

厚生科学研究研究費補助金

感覚器障害及び免疫・アレルギー等研究事業(感覚器障害分野)

盲聾者を主対象にした任意の触読パターンが作成可能な  
三次元レーザ・プリンタに関する研究

平成12年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 数藤 康雄

平成13(2001)年3月

## 目 次

### I 総括研究報告

盲聾者を主対象にした任意の触読パターンが  
作成可能な三次元レーザ・プリンタに関する  
研究 ----- 1

数藤康雄

### II 分担研究報告

最適な触読文字パターンの開発とその触読  
訓練方法に関する研究 ----- 4

小田浩一

## 盲聾者を主対象にした任意の触読パターンが作成可能な 三次元レーザ・プリンタに関する研究

主任研究者 数藤 康雄 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所

研究要旨 盲聾者は触覚が唯一の情報入力経路となるため、触読法は重要なコミュニケーション手段である。本研究では、点字を読めない盲聾者でも情報を手軽に入手できるように、浮き出し文字などが出力できるプリンタを開発することにした。今年度はダイレクト発泡紙を利用したプリンタを開発するとともに最適な浮き出し文字フォントについて検討した。

分担研究者 小田 浩一  
東京女子大学コミュニケーション学科  
助教授

研究1年目では、まず半導体レーザ光を照射することによって普通紙に浮き出し文字を印刷できる熱発泡性インクリボンの開発とそのようなインクリボンを用いて普通紙に連続して任意の浮き出し文字を印刷可能とする印刷機構の開発を行った。その結果、五層構造のインクリボンを開発するとともに、機構が単純で製品の価格は安価になると思われる光ファイバ方式（半導体レーザは移動台に置かずに集光レンズのみを移動台に載せ、半導体レーザと集光レンズとは光ファイバで接続する機構）を試作した。そして昨年度は、インクリボンを用いた光ファイバ方式の三次元プリンタの一次試作とその性能評価を行った。また触読に最適な浮き出し文字フォントについて検討した。その結果、一次試作品の印刷速度は遅く、また装置が大きいなどの問題点が明らかになったため、今年度は、印刷速度がより早くするとともに、より安価な製品が実現できるように、新たに開発したダイレクト発泡紙も利用可能な三次元レーザ・プリンタの二次試作を行うことにした。

### A. 研究目的

盲聾者と呼ばれる重複障害者は一般に視覚や聴覚からの情報収集が困難で、触覚が唯一の情報入力経路となる。このため点字に代表される触読法は彼らにとって極めて重要なコミュニケーション手段となっているが、点字の最大の欠点は、いかに訓練を行っても後天的な盲聾者などの中には点字の読み書きを修得できない人も多い、ということである。

本研究の目的は、点字の読めない盲聾者などでも触読により独力で情報を入手可能にする手段を提供することである。そしてそのために、①容易に触読可能な浮き出し文字を作成できるインクリボンや専用紙の開発、②それらのインクリボンや専用紙を利用した小型の個人用三次元レーザ・プリンタの開発、③触読に最適な浮き出し文字パターンとそれを印字するためのソフトウェアの開発、などを実施する。

### B. 研究方式

### C. 研究結果

一次試作のプリンタでは熱発泡性インクリボンを採用した。熱発泡性インクリボンは、

普通紙に印刷できる、五層程度の重ね書きが可能で立体印刷ができる、などの利点はあるものの、普通紙に印刷したパターンとテープとの剥離のために印刷機構が複雑になったり、印刷時間が遅い、などの欠点が明らかになった。このため印刷紙が直接発泡するダイレクト発泡紙を開発し、プリンタの高速化と低価格化を目指した。

