

VDT 作業時の画面表示色設定に関する人間工学的研究¹⁾

A Human Engineering Study concerning Color Combinations on a Computer Display in VDT Work

戸 梶 亜紀彦
Akihiko Tokaji

要 約

本研究は、人間工学の立場から、フルカラー表示となった現在のディスプレイにおいて、視認性と疲労度という2つの次元に関して考察を行うため、パーソナルコンピュータのディスプレイ上の文字と背景の色彩的組合せに関して実験的に検討することを目的とした。

実験1では、実際のVDT作業において使用可能性のある文字色と背景色との組合せの選出を行った。実験2では、実験1において選択された文字と背景の色彩的組合せにおける視認性と疲労度の程度に関して検討を行った。実験3では、視認性(高・低)×疲労度(高・低)の4条件とデフォルト設定を加えた5条件を用いてVDT作業を行わせ、生理状態、自覚症状、作業量、エラー数において影響がみられるかどうかの検討を行った。

これらの実験結果をととして、VDT作業時における文字と背景の色彩的組合せの望ましい設定条件に関して、人間の眼球構造や視覚機能の特性を踏まえて考察を行った。

キーワード：人間工学、VDT作業、文字と背景の色彩的組合せ、視認性、疲労度

はじめに

情報化社会の到来により、パーソナルコンピュータは広く普及し、システムエンジニアやプログラマーといった専門職である視覚表示端末(Visual Display Terminals: VDT)作業従事者や「オタク」と呼ばれるコンピュータのマニアはもちろんのこと、官公庁、商社、メーカー、マスコミ関係など、あらゆる業種のさまざまな分野において、コンピュータは情報機器の中で最も重要な必需品の1つとなっている。また、インターネットを利用することにより、さまざまな情報の検索・収集および発信が可能となった現在においては、勤務者や学生だけでなく、主婦やお年寄り、身障者を含めた一般家庭のユーザーも激増している。加えて、便利さ故に長時間利用者の増加も著しい状況にある(日本インターネット協会, 1999)。

このような情報機器の普及は、我々の日常生活に多くの恩恵をもたらす結果となっているが、その反面、このような事態に伴って、眼、頭、首、

肩、手を主要部位とした痛み、凝り、疲労などの身体症状、および、気分や注意力などに関連した精神症状などの訴えが急増していることもまた事実である。

VDT作業の労働衛生管理面の研究は1970年代に始まり、1978年にスウェーデンにおいてVDT作業の指導要領が発表されて以来、各国において基準、勧告が出され、わが国においては労働省が1984年に「VDT作業における労働衛生管理のあり方」においてガイドラインを示し、翌年には人間工学、労働生理学の知見に基づいて前記ガイドラインを見直した「VDT作業のための労働衛生上の指針」を通達として発表している。これと並行して、VDT作業の労働衛生対策や健康障害の防止を謳った書籍や論文がいくつか登場している(例えば、中央労働災害防止協会, 1984; 労働省労働衛生課, 1986; VDT作業に関する検討委員会, 1985など)。これらには、VDT作業に対して各企業で実施されている対策の実例や海外の対策例、VDT作業の種類と特徴、健康に及ぼす影響、ディスプレイやキーボードといったハードウェア、椅子や机、照明といった作業環境、労働衛生

1) 本研究の一部は、平成10年度特別研究費(広島県立大学)の助成を受けて行われた。

教育など、幅広い要因についての検討がなされている。これほど広範に研究・調査が行われてはいるが、コンピュータ業界のその後の著しい技術の発展と本体性能の向上を考えると、その当時の機種と現在の機種との間には、雲泥の差があることに疑いの余地はない。

それでは、機能的に何が特に大きく変わったであろうか。まずは、処理速度と処理容量が挙げられよう。かつては、操作してからコンピュータが処理を終了するまでにタイムラグがあった。しかしながら、今では、通常の処理であれば余程のことがない限り、コンピュータから即座に反応が返ってくる。また、もう一つ大きな違いは、画面の表示色であろう。当時は、16ビットカラーが普通であったが、現在では24ビットのフルカラー表示は当然のこととなっている。

