

中学生のVDT作業の視覚認知特性

畑木 紀男 (岡山大学大学院教育学研究科) 上村 祐子 (岡山大学大学院教育学研究科)

日向洋平 (成羽町立成羽中学校) 山口 有美 (和歌山大学経済学部) 山口 晴久 (岡山大学教育学部)

本研究は、学校教育における学齢に適した教育環境設定のための基礎的研究として、中学生を対象にVDT作業において重要な意味を持つ、見やすい適正な字体、文字の大きさが学齢によって違うことを検証し、大学生(大人)との比較により学齢発達段階ごとの見やすいと感じる画面条件の差異を考究するための実験を行った。すなわち中学生と大学生を被験者として、11.5p から 24p の文字ポイント数で代表的字体である明朝体とゴシック体で漢字仮名交じり文を視読及び入力させる実験を行いその結果を統計分析した。その結果、中学生の視認特性は大学生と比べて至適文字サイズが大きいことまた中学生でも低学年ほど大きな文字を好むことがわかった。しかし、明朝体とゴシック体の文字視読嗜好においては中学生と大学生には同じような傾向があることなどの知見が得られた。

キーワード: VDT, テキストリーディング, 文字サイズ, 画面構成, 中学生

1. はじめに

学校教育の形態は今後大きく変化することが予想される。新学習指導要領¹⁾によって、2002年から中学校技術家庭科ではそれまでの「情報基礎」が「情報とコンピュータ」に増強され、必修化された。また2003年から高等学校に必修教科「情報」が新設された。そして文部科学省発表によると2005年中に小学校を含めて全ての公立学校の普通教室・特別教室への高速インターネットの導入が行われる。それによって学校教育における授業の形態は大きく情報化することが予想される。

そこで、今後の学校における情報化された教育では多様な年齢の学習者を対象として、その認知特性に適した情報教育環境をどう構築するかが大きな課題となる。情報教育環境の一つに学習者の認知特性に適したVDT作業環境がある。筆者らはこれまで、生徒の見易さを考慮した教室照明のあり方²⁾や、VDT(Visual Display Terminals)作業に適した教室照明のあり方³⁾、VDTテキストリーディングのための画面構成⁵⁾などを通じて生徒の視認環境を研究してきた。それらの結果からも、学年毎に、また各個人毎に視認特性が異なることや、子供と大人ではVDTテキスト画面の認知特性に違いがある事が予想される。

しかるに、これまでのVDT研究は、一般に成人で長時間VDT労働に従事する作業者を対象とし

た研究が多く、年齢の発達段階を考慮したVDT研究は乏しいのが実情である。また、これまでの諸研究の領域は、主に、VDT労働作業負荷に関するものが多く、文字入力作業性領域に着目したものは少ない。本研究に関連するこれまでの先行研究としては、VDT文字視読領域における文字輝度の対比に関するもの^{10) 11)}、平仮名文字の読み易さ¹²⁾、視読疲労に関するもの^{13) 14) 15)}、縦読み、横読みの速度比較¹⁶⁾、文字色と背景色は、文字検索作業実験から背景色が黒のとき水色・黄色がよいとするもの¹⁷⁾、主観評価から背景色が黒のとき文字色は水色・緑、背景色が白のとき文字色は黒がよいとするもの¹⁸⁾などがある。これに対して、VDT文字入力作業性領域に関するものは、黒字白文字よりも白地黒文字ほど作業性が優れているとするもの¹⁹⁾、それほど差はないとするもの²⁰⁾、照明との関連に関するもの^{21) 22)}、白地黒文字における作業能率性に関するもの²³⁾、文字色と背景色の配色についての作業能率比較^{24) 25)}などがある。しかるに、これらの研究はいずれも被験者は大学生や社会人を対象としたもので、若年者の学齢別の視読特性に着目した研究は乏しい。著者の知る範囲では現在まで小学生、中学生、高校生(以下、子供と呼ぶ)のテキスト画面認知特性が、大人のテキスト画面認知特性とどのように異なるのかを考察した研究は見られない。

そこで筆者は既報⁸⁾で、VDTテキストリーディ

ングについて、中1生にテキストを「読む」実験を行わせて視認特性を調べ、大人（＝大学生）との認知特性の違いを分析した。

しかし、これは中学1年生のみを対象とした分析で、限られた学年に関する実験であった。しかし特に中学年は少年期から青年期に移行する段階にありこの年齢期における生徒の認知特性は学年毎に検討が必要であるのに、他学年については解明されていない。よって本研究ではこの学年毎の違いを含めて中学生のVDT視認特性を3学年にわたり分析することを目標としている。近年は液晶ディスプレイも普及してきているが現実の中学校では価格の安いCRTディスプレイの学校が今でも多いのが現状である。故に、本報では、中学校情報教育において必要なCRTディスプレイにおけるVDT画面構成について研究する。具体的には、VDTテキスト画面の構成パラメータを変化させて、中学1,2,3年生にテキスト視認及び入力実験を行わせ、どのような画面構成が入力しやすいと感じるのかについて測定し、同実験を大人（＝大学生）に行った場合との認知特性の違いを分析する。そして、既報⁵⁾で求めた画面構成特性との違いについても比較考察する。

