

印刷文字の可読性 (第2報)

—ドット文字の密度と可読性・美的評価の関係—

梶 田 隆^{*1}・井戸田 邦裕^{*2}・野 中 通 敬^{*3}・川 合 淳 郎^{*4}

Legibility of Printed Characters (Part 2)

—Relation between quality of dot-matrix and legibility—

Takashi URUCHIDA, Kunihiro IDOTA, Michitaka NONAKA, Junro KAWAI

On the legibility or readability of printed characters, many studies have been done. In the preceding paper, "Legibility of Printed Characters (Part 1)", we discoursed on the past studies of these subjects.

We studied on the legibility in the last few years, and recently have taken up a theme of dot-matrix characters. In this paper, we report mainly on the experiments concerning legibility and aesthetic feeling of dot-matrix characters.

As the results, it was found that visibility, legibility or aesthetic feeling of dot-matrix characters approached to photocomposed characters as the finess density of dot-matrix.

1. 緒 言

文字は文化の中心をなしてきたといえる。古来さまざまな文字が生まれたが、それぞれの民族の衰亡とともに古代文字は多くが消え去り、表音文字のアルファベットと表意文字の漢字が主に生き残り、それぞれの文化圏を形成している。

一方、文字の統一的集合体である文章についていえば、「文は人なり」といわれるように、すべて文章は書く人の全人格を表すものである。それほど大切な文字と文章であるにもかかわらず、近ごろこれが案外軽視されているのは残念である。欧

米の大学などでは、国語とか文章論を必修科目として多くの時間をさいていると聞く。本学のみならず一般的な状況をみると、学生の国語力・文章力・表現力の低さに驚き、なんとか高めるべきだと常々感じている。

また、ワードプロセッサや各種情報メディアの発達とともに、そのような基本的な事柄があらぬ方向に進んでしまうことを嘆くものである。

文字は素早く判読でき、文章は的確にその意を理解し、快く読まれなければならない。ここに可読性が問題となる。筆書文はさておき、印刷文字の可読性は心理的な面も影響して多くの要因に左右される。古来、可読性に関して多くの研究がなされたが、それらの概説を第1報として前号に報告した¹⁾。今回は第2報として、われわれが最近対象としたドット文字の可読性について行った研究について報告する。

平成5年9月3日受理

^{*1} 大蔵省印刷局滝野川工場 (平成4年度卒業生)

^{*2} (株)コーレー (平成4年度卒業生)

^{*3} 本学工学部画像工学科専任講師

^{*4} 同 教授

これらのうち、ドット文字を対象とした平成3年度卒業研究では、写植文字とドット文字の可読性と美的評価の比較を行ったが、ワープロの機能や出力品質は年々著しく向上しているとはいえ、やはり写植文字のほうが優れているという結果となり、これは当然予想されることであるが、その差を数量的にとらえたもので、その概要は下記の序論の中で報告するとおりである。

2. 序 論

筆者らの研究室(旧印刷画像工学 I, 現印刷画像研究室)では、昭和59年度から卒業研究テーマの一つとして印刷文字の可読性を取り上げ、毎年実験を行った。概略をまとめて次に報告する。

はじめの数年(昭和59年度～平成2年度)は、各年度によって実験手法が異なるが、いずれも写植文字をPS平版に製版し条件を変えて行い、平成3年度からは、時代のすう勢にかんがみて、ドットマトリックス文字について行ったものである。

2.1 写植・平版印刷文字の可読性

昭和59年度は、字体・字間における可読性と美的評価を取り上げ、読みやすい字体は正体、美しい字体は平体、読みにくくて美しくない字体は長体という結論を得た²⁾。

昭和60年度は、被験者を多くして有意文と無意味文について、字体・字間の影響、性別・年齢による影響を、多変量解析法の数量化解析II類を用いて行った。字体は字間により違うが、正体と平体が読みやすく、性別により美的評価が違う、などの結果を得た³⁾。

昭和61年度は、無意味文と有意文について、可読性に及ぼす印刷用紙・文字の濃さの影響を調べ、性別・年齢の影響を数量化解析I類・II類を用いて調べた。アート紙に濃く刷った場合が読みやすく、数量化解析はほぼ前年と同じ結果だった⁴⁾。

昭和62年度は、インキの色を黒と黒に近い青について同様な実験を行い、有意文では黒系の色に近くなるほど読字数は多いが、美しさは青系のほうがよく、性別では美的感覚に差はない、などの結果を得た⁵⁾。