本研究では、単調な VDT 作業と関連が深いと考えられる後者の表示色にかかわる要因について着目することにした。VDT 作業を行う際に、表示色が影響を及ぼすと考えられる側面は、文字の視認性と疲労度であろう。文字の視認性に関しては、室内照明の明るさ、輝度、照度、グレア等に関する研究が過去にいくつか行われているが（例えば、窪田・大倉・大久保，1988；長田・安田・長谷川・吉田・福田，1985；安田・長谷川・福田・吉田・長田，1983；吉田・長谷川・安田・福田・長田，1986など）、これらはテレビのディスプレイや旧式のパソコンやワークステーションのディスプレイにおいてのものであり、現在の仕様になったパソコンのディスプレイにおける文字と背景の色彩的組合せに関する検討は行われてはいない。また、現実的に長時間の継続的使用を行う者が多いことから、疲労度に関しても、可能な限り少なく抑えることができる方が望ましいであろう。

そこで本研究では、人間工学の立場から、フルカラー表示となったディスプレイにおいて視認性と疲労度という2つの次元に関して考察するため、パソコンのディスプレイの文字と背景の色彩的組合せに関する望ましい条件を探索するために、実験的な検討を行うことを目的とした。

実験 1

〔目的〕

パーソナルコンピュータ（Windows マシン）

において、ディスプレイ表示用に予め用意されている文字色と背景色はともに16色であるため、その組合せは240通りとなる。これらすべてについて検討することは、現実的には困難である。そこで実験1では、実際に VDT 作業時に使用する可能性のある、または、使用してもよいと思われる文字色と背景色の組合せを選出することを目的とした。

〔方法〕

被験者 広島県立大学学生8名（男子5名，女子3名：20～22歳）が実験に参加した。

実験室条件 室内はブラインドを閉め、照明条件を一定にした。また、室内温度は常に摂氏25±1度、湿度は40±10%を維持するようにした。また、ディスプレイ全体の輝度、コントラスト等に関しても、色彩の組合せによる効果のみをみるために、一定の状態を保つこととした。

手続き 被験者をパーソナルコンピュータ（HITACHI FLORA-DM2）のディスプレイ（HITACHI PC-DC-1570SP：17インチ）の前に、各自が通常作業を行う際の椅子の位置、高さに調節した後に着席させた。DOS プロンプトのエディタ画面のフルスクリーンに表示された文章に関して、240通りすべての組合せを表示して、実際に使用してもよい組合せかどうかを Yes-No の2件法で回答を求めた。なお、文字色と背景色の組合せの提示順序は、順序効果を相殺するよう被験者ごとに異なるように配慮した。

〔結果および考察〕

240通りの文字色と背景色の組合せに関して、VDT 作業時に実際に使用する可能性のある、または、使用してもよいかどうかについての回答の集計を行ったところ、8名中6名（75%）以上が Yes と回答した組合せは、Table 1 に示された30通りであった。また、これらの色彩のもつ感覚的屬性を Table 2 に示す。

上位には、文字色、背景色ともに明るい白、白、黒、灰色などの無彩色が占め、それ以外には青系統、黄色系統の色彩が多くを占めていた。すなわち、単独の色彩では、RGBのうちRとGの割合が等しい色彩が選択される傾向にあり、組合せとしては文字色と背景色とのRおよびGの値に差

Table 1 実際に使用可能性のある文字色と背景色の組合せ

No.	文字色	背景色	%
1	黒	明るい白	100.0
2	青	白	100.0
3	白	黒	100.0
4	灰色	明るい白	100.0
5	明るい青	明るい白	100.0
6	明るい白	黒	100.0
7	明るい白	青	100.0
8	明るい白	水色	100.0
9	明るい白	灰色	100.0
10	明るい白	明るい青	100.0
11	青	黄色	87.5
12	青	明るい白	87.5
13	水色	黒	87.5
14	赤	明るい白	87.5
15	紫	明るい白	87.5
16	明るい緑	青	87.5
17	黒	白	75.0
18	青	明るい水色	75.0
19	赤	白	75.0
20	白	青	75.0
21	灰色	白	75.0
22	灰色	黄色	75.0
23	明るい緑	黒	75.0
24	明るい緑	灰色	75.0
25	明るい水色	黒	75.0
26	明るい水色	灰色	75.0
27	ピンク	明るい白	75.0
28	黄色	青	75.0
29	黄色	灰色	75.0
30	黄色	明るい青	75.0