II. 研究概要

VDT作業は複雑な行為で、VDT作業環境を評価する視環境要因は多く、標準的なVDT実験方法は未だ確立されていない状況にある⁶⁾。そこで、本報では、従前のVDT作業研究におけるテキスト入力に関する実験研究例を参考にしながら^{7) 8) 9)}、本研究の目的に適するように、実験環境と評価方法について一定の標準化を行い、その評価基準に基づいて実験を行うことにした。検討の結果、前報⁵⁾と同様に被験者に視読させるテキストは、日本語漢字仮名交じり文(文章は多学年に読めること、現実のインターネット環境の文章を考慮して中学校教科書の記述からの引用)とし、画面表示環境は15インチCRTディスプレイの全画面表示で、一定の字体の横書き文をA4版印刷標準仕様(JIS X 4151)で表示することにした。またツールとなるワープロの種類は、一般性を持つM社のWを用いた。テキスト視読実験では、授業で最も実施され易い標準的なテキストの状態を考える必要がある。そこで、文の表示状態は、前報⁸⁾でも用いた「連続型表示」で被験者に視読してもらうことに統一した。よ

って、実験パラメータとしては(1)から(3)の項目(仕様は次章に示す)を選んだ。実験項目は(1)文字サイズ(10.5から24ポイントの8種)、(2)背景の地と文字色(白地黒文字、黒地白文字)(3)字体(明朝体、ゴシック体)である。これら3項目は、質的に、表示文字の見易さに関する項目((1), (3)), 画面コントラストに関する項目(2), に分類される。人間の視覚感覚は対照比較することが最もその認知感性を正確に表すことから、これら3項目について、それぞれ標準的な条件設定を行い、それらを比較する方法で実験を行った。(1)はJISの印刷標準規格である印刷文字のポイント数を基準とした。文字の大きさのうちで、10.5ポイントは総務庁規格の電子公文書標準フォントであることから多くのワープロソフトで標準的なデフォルト値とされている。(2)については、他の色も存在するが、標準的な「画面背景色」「文字色」として白と黒を選んだ。(3)は他の字体も考えられるがよく用いられる字体として明朝体とゴシック体を選んだ。また、これら以外の実験環境についてはできるだけ統一した。以上の項目について、中学生の各学年(後述する。表1参照)の被験者を対象としてテキストを視読させ、画面設定のパラメータを変化させて、見易い画面設定を選択させてVDT認知特性について比較した。

III. VDTに関する実験

1. 被験者

健全な視力を持つ被験者で、男女のバランスが崩れない程度の比率とした。視認特性の一般性を保つため大学生の被験者の選定においては、情報科学に関する学習スキルについてヒアリングを行い、ほとんど専門的学習を積んだ経験がない者を選んだ。中学生は全員ワープロソフトの利用経験はあるものの情報に関して知識と利用経験は浅いことを確認した。

2. 実験環境

実験室は、静粛な情報処理環境で、ディスプレイはパソコンの17インチCRT(N社製、0.28ドットピッチ、フラットフェース、ノングレア処理)を使用した。被験者は、椅子座(＝椅子の位置は固定)で眼の位置が画面正面約40cm前になるように設定し、椅子高さ調節を行って着席し、キーボードは各被験者が最も入力し易いと感じる机上位置に置いた。この状態で、A4白用紙に10.5ポイント印刷標準仕様で印刷された実験用テキスト(付録参照)を提

示し、ワープロ画面設定はA4全画面表示・連続型表示とした。画面構成は、いずれの画面もA4版印刷標準仕様(一行文字数、行数、字間、行間、マージン設定)で表示させた。提示文字及び画面構成が実験に影響をあたえる可能性があるがここではJISの標準仕様を採用した。実験用テキストの文は、幅広くいろいろな学年にも理解可能な中学校技術・家庭科教科書(K社版)から取った漢字仮名混じり文(漢字率29%)を用いた。このとき視読の障害になる写り込みやグレアのない照明環境とした。

3. 実験項目条件

画面構成条件の実験パラメータを以下に示す。

(1) 文字フォントサイズ(10.5ポイント、12ポイント、14ポイント、16ポイント、18ポイント、20ポイント、22ポイント、24ポイント)でそれぞれの書式仕様はJIS標準規格である。例えば10.5ポイントの書式仕様(1行文字数39、1頁行数36、字送り10.4pt、行送り18.2pt、一画面表示32行、スクローラによる画面スクロール)20ポイントの書式仕様(1行文字数23、1頁行数24、字送り18pt、行送り27.15pt、一画面表示18行、スクローラによる画面スクロール)である。