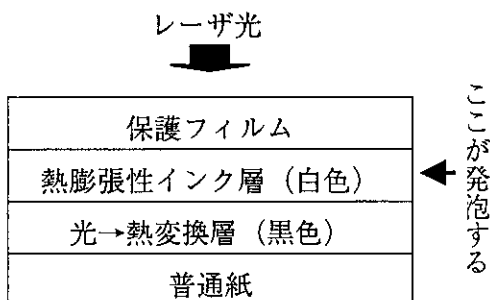


図1 ダイレクト発泡紙の構造

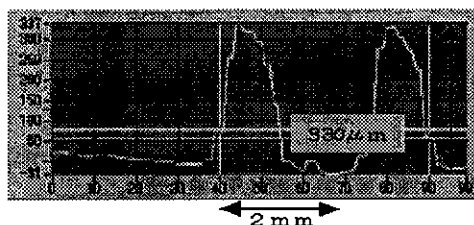


図2 ダイレクト発泡紙の発泡状態

図1はダイレクト発泡紙の構造を示している。三層構造で、レーザー光が発泡紙に当たると、熱膨張性インク層が約10倍膨張し、光が乱反射して膨らみ部分が白色に見える。図2はその発泡状態で、カセット式インクリボンの発泡より高さは約100 $\mu$ m高いものの、発泡の傾斜はやや穏やかになっている。そしてこの程度の発泡であるならば、視覚障害者は十分に触読可能であることがわかった。

次に三次元レーザー・プリンタ本体の二次試作については、前年度の一次試作品をチェックし、(1)半導体レーザーの出力を2.0Wから0.7Wに変更、(2)光スポットの偏向駆動をリニアモータからパルスモータに変更、(3)使用できる紙を普通紙と専用紙の両方、

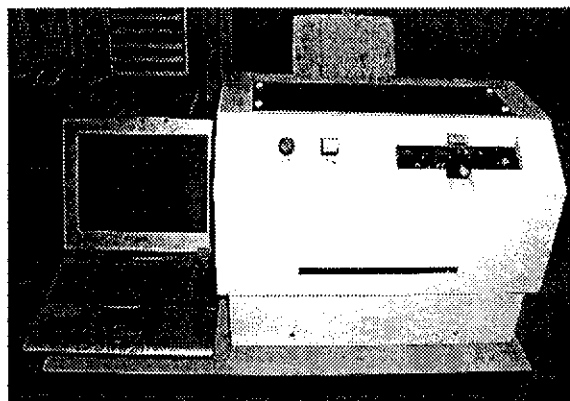


図3 二次試作のレーザー・プリンタ

という改善を行った。

試作したプリンタの外観を図3に示す。文章作成プログラムが格納されている左側のA4ノート型と比較するとプリンタの形状はかなり大きいことがわかるが、実際の寸法は横幅50cm、高さ39cm、奥行き36cmで、一次試作品と比べると容積は約40%減少した。また重量は27kgで、これも一次試作品に比較して50%以上も軽くなっている。

プリンタ右上の細長い長方形の穴はカセット式のインクリボン挿入場所であり、そこにカセットを入れて左上の丸ボタンを押すとインクリボンは自動的にプリンタ内にセットされる。そしてカセット・テープが正しくセットされたかどうかを自動的にチェックし、セットされているときのみ、普通紙に印刷し、それ以外の場合はダイレクト発泡紙に印刷することにした。

なお安全対策としてレーザー光が外部に漏れない構造としたことやパソコンとの接続をRS232C接続としたことなどは、一次試作品と同じである。

任意の浮き出し文字・図形を打ち出すソフトウェアは、Visual Basicで作成した。Windows系のOSであれば作動する。図4は印刷結果の一例で、カタカナ文字以外にも漢字・絵の出力が可能である。