(明度差)がある場合が選択されていた。また、このような顕著な明度差のみのある組合せでは、色相が一定となるためか、文字色と背景色との互換性がみられた。

反対に、単独の色彩では、赤系統、緑系統が少なく、組合せとしても背景色には赤系統、緑系統がまったく選択されていなかった。赤および緑は、人間にとって誘目性のある色彩として広告やネオンなどに使用されている。すなわち、人目を惹きはするが、眼に対して刺激的でもあるわけである。通常、人間の知覚では、文字が図 (figure)、背景が地 (ground) となるので、背景色にこれらの系統の色彩が使用されると、文字が見えにくく

なり、眼の疲労度も高くなることが予想される。また、赤と緑は補色の関係にあり、これらの刺激を見つめた後の視点の移動により、相互に補色に近い色彩を知覚するプルキンエ残像 (Purkinje's after image) を生じることが知られているため、同様の評価がなされたと考えられる。逆に、これらの色彩要素である R と G の割合が等しい場合には、加法混色を行ったことになるため、これらの成分は白色になり、ネガティブな色彩効果がなくなっていると考えられる。

以上の実験 1 の結果に基づき、これら 30通りの組合せを用いて、以下の検討を行うこととした。

Table 2 使用可能性のある色彩の感覚的屬性と R G B の割合※

色彩	色相	彩度	明度	R	G	B
黒	160	0	0	0	0	0
灰色	160	0	120	128	128	128
白	160	0	181	192	192	192
明るい白	160	0	240	255	255	255
青	160	240	60	0	0	128
明るい青	160	240	120	0	0	255
水色	120	240	60	0	128	128
明るい水色	120	240	120	0	255	255
緑	80	240	60	0	128	0
明るい緑	80	240	120	0	255	0
赤	0	240	60	128	0	0
明るい赤	0	240	120	255	0	0
ピンク	200	240	120	255	0	255
紫	200	240	60	128	0	128
茶色	0	240	60	128	0	0
黄色	40	240	120	255	255	0

※数値はすべてコンピュータの設定によるもの。

色相は0~239, 彩度, 明度は0~240, R G Bは0~255の値をとる。

実験 2

【目的】

実験 1 において選出された30通りの文字色と背景色の組合せを用いて, VDT 作業を行う際にこれらの組合せがどの程度使用しやすいかを検討するため, 視認性を「読みやすさ」の程度, 疲労度を「疲れにくさ」の程度とし, これら2つの次元から検討することを目的とした。

【方法】

被験者 広島県立大学学生20名(男子14名, 女子6名: 18~23歳)が実験に参加した。

実験室条件 実験 1 と同様の条件下で行った。

刺激文 「プレインサイエンス最前線'97」(佐藤, 1997)より, 一画面に収まる量を抜粋し, 刺激文とした。ただし, 刺激提示ごとに毎回文章を読んでもらうため, 30通りの刺激文を用意した。

手続き 実験 1 と同様の手続きで被験者をパソコンの前に着席させた後, DOS プロンプトのエディタ画面(フルスクリーン)の一画面分の文章(21行×39文字の30通りの文字色と背景色の組合せ)をランダムに提示し, 「読みやすさ」「疲れにくさ」の程度に関してそれぞれ7段階で評価を行うよう求めた(読みやすい: 1~読みにくい: 7, 疲れにくい: 1~疲れやすい: 7)。なお, 「疲れにく

さ」については, 必ず文章を一読した後に評価を行わせた。

【結果および考察】

「読みやすさ」「疲れにくさ」の評価結果に関して, それぞれ一要因の分散分析を行った。その結果, 「読みやすさ」($F(29,570)=8.29, p<.001$), 「疲れにくさ」($F(29,570)=5.94, p<.001$)と, いずれにおいても有意差がみられた。Tukey の HSD による多重比較を行い, 最も評価の良かった組合せと有意差のない組合せを良い組合せ, 最も評価の悪かった組合せと有意差のない組合せを悪い組合せとして分類を行った。それぞれの結果を Table 3, Table 4 に示す。「読みやすさ」に関しては, 良い組合せのすべてにおいて無彩色が含まれており, 特に明るい白が10組中8組に含まれていた。良い組合せは, いずれも明度差のある組合せであると考えられる。そして, 文字色は最も明度の高い明るい白を除けば, 明度の低い方を採用するのが望ましいと考えられる。また, Windows マシンにおいてデフォルトで設定されている白(文字色)ー青(背景色)の組合せは, 悪い組合せに含まれていた(Table 3 参照)。