(2) 字色と背景色(白地黒文字、黒地白文字)
画面文字表示色構成の対比のため、構成標準として文字フォントサイズは全体の平均に近い16ポイントについて白地黒文字、黒地白文字の2種類を一対比較させた。

(3) 文字の字体(明朝体、ゴシック体)
白地黒文字画面で12ポイント、16ポイント、20ポイントの3種類の大きさについてそれぞれ明朝体、ゴシック体の2種類でどちらが見易いかを一対比較させた。

4. 実験方法

- (1) 実験の準備段階として、被験者に、実験目的に関して、一定の統制的な説明を行う。よって、この段階で被験者は実験実施に必要な水準の文書視読についてのレディネスを持っている。
- (2) 作業手順、操作方法を説明しデモンストレーションを行う。
- (3) 被験者をパソコンディスプレイ前の規定位置に座らせ上記の3.に示す順に視読させる。このとき3.(1)は字の大きさが10.5ポイントから24ポイントまでの8台のディスプレイに対し、自由に着座位置を変えて、(2)、(3)はその各項

目順に、着席位置を変え各入力画面設定の状態 で文を読ませどれが見易いか比較させる。そして、(1)から(3)の順に終わればアンケート用紙を提出させる。この場合、被験者の疲労感を考慮して、各課題の実験時間は短時間ですむようにした。よって、一人の被験者は32課題のディスプレイを見たことになる。また、実験アシスタントは被験者への指示、各画面設定の変更、入力つまづき時の操作アドバイスなどを行った。