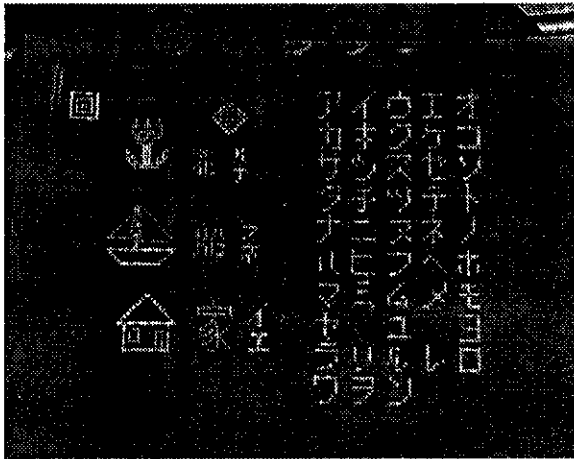


図4 専用紙への出力の一例

#### D. 考察

二次試作の目的は、一次試作の評価で明らかになった印刷速度が遅い、商品化に際して製品価格が高くなりすぎる、筐体大きい、などの欠点を解消することである。このため、まず半導体レーザについては、出力2Wから0.7Wの小さな出力のものに変更した。また駆動装置もリニアモータから安価なパルスモータに代え、低価格化に努めた。

ダイレクト発泡紙と普通紙のどちらに印刷するほうが好ましいかについては早急な結論は出さず、二次試作では両方の用紙が使える機構とした。このため筐体はそれほど小型化しなかったが、それでも制御装置をカード化するなりして、容積としては約40%の減少を、重量としては約50%の減少を実現できた。ダイレクト発泡紙のみを扱う場合には、容積・重量とも大幅な減少が期待できる。さらに印刷機構も単純となるため、同時に大幅な低価格化が期待できることもわかった。

プリンタの印字速度については、出力文字パターンの大きさ・寸法によっても変化するが、一次試作では2cm角の“ア”の丸ドット文字をA4一枚(8文字/1行で10行)に出力するのに約9分かかった。今回の二次試作

プリンタでは、同様な文字パターンを打ち出すのに約6分かかり、3分短縮された。高性能で高価な部品を使用すれば高速化はさらに進むが、性能を上げることとプリンタの低価格化とは相反することになる。そのあたりのトレードオフを考慮して設計することが実用化に際しては重要な点となろう。

三次元レーザ・プリンタに情報を入力するための応用ソフトウェアの開発は、昨年度は任意の浮き出し文字パターンの作成が可能となるソフトだけであったが、今年度は通常のテキスト編集のみで文章を印字できるようにしたため、使い勝手は大幅に向上した。フォントについては細ゴシックとバリアフリーLの良い点を取り入れた新しい書体を開発した。ただしフォントの好みには個人差もあることがわかったので、数種類のフォントを利用できるようにしている。

#### E. 結論

点字の読めない盲聾者などの視覚障害者のために容易に触読可能な浮き出し文字を普通紙に出力できる個人用三次元レーザ・プリンタの開発を目的として研究を行った。その結果、普通紙および専用紙に浮き出し文字を印刷する三次元プリンタを開発した。新しい触読フォントも開発し、簡単に文章を印刷できるようになった。

#### F. 研究発表

##### 2. 学会発表

(1)伊藤和幸、小田浩一、数藤康雄他：ダイレクト発泡による触読パターン作成用三次元レーザ・プリンタの開発、第26回感覚代行シンポジウム予稿集、p53-56、2000

## 最適な触読文字パターンの開発とその触読訓練方法に関する研究

分担研究者 小田 浩一 東京女子大学現代文化学部 助教授

研究要旨 三次元レーザープリンタの開発に合わせて盲聾者に適した触読用の文字パターンを開発・評価するために、一般に使われている書体を立体コピーで浮き出し文字にし、目隠しをした触覚の正常な晴眼者に触読実験を行った。その結果を用いて、「ForFinger」書体を開発し、評価実験で有効性を実証することができた。

### A. 研究目的

本分担研究の目的は、三次元レーザープリンタの開発に合わせて盲聾者に適した触読用の文字パターンを開発・評価することである。本年度は、昨年度までの研究から分かったこと—カタカナ文字で細ゴシック体をベースにすると良いこと、細ゴシック体のいくつかの文字パターンの持つ問題点を改善する必要があること—をもとに、各文字について得た触読の心理実験の結果を分析し、既存の書体に改善を加えて、触読に最も適した文字パターンを開発することであった。

