原 著

VDT 作業における眼精疲労と中枢性
ストレスの検討

神 代 雅 晴*, 三 上 行 生**, 長谷川 徹 也*

EFFECTS OF VISUAL AND MENTAL STRAIN ON VDT
PERFORMANCEMasaharu KUMASHIRO,* Koki MIKAMI**
and Tetsuya HASEGAWA*

The progression of visual and mental strain in VDT work was investigated through an experimentally-designed VDT task providing a number of stressors including pacing, repetition, judgment and output decisions. We measured the effects of CFF (critical fusion frequency), TAF (the ability to maintain concentration), EEG (electroencephalogram) and near-point accommodation of various changes in the duration of the testing period. The subjects were seven male university students who performed single multiplication problems at a rate of 60 per minute. The problems were presented to them on a CRT screen and on paper for periods of 90 min each.

The results obtained were as follows;

- 1) CFF values and near-point accommodation of VDT performance were significantly decreased compared to Non-VDT's as a control. The TAF test showed that the mental strain in a VDT task is greater than that in a Non-VDT task.
- 2) CFF values of VDT performance showed a tendency to decline in the 30th min after commencement, but in the 60th min and thereafter a significant lowering was noticed.
- 3) In TAF and near-point accommodation of VDT performance, the greatest decline was in the 60th min, and this was significantly reduced only immediately after the work period.
- 4) CFF values and near-point accommodation were not recovered after 60 min from the end of a 90 min VDT task. However, TAF · L values recovered in the 30th min after VDT performance.
- 5) The peak level of alpha waves from the parietal region moved toward the slow alpha band with the elapse of VDT task time, but returned [or reverted] to the initial state 30 min after the test period ended.

I. は じ め に

今日の産業場面において, OA (office automation) 化あるいは FA (factory automation) 化の推進は目覚ましい限りである. このような産業技術革新の一端を背景として, CRT (cathode ray tube) 表示を用いた計算

機対話型の作業, いわゆる VDT (visual display terminal) 作業システムが編成され, 労働様態も man-computer system を中心とした視覚情報処理型の規制作業 (computer-paced performance) への変貌してきた. VDT 導入によるメリットは作業の集約化, 所要時間の短縮化等々の作業改善に貢献し, 終局的には低労務費の実現へと経営戦略上の効果を納めつつある. しかしその反面, 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にもかかわらず, 現状では, VDT 作業とその健康影響に関する因果関係が客観的かつ定量的に把握されていない.

VDT 作業者が一般の事務作業者に比べて眼の疲労感を強く訴える傾向にあることは Cole¹⁾, Rey と Meyer²⁾,

* 産業医科大学医学部人間工学教室

** 北海道工業大学工学部経営工学科
昭和58年7月27日受付

* Department of Human Factors Engineering, School of Medicine, University of Occupational and Environmental Health, Japan

** Department of Industrial Engineering, Hokkaido Institute of Technology

Received publication, July, 27, 1983

Läubli ら³⁾, Smith ら⁴⁾, Dainoff ら⁵⁾をはじめとする多くの研究者たちによって指摘されている。さらに、眼精疲労 (asthenopia) の自覚症状項目のなかで視蒙と深い関係にある焦点調節機能の変動を測定することによって、VDT 作業から誘発される眼精疲労の他覚的検査が検討され始めた。たとえば、Östberg⁶⁾, 栗本⁷⁾ならびに岩崎⁸⁾は近視近点距離の測定、さらには laser optometer あるいは infrared optometer による測定値の変動を指標として、VDT 作業が顕著な調節機能の低下を引き起こすと報告している。

視覚機能系に与える愁訴の増大化、さらには調節機能の低下現象と最も関係深い障害要因は CRT スクリーン上のグレア、輝度、不可視フリッカー、スクリーンの角度および照度等と報告されていることから⁹⁻¹²⁾, CRT ディスプレイによる情報提供システムが VDT 作業者のストレス反応を誘発する基本的障害要因であることは容易に推測される。さらに、Smith ら⁴⁾, Gunnarsson と Östberg¹³⁾, および Binaschi ら¹⁴⁾は VDT 作業者の単調感、倦怠感の発現を基調とする作業への負担意識の増大を指摘している。それゆえに、VDT 作業による作業負担はただだんに視覚機能系の低下にとどまらず、それに従事する作業者の精神身体的な疲労感を増大化させ、合わせて高次神経機能に与える生理諸機能変動にも顕著な影響を及ぼすものと推測される。

以上のごとく、VDT 作業による中枢性ストレス反応の出現は CRT スクリーンの使用によって生じられる視覚情報入力系への負荷と単純くり返し型（とくに、単位当りの所要時間がきわめて短い作業を対象とした場合の）作業によって生じる負荷との複合要因がストレッサーとなって生体に影響を及ぼし、その度合の大小には作業時間の編成（一連続作業時間の配分）が大きく作用するものと考えられる。

本研究は、man-computer system 下において認知、判断、処理過程をわずかな単位時間内に的確に要求される反復作業を対象として、CRT ディスプレイ利用による視覚情報の提示が生体諸機能に及ぼす影響を観察しようとして、VDT 作業負荷時間の累積と視機能の変動および大脳皮質活動水準の変動との関連性について実験的に比較検討した。

視覚機能の変動は調節近点距離を指標とし、他の生理機能変動の指標はフリッカー検査および集中維持機能 (TAF) 検査2種を採用した。さらに、CRT ディスプレイ利用による作業課題提示条件に関してのみ、脳波、とくに alpha 波の出現変動を測定した。

以上の成績に基づいて CRT ディスプレイ利用作業

(VDT 作業) から誘発される生体機能変動の様相を視覚負担および生理・心理的負担の側面から評価し、中枢性ストレス反応のメカニズムを推定した。また、合わせて一連続作業時間との関連性についても検討した。

II. 実験方法

CRT ディスプレイを利用した作業（以下、VDT 作業と称する）は、12 inch キャラクターディスプレイ (Tandy Radio Shack, TRS-80) 上に映し出された 60 題（6 列×10 行）の九九算をそれぞれ暗算し、その解答を3種類の解答パターンに従って順次選択応答する作業で、呈示時間は1分間とした。作業総負荷時間は90分で、一連続作業時間を30分とし、その直後からの8分間を生体機能諸検査のため中断するという手順で3回くり返し負荷した。一方、CRT ディスプレイを用いない対照作業（以下、Non-VDT 作業と称する）は、VDT 作業で用いた CRT ディスプレイ装置と同寸の箱を製作し、スクリーンに相当する部位に作業課題紙（白紙上に黒字で印刷）を1分ごとに挿入・搬出した。また他の条件は可能な限り VDT 作業実験と同様にした。

呈示刺激に用いた数字は0と5を除く1桁の数字で、その組合せはランダムとした。入力用はポータブルコンピュータ (IBM 5100) を用い、1分間ごとに新たな課題が呈示されるようにプログラムした。解答は肘を支点として手首の稼動域内で操作可能な応答装置 (L22×W8×H5 cm) を用い、5cm ごとに直径 2cm のタッチスイッチを3個設置し、被験者に対して左端のスイッチを解答末尾数字 1・2・3、中央部は 4・6、右端は 7・8・9 に関する応答と教示し、その成績は記録計（三栄測器製 8ch レクタグラフ）に記録した。

被験者はいずれの作業方式においても年齢 21~22 歳の健康成人男子学生 7 名で、視力検査において両眼とも 1.5 を示した。

被験者には実験前日、7 時間以上の睡眠をとるように指示し、実験当日の午前中は過激な労働あるいは運動、さらには読書を禁じ、12時30分に検査室に入室させ、約 30 分間の椅坐位安静後、作業前の集中維持機能 (TAF) 検査、フリッカー検査、近点距離を測定し、合わせて疲労自覚症状調査（日本産業衛生学会・産業疲労研究会編 1970 年改編版）を行った。作業開始後 30 分目、60 分目、90 分目および作業終了後 30 分目、60 分目の検査も同様にして行った。さらに、VDT 作業に関してのみ各測定時点で開眼・閉眼時における脳波の変動をそれぞれ 90 秒測定した。

脳波の導出は国際標準法 (10-20 法) に従い、C_z

P₃, P₄の3か所からの単極誘導で導出し, 不関電極は右耳朶に接着した。脳波の原波形は紙記録されるとともにデータレコーダー (TEAC R-280) で磁気記録し, 再生解析した。脳波の分析は医用データ処理システム (三栄測器製シグナルプロセッサ 7T07A 型) を用いて分解能 0.2 Hz で 8 ビットの A-D 変換をし, データ入力 of 取込みを1分間として, Fourier 交換を行い, power spectrum を求め, 1.952~29.768 Hz まで解析した。また, 作業遂行中に眼球運動を測定した。眼球運動図は外眼角側方に2か所, 左眼の上下に2か所の計4個の脳波用皿状電極を絆創膏で接着し, 眼球の水平方向, 上下方向への移動を時定数 0.3 秒で記録し, 計算遂行時における行・列の誤り等の指標とした。脳波および眼球運動の測定にはポリグラフ (三栄測器製 140 システム) を用いた。

III. 成績

1. 調節近点距離

VDT 作業および Non-VDT 作業の両作業方式について, 作業前, 次いで実作業時間 30 分終了後 (以下, 第1作業区終了後と称する), 実作業時間 60 分終了後 (以下, 第2作業区終了後と称する), 実作業時間 90 分終了後 (以下, 全作業終了後と称する) および全作業終了後 30 分目, 60 分目の順に, 調節近点距離の値の変化幅をそれぞれ経時的に比較すると Fig.1 のごとくである。すなわち, VDT 作業では, 作業前値に比較して第2作業区終了時に調節近点距離の延長を大とし ($p < 0.10$), 全作業終了後には有意の延長が認められた ($p < 0.05$)。さらに, この近点延長現象は全作業終了後の各休憩時点においても認められ (全作業終了後 30 分目, $p < 0.05$, 同様にして 60 分目, $p < 0.10$), 調節機能の有意の回復は観察されなかった。一方, Non-VDT 作業では, 作業前値に比較していずれの測定時点においても有意の近点延長は認められなかった。

VDT 作業と Non-VDT 作業とを比較すると, 第1作業区終了後の時点ですでに両作業方式間の差が大きな傾向を示し ($p < 0.10$), 以降その差は増大し, 第2作業区終了後 ($p < 0.01$), 全作業終了後 ($p < 0.05$) および全作業終了後の30分間の休憩時点 ($p < 0.05$) のいずれにおいても有意の差が認められた。そして, 全作業終了後 60 分間の休憩を経た時点においても両作業方式間の差は大きな傾向であった ($p < 0.10$)。累積作業時間と調節近点距離との相関を検討すると, Fig.2 のごとく VDT 作業の相関係数が 0.461 を示し正の有意相関が認められ, 累積作業時間増加に伴う調節近点距

Fig.1. Changes in near-point accommodation in VDT performance (solid line) and in Non-VDT performance (dashed line) as a control. ● significant lowering compared to pre-value ($p < 0.10$), ● significant lowering compared to pre-value ($p < 0.05$). Asterisks indicate the significant differences between a VDT-performance and a Non-VDT performance, * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

離の延長化現象が示された。しかしながら, Non-VDT 作業に関しては著明な相関が認められなかった。

2. フリッカー (CFF) 検査

作業時間の経過に伴うフリッカー値の変動を示すと Fig.3 のごとくである。累積作業時間ならびに作業後の休憩時間の経過に伴う VDT 作業および Non-VDT 作業のフリッカー値変動曲線は低下値の水準が異なるものの同様のパターンを示した。フリッカー値の低下の度合を観察すると, VDT 作業では作業前に比較して第1作業区終了後には低下の傾向を示し ($p < 0.10$), 次いで, 第2作業区終了後, 全作業終了後にはそれぞれ有意の低下を示した ($p < 0.05$)。さらに, 全作業終了後からの30分間および60分間の休憩を終えた時点においても作業前に比較して低下を大とする傾向が観察された ($p < 0.10$)。一方, Non-VDT 作業では, 作業前値に比較して全作業終了後の値に関してのみ有意の低下が認めら

Fig. 2. Correlation between working hours (duration of test period) and near-point accommodation. The solid line shows VDT performance and the dashed line shows Non-VDT performance as a control.

Fig. 3. Changes in critical fusion frequency (CFF) with working hours. The remarks are the same as in Fig. 1.

れた ($p < 0.05$).

VDT 作業と Non-VDT 作業におけるフリッカー値をそれぞれ比較検定すると、第 1 作業区終了後と全作業終了後において両作業方式間の差を大とし ($p < 0.10$), 第 2 作業区終了後では両群間に有意の差が認められた ($p < 0.01$). また、全作業終了後 60 分間の休憩を経た時点においても両群間に著明な差が認められた ($p < 0.05$).

3. 集中維持機能 (TAF) 検査

TAF・L 値について、Fig. 1, Fig. 3 と同様にして 30 分ごとの測定値、計 6 時点の変動を経時的に比較すると Fig. 4 のごとくである。すなわち、VDT 作業では、作業前に比較して第 2 作業区終了後に TAF 低下傾向を示し ($p < 0.10$), 次いで全作業終了後には有意の機能低下を示した ($p < 0.05$). 全作業終了後の回復過程を観察すると、30 分間の休憩を経た時点において急速な機能の亢進が観察され、60 分目の休憩後では全作業終了後の

Fig. 4. Changes in TAF・L values with working hours. The remarks are the same as in Fig. 1.

値に比して有意の機能亢進を示した ($p < 0.05$). また、全作業終了後 30 分目、60 分目のいずれにおいても作業前との間に有意の差が認められない水準にまで回復していた。一方、Non-VDT 作業では、作業前に比較して第 1 作業区終了後が有意の低下を示したが ($p < 0.05$), 第 2 作業区終了後では、第 1 作業区終了後の値に比較してやや亢進する傾向が観察された。しかしながら、全作業終了後には再び低下傾向が観察され、しかも作業前に比較して低下の度合が大であった ($p < 0.10$). この傾向は全作業終了後 30 分の休憩を経た時点においても認められた ($p < 0.10$). VDT 作業と Non-VDT 作業との比較では、第 2 作業区終了後においてのみ両作業方式間の差が大の傾向を示した ($p < 0.10$).

4. VDT 作業における脳波の変動

VDT 作業に関して、6 名の被験者を対象として閉眼時、頭頂部 (C_z) から導出した脳波成分のなかから alpha 波帯域 (7.81~12.93 Hz) を取り出し、さらに、この alpha 波帯域を 0.244 Hz ごとに細分割 (22 分割) し、alpha 波帯域内におけるピーク周波数を観察した。

Fig. 5 に示したごとく、被験者 6 名の平均値から算出した作業前のピーク周波数を観察すると、22 分割内で最頻値 ($9.2 \pm 2.2\%$; $\bar{x} \pm SE$) を示した周波数は 9.27 Hz であった。同様に、作業開始後 30 分目および 60 分目からの 1 分間の安静閉眼時では、8.78 Hz をピーク周波数とした (前者の出現頻度は $11.7 \pm 4.0\%$, 後者のそれは $7.9 \pm 3.3\%$), 次いで、全作業終了後からの 1 分間安静閉眼時では、ピーク周波数が 8.54 Hz ($8.5 \pm 3.2\%$) を示し、作業負荷時間の経過に伴うピーク周波数の低下移行現象が観察された。一方、全作業終了後 30 分目からの 1 分間および全作業終了後 60 分目からの 1 分間安静閉眼時では、ピーク周波数がそれぞれ、10.00 Hz ($9.3 \pm$

Fig.5. Changes in peak frequency of alpha-waves band (7.81-12.93 Hz) from vertex due to VDT's performance.

2.7%), 9.03 Hz($10.8 \pm 3.1\%$)を示し、いずれも作業遂行時に比較して高い周波数帯域へと戻っていた。しかしながら、各ピーク周波数間に有意の差は認められなかった。

IV. 考 察

VDT 作業によって誘発される生体負担の様相に関して、一連続作業時間の度合から検討した報告がある。たとえば、Mourant¹⁵⁾は VDT 作業の一連続作業時間が2～3時間にも及ぶと眼球運動および調節機能の変動に表現される視機能系の疲労を引き起こし、1時間の休憩を導入することによって顕著な回復が図られると報告している。さらに、NYCOSH¹⁶⁾ (The New York Committee for Occupational Safety and Health, Inc.) は、視覚疲労を誘発しない適正作業時間の配分として1時間の連続作業後に15分間の休憩を導入あるいは一連続作業時間を2時間とし、その後30分間の休憩を設ける方式を提示している。さらにこの作業指示書によれば、一連続作業時間の最大許容限度は2時間と記述されている。一方、Rohmert と Luczak¹⁷⁾ は25分の作業時間と5分間の休憩または100分の作業時間と20分間の休憩という作業時間配分に比較して50分間の一連続作業時間、その後10分間の休憩を導入する作業編成が適正であると報告している。

本研究において対象とした VDT 作業では、調節近点距離の変動と作業時間の経過との間に有意の相関が認められた。これは近点距離の延長化現象に表現される調節機能の低下の度合が VDT 使用時間の累積に伴って漸増することを示唆している。さらに、この調節機能の意味ある低下、すなわち、この検査に代表される他覚的な眼精疲労状態の出現時点に関する臨界時点は作業開始後60

分目付近に存在することが示唆された。また、累積作業負担時間が90分にも及ぶ VDT 作業から誘発された調節機能の低下現象は作業終了後60分間の休憩を経ても回復せず、生体は相当過大な視覚負担を課せられていたものと推測される。一方、感覚刺激の認知・弁別閾値を指標とした CFF 値の経時的変動を観察すると、作業開始後30分目にしてすでに有意の低下傾向が認められた。

本研究で対象とした作業は極小単位時間（一動作当たり1 sec/cycle、一単位当たり60 sec/cycle）内に認知・判断・処理を的確に要求されるくり返し型の規制作業（computer-paced work）である。この規制作業自体が有する生体への影響要因と CRT スクリーンにより課題提供との相乗効果が作業開始後30分目における CFF の低下を引き起こしたと考えられる。

この相乗効果説を支持する他の成績として、CRT スクリーンを用いない Non-VDT 作業において、実作業時間が90分に達した時点に関してのみ CFF 値の有意の低下を認めた。すなわち、この種の作業が単一の作業条件（computer-paced work）であれば CFF 値の有意の低下は作業開始後90分にして出現して、この条件に CRT スクリーンによる課題提示（VDT 作業）という二重のストレッサーが付加されると、CFF 値の顕著な低下は30分早く出現することが示唆された。

これまでに明らかにされてきた CFF の生理学的意義に基づけば¹⁸⁻²²⁾、CFF の低下は覚醒水準の減衰に帰因する知覚機能の低下を反映する大脳皮質の視覚情報処理能力の減少を表現しているものと解釈される。したがって、作業開始後60分目に認められた CFF 値の有意の低下は大脳皮質の視覚情報処理に関する注視能力の減少を反映したストレス反応を表現しているものと解釈できる。

さらに、調節近点距離の変動と CFF 値の変動との比較から、この種の VDT 作業によって誘発される視覚情報処理能力の減少は調節機能の低下に表現される眼精疲労に先行して出現することがうかがわれた。しかもこの知覚機能の低下を反映した視覚情報処理能力の低下反応は眼精疲労と同様にして作業終了後60分間の休憩を経ても有意の回復が認められないストレス反応である。

CFF 検査とは異なり、標的のある一定時間の間持続的に狙準する TAF 検査では、実作業時間が60分目に到達した時点で TAF-L 値の低下の度合を大とし、同様にして90分目に著明な低下を示した。TAF の低下はこれまで TAF に関する研究で報告されているように²³⁻²⁵⁾、VDT 作業者の大脳皮質活動全般の抑制が働き、運動調

整能力をも包括した総合的な生理・心理機能の活動が減衰された結果と推測される。この観点からこの種の VDT 作業において、大脳皮質全般の活動水準の意味ある低下が出現する臨界時点は作業開始後 60 分付近に存在するものと考えられる。VDT 作業終了後の休憩時間の経過と TAF・L 値の変動を観察すると、前述の 2 種の検査結果とは異なった現象を示し、脳波の alpha 波帯域のピーク周波数の変動パターンと類似していた。すなわち、作業終了後 30 分目および 60 分目の TAF・L 値と作業前値との間には有意の差が認められない水準にまで回復していた。同様に、alpha 波帯域におけるピーク周波数の変動は作業時間の経過に伴って低下移行現象を示していたのに比べて、作業終了後 30 分目および 60 分目には作業前のピーク周波数に近似した高い周波数水準へと移行していた。この現象は TAF・L 値の変動と alpha 波抑制の度合いが相関すると報告²⁶⁾されていることから、VDT 作業によって誘発された覚醒反応の抑制現象が作業終了後の休息によって賦活され、生体の視覚-大脳-末梢機能系の feed back 機構に関与した大脳皮質の活性化が図られたものと推測される。

一方、Non-VDT 作業に関して、作業開始後 30 分目に TAF・L 値は有意の低下を示したが、VDT 作業と比較すると前者の値が $0.17 \pm 0.16(\bar{x} \pm SD)$ で、後者は $0.19 \pm 0.12(\bar{x} \pm SD)$ であった。このようにして両作業方式間の差違が 0.2 であるにもかかわらず後者においてのみ作業前に比較して有意の低下が認められたことは、Non-VDT 作業群の平均値からの散らばり(変異係数 63.2%)が VDT 作業群のそれ(変異係数 94.1%)よりも小さかったことに起因するものと考えられる。したがって、この時点における Non-VDT 作業の有意の低下は生理学的に意味ある低下とは解釈しがたい。

しかし、Non-VDT 作業負荷に比較して VDT 作業が個人差に大きく影響を与えることが示唆され、VDT 作業が生理機能に及ぼす影響とそれぞれの個体内許容能力の差異に関する今後の課題を提示している。

以上の成績を要約して、本報で用いた 4 種類の生理機能変動の側面から、VDT 作業によって誘発される中枢性ストレス反応の発現機構を推定すると次のごとくである。

短い単位時間内に認知・判断・処理を要求される computer-paced work を対象とした VDT 作業では作業負荷時間が 30 分目に到達した時点で先刺激に対する時間間隔の識別機能を中心とした視覚情報処理能力の減衰をきたし、その延長上に位置する知覚皮質領域の興奮水準の低下を示唆するストレス反応が誘発される。次の

で 60 分目にしてこの反応が顕著に現われる。同時にこの時点において眼精疲労状態が発現し、さらに運動調整能力の減少をも包括した大脳皮質全般に及ぶ活動水準が抑制され始める。そして、これらの現象は作業開始後 90 分目にして顕著な症状として出現する。一方、これらのストレス反応の回復機序は新皮質における覚醒水準の移行とともに皮質活動水準の賦活が先行し、次いで眼精疲労および知覚皮質領域のストレス反応がゆるやかな回復過程をたどる。

このような観点から、VDT 作業に関する累積作業負荷時間の限界を提言すれば、作業開始後 30 分目にして CFF 値の低下傾向に代表される知覚領域の興奮水準の減衰が生起されるものの、その他の生理機能変動をも加味して、60 分間を一区切りとする方式が望ましいと考えられる。

V. 結 論

認知・判断・処理が適確に要求される極小単位時間のくり返し作業(1けた乗算)を対象として、CRT ディスプレイ利用による作業課題の提供に基づく VDT 作業および対照作業としての Non-VDT 作業をそれぞれ 7 名の健康成人男子学生に 90 分間負荷し、視機能系の負担および中枢性ストレス反応の発現機構を検討した結果、次のごとく結論を得た。

1) VDT 作業における調節機能の変動は作業開始後 60 分目にして低下を大とし、90 分目には有意の低下を認めた。一方、Non-VDT 作業では、すべての時間帯において著明な低下が認められなかった。

2) CFF 値の変動に関して、VDT 作業において作業開始後 30 分目にして低下を大とし、以降、60 分目および 90 分目のいずれにおいても有意の低下を示した。しかし、Non-VDT 作業では、作業開始後 90 分目においてのみ有意の低下が認められた。

3) TAF・L 値の変動に関して、VDT 作業において作業開始後 60 分目に低下を大とし、90 分目には著明な低下が認められた。一方 Non-VDT 作業では、作業開始後 90 分目において、TAF・L 値の意味ある低下傾向が観察された。

4) VDT 作業において、alpha 波帯域のピーク周波数の推移を観察すると、有意の変動は認められないものの作業負荷時間の経過に伴って slow alpha 波帯域へと移行していたが、作業終了後 30 分目には作業前の帯域に戻った。

文 献

- 1) Cole, B.L.: Visual problems associated with visual display units, In: *Ergonomics and Visual Display Units* (McPhee, B. and Howie, A., ed.), 29-42, Ergonomics Society of Australia and New Zealand, Sydney, 1979.
- 2) Rey, P. and Meyer, J.J.: Visual impairments and their objective correlates, In: *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals* (Grandjean, E. and Vigliani, E., ed.), 77-83, Taylor & Francis, London, 1980.
- 3) Läubli, T., Hünting, W. and Grandjean, E.: Visual impairments in VDU operators related to environmental conditions, In: *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals* (Grandjean, E. and Vigliani, E., ed.), 85-94, Taylor & Francis, London, 1980.
- 4) Smith, M.J., Cohen, B.G.F., Stammerjohn, L.W., Jr. and Happ, A.: An investigation of health complaints and job stress in video display operations, *Hum. Factors*, 23: 387-400, 1981.
- 5) Dainoff, M.J., Happ, A. and Crane, P.: Visual fatigue and occupational stress in VDT operators, *Hum. Factors*, 23: 421-438, 1981.
- 6) Östberg, O.: Accommodation and visual fatigue in display work, In: *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals* (Grandjean, E. and Vigliani, E., ed.), 41-52, Taylor & Francis, London, 1980.
- 7) 栗本晋二: VDT作業が視機能に与える影響, *人間工学*, 19(2): 87-90, 1983.
- 8) 岩崎常人, 栗本晋二, 野村恒民, 相良久美, 野呂影勇, 山本 栄, 吉岡 真: Visual Display Terminal 使用者の調節機能に関する研究, *眼紀*, 33(1): 90-95, 1982.
- 9) Gould, J.D.: Visual factors in the design of computer-controlled CRT displays, *Hum. Factors*, 10: 359-376, 1968.
- 10) Hultgren, G.V. and Knave, B.: Discomfort glare and disturbance from light reflections in an office land scape with CRT display terminals, *Appl. Ergon.*, 5: 2-8, 1974.
- 11) Läubli, T.H., Hünting, W. and Grandjean, E.: Postual and visual loads at VDT work place (II) Lighting conditions and visual impairments, *Ergonomics*, 24: 933-944, 1981.
- 12) Stammerjohn, L.W., Jr., Smith, M.J. and Cohen, B.G.F.: Evaluation of work station design factors in VDT operations, *Hum. Factors*, 23: 401-412, 1981.
- 13) Gunnarsson, E. and Östberg, O.: The physical and psychological working environment in a terminal-based computer storage and retrieval system, Stockholm, Swedish National Board of Occupational Safety and Health. Department of Occupational Medicine, Report 35, 1977.
- 14) Binaschi, S., Albonico, G., Gelli, E., Morellidi Popolo, M.R.: Study on subjective symptomatology of fatigue in VDU operators, In: *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals* (Grandjean, E. and Vigliani, E., eds.), 219-225, Taylor & Francis, London, 1980.
- 15) Mourant, R.R., Lakshmanan, R. and Chantadisai, R.: Visual fatigue and cathode ray tube display terminals, *Hum. Factors*, 23: 529-540, 1981.
- 16) Bergman, T.: Health Protection for Operators of VDTs/CRTs, 1-16, The New York Committee for Occupational Safety and Health, Inc. (NY-COSH), New York, 1980.
- 17) Rohmert, W. and Luczak, H.: Ergonomics in the design and evaluation of a system for "Postal video letter coding," *Appl. Ergon.*, 9: 85-95, 1978.
- 18) Simonson, E. and Enzer, N.: Measurements of fusion frequency of flicker as a test of fatigue of the central nervous system, *J. Ind. Hyg. Toxicol.*, 23: 83-89, 1941.
- 19) Simonson, E. and Brozek, J.: Flicker fusion frequency: background and applications, *Physiol. Rev.*, 32: 349-374, 1952.
- 20) Rey, R.: The interpretation of changes in critical fusion frequency, In: *Measurement of Man at Work—An Appraisal of Physiological and Psychological Criteria in Man-Machine Systems* (Singleton, W.T., Fox, J.G. and Whitfield, D., eds.), 115-120, Taylor & Francis, London, 1973.
- 21) 小木和孝, 川村 浩: 視覚系各部のちらつき融合頻度の変動と脳賦活系との関連, *労働科学*, 36: 459-473, 1960.
- 22) 橋本邦衛: Flicker Test 値の生理学的意味と測定上の諸問題—Flicker の理論と実際—, *産業医学*, 5: 3-18, 1963.
- 23) Takakuwa, E.: Evaluation of Fatigue and the Function of Maintaining Concentration (TAF), Hokkaido University School of Medicine, Sapporo, 1982.
- 24) 神代雅晴, 斎藤和雄, 高桑栄松: 生体機能変動からみた流れ作業における適正作業速度, *人間工学*, 9: 207-214, 1973.
- 25) 神代雅晴, 斎藤和雄: 単純繰り返し作業の作業規制条件に関する人間工学的研究, *人間工学*, 15: 97-104, 1979.
- 26) 高桑栄松, 土門洋哉, 斎藤和雄, 池田 弘, 大中吉人, 助川秀弥: 集中維持機能 (TAF) に関する研究(Ⅷ)—脳波(alpha波)との関連について—, *日本衛生学雑誌*, 21: 27-32, 1967(a).

著者への通信先: 神代雅晴, 〒 807 北九州市八幡西区医生ヶ丘 1-1 産業医科大学人間工学教室
Reprint requests to Department of Human Factors Engineering, School of Medicine, University of Occupational and Environmental Health, Japan, Iseigaoka 1-1, Yahata Nishi-ku, Kitakyushu, 807 Japan (M. Kumashiro)