一方, 「疲れにくさ」についても, 良い組合せではすべてにおいて無彩色が含まれており, 明る

Table 3 「読みやすさ」において良い評価および悪い評価を受けた文字色と背景色の組合せ

良い組合せ				悪い組合せ			
順位	文字色	背景色	平均値	順位	文字色	背景色	平均値
1	灰色	明るい白	1.50	1	ピンク	明るい白	6.00
2	黒	明るい白	2.10	2	明るい緑	青	5.70
3	青	明るい白	2.20	3	灰色	白	5.60
4	明るい白	黒	2.80	4	明るい緑	灰色	5.05
5	明るい白	青	2.90	5	黄色	明るい青	5.00
6	赤	明るい白	2.95	6	赤	白	4.70
7	明るい白	灰色	3.20	7	明るい水色	灰色	4.65
8	明るい青	明るい白	3.30	8	白	青	4.55
9	黒	白	3.40	9	水色	黒	4.45
9	灰色	黄色	3.40	10	明るい水色	黒	4.40
				11	白	黒	4.35
				12	黄色	青	4.25
				13	紫	明るい白	4.20
				14	青	明るい水色	4.15

Table 4 「疲れにくさ」において良い評価および悪い評価を受けた文字色と背景色の組合せ

良い組合せ				悪い組合せ			
順位	文字色	背景色	平均値	順位	文字色	背景色	平均値
1	灰色	明るい白	1.85	1	青	黄色	5.50
2	黒	白	2.75	2	ピンク	明るい白	5.45
3	黒	明るい白	2.85	2	明るい緑	青	5.45
4	青	白	3.00	4	明るい水色	黒	5.10
5	青	明るい白	3.30	5	黄色	明るい青	4.75
6	明るい白	黒	3.40	5	明るい緑	灰色	4.75
6	明るい白	青	3.40	5	青	明るい水色	4.75
6	明るい白	灰色	3.40	8	黄色	青	4.70
9	明るい白	水色	3.50	9	明るい水色	灰色	4.65
10	灰色	白	3.55	10	明るい緑	黒	4.60
11	赤	明るい白	3.60	11	紫	明るい白	4.45
12	白	黒	3.65	12	水色	黒	4.20
13	明るい白	明るい青	3.70	13	黄色	灰色	4.15
				13	灰色	黄色	4.15
				15	白	青	4.05
				15	赤	白	4.05
				17	明るい青	明るい白	3.75
				18	明るい白	明るい青	3.70
				19	白	黒	3.65

い白もしくは白が必ず含まれていた。そして、良い組合せは、「読みやすさ」の場合と同様に、いずれも明度差のある組合せで、文字色は最も明度の高い明るい白を除けば、明度の低い方を採用するのが望ましいと考えられる。また、デフォルトで設定されている組合せは、悪い組合せに含まれ

ていた。いずれの次元においても、R系統、G系統の色彩は好まれない傾向がうかがわれた。

ここで、「読みやすさ」「疲れにくさ」という2つの次元の結果は類似してはいるが、一方で良い組合せに含まれているが、他方で悪い組合せに含まれるもの(例えば、灰色-白、灰色-黄色など)

もあるため、これらの間の相関は高いと予測されるが、必ずしも一致した次元ではないと考えられる。したがって、これらの次元に沿って、以下の検討を進めることにする。

実験 3

[目的]

実験 2 において得られた結果から、4 つの文字色-背景色の組合せ「読みやすい-疲れにくい(灰色-明るい白)」「読みやすい-疲れやすい(灰色-黄色)」「読みにくい-疲れにくい(灰色-白)」「読みにくい-疲れやすい(明るい緑-青)」と、デフォルト設定(白-青)を加えた 5 条件を用い、実際に VDT 作業を行わせ、生理状態、自覚症状、作業量、エラー数において影響がみられるかどうかを検討することを目的とした。

[方法]

被験者 広島県立大学学生 50 名(男子 32 名, 女子 18 名: 18~23 歳)が実験に参加した。

実験室条件 実験 1 と同様の条件下で行った。

測定項目 生理指標として視力(TOYO MEDICAL 製 VDT 視力計 NS-050 により測定), 血圧(拡張期, 収縮期: オムロン製デジタル自動血圧計 HEM-707 により測定), 心拍数(オムロン製デジタル自動血圧計 HEM-707 により測定)を, 自覚症状として日本産業衛生学会・産業疲労研究会考案の自覚症状調べ(小林, 1988)より, 作業内容に適切でない項目を除いた 25 項目(Appendix 参照), さらに, 60 分間の作業量とエラー数を従属変数として用いた。