昭和63年度は、有意文・無意味文・語句群につい

て、黒と灰青の2色で行間を変えて実験を行い、灰青が正確に読み取れる結果となり、行間の空きは半角、全角、1/4角の順で可読性が良かった⁶⁾。

平成元年度は、色一定(黒)、大きさ・書体・行間それぞれ3水準、被験者25人で実験を行い、分散分析を行った。有意文と無意味文で若干の差はあるが、書体は中明朝体で行間は全角または半角がよかった。大きさについては、一般に用いられている13級または15級が読みやすく、無意味文の抹消テストでは行間と交絡した⁷⁾。

平成2年度は、有意文と無意味文で墨一色の正体で、行長・行間・紙の色を各3種類の計27種類の試料を用い、被験者も因子とした4因子で3水準の直交表 $L_{27}(3^3)$ を用いて実験を割り付け、データをとった。分散分析の結果は、被験者に1%の有意差を得たほかは、各因子および各交互作用に5%以下の有意差は見られなかったが、 F_0 値では紙および紙と行間の交互作用が比較的大きく出た。紙は総体的にクリームがよいという結果となった⁸⁾。

2.2 ドット文字の可読性

第1報で述べたように、最近の多くの印刷文字あるいは各種プリンター出力文字は、デジタルドット文字が主流となっている状況にかんがみ、平成3年度においてはドット文字の可読性の研究を行った⁹⁾。

(1) 最近のワードプロセッサの調査 ワープロは年々機能が向上しており、どのような傾向かを調査した。平成3年9月現在のもので、その後どんどん新しい機種が出ているので省略するが、ドット密度は48×48ドット、52×52ドット、56×56ドットなどで、56×56ドットが最高だった。

(2) ドット文字の作製 ワープロ調査の結果、性能その他を考慮して文豪MINI RXを用い、標準文字サイズ10.5ポイントで、基本書体の明朝を用いた。写植文字とできるだけ同一条件にするため、印刷用紙は専用ワープロ用紙を使わず、上質紙(坪量84.5 g/m²) A4サイズを用いた。

一般的な有意文として、被験者が興味をもちそうに理解度を等しくできるような文章を選び、基本フォーマットで出力した。意味のない文字群と

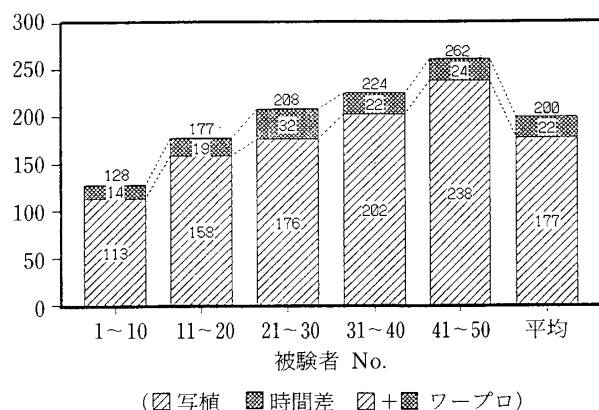


図1 有意文の可読性

しては漢字10個(木林村林森休杯不本淋), 仮名10箇(はほにこいしまかきつ)で, 漢字と平仮名の比率1:1の文字群を作った。文字サイズ・書体とも同じで, 行間を若干広くした。

(3) 写植文字の作製 ワープロ文字とできるだけ同一条件にするため, ワープロ文字を原稿として自動写植機(モリサワ MC-60)を用い, 大きさ15級, 中ゴシックで打ち, ネガ出力フィルムから明室ポジフィルム(フジコンタクト HGSU-H)でポジにかえし, これからPS版で刷版を作った。

自動オフセット校正機(大日本スクリーン製造(株)製 KF-123-F)を用い, 墨インキ(東洋インキ製造(株)製 TK-マーク V 墨 M)で上質紙(ワープロ出力に用いたと同種)に印刷した。印刷濃度は反射濃度計(Macbeth RD-914)で測定しつつ, 1.2~1.3になるようにした。

(5) 被験者と測定 被験者として大学生(主に本学)に依頼, 可読性50名, 美的評価100名に設問表を渡して趣旨を理解させ, 照度400 lxの机上で行った。可読性の実験は, 有意文黙読時間と無意味文にはランダム配列の類似文字1,350字の中から出現率約50%の“林”と“に”の2文字を色ペンでチェックさせ, 作業時間と読字量を測定した。美的評価については, 各出力方式のサンプル文字を所定の評語について順序づけさせて評価した。