### B. 研究方式

一般的な研究方法は、これまでと同じく、初年度に購入した立体コピーを用いて文字パターンを立体化し、目隠しをした触覚の正常な20～42才晴眼者の男女6名の被験者に提示、できるだけ速く正確に読み上げるように指示し、そのときの読み速度と正答率をしらべて比較した。(1) カタカナ清音文字で、(2) 教科書体・明朝体・細ゴシック体・太ゴシック体・丸ゴシック体、それに加えて新たに開発された「バリアフリーL書体」と「ForFinger書体」を、(3) 文字サイズとして5mmから4cmまでで比較した。研究はさらに、以下の4つの段階に分けて行われた。

### B-1 間違いやすい文字についての検討

既存書体の読みの心理実験では、文字を大きくしていても、正答率がなかなか100%に達しなかった。これは、どうしても読み間違いの起こりやすい文字があるからで、読み誤りやすい文字のみを取り出して心理実験し、どのような改善を加えれば、正答率を100%まで上げられるのかを検討しようとした。

### B-2 読みやすさに改善を加えた書体「バリアフリーL」の評価実験

ロービジョンの目にとって読みやすい書体としてアドビシステムズ(株)の山本明彦氏が開発した「バリアフリーL」という書体がある(図1)。この書体が、ロービジョンの目と同様に空間解像度の低い触覚でも読みやすい可能性があった。これを他の書体と合わせ、カタカナ清音46文字の5mm～4cmまでのサイズで提示して、6人の被験者に触読させ、読みやすさを比較評価しようとした。

### B-3 触読に適した書体の開発

B-1 で得られた改善点をアドビシステムズ(株)の山本明彦氏が触覚用に開発中であった「ForFinger」書体に盛り込んでもらった。

### B-4 触読に適した書体の評価実験

B3 で開発した「ForFinger」書体(図2)について、B2 の場合の「バリアフリーL」と同様に評価実験を行った。

ア イ ウ エ オ  
 カ キ ク ケ コ  
 サ シ ス セ ソ  
 タ チ ツ テ ト  
 ナ ニ ヌ ネ ノ  
 ハ ヒ フ ヘ ホ  
 マ ミ ム メ モ  
 ヤ ユ ヨ  
 ラ リ ル レ ロ  
 ワ ヲ エ ヲン

図1 「バリアフリーL」の書体見本

C. 研究結果

4つの段階別に述べる。

C-1 間違いやすい文字についての検討

読み誤りの多い文字パターン(オ、カ、キ、ク、ケ、シ、ソ、ツ、ナ、ヌ、ネ、ホ、ム、メ、ヤ、ンの計16文字)について、以前の実験の結果から平均して読み取りやすかった1.58cmのサイズで、教科書体・明朝体・細ゴシック体・太ゴシック体・丸ゴシック体の5つの書体の文字をランダムに提示し、どのような誤読が起こっているのかを調べた。その結果、間違いやすい文字については、明朝体の平均正答率は0.94で、もっとも読みやすかったことが分かった。

さらに、それぞれの実験に使用した5種類のフォントごとに、どの文字がどのように誤答されたかを、混同行列を作って評価した。この結果ゴシック系の書体(細ゴシック、太

ア イ ウ エ オ  
 カ キ ク ケ コ  
 サ シ ス セ ソ  
 タ チ ツ テ ト  
 ナ ニ ヌ ネ ノ  
 ハ ヒ フ ヘ ホ  
 マ ミ ム メ モ  
 ヤ ユ ヨ  
 ラ リ ル レ ロ  
 ワ ヲ エ ヲン

