±14.9 lx、ノート型では310.4±38.7 lx、またキーボード面の照度はデスクトップ型では536.0±30.9 lx、ノート型では467.6±28.8 lxであり、いずれの照度ともガイドライン内にあった。しかしながら、キーボード面の照度はデスクトップ型よりもノート型の作業時において明らかに照度が低かった。また、図1に示したディスプレイの視距離および書見台の視距離は、ともにデスクトップ型よりもノート型で明らかに短く、さらに両者のキーボード位置に殆ど違いがないことから、デスクトップ型での作業姿勢よりもノート型の作業姿勢はより前傾姿勢で入力作業したため、この強い前傾姿勢が光源からの光を遮ったことによるものと考えられる。

輝度は物体から出る光の強さで、輝度が高いとまぶしさ(グレア)の原因となり⁹⁾、作業効率の低下や精神的ストレスなどの誘引の要因になりかねない。本研究においてディスプレイの発光輝度と暗地発光輝度を測定した結果、デスクトップ型では平均1.96±0.04 cd/cm²、ノート型では1.61±0.45 cd/cm²であり、両者ともに作業者が著しいグレアと認識される輝度でないとする。また、暗地発光輝度においてもデスクトップ型、ノート型ともに極めて低輝度であり、文字入力作業者にとって不快となるグレアではなかったと考える。

コンピュータ作業室の室温については、事務所衛生基準規則¹⁰⁾に定める措

置を講じることとなっており、前述の室内空気の基準では室温は17°C以上28°C以下になるように勤めなければならない。また同基準規則では気流は0.5 m/s以下とするとされている。本研究での室温はデスクトップ型作業時、ノート型作業時ともに事務所衛生基準規則の基準内にあった。しかし、作業者の頭部および下足部の温度はデスクトップ型作業時よりもノート型作業時において明らかに低い温度であったことは、実験実施時期が冬季であったため集中暖房設備による温度管理の違いと考えられる。

一方、室内の気流では作業者の頭部、下足部ともに事務所衛生規則¹⁰⁾に定められている値よりも明らかに低い値であり、さらにデスクトップ型とノート型の作業時の気流速度を比較しても全く両者の間に違いはなかったことは、両作業時の室内の空気の対流は殆どなかったと考える。

作業者が自然で無理のない作業姿勢で入力作業を行うためにはディスプレイ面からの視距離はおおむね40 cm以上の確保が望ましく、キーボード位置はその作業者が容易に調整ができ身体に負担がかからないようにするのが良いとされ⁹⁾、さらに作業中の肘角度は高さが調整できる机、椅子を使用している場合には、その角度が90°以上になるように調整することが頸部、肩への負担の軽減となることが知られている。さらに、それらの調整とともに作業時の上腕脇角度が大きくなるにともない頸部、肩への負担が増大する。本研究では、机前端からのキーボード位置はデスクトップ型、ノート型ともに殆ど差はない。視距離においてはデスクトップ型、ノート型ともにおおよそ40 cm以上の視距離を確保し作業しているが、両者ともにノート型での文字入力作業において視距離が明らかに近くなっていることが確認された。また、書見台面視距離においてもデスクトップ型、ノート型ともに40 cm以上の視距離を確保しているが、ディスプレイ面視距離同様、デスクトップ型よりもノート型の作業時において明らかに書見台面視距離が近かった。これはノート型機器の構造上キーボード、本体、ディスプレイが一体となっているために作業姿勢に合わせてキーボード、ディスプレイを自由に配置調整が出来ないために、作業側がキーボード位置、ディスプレイの位置に作業姿勢を調整し

たためと考える。

デスクトップ型とノート型での45分間の文字入力作業では、その作業量は両者ともに大差はなくほぼ同作業量であった。また、入力ミス数(誤字、脱字)においても両者間において著しい違いがなかった。つまり、45分間の文字入力作業ではデスクトップ型およびノート型のいずれのPCにおいて作業量や入力ミスには著しい相違はないと考える。