(6) 結果 可読性のうち有意文の黙読時間については図1のようである。横軸は被験者を黙読時間の少ない順に10人ずつ5ブロックにしたもので, 黙読速度群に関係なく, 写植文字のほうが10~15%短い。

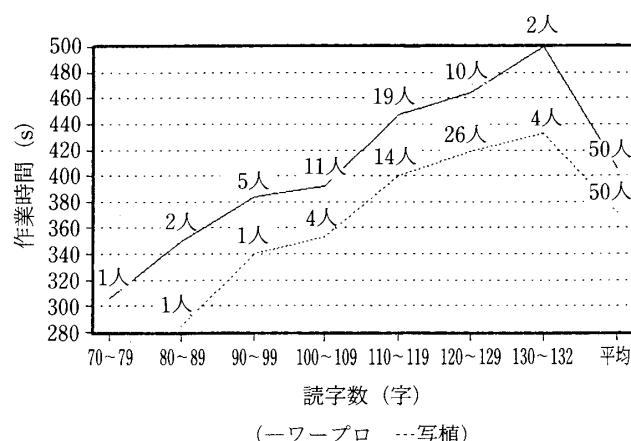


図2 無意味文の可読性

無意味文についての結果を図2に示す。作業時間は読字数の多少に関係なく, 写植文字のほうがワープロ文字より読字数が多い。

美的評価についての結果を図3~図7に示す。写植文字が総体的に高い評価で, シリアルドットが低い。個々の評価項目で特徴的なのは, 色のり・濃さがレーザービームは写植より高いが, これは写植文字が他より線が細いためと思われる。熱転写出力文字が色のり・濃さは最も低い, これは24×24ドットで他方式に比べてドット密度が低く(レーザービームは48×60ドット相当, 熱転写は48×48ドット前後), 出力方式そのものが原因と思われる。

3. 実験

3.1 ワープロ機能の調査

今回の実験とは直接関係ないが, 最近のワープロについてその機能等を調査した。表1に示すとおりであり, 前年に調査したのと比べるとほとんどが新機種となっており, ドット密度が高くなっていると同時に, 書体も豊富となっている。

3.2 試料作製

3.2.1 写植文字の作製

縦・横・斜線の多い6種の漢字を選び, これらを写植機で印画紙に出力した。文字サイズは, 実験に適当と思われる20級とした。

3.2.2 ドット文字原稿と印画文字の作製

ドット文字を変えることは簡単にはできないので, 手工的に作製した。すなわち, 6種の漢字の写植文字を拡大してこれをベースにし, トレース方

表1 主なワードプロセッサの仕様

メーカー	機種	印字方式	文字構成 (ドット)	書体
NEC	文豪 MINI 5 SV	感熱・熱転写	60×60	明朝・ゴシック・毛筆
富士通	OASYS 30-AX 301	感熱・熱転写	60×60	明朝・ゴシック・毛筆
	OASYS 30-LX 501	感熱・熱転写	60×60	明朝・ゴシック・毛筆
	OASYS 30-LX 101	感熱・熱転写	60×60	明朝・ゴシック・毛筆
Canon	キャノワード α 85	バブルジェット	48×48	明朝・太丸ゴシック・毛筆
東芝	RUPO JW 05 H	感熱・熱転写	56×56	明朝・ゴシック・毛筆
	RUPO JW 05 V	感熱・熱転写	56×56	明朝・ゴシック・毛筆
	RUPO JW 98 UP II	感熱・熱転写	56×56	明朝・ゴシック
	RUPO JW 01	感熱・熱転写	56×56	明朝・ゴシック・毛筆
シャープ	書院 WE-Y 300	感熱・熱転写	64×64	明朝・ゴシック・毛筆
	書院 WD-A 751	感熱・熱転写	64×64	明朝・ゴシック・毛筆
SANYO	ワープロ博士 SWP-NS 10	感熱・熱転写	48×48	明朝・ゴシック・毛筆
CASIO	HW 9400 J	感熱紙・熱転写	48×48	明朝
	HW 9800 JX	感熱紙・熱転写	48×48	明朝・ゴシック・毛筆
	HW 9800 VX	感熱紙・熱転写	48×48	明朝・ゴシック・毛筆
SONY	PRODUCE PJ 700	感熱・熱転写	48×48	明朝