- (4) 実験に関する情意面を調べるため、一部の生徒にはこの実験後に聞き取り調査を実施した。

5. 実験結果

5. (1) 各年齢別の読み易い文字、各年齢別読み易い字色と字体のパーセント比の実験結果

読みやすい文字の実験結果を表1(A)、(B)に、またその平均ポイント値から得られた見易い文字ポイント数人数分布の箱ひげ図を図1に示す。

表1(A) テキストリーディング

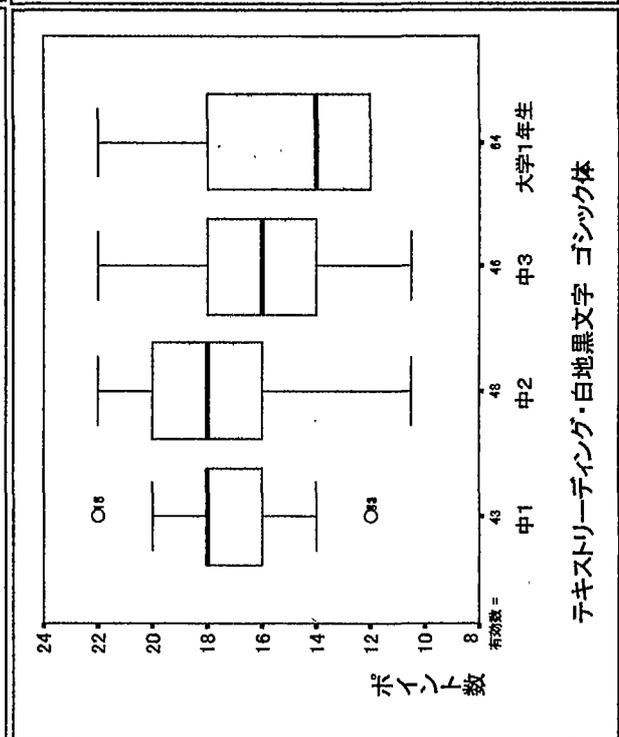
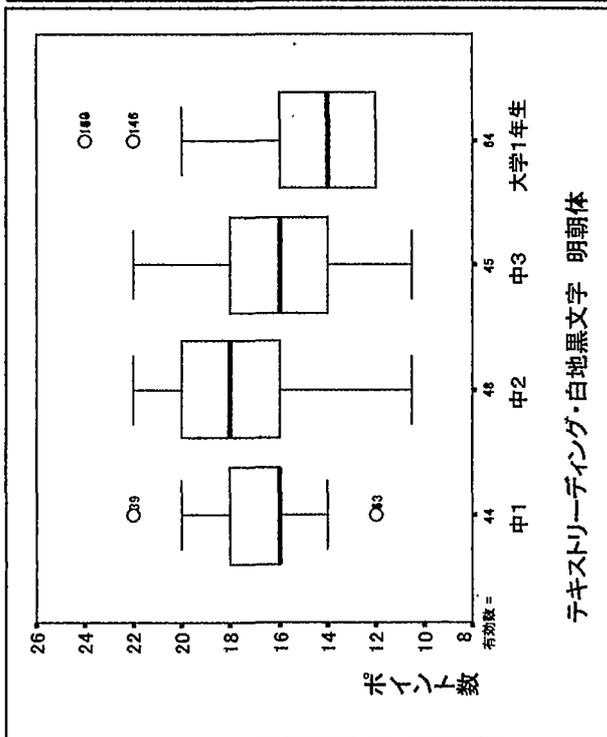
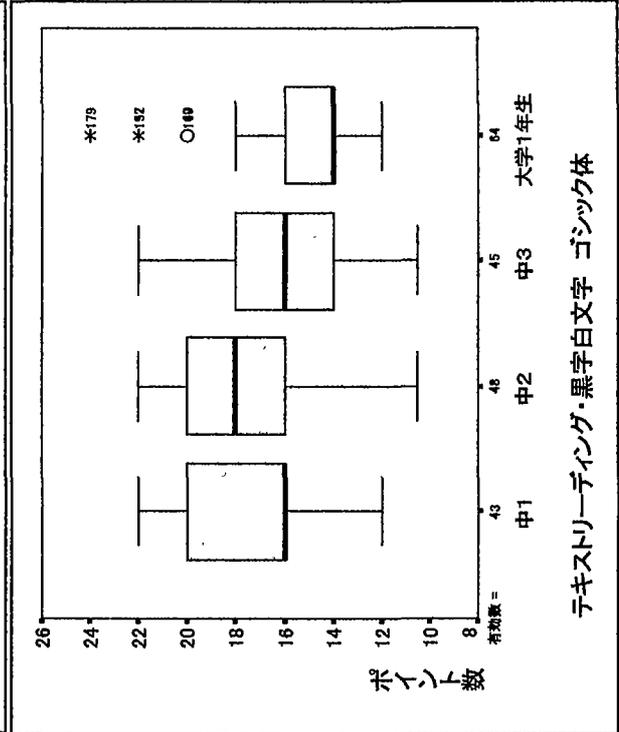
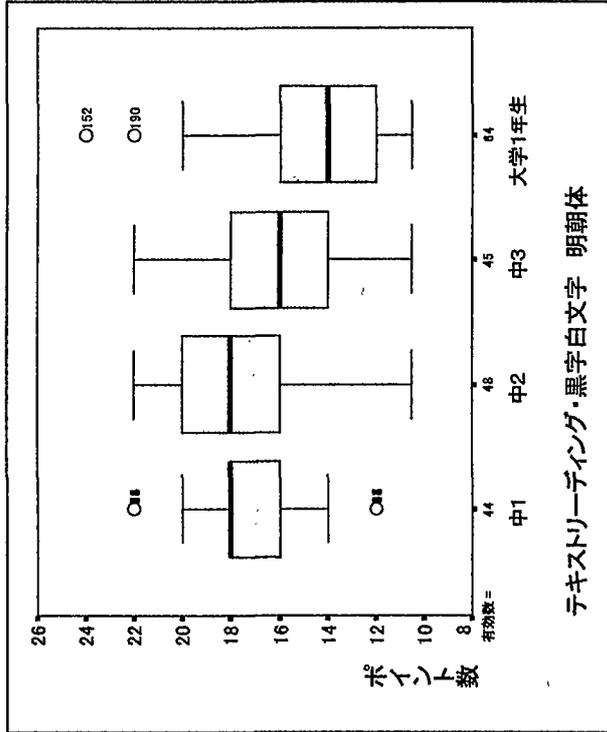
学年	性別(人)		明朝(p)		ゴシック(p)		指向画面		読み易い字	
	男	女	白地	黒地	白地	黒地	黒字	白字	明	ゴ
中1	28	16	15.4	17.4	17.3	17.3	22	22	26	18
中2	22	22	16.5	17	17.1	17.2	26	18	18	26
中3	27	19	16.1	16.1	16.2	16.3	25	19	18	26
大学	26	38	14.7	14.4	14.9	15	27	37	18	44