一般に安静時の心拍数は病気時や交感神経が著しく活動的である場合には高くなり、迷走神経興奮時には低くなる。また、温度や湿度の変動によっても心拍数が変動することは知られている¹¹⁾。したがって、労作業中の心拍数は、その作業強度とともに密接に変動することは周知の事実である。しかし、身体運動を伴わない労作業では精神活動によって心拍数が増減することも知られている。本研究では椅座位での文字入力作業であり、身体の移動活動を伴わない労作業時の心拍数を測定した結果、ノート型作業時の心拍数がデスクトップ型作業時に比して明らかに統計的に有意に低い心拍数であった。今回用いた文字入力作業でのキーボードデザインはノート型ではキーピッチが狭く、キートップが小さいためにデスクトップ型のキーボードに比して精神的負担の増大が推測したが、今回の結果ではその反対であった。デスクトップ型のキーボードデザインはキーピッチが広く、キートップも大きいため、ノート型よりもリラックスして作業ができることを推測され、文字入力作業時の心拍数はノート型より低いか、もしくは同レベルの心拍数であると推察していた。つまり、用いた機器のハード面の相違によるものではなく、この心拍数の明らかな相違は、おそらく室温の影響によるものと考えられる。

視機能の通常の視力は静止の状態で静止した指標を視る能力で、視覚1分に相当する間隙を弁別できると視力1となる。一方、動体視力(KVA)は前方から接近してくる目標に対して焦点を合わせる能力を示す¹³⁾。本研究では静止視力、動体視力はデスクトップ型、ノート型ともに作業前後は著しい変動がみられなかったことは45分間の文字入力作業においては静止した指標を視る能力および前方から移動してくる目標に対して焦点を合わせ能力とも

に著しい影響を与えるほどの作業負担ではなかったと考える。調節機能は毛様態筋を収縮させ、水晶体を支持している毛様小帯が緩むと水晶体は自己の弾力性によって前後方向に厚さを増して屈折力を増加させたりして網膜に結像することによって物体を視て認識する。

とりわけ遠点の場合、無限遠方からきた光が網膜に正しく結像する点、近点の場合は調節力を最大にしたとき、網膜に正しく結像するような物体のある位置である¹²⁾。本研究では近点距離、遠点距離はデスクトップ型、ノート型ともに作業前後で著しい違いがみられなかったことは45分間の文字入力作業では毛様態筋によって調整される近点距離および遠点距離には大きな影響がなかったものとする。さらに、調節時間では毛様態筋の収縮および弛緩のそれぞれの所要時間を計測したところ近点距離、遠点距離同様デスクトップ型、ノート型および作業前後において著しい差がみられなかったことは45分間の文字入力作業では毛様態筋の筋活動に大きな影響がなかったものとする。しかし、VDT作業後の視力の変化については、自覚的に視力が低下したと考える作業者が3～4割に達するという調査報告がある一方、長期的な追跡調査で視力の低下は認められなかったとする報告もあるが、現在、VDT作業による視機能の変動については、近視化のような屈折異常を伴わない、一時的な調節機能の低下があるのではないかと考えられている⁹⁾。

一般に、伸ばした腕を動かしたり保持するのは肩や上腕の筋によって行われる。上腕の動きは主に僧帽筋や三角筋によりコントロールされ、上腕の筋は前腕の動きをコントロールしている。腕を支えないでキーボードの上方で保持するには、著しい静的な筋疲労が伴う。さらに、VDT作業では神経、筋、特に手と指をコントロールする前腕の尺側手根伸筋、指伸筋等の腱に過負荷の問題が生じやすい¹⁶⁾。そこで、本研究ではコンピュータの入力作業動作で主に動因される僧帽筋、尺側手根伸筋および指伸筋の作業時の筋電図を測定した結果、左右の僧帽筋の筋電位出力はデスクトップ型、ノート型ともに右僧帽筋において明らかに高電位であったことは、被験者全員が右利きであったため左よりも右においてより強い静的筋緊張状態でキー・ストローク作業