備考 1. この表は平成4年11月現在の市販の主なワープロの仕様である。
 2. 標準出力文字の大きさは10.5ポイント(東芝のみ10ポイント)である。

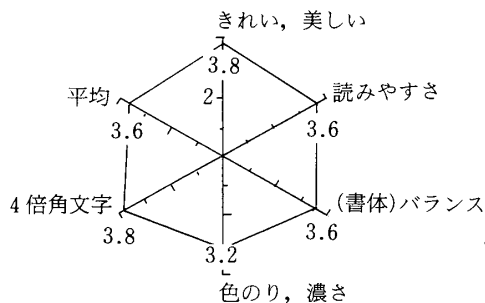


図3 写植文字の美的評価

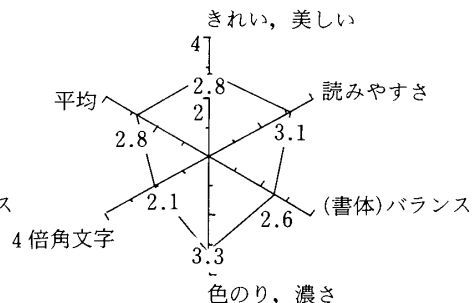


図4 レーザービーム出力文字の美的評価

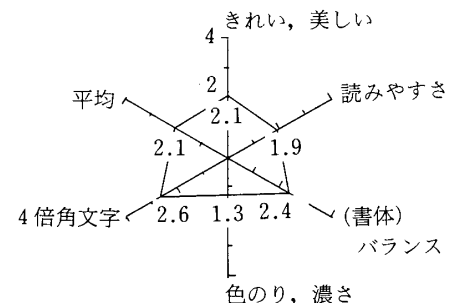


図5 熱転写文字の美的評価

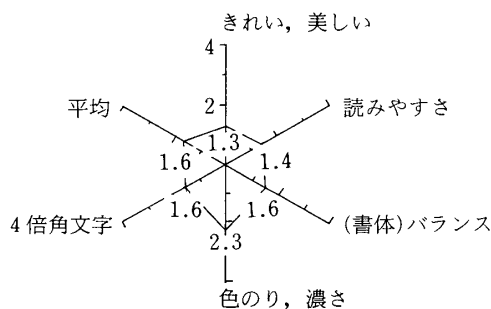


図6 シリアルドット文字の美的評価

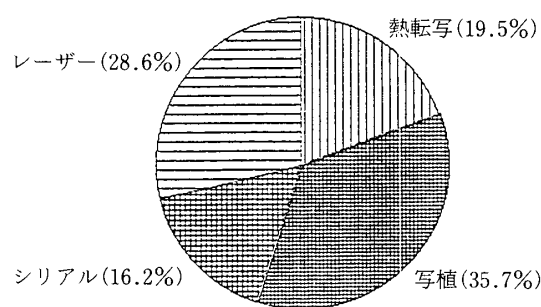
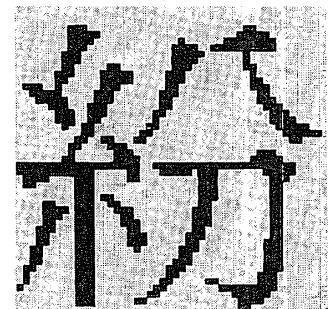


図7 美的評価の平均値

図8 ドット文字原稿の一つ
(実物はこの4倍大)