図2 「ForFinger」の書体見本

ゴシック、丸ゴシック)では、ソとン、シとツの混同が多いことが分かった。教科書体では、この混同は比較的少ないが、一般に読み誤りが少なくない。特に刺激文字として提示されていない文字への誤りが多いことは特筆すべきかもしれない。明朝体でも教科書体と同様に、ソとン、ツとシの混同は比較的少なくなっているが、ゴシック系に比べてキーネの混同は逆に多くなっている。

新しい字形を作るとすれば、戦略的には、細ゴシックを基本形にして、ソとン、ツとシの混同を明朝体レベルに押さえることができれば、ベストであろう。ゴシック体になくて、明朝体・教科書体にある特徴は、字形のストローク、書き順の描き始め部分と描き終わり部分の太さの違いである。これがなくなると、ソとン、シとツは、斜め線要素の微妙な傾きの違いの弁別しか手がかりがなくなってしまう

う。斜め線分の傾きの違いは、触覚では困難なので、混同率が高くなることは、良く説明できる。デザインとしては、細ゴシックにストロークの違いを少しつけたような字形が、もっとも触覚での認識に適した字形になると推測できた。

### C-2 読みやすさを改善した書体の評価実験

「バリアフリーL」という書体は、もともとロービジョンの目に読みやすく配慮されているので、ロービジョンと同様に空間解像度の低い触覚でも読みやすい可能性がある。これを他の書体と合わせ、同様の比較評価をし、図3のような正答率の違いが得られた。分散分析した結果、文字の大きさと書体の違いのそれぞれの主効果が得られた。書体ごとの違いを多重比較した結果、細ゴシックとバリアフリーLのどちらも他の書体より正答率が高いこと、しかし、細ゴシックとバリアフリーLの間では統計的に有意な違いがないことがわかった。

この結果からは、触覚的にみた場合、細ゴシックと比べて、バリアフリーLの文字におけるストロークの太さ表現は不十分であると判断せざるを得なかった。もっと太さの違いを強調し、さらに角度や長さについても混同しやすい文字について配慮したフォントを開発する必要があることが分かった。

### C-3 触読に適した書体の開発

C-1 で述べた点以外にも、被験者の意見などを参考に変更した方がよいと思われる点、例えば、不要な出っ張りが邪魔になる等がいくつ分かかってきた。それらの点も加えて、触覚に適した書体として、「バリアフリーL」の主な修正点を以下に載せる。