をしていたためと考える。しかし、そのキー・ストロークはデスクトップ型、ノート型ではまったく差はみられなかった。一方、文字入力作業にもっとも緊密な関係にある尺側手根伸筋と指伸筋を観察してみると、尺側手根伸筋では最大随意筋収縮の約50~60%の筋電位出力がみられるが、デスクトップ型、ノート型ともに左右間には明らかな差がみられない。さらに、デスクトップ型とノート型との比較においても殆ど差はみられない。また、指伸筋においても尺側手根伸筋で観察されたのと同様に、最大随意筋収縮の約24~28%の低い筋電位出力であるが、デスクトップ型とノート型との比較においてもその筋電位出力には殆ど差はみられない。この結果は、一般事務作業姿勢に比してPC作業姿勢の拘束性が強いといわれ^{14,15)}、さらにこの拘束性はデスクトップ型以上にノート型において強いことが知られている⁹⁾にも係らず、筋電位の出力上、デスクトップ型とノート型での文字入力作業ではそれぞれの筋には大きな差はないことが確認された。このことは、前述したように文字入力作業動作における手と指をコントロールする筋群に対して、本研究ではデスクトップ型、ノート型の両者間には著しい筋負担がなかったと考える。

デスクトップ型とノート型の作業時における「自覚症しらべ」の総訴え率では、両者ともに作業後において明らかに疲労感が高くなることが確認された。さらに、作業後の総訴え率はデスクトップ型に比してノート型では明らかに平均11.7%高い疲労感が出現した。これは、作業者がパソコンへの親和性が高くなり、作業時間の経過とともに徐々に作業密度が濃くなると同時に作業姿勢の拘束が強まり、気がついてみればどっと疲れたためと考えられる。特に、その傾向はデスクトップ型よりもよりノート型で顕著に出現したと考えられる。群別では、I群：ねむけ感（ねむい、横になりたい、あくびがでる、やる気がとぼしい、全身がだるい）、II群：不安定感（不安な感じがする、ゆううつな気分、おちつかない気分、いらいらする、考えがまとまりにくい）、IV群：だるさ感（腕がだるい、腰がいたい、手や指がいたい、足がだるい、肩がこる）はデスクトップ型に比してノート型において明らかに自覚症の愁訴が高い。この傾向はV群：ぼやけ感（目がしょぼつく、目がつかれる、目

がいたい、目がかわく、ものがぼやける)において統計的に有意な差が認められなかったものの、同様の傾向がみられる。しかし、Ⅲ群:不快感(頭がいたい、頭がおもい、気分がわるい、頭がぼんやりする、めまいがする)はデスクトップ型では $37.1 \pm 26.0\%$ 、ノート型では $37.1 \pm 26.0\%$ の愁訴であり、両者ともにまったく同率である。つまり、VDT作業における労働衛生管理のためのガイドラインの単純入力型、C作業区分にあたる45分間の文字入力作業においては「ねむけ感」、「不安感」、「だるさ感」の三群の自覚症の訴えがノート型作業でデスクトップ型作業よりも高率になることが明らかである。

以上のような結果から、今回の研究では気温を除いた他の作業環境に大きな相違のない作業環境下においてデスクトップ型とノート型のPCを用いた45分間の文字入力一連続作業では、自覚症の訴えのみにおいて著しい違いがみられた。デスクトップ型に比してノート型は固定配置の必要性がないことからスペースの狭い場所でも作業ができる。さらに、形体は持ち運びの便利さを追求したため、キーが小さく、キーの高さも低く、さらに本体と画面を一体化させることによりコンパクトになり、人間工学的には作業姿勢の自由度が低くなり、この拘束姿勢の助長により心理的障害の発生要因となっている可能性が非常に大きいと考える。従来の研究報告等⁹⁾においてはコンピュータ作業での健康障害については一般的に愁訴先行がみられることが知られているが、その傾向はデスクトップ型よりもノート型においてより強く疲労感(愁訴)が出現することが本研究で示唆された。