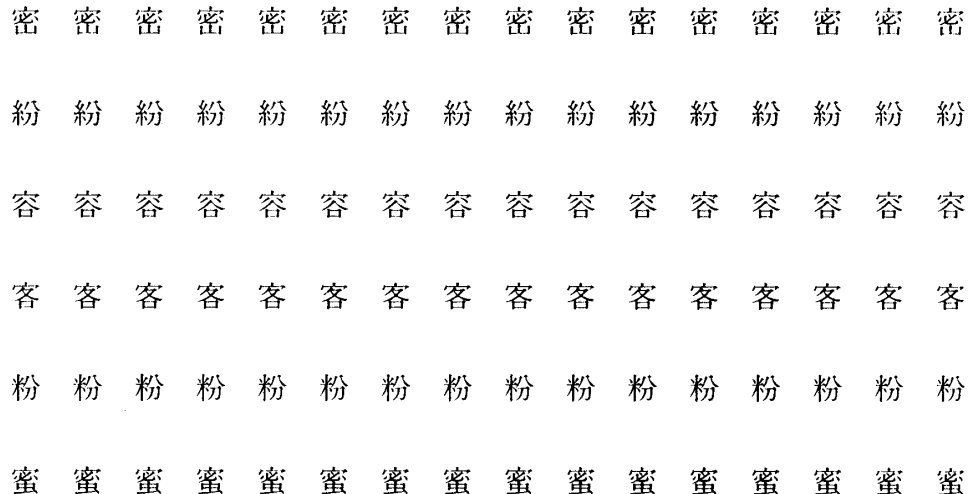


図9 被験試料のレイアウト

(実物は20級の大きさで、各横1列のどれか1字が写真文字またはドット文字の反対文字構成のものになっている)

眼紙で約10 cm 角の144, 120, 96, 72, 60, 48ドットのドット文字を作った。その1例を図8に示す。次にこれを原稿として縮小して20級の印画文字とした。

実験試料としては、6種の漢字について、横1行16字の文字列の写植文字の中の1字がドット文字になったもの6枚、逆にドット文字の中に1字写植文字が入ったもの6枚、計12枚のものを作った。これらは、殖版機で文字列のネガを作ってからその中のランダム箇所の1字をドット文字に、または逆にドット文字列中の1字を写植文字に差し替えて作った。共通したレイアウトは図9のとおりである。

これらの撮影は、特に高密度のドット文字については最高の解像力を必要とするため、適当な感光材料を選び、撮影および差替え貼込み作業は専門家(後記)に依頼した。

3.2.3 使用機器と材料

試料作製に用いた機器・材料を次に示す。

写植機	モリサワ MC 60 S
製版カメラ	コンパニカ C 6500 (大日本スクリーン製造(株))
殖版機	オブチコピー (OPTI-COPY, INC., U. S. A.)
画像処理機	アスペクト (三谷商事(株))
印画紙	富士手動写植ペーパー PL-100

WP, フジコンタクトペーパー
フィルム 暗室 ウルトラテック(コダック)
明室 SV-H (富士フィルム)
現像 暗室 ウルトラテック
明室 グランデックス (富士)

3.3 実験方法

3.3.1 ドット密度と可読性

被験者に表2に示す設問表 No. 1 を渡し、前記の試料(12枚)を見せ、1枚1分間で黙読して写植文字1行中に1字ある密度の異なるドット文字、または密度の異なるドット文字中にある写植文字を認めたらその文字を色ペンでチェックさせ、その時の正答率を求めた。

3.3.2 写植文字とドット文字の美的評価

被験試料12枚を同時に被験者に渡し、各サンプルの右端6文字について総合評価(読みやすさ、美しさ、バランスのよさなど)を10段階評価(10が最高、1が最低、比較対照を図11の試1を9とした)を行わせ、設問表 No. 2 に記させた。

また被験者については、通常の読書能力の若者で主に本学の学生を対象とした。被験者数は100名である。

3.3.1 ドット文字のギザ係数の測定

文字のギザギザの程度を表す尺度として、ノッチ係数(Notch Factor, NF)を考え、二つの出し方 $NF1$, $NF2$ を求めた。すなわち、作製した

表2 被験者に対する設問表

No. 1

被験者に対するデータ表

目的 : いくつかの文字が一行に16個ずつ並んでいます。これらは、文字は同じですがドット数の違う文字がまざっています。この場合の見分ける正確さ、読みやすさを調べてみたいのです。

やり方 : まず用紙を横読みで黙読します。同一文字が一行ごとに並んでいます。一行の中に一つだけドット数の違う文字が入っていますのでその文字を見つけたら、色ペン等で文字の上をチェックして下さい。違う文字の無い行を見つけたら行の初めにチェックして下さい。チェックした文字の数をかぞえ、データ表に書いて下さい。

また、文字の見やすさを10段階評価で点数をつけて下さい。

(No.1を9点として、最高点を10点、最低1点で、同じ点でも可。)