作業課題 使用した課題は, ディスプレイを見続けさせるために, 画面上に表示される文章を読み, 間違いの訂正を行う作業とした。間違いは, 変換ミスを含む明らかな漢字, ひらがな, カタカナの誤字とし, その割合は, 一行に 1 個平均とした。なお, 文章は「秘密と恥-日本社会のコミュニケーション構造」(正村, 1995)より引用した。

手続き 実験開始前に, 被験者の心身の状態を安定させるため, 約 5 分間の閉眼安静をとらせた。そして, 生理状態が安定した後に, 視力, 血圧, 心拍数と自覚症状の測定を行い, このときの測定値をベースラインとした。次に, 実験 1 と同様の手続きより被験者をパソコンの前に着席させ, 実

験条件と同様の画面を用いた練習課題を行わせた。実験作業は, 作業内容を理解させた後に実施した。実験条件では, 作業の性質を考慮し, 一人につき上記 5 つの文字色-背景色の組合せのうちの 1 条件のみを行わせた。そして, 60 分間の作業が終了した後, 再び各生理状態と自覚症状の測定を行った。

[結果および考察]

生理測定と自覚症状に関して, 各条件と作業前後の変化について検討するために, 文字色-背景色の組合せ 5 条件×作業前・後の二要因の分散分析を行った。結果を Table 5 に示す。なお, 生理指標は, 視力を除いて, 5 回連続測定した平均値を分析に使用した。

・作業前後の生理指標の変化について

Table 5 より, 「読みやすい-疲れにくい」組合せでは, すべての生理指標において変化はみられなかったが, 他の 4 つの組合せでは, デフォルト設定, 「読みやすい-疲れやすい」「読みにくい-疲れにくい」「読みにくい-疲れやすい」となるにしたがって, 視力低下, 血圧上昇, 心拍数増加の傾向が強まることが示された。

視力の低下は, 眼球のレンズである水晶体の焦点調整を行う毛様体筋という筋肉の疲労が原因であり, この意味では身体的な疲労度の蓄積を示していると言える。「読みやすい-疲れにくい」組合せ以外ではすべて, 眼に対して必要以上に負荷がかかっていたことがうかがわれる。

血圧は, 心臓の収縮期にあたる最高血圧と拡張期にあたる最低血圧が測定された。ストレス刺激の負荷により, 血圧は上昇する場合も下降する場合もあるが, Julius (1988) や澤田(1990) が主張する血圧目標値仮説によれば, 血圧はその時々々の環境条件に応じた水準に保たれるという。この仮説に従えば, 「読みやすい-疲れにくい」組合せ以外の条件は, 血圧を上げる必然性のある環境であったと考えることができ, 精神的負荷のかかっていた傍証と言えよう。

また, 心拍の増加は, 通常, 筋肉運動に際して血液を供給するために生じるが, VDT 作業ではそれほどの筋肉運動は要求されない。Lacey & Lacey (1978) は, 見たくないものを見た場合のように, 拒否したい刺激を知覚したときに心拍数