V. まとめ

デスクトップ型PCとノート型PCを用いた45分間の文字入力作業中の生理心理学的反応の違いについて、女性7名のPC操作初心者をもって検討した。

- 1) 作業環境は室温のみにおいてデスクトップ型とノート型に有意な差がみられたが、その他の測定項目では両者間に著しい差は認められなかった。

- 2) ディスプレイ面視距離 ($p < 0.01$), 書見台面視距離 ($p < 0.001$) では、いずれともデスクトップ型に比してノート型における視距離は有意に近かった。
- 3) キーボード位置, 肘角度, 上腕脇角度ともにデスクトップ型作業時, ノート型作業時ともに有意な差は認められなかった。
- 4) 視機能では静止視力, 動体視力(KVA), 近点距離, 遠点距離, 調節時間(毛様態筋収縮時間および弛緩時間), いずれの測定項目ともに作業前後においてデスクトップ型とノート型のそれぞれの間には著しい差は認められなかった。
- 5) 作業量および入力ミス数(誤字, 脱字)にはデスクトップ型とノート型では著しい差は認められなかった。
- 6) 心拍数は, デスクトップ型作業に比してノート型作業で有意($p < 0.001$)に低い心拍数であった。
- 7) 筋電図は僧帽筋のみにおいてデスクトップ型, ノート型ともに左よりも右僧帽筋の筋電位が有意 ($p < 0.05$) に高かった。指伸筋, 尺側手根伸筋では左右の差はまったく認められなかった。また, デスクトップ型とノート型の比較では両者間にはいずれの筋ともに明らかな差は認められなかった。
- 8) 疲労感ではデスクトップ型 ($p < 0.01$), ノート型 ($p < 0.001$) ともに作業後で有意に増大し, 尚且つ, 疲労感はデスクトップ型よりもノート型において明らかに有意 ($p < 0.001$) な愁訴を示した。
- 9) 群別疲労感では, 「ねむけ感」, 「不安感」, 「だるさ感」の三群においてデスクトップ型よりもノート型で有意に疲労感が増大した。また, 「ぼやけ感」においても同様の傾向がみられたが, 「不快感」ではデスクトップ型とノート型で殆ど差はみられなかった。

VI. 参考文献

- 1) 総務省：平成19年度通信利用動向調査報告書（世帯編），2008.6。
- 2) 厚生労働省：平成15年技術革新と労働に関する実態調査，2004.8。
- 3) 日本電子情報技術産業協：パーソナルコンピュータ国内出荷実績
<http://it.jeita.or.jp/statistics/index.html>
- 4) 通商産業省電子機器課：これからのVDT——マン・マシン・インターフェースとしてのVDT——，東洋法規出版，1985。
- 5) 日本産業衛生学会産業疲労研究会：自覚症しらべ，産業疲労研究会会報，第12号：16-18，2003。
- 6) 城 憲秀：新版「自覚症しらべ」の提案と改訂作業経過，労働の科学57(5)：31-36，2002。
- 7) 瀬尾明彦：新版「自覚症しらべ」調査票の利用にあたって，労働の科学57(5)：45-46，2002。
- 8) 厚生労働省労働基準局長：VDT作業における労働衛生管理のためのガイドラインについて，基発第0405001号，2002年4月5日。
- 9) 厚生労働省安全衛生部労働衛生課編：VDT作業の労働衛生実務，中央労働災害防止協会，2004。
- 10) 厚生労働省：事務所衛生基準規則，労働衛生のしおり 平成20年度版，中央労働災害防止協会，2008。
- 11) 山地啓司：運動処方のための心拍数の科学，大修館書店，1981。
- 12) Tani, M.: Minor Textbook Ophthalmology (4th Edition), KINPONDO, 1993.
- 13) 末永一男：安全運転の科学 第10版，日本放送出版協会，1976。
- 14) 窪田 悟，大倉元宏：VDT作業の分析(1)VDT作業時と机上作業時の作業姿勢の比較，労働科学61(11)：541-559，1985。
- 15) 窪田 悟 他：VDT作業の分析(2)各種VDT作業の特性，労働科学62(1)：31-40，1986。
- 16) 労働省労働基準局労働衛生課監修：VDTと労働衛生——資料編——，日本労働総合研究所，1986。