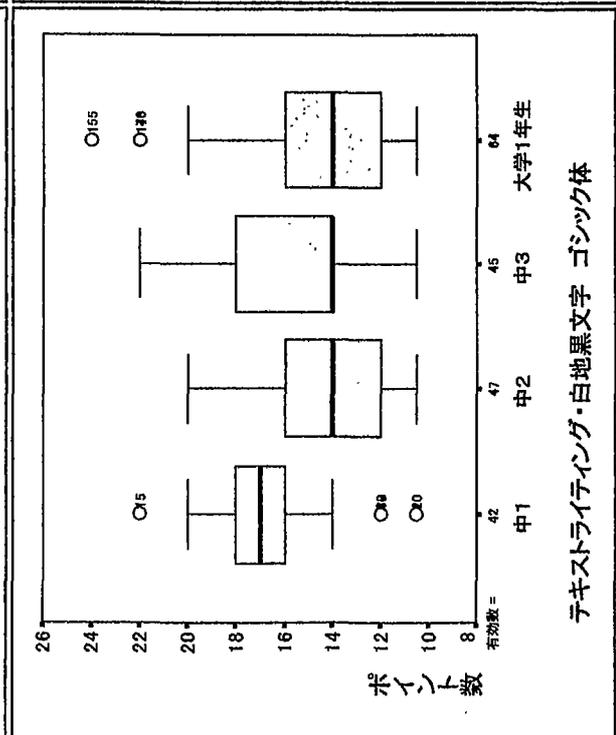
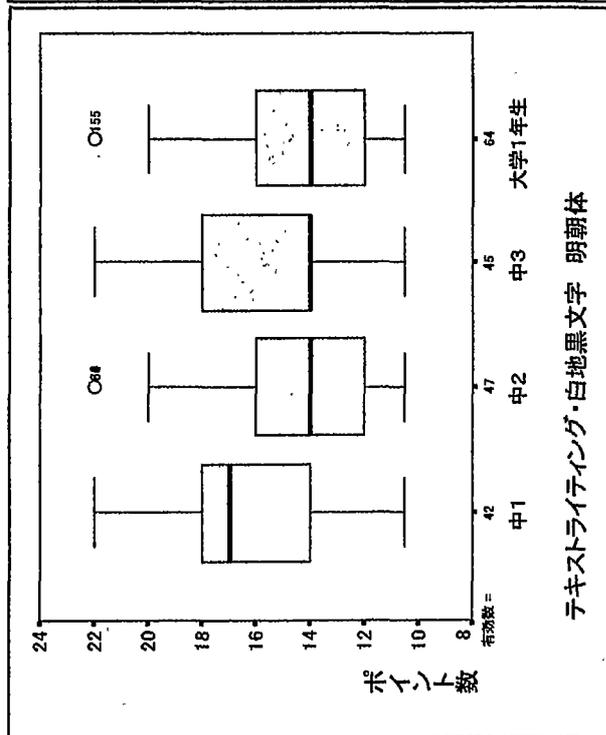
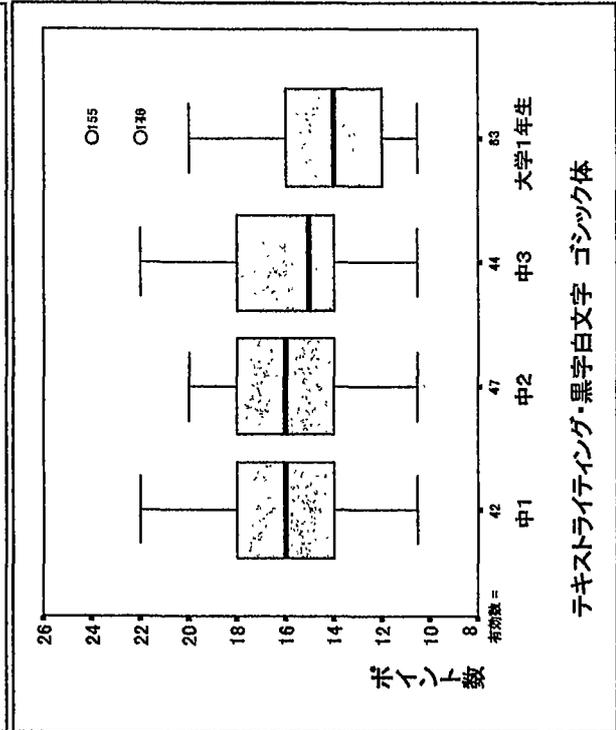
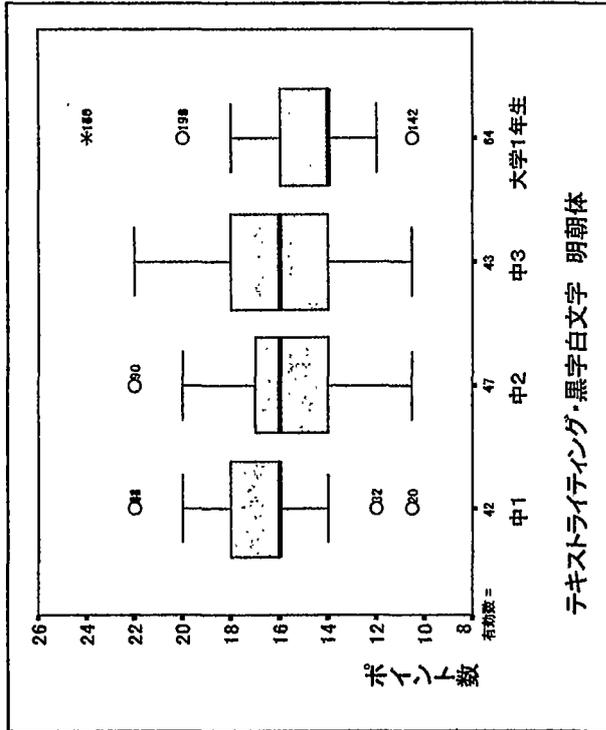
表1(B) テキストライティング

学年	性別(人)		明朝(p)		ゴシック(p)		指向画面		読み易い字	
	男	女	白地	黒地	白地	黒地	黒字	白字	明	ゴ
中1	28	16	16.8	16.9	16.7	16.5	24	20	24	20
中2	22	22	15.8	15.8	15.5	15.8	28	16	22	20
中3	27	19	15.3	15.6	15.4	15.4	30	14	23	23
大学	26	38	14.1	15.0	14.2	14.9	35	29	26	38

5. (2) 各年齢別テキストライティング時における原稿の配置位置のパーセント比

テキストライティング時に視読する原稿をおく場合、入力しやすい原稿紙面の配置位置としてどの位置(机上横置き、机とディスプレイの間に斜め置き、画面横縦置き)かを調べたグラフを図2に示す。





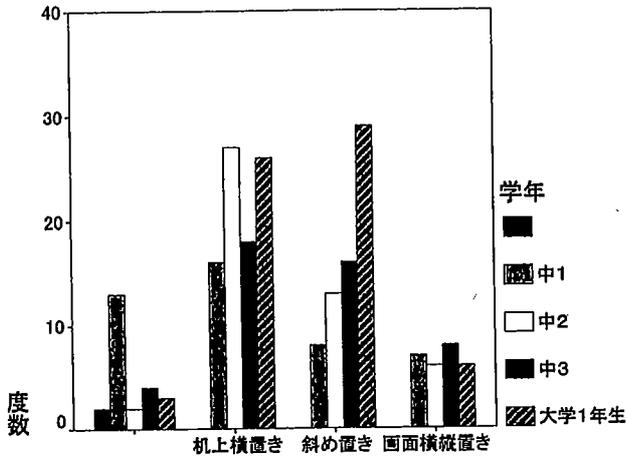


図2 原稿紙をおく位置

IV. 考察

1. 見易い文字ポイント数について

実験結果から子供の見易いと感じる文字の大きさには各学年ともかなり個人差がある事がわかる。その中で学年毎の平均値で比較すれば、年少者ほど大きな字の方が見易いと感じていることがわかる。表1の実験結果から、ゴシック体、明朝体ともに中学1年生、中学2年生、中学3年生、大学生へと年齢が高くなるとともに見易い文字ポイント数(平均値)は徐々に小さくなっていく。これはテキストリーディング、テキストライティングともに同じ傾向である。中学1年生が平均17ポイントであるが徐々に減衰し、最終的には13ポイント(=ポイント数では約2/3)で平準化する。とくに中学校の各学年段階での差も個人差はあるものの学年平均値の差は明確である。

2. 指向画面(白地黒文字、黒字白文字)の比較について

白地黒文字、黒字白文字の見易さの比較においては学年ごとに読みやすさの比較値が異なるが、全体的に拮抗していると言わざるを得ない。従って、この実験結果だけからは白地黒文字、黒字白文字のうちどちらが見易いのかを明確に判断できるまでには至らないがややかった。すなわち学年ごとにも、個人ごとにも指向性が異なり、見やすいと判断される理由を基に見にくいと判断される理由から各映像毎の視印象を個別に聞き取り、印象を規定する要因をさらに分析する必要がある。しかし、従来の実験で、このように年齢ごとに多様に視認特性が分か

れること、白地黒文字、黒字白文字の見易さは全体を通して拮抗することを分析した研究はほとんどなく、そういう視点では新しい知見が得られた点で意義がある。

3. 明朝体、ゴシック体について

ポイント数が小さいほど明朝体の割合が低い。とくに低学年層で顕著である。これは16ポイントで字体の特徴としてゴシック体の線の太さが分かり易さにつながり、明朝体の字体の美しさより見易さにおいて優先されたためであると考えられる。そして、ポイント数が徐々に大きくなるにつれて明朝体のもつ字の形をよく表す特徴が見易さにつながってくると考えられる。これは小さなポイント数ほどゴシック体で大きなポイント数の字を好むことからわかる。また、高学年層でポイント数による明朝体、ゴシック体の割合に差が小さいのは大きな字は線が太いのが見易いのか、それとも形状の美しさと本・テキストなどで明朝体と接する機会が多ければ徐々に見易いと感じるためではないかと考えられる。

V. まとめ

実験結果及び考察より本研究で得られたことを箇条書きでまとめると以下ようになる。

- (1) 表示文字ポイント数においては、「学年」の場合も「個人」場合も集団的認知特性には違いがある。
- (2) テキスト画面の読み易さは各学年ともに個人差があることから、基本的には各個人が自分にあう画面設定をすることが望ましい。
- (3) 授業用にデフォルト設定する場合は小学校、中学校、高等学校ではそれぞれ異なる情報教育環境設定をする必要がある。とくに小学校では1年生と6年生では大きく認知特性が異なるため注意が必要である。また中高一貫校など中学生と高校生が同じ情報教育環境を共有する場合は小学校に近い配慮が必要である。
- (4) 各学年毎の見易い文字ポイント数平均値の特性曲線を導出した。

本研究は、「情報」教育におけるテキスト入力画面設定の基本となる、生徒の視認特性を実験的に解析したが、今後はさらにVDT視読環境整備の研究

を行っていくつもりである。本研究に残された課題はテキストの読み易さだけでなく生徒のテキストを書く効率を促進するための画面構成、表計算における画面構成のあり方などがある。これらについては今後の課題としたい。なお、実験実施には成羽町立成羽中学校、また多くの被験者の協力を得たことを記して謝する。

参考文献

- (1) 文部省:学習指導要領解説技術家庭編(1999), 情報編 (2001)
- (2) 山口晴久他:普通教室の机上照明に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.403, pp.1-8(1989)
- (3) 山口晴久:情報処理教室におけるVDT作業環境に関する研究, 日本産業技術教育学誌, Vol.35, No.4, pp.9-18(1993)
- (4) 山口晴久:情報処理教室におけるVDT作業環境に関する研究, 日本産業技術教育学誌, Vol.35, No.4, pp.9-18(1993)
- (5) 山口晴久:情報基礎におけるVDTテキストリーディングのための画面構成, 日本産業技術教育学誌, Vol.41, No.3, pp.17-24(1999)
- (6) VDT労働研究会:VDT労働と健康, 労働基準調査会(1988)
- (7) 旭他:プロトコル解析手法による日本語WPの使いやすさ感, 3rd Symposium on Human Interface, pp.227-232(2000)
- (8) 小孫康平他:コンピューターディスプレイ上の平仮名文字の読みやすさと瞬目活動の関係, 教育システム情報学会誌, Vol.16, Vol.2, pp.75-84(1996)
- (9) Kanizsa: Organization, SCIENCE社(1985)
- (10) 文献(5)
- (11) 青木和夫:VDT画面の輝度との影響, 日本人間工学会誌, Vol.22, No.1, pp.19-26(1986)
- (12) 清水康敬他:コンピューターディスプレイにおける平仮名文字の読み易さ, 電子情報通信学会誌, Vol. J76-A, No.5, pp.774-776(1993)
- (13) E. Grandjean at al.: Ergonomics and Health in Modern Offices . Taylor. & Francis, London, pp.405-409(1984)
- (14) E. Grandjean at al.: Ergonomic Aspect of Visual Display Terminals. Taylor & Francis, London , pp.137-142(1980)
- (15) Dainoff, M.J at al.: Visual Fatigue and Occupational Stress in VDT Operators, Human Factors, Vol.23, pp.421-438(1981)
- (16) 尾田政臣:平仮名表示の方向性と読み易さの関係, テレビジョン学会技術報告, Vol.15, No.73, pp.7-12(1991)
- (17) 窪田悟他:CRTディスプレイの文字色と鑑賞パフォーマンス, 労働科学, Vol.60, No.8, pp.56-62(1984)
- (18) 森本一成他:VDT画面の表示モードに対する好みと疲労, テレビジョン学会誌, Vol.40, No.11, pp.1133-1139(1986)
- (19) 田村竹松:文書作成器の特性の異機種間での比較法, 第9回VDT労働研究会資料, pp.1-8(1983)
- (20) T. Berns at al: Ergonomics International 85 . Taylor & Francis, London, pp.145-147(1985)
- (21) 日本照明委員会:VDTの視覚的要件とワークステーションの照明要件, 日本照明委員会, p.29(1985)
- (22) 金谷末子:VDT作業のための照明環境の評価, 照明学会全国大会誌, pp.126.129(1985)
- (23) D. Bauer : Improving VDT workplaces in Offices by Use of Physiologically Optimized Screen with Black Symbols on a Light Background: basic considerations, Behaviour and Information Technology, 3,2, pp.175-192(1983)
- (24) M. Brance at al: The Visibility of colored Characters on Colored Backgrounds in View Date Displays, Visible Language, 16,4, pp.382-390(1982)
- (25) 鏡沢他:文字画像における配色と見易さの関係, テレビジョン学会技術報告, Vol.7, No.19, pp.25-30(1983)

(注1)

視覚発達心理学によると視認特性は20才前後で安定する(文献8参照)とされる

(付録) 実験用テキスト

昔からどんな人にも読・書・算が生活する上で大切な技能であるといわれてきた。人間にとって、計算することは、毎日の生活に欠かせないものである。このため、いろいろな人が自動的に計算を行わせる機械の開発をめざしてきた。1940年代にアメリカでコンピュータが開発され、そのうちのENIACは、1秒間に5,000回の演算を行うことができ、当時としては驚くべき性能を持っていた。その後、コンピュータはめざましい発展をとげ、現在では、家庭電気製品用のマイクロコンピュータから、事務所などで超高速・大容量で、しかもいくつかの演算を並列に処理するスーパーコンピュータまで、いろいろな分野に合ったものがつくられている。現在はもっと人間に近い判断や思考ができるように、あいまいさを処理するファジーコンピュータや、脳のはたらきに似た処理をするニューロコンピュータなどの開発研究が進められており、人工知能の出現も間近になってきている。コンピュータがもたらす社会問題について調べよう。コンピュータの発展は、私たちの生活を豊かにしてくれる反面、健康問題や情報犯罪などの、新しい社会問題を引き起こしている。コンピュータを長時間使っていると、目が疲れたり、肩がこったりすることがある。また精神的なストレスも起こりやすいので、健康にじゅうぶん注意する必要がある。コンピュータの利用がさかんになるにつれて、そのネットワークに侵入して、重要なデータを破壊したり、銀行の預金残高をかきかえたりするような犯罪が報じられるようになった。数多くの情報の中から自分に必要な情報を選択して活用する場合、情報そのものに価値があるので、他人の知的所有権を尊重し、それを盗用して不当な利益を得たり、障害をあたえたりしてはいけない。また、他人に知られたくない個人情報については、プライバシーを尊重し、かってにもらしてはいけない。これまで学習に用いてきた各種ソフトウェアも著作権法によって保護されているので、無断で複製することは、禁じられている。情報の表し方を知ろう。情報の表現は、二つの状態を区別することから始まる。この二つの状態は、スイッチの「オン」「オフ」や「0」「1」など、さまざまな方法で置きかえることができる。この情報を表す最小単位はビットと呼ばれ、2進法で表現した場合の1けたに相当する。したがって、1ビットで表現できる情報は0と1の2種類である。コンピュータは、電子回路で構成されていて、数値や文字などの情報は、電圧の「高い」「低い」つまり、ビットの組み合わせで表現されている。コンピュータで情報を扱うとき、一般には8ビットを一つの単位としている。これをバイトという。1バイトでは256種類の情報を表現することができるので、数字・英字・かななどを割りあてて利用する。漢字の場合は種類が多いので、2バイト(16ビット)で表現している。このように表現されたものを、符号(コード)という。コンピュータ本体の動作について知ろう。コンピュータ本体は主記憶装置と処理装置からなる。コンピュータで基本的な動作をしているものは、処理装置で、制御と演算の機能を持っている。処理装置がプログラム言語でかかれた命令を実行するためには、制御の機能に加え、記憶(命令やデータなどの保存)の機能が必要である。プログラム言語でかかれた命令は、主記憶装置に保存される。処理装置では、(1)実行するための命令を主記憶装置から読みとり、(2)その内容を解釈して、(3)命令通り演算したり、他の動作を指示したりする。一つの命令が実行されると、ふたたび次の命令が読みとられ、同様の動作がくり返されて、記憶されている命令が次々と実行される。コンピュータ内部のデータと命令の記号は、バスと呼ばれる共通の道を使って伝えられる。外部のいろいろな装置とのやり取りは、入出力インターフェイスを通して行われる。

Title: A Study of Screen Constitution and proper Character Size on VDT Work of Junior High School Students

Norio HATAGI (After Graduate School of Okayama University)

Yuuko KAMIMURA (After Graduate School of Okayama University)

Yohei HINATA (Nariwa Junior High School)

Yumi YAMAGUCHI (Faculty of Economy Wakayama University)

Haruhisa YAMAGUCHI (Faculty of Education Okayama University)

The primary objective of the study was to determine the optical screen configuration for the junior high school students. A study of easy-to-write screen configurations and easy-to-write to be used when reading Japanese text in VDT works was one of the most important factors for the fitting lessons in junior high school. I studied the reading and writing performance of junior high school students as they write textbooks while VDT conditions such as font size, screen brightness, text and background color were altered. I also compared the performance of first-year junior high school students with the results of university students. The results were as follows: 1) the optical screen configuration for junior high school students were somewhat different than that for university students 2) the optical letter size for junior high school students was determined to be 17 points which was bigger than that of the university students.

Keywords: Character Size, VDT, Text Reading, Screen Configuration, Junior High School Student