Table 5 生理指標と自覚症状に関する分散分析（5条件×作業前・後）の結果*

生理指標	分散分析 (F値)				単純主効果 (F値)				多重比較 (TukeyのHSD検定)
	主効果：条件	主効果：前後	交互作用	default	○-○	○-×	×-○	×-×	
視力	1.97	106.05**	4.40**	22.36**	2.38	13.70**	41.95**	43.29**	×-×>default, ○-○
血圧 (収縮期)	1.91	39.93**	4.58**	4.9*	0.01	4.85*	13.97**	34.43**	×-×>他のすべての条件
血圧 (拡張期)	0.97	43.83**	3.92**	4.71*	0.00	13.46**	13.41**	27.92**	×-×>他のすべての条件
心拍数	2.89*	32.29**	5.03**	1.45	0.21	6.51*	23.23**	21.03**	×-×>default, ○-○
自覚症状									
目が疲れている	1.42	161.05**	6.58**	19.06**	5.88*	25.94**	60.24**	76.24**	×-×>default, ○-○
目の奥が痛い	4.50**	77.37**	2.52	3.36	0.07	13.40**	9.86**	39.45**	×-×>default, ○-○
目のまわりが痛い	4.78**	46.08**	5.03**	3.36	0.07	13.40**	9.86**	39.45**	×-×>他のすべての条件
目がかすむ	6.06**	126.95**	16.92**	11.80**	1.31	17.46**	18.44**	144.59**	×-×>他のすべての条件
目が乾いている	1.54	75.19**	4.99**	4.88**	1.51	17.41**	44.52**	47.23**	×-×>default, ○-○
目が涙っぱい	5.41**	51.14**	3.59*	2.91	0.73	11.64**	24.05**	26.18**	×-×>default, ○-○
目がチカチカする	8.27**	57.58**	0.23	0.84	0.47	21.05**	6.37*	32.89**	×-×>他のすべての条件
まぶたがピクピクする	2.42	41.78**	4.97**	0.84	0.47	21.05**	6.37*	32.89**	×-×>default, ○-○
まばたきが多い	3.30*	44.10**	4.49**	0.50	1.39	16.06**	9.39**	34.72**	×-×>×-○, default, ○-○
物がぼやけて見える (焦点が合わない)	2.35	159.06**	8.07**	18.82**	2.65	38.90**	45.96**	85.00**	×-×>default, ○-○
まぶしい	5.94**	119.41**	8.64**	17.30**	2.43	17.30**	24.39**	92.50**	×-×>他のすべての条件
頭が重い	2.99*	64.68**	4.30**	2.36	3.08	19.23**	13.89**	43.27**	×-×>default, ○-○
頭がぼんやりする	5.05**	113.66**	6.39**	6.24*	3.30	29.69**	40.41**	59.59**	×-×>default, ○-○
頭が痛い	4.14**	27.54**	3.06*	0.05	0.78	8.28**	11.03**	19.61**	×-○, ○-×>○-○
首が痛い・こつている	1.75	101.32**	4.42**	11.33**	4.42*	14.34**	34.69**	54.20**	×-×>default, ○-○
肩が痛い・こつている	1.07	45.13**	2.64*	6.40*	1.23	4.23*	18.23**	25.60**	×-○, ○-×>○-○
全身がだるい	1.83	71.53**	2.73*	7.66**	3.40	15.37**	17.23**	38.78**	×-×>○-○
あくびがでる	3.16*	58.06**	7.37**	10.30**	0.55	3.90	10.30**	62.40**	×-×>他のすべての条件
眠い	1.01	43.54**	3.95**	9.83**	1.67	2.76	5.75*	39.32**	×-×>○-×, ○-○
根気がなくなる	2.55	57.36**	1.98	6.49*	0.05	16.26**	8.83**	25.95**	×-×>×-○, default, ○-○
考えがまとまらない	7.17**	44.14**	3.36*	6.49*	0.05	16.26**	8.83**	25.95**	○-×>○-○
話をするのが嫌になる	1.05	42.96**	0.97	2.72	1.39	9.39**	14.22**	26.89**	×-×>default, ○-○
イライラする	3.02*	44.10**	2.63*	2.40	0.20	9.61**	12.55**	23.73**	×-×>default, ○-○
気が散る	2.54	37.95**	3.00*	6.81*	2.22	23.47**	55.56**	80.00**	×-×>default, ○-○
気分が悪い	2.38	128.44**	9.92**	6.81*	2.22	23.47**	55.56**	80.00**	×-○>○-○

*自由度は、主効果：条 (4,45)、主効果：前後 (1,45)、交互作用 (4,45)、単純主効果 (1,45) である。
 作業前・後では、すべての条件において作業後に有意に高まったため、表中では省略した。
 ○-○：「読みやすさ」-「疲れにくさ」の組合せを示し、○は良い条件を、×は悪い条件を表している。
 *p<.05, **p<.01

が増加することを見出しており、ストレス反応との関連を示唆している。この知見だけでなく、一般に生理心理学では、ストレス反応として心拍の増加が挙げられており、本研究で示された結果も、ストレスの度合いと考えることができるであろう。

以上のことから、「読みやすい-疲れにくい」組合せ以外の条件では、生理指標の面から考えて、心身に対し過剰な負荷が課されている状況を作り出していると考えられる。

・作業前後の自覚症状の変化について

自覚症状の結果について、質問項目の構成から眼、頭、首・肩・全身、眠気、精神状態と分類して整理することにする (Table 5 参照)。

まず、眼に関しては、すべての条件において眼の疲れが有意に増加しており、VDT 作業という性質からくる眼への負荷を示していた。このことは、VDT 作業を行うにあたっては、たとえ画面の配色が適切な組合せであったとしても、適度な休憩を間にはさむ必要があることを示すものである。その他の眼の症状については、ほとんどすべてにおいて「読みやすい-疲れにくい」組合せ以外の条件は、有意な悪化を示しており、特に「読みにくい-疲れやすい」組合せでは、すべての症状においてかなりの程度の悪化を示していた。一方、デフォルト設定では、症状の変化のでない項目もあったが、「読みやすい-疲れにくい」組合せよりは、種々の症状に変化のみられることがわかった。一般に VDT 作業では、眼が直接的な影響を最も受けやすいことから、条件の違いによって影響の大小が明確に反映されたと考えられる。