(注) 一枚一分間でやって下さい。また、全て見つけなくてもいいので、わからないところはチェックしないで下さい。

条件 : 普段、本を読む状態でためすこと。
机に座って、明りをつけて。

黙読時間： 1分

チェックした文字の数（可読性）

1		4		7		10	
2		5		8		11	
3		6		9		12	

No. 2

文字の点数評価（美的評価）

1		4		7		10	
2		5		8		11	
3		6		9		12	

年齢

名前

視力（両目）

ご協力ありがとうございました。

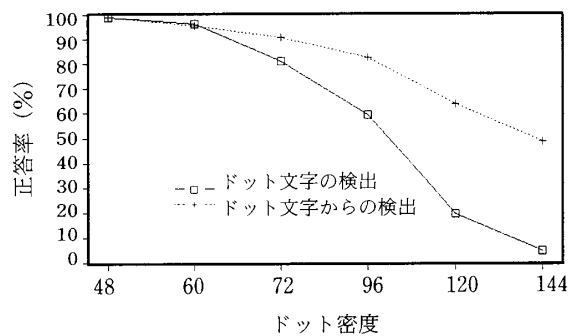


図10 ドット密度と正答率

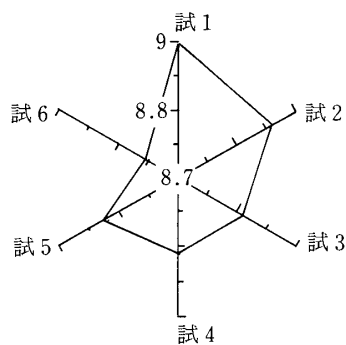


図11 写植文字の美的評価

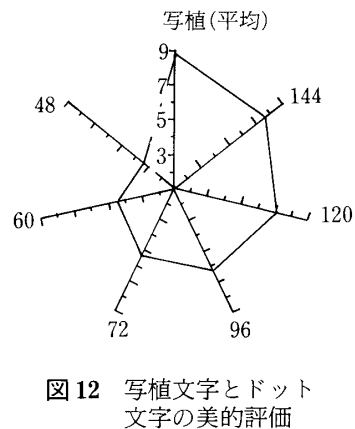


図12 写植文字とドット文字の美的評価

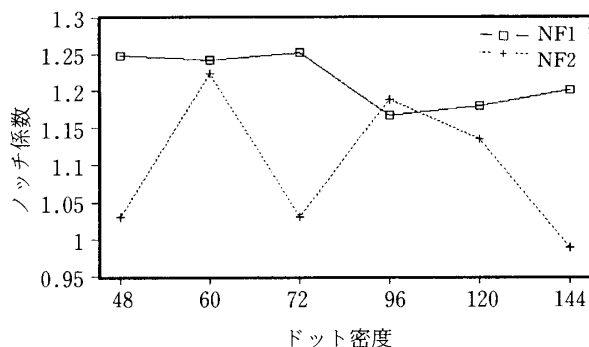


図13 ドット密度とノッチ係数 (密)

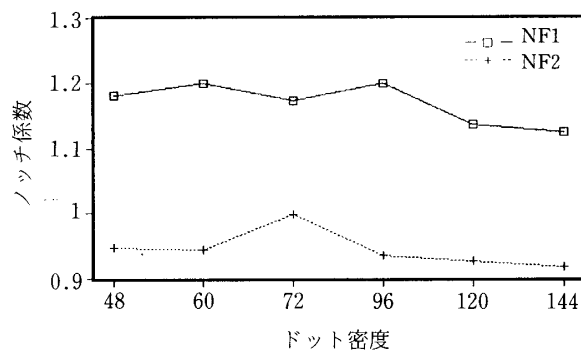


図14 ドット密度とノッチ係数 (紛)

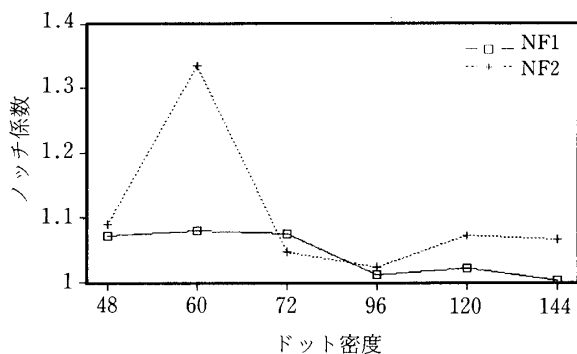


図15 ドット密度とノッチ係数 (容)

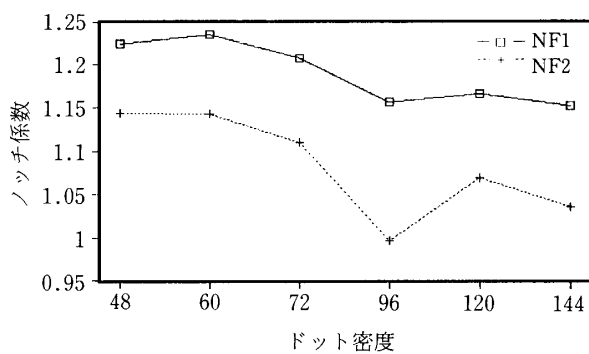


図16 ドット密度とノッチ係数 (粉)