まず、すべての文字の、角の突出は削ってシンプルにする。

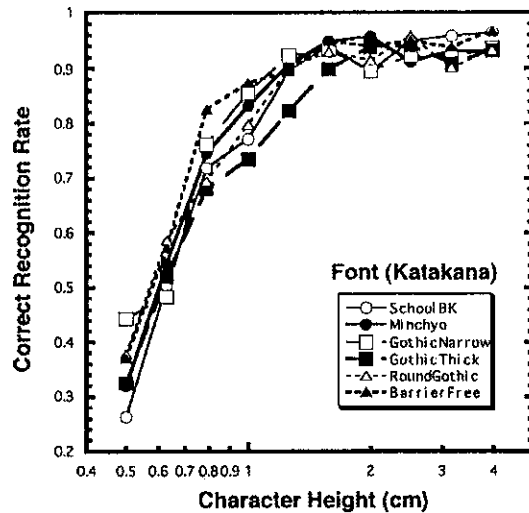


図3 バリアフリーLを含む触読実験

ク：ケとの違いを際立たせるように、1画目の出っ張りをなくして2画目とスムーズにつなげる。角の出っ張りを削る。

ケ：角の出っ張りを削る。

シ：ツとの違いを際立たせるように、1・2画の終わりと3画のはじめを太くする。3画目の終わりを短かめにする。3本の線とも角度を水平に近くする。

セ：ヤと間違えにくいように、1画目の長さを短くし、角の出っ張りをを削除。

ソ：ンとの違いを際立たせるように、1画目の太さの強弱はすくなくし、2画目のはじまりは太くする。2本とも角度を垂直に近くする。2画目の終わりのほうをやや短くする。

タ：ケと間違えにくいように余分な突出をなくす。3画目の始まりをつなげる。クと間違えないように3画目は下のほうに付ける。

ツ：シとの違いを際立たせるように1・2画目の太さの強弱を減らす。3画目の始まりを太く。3本とも角度を垂直に近くする。3画目の終わりのほうをやや短くする。

テ：チと間違えにくいよう1・2画の間隔を広くとり、ラと間違えにくいように3画目のはじまりをやや太くする。



ン：ソとの違いを際立たせるように、1画目の終わりや2画目のはじまりを太くする。2本とも水平に近い角度にする。2画目の終わりをやや短くする。

これらの修正意見を入れて修正してできた書体「ForFinger」を図2に示した。

#### C-4 触読に適した書体の評価実験

C-3 で開発された書体の評価実験を行った。方法は、C-2 に同じでありあまり違いのないサイズを省略して 5mm～ 2cm までの大きさの文字を使って実験を行った。その結果、図4に示したような正答率の差を見いだした。C-2と同様に、分散分析では、サイズと書体のそれぞれの主効果が有意になった。また多重比較では、ForFinger が他の書体よりも成績が良いことが分かった。

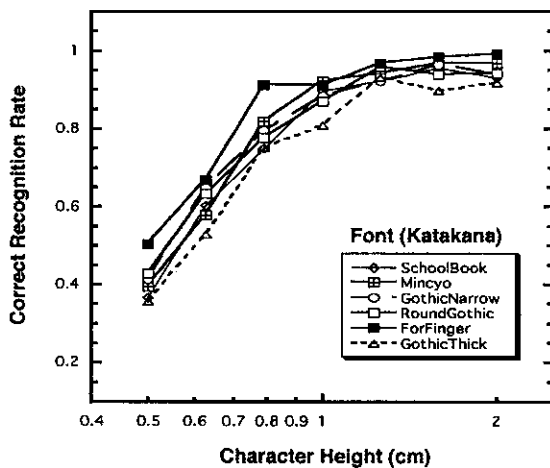


図4 「ForFinger」を含む触読実験

#### D. 考察

触覚に適した書体の基本は、細ゴシックであるということは、これまでの研究で分かっていたが、細ゴシックの字形ではかえって読み誤りが起こりやすくなる場合があることが分かった。これは、シとツ、ソとンの文字で、明朝体や教科書体では最後の画の書き出し部

分が太くなっていて分かるようになっていいる。その書き出し部分が左下なのか右上なのかが、非常によく似た字形の区別を容易にしていることが分かった。言い換えると、触覚では微妙な長さの違いや傾きの違いが認識に利用できないということである。また、その書き出し部分の太さの違いも目で見て分かるような違いでは未だ不十分であることが、バリアフリーL書体の評価で分かった。

細ゴシックが良いということは、ストローク部分に余計な飾り、太さの違いなどが無い方が良いということであるが、字形が似ている場合には、その太さの違いをわざとつけたような字形に変更しないと触覚的には都合が悪いということが分かってきた。これらを総合して、ForFinger という新しい書体を作って、評価実験をしたところ、予測したような結果が得られた。

この「ForFinger」のような書体を盲聾者を主対象にした任意の触読パターンが作成可能な三次元レーザプリンタに搭載することにより、利用できる対象者や場面は、他の書体を使った場合よりも広がると思われる。

#### E. 結論

触覚によるカタカナ文字の読みの実験を繰り返し行い、触覚に最適な文字の形は、細ゴシックそのものでなく、相互に混同しやすい一部の字形に明朝体のような書き出し部分の太さを増やすような工夫が必要であることが分かった。このような修正を行って、新たに開発した書体「ForFinger」が、触覚の文字認識では最も成績が良いことが検証できた。今後はこの書体を利用して、効果的な触読訓練方法を開発していきたい。