頭の症状については、眼の場合と同様に「読みやすい-疲れにくい」組合せ以外の条件で有意な悪化が示された。

首・肩・全身の症状では、VDT 作業の特徴の一つである首の症状がすべての条件において悪化傾向のあることが示された。それ以外では、「読みやすい-疲れにくい」組合せ以外の条件で作業後に症状の程度が増すことが示された。

眠気に関しては、デフォルト設定、「読みにくい-疲れにくい」「読みにくい-疲れやすい」という組合せにおいて有意に眠気を誘発していることが示された。このことから、「読みやすさ」を満たすことが VDT 作業中の眠気対策につながる

ことが示唆される。

精神状態についての症状では、他の症状と同様に「読みやすい-疲れにくい」組合せ以外の条件において、悪化の程度が高いことが示された。

以上のことから、「読みやすさ」「疲れにくさ」いずれの要因も、VDT 作業時には考慮する必要があり、ここで取り上げた文字色：灰色-背景色：明るい白という組合せが望ましい画面設定の条件になるということが示唆された。この望ましいとされた色彩の組合せに関する特徴は、背景色と文字色は無彩色同士の組合せで、しかも両者の明度差が大きく、背景が高輝度であるという点である。背景が高輝度ということは、明るさの強い刺激が地になっており、マイルドな灰色が目すべき図となることから、長時間見続けてもそれほど眼を刺激せず、かつ、文字としては常に見やすいという状況を作り出していると言えよう。

・条件による作業量およびエラー数の違いについて

作業量 (処理を行った文章の行数) およびエラー数に関して、条件による違いを検討するために一要因の分散分析を行った。その結果、どちらの測度においても有意差は認められなかった。ただし、この結果から、画面の設定条件にかかわらず、作業量やエラー数に違いはみられないと言いはれないと思われる。なぜならば、通常の VDT 作業事態を考えると、1日に8時間以上の作業が何日にも渡って行われるわけである。本研究では、60分間の作業を1回行っただけであるため、この2つの測度にそれほど大きな違いがみられなかったのではないかと推断される。したがって、現実の作業場面と近いような過酷な条件設定の下で検討を行うことが可能であれば、実際の影響に関してもある程度解明することができるであろう。生理指標や自覚症状における結果からも、この課題状況が長時間持続すれば作業量やエラー数に影響が表れてくると推測される。

まとめ

以上のように、本研究では VDT 作業時における文字色と背景色の望ましい組合せに関して、3つの実験を通して検討を行ってきた。その結果「読みやすい」「疲れにくい」という2つの次元において無彩色同士の組合せが多く選ばれ、特に文字色よりも背景色の明度が高く、相互に明度差

のある組合せが望ましいという傾向が見出された。これは、知覚における図と地の関係が成立しやすいためだと考えられる。すなわち、有彩色同士の組合せでは、双方の色彩が目立ち過ぎ、特に表示に際して発光するディスプレイでは視神経を強く刺激し、知覚における図と地の関係を形成しにくいのではないかと推測される。

また、青系統は比較的好まれるが、赤系統、緑系統はほとんど好まれないという結果が得られた。この好みの順序は、周辺視から中心視への移行、すなわち、網膜部位の色感覚と対応している。すなわち、視細胞の桿体による単色視（明るさのみの無彩色感知）から、徐々にもう一つの視細胞である錐体の働きによる二色視（青・黄の感知）を経て、視野中心部の三色視（赤・緑・青の感知）という色覚の分布状態である。中心窩の錐体分布は約2度の範囲であり（金子，1995），VDT作業時のディスプレイと眼の距離を考えると、ディスプレイを注視する際は周辺視の要素が多分に含まれることになる。したがって、もし、赤系統、緑系統の色彩を使用したとすれば、錐体のみによる三色視を行なわなければならない、かなり激しい眼球運動が必要となるであろう。しかし、無彩色や青系統の色彩では、錐体と桿体の両者による知覚が可能であり、眼の負担を確実に減少させることができると考えられる。我々が現在使用している白い紙に黒い文字という習慣は、このような眼球の特徴を経験的に反映させたことの結果であるかも知れない。