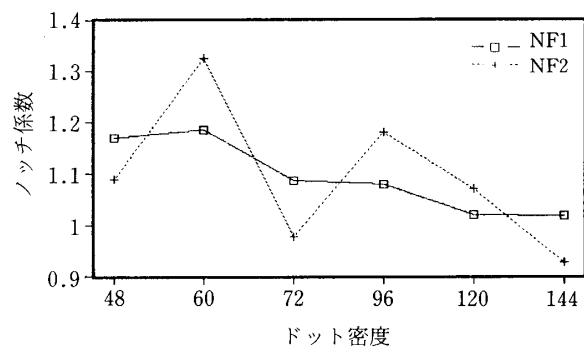


図17 ドット密度とノッチ係数 (客)

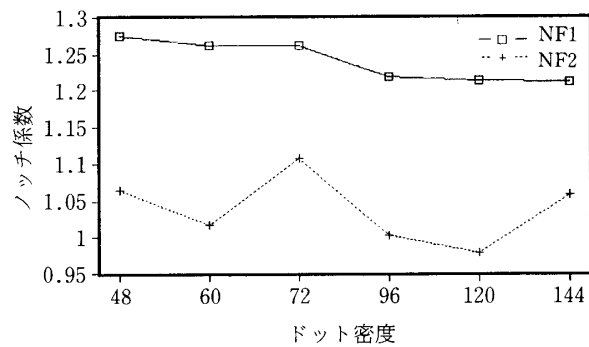


図18 ドット密度とノッチ係数 (蜜)

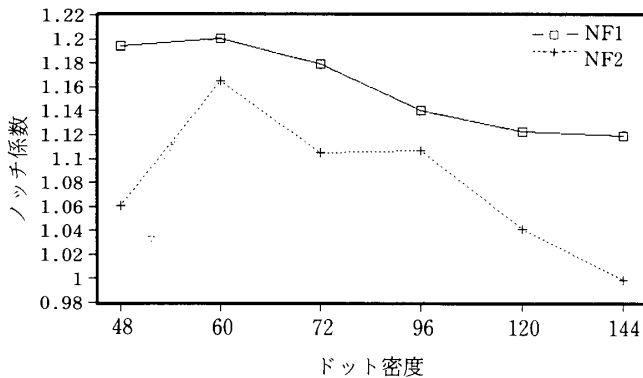


図19 ドット密度とノッチ係数 (平均)

ドット文字および対応する写植文字について、画像測定機で周辺長 L と文字面積 A を測定し、次の式で計算した。

$$NF1 = \frac{L_{\text{dot}}}{A_{\text{phot}}} \quad (1)$$

$$NF2 = \frac{L_{\text{dot}}/A_{\text{dot}}}{L_{\text{phot}}/A_{\text{phot}}} \quad (2)$$

ここで、 L_{dot} ：ドット文字の周辺長

L_{phot} ：写植文字の周辺長

A_{dot} ：ドット文字の面積

A_{phot} ：写植文字の面積

4. 結果

2.4. ドット密度と可読性

ドット文字群中から写植文字を検出する度合いは、図10のとおりである。正答率(低いほど写植文字との判別がしにくい)が48ドットから急に下降している。また、120ドット以上からなだらかに下降しており、144ドットで4.83%しか見分けられないので、これより少し密度の高いドット文字であれば、写植文字と同じになると考えてよい。

4.2 写植文字とドット文字の美的評価

写植文字6個を同一被験者に評価させた結果を図11に示す。図の試1～6とも写植文字としては同じ画質であるはずだが、評価に差がある(図11の目盛は0.1きざみで差が際立って見えるが)。

また、ドット密度の違う文字6個を評価させて行かせた結果を図12に示す。ドット密度の高い文字のほうが高い評点になっており、これは当然のことだが、最も細かい144ドットの文字でも写植

文字とは約1.2の評点差が出ている。

4.3 ノッチ係数

各6文字についてノッチ係数を求めた結果を図示すると、図13～図18のとおりである。また6文字の平均は図19のとおりである。

文字により若干の差があり、またばらつきがあるが、ドット密度が高くなれば1に近づく。これはドット文字と写植文字の差が縮まっていることを示し、96ドット付近から緩やかになっているが、これは可読性の結果と見合っている。

$NF1$ と $NF2$ を比較すれば、 $NF2$ のほうが鋭敏に示す係数といえる。

5. 考 察

5.1 ドット密度と可読性

写植文字中からドット文字を検出する実験の結果は、もちろん細かいドットほど写植文字と見分けがつけにくくなるが、96ドット付近から急に下降し、120ドットからなだらかになっている。

このことは、人の目は96ドットぐらいから見分けにくくなり、120ドットあたりから見分けられなくなることを示している。144ドットで正答率が4.83%で、160ドットぐらいが判別限界といえる。

5.2 ドット密度と美的評価

図11の結果は、同じ画質であるはずの文字の評価に差があることを示す。試1(写植文字中に144ドット文字)～試6(同じく48ドット文字)と順次評価が下っているが、中にあるドット文字は関係ないはずであり、写植文字が試料作製の段階でばらつきが出るとしても、ドット密度の順になっているのはなぜか、解析できていない。

5.3 ノッチ係数

$NF1$ 、 $NF2$ ともにドット密度が高くなるにつれて1.00に近づいているが、 $NF2$ のほうが鋭敏であるのは、 $NF1$ に対して $NF2$ は面積の要素が入っているからだと考えられる。

文字によってノッチ係数とドット密度との関係に差があるのは、文字の形(例えば斜め線と直線との構成比など)が影響しているものと思われる。この実験では、これらについて統計的処理を行っ

ていないが、今後の課題である。

5.4 総合評価

ドット密度と可読性の関係は、96 ドット付近から見分けにくくなり、120 ドット付近から見分けられなくなっている。この結果は被験者の主観が入ったものであるが、ノッチ係数から客観的に求めた結果と一致している。

また、美的評価については144 ドットでまだ写植文字と差があるが、非常に近い位置にあるという結果とも一致しているといえる。

6. 結 言

ドット文字の可読性、ドット構成と可読性・美的評価の関係について実験を行った。その総括として次のように集約できる。

1. ワープロの機能は、一年間で大きく進歩しており、これは今後も続くと思われる。
2. ドット密度が高くなるに従って徐々に写植文字に近づき、120 ドットぐらいでほとんど差がなくなるので、160 ドットぐらいが人間の目で見分けることができる限界である。
3. 可読性・美的評価・ノッチ係数とも同様の傾向となった。すなわち、人の目による評価に客観性を見いだすことができた。
4. ドットタイプのワープロ文字の現状は、20 級文字で概ね 74 ドット前後が主流であり、可読性と美的評価ともに写植文字のほうがまだかなり文字品質がよいといえる。しかし、年々ドット密度を含めた性能の上昇を考えると、通常文字

サイズ 10 ポイントで 54 ドット前後のものが、人が見分ける限界の密度に近くなるのはそう遠くないものと思われる。

5. 今回の実験では、被験者の視覚判断に求めた要素が大きい。しかし、人の目は慣れなどによって読みやすさが変る。このテーマの今後の課題としては、ドット文字作製の正確さを高くすること、的確な被験者の選定、最も適した数量化解析法を活用して統計的処理を行うこと、などである。

謝 辞

この研究を行うにあたり、試料の作製に多大のご協力をいただいた亜細亜証券印刷(株)、実験に積極的なご協力をいただいた被験者の皆さん、および可読性の研究を行った当研究室の卒業生、特にドット文字について最初に取り組まれた平成 3 年度卒研生の三浦逸人・北不二雄両氏に深く謝意を表します。

文 献

- (1) 川合淳郎・野中通敬, 本誌, Vol. 15, No. 1 (1992)
- (2) 国武雅章・小宮山優, 昭和 59 年度卒業研究論文
- (3) 押田毅・武井宣人, 昭和 60 年度卒業研究論文
- (4) 井上靖之・野治孝広, 昭和 61 年度卒業研究論文
- (5) 幡野純司・高橋幸司, 昭和 62 年度卒業研究論文
- (6) 五藤正宏・柴田栄治, 昭和 63 年度卒業研究論文
- (7) 森川栄東・福岡英之, 平成元年度卒業研究論文
- (8) 稲沢彰・鈴木弘一, 平成 2 年度卒業研究論文
- (9) 北不二雄・三浦逸人, 平成 3 年度卒業研究論文