さらに、パソコンでは、通常は色相のない無彩色がすべて青系統と同じ色相で定義されていることも関連している可能性がある。

本研究では、60分間の作業であったが、文字色と背景色の組合せによっては、種々の悪影響のあることが示された。また、パソコンの出荷時にセットされているデフォルト設定の組合せでは、視力、首・肩・全身の凝りやだるさ、眠気や気分変調を催すことなど、いくつかの影響の出ることが見出された。したがって、我々がVDT作業を行う際、特に長時間になる場合には、眼に優しい文字色と背景色の組合せに設定を変えることが望ましいといえよう。

代表的なワープロソフトや表計算ソフトでは、背景色に明るい白、文字色に黒を用いており、理

にかなった組合せとなっている。紙とペンの代用という単純な発想からそのような配色になっていると考えられるが、経験を踏まえた点で評価できよう。

本研究は、VDT作業を前提に論を進めたが、インターネット利用者の急増を視野に入れば、長時間眺める画面と、一時的に目立たせるための広告のような用途に応じて、画面のデザインにも同様の発想を組み込むことができると考える。

引用文献

- 中央労働災害防止協会（編）1984 実例にみるVDT作業の健康障害の防ぎ方 中央労働災害防止協会
- Julius, S. 1988 The blood pressure seeking properties of the central nervous system. *Journal of Hypertension*, 6, 177-185.
- 金子隆芳 1995 色彩科学選書1 色の科学—その心理と生理と物理— 朝倉書店
- 小林和孝 1988 疲労のとりえ方, 考え方 日本産業衛生学会・産業疲労研究会（編）産業疲労ハンドブック 労働基準調査会 Pp.89-104.
- 窪田悟・大倉元宏・大久保堯生 1988 VDTワークステーションに関する人間工学的研究—スクリーンに対する好ましい視線の角度— 日本経営工学会誌, 38, 393-398.
- Lacey, B. C., & Lacey J. I. 1978 Two-way communication between the heart and the brain. *American Psychologist*, 33, 99-113.
- 正村俊之 1995 秘密と恥—日本社会のコミュニケーション構造 勁草書房
- 長田晶次郎・安田稔・長谷川敬・吉田辰夫・福田忠彦 1985 文字放送画像の好ましいコントラスト テレビジョン学会誌, 39, 516-522.
- 日本インターネット協会（編）1999 インターネット白書'99 インプレス
- 労働省労働衛生課（編）1986 VDT作業の労働衛生実務—指導者用— 中央労働災害防止協会
- 佐藤昌康（編）1997 ブレインサイエンス最前線'97 講談社
- 澤田幸展 1990 血圧反応性：仮説群の構築とその評価 心理学評論, 33, 209-238.
- VDT作業に関する検討委員会 1985 VDT作

業に関する検討委員会報告 産業医学, 27,
172-194.

安田稔・長谷川敬・福田忠彦・吉田辰夫・長田
晶次郎 1983 文字画像の提示条件と目の

疲労 NHK放送科学基礎研究所

吉田辰夫・長谷川敬・安田稔・福田忠彦・長田
晶次郎 1986 文字放送画像の好ましい配色
テレビジョン学会誌, 40, 758-765.

Appendix 日本産業衛生学会・疲労研究会考案の自覚症状調べから抜粋した25項目

今の状態について、当てはまる程度（数値の小→大：弱→強）に○をつけて下さい。

- | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. 目が疲れている | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2. 目の奥が痛い | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3. 目のまわりが痛い | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4. 目がかすむ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5. 目が乾いている | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6. 目が涙っぱい | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 7. 目がチカチカする | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8. まぶたがピクピクする | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 9. まばたきが多い | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 10. 物がぼやけて見える
(焦点が合わない) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 11. まぶしい | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 12. 頭が重い | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 13. 頭がぼんやりする | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 14. 頭が痛い | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 15. 首が痛い・こっている | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 16. 肩が痛い・こっている | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 17. 全身がだるい | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 18. あくびがでる | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 19. 眠い | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 20. 根気がなくなる | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 21. 考えがまとまらない | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 22. 話をするのが嫌になる | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 23. イライラする | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 24. 気が散る | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25. 気分が悪い | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |