

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報告書

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。今年度は主としてハードウェアの一次試作を行なうとともに最適な浮き出し文字パターンについて検討した。

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年目となる昨年度は、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なった。その結果、5層からなるインクリボンを開発するとともに、機構が単純で実際の製品は安価になる可能性のあるファイバ方式（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。2年目の今年度は、昨年度開発したインクリボンの欠点（例えば浮き出しパターンの一部がきちんと接着しない問題など）を改善し、光ファイバ方式を用いた三次元プリンタの一次試作を行なう。また触読に最適な浮き出し文字フォント・パターンを検討することにする。

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、いかに訓練を行な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、そのような問題点を解消するために、①点字を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小型の個人用三次元レーザ・プリンタを開発し、②そのプリンタを用いて触読に最適な浮き出し文字パターンを考案し（例えば英国ではAの浮き出し文字はΛというパターンに対応させている）、③浮き出し文字修得のための効果的な訓練方法を開発することである。

B. 研究方式

C. 研究結果

熱発泡性インクリボンは、レーザ光線を受ける側から順に、耐熱滑性層、基材フィルム、剥離層、熱膨張性インク層、感熱接着層の5層から成り立っている。このうち感熱接着層はレーザ光線の熱によって普通紙に接着し、熱膨張性インク層は同じくレーザ光線で発泡

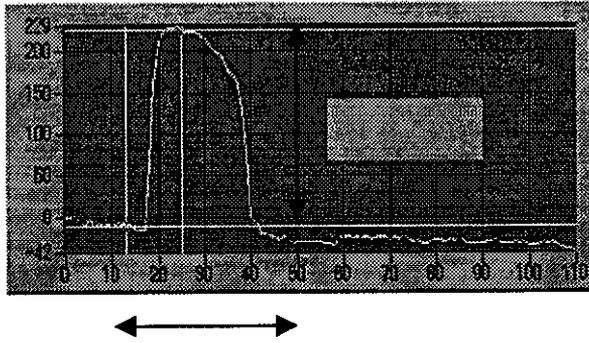


図1 発泡層の断面形状の一例

する。発泡状態の任意の一断面を図1に示す。高さは約 $200\mu\text{m}$ で、通常の点字などの高さに比べると低いものの、発泡が急峻であり(つまり空間微分値が大きく)、十分に触読可能であることがわかった。

なお視覚障害者が一人で取り替えることのできるよう、インクリボンがカセット式の構造とした(リボンの長さは 30m 、幅は 2.5cm である)。

次に三次元レーザ・プリンタ本体の試作(第一次)については、前年度の研究結果より、まず印刷機構部は、機構は単純で安価になる可能性が高い光ファイバ方式とし、その機構を実現するためのX軸・Y軸の移動には、音の静かなリニアモータを用いた。なお光スポットサイズは $\phi 100\mu\text{m}$ とし、熱源用レーザは出力 2W の半導体レーザを使用した。また安全対策としてレーザ光が外部に漏れない構造とした。

次に給紙部については、50枚程度の普通紙を自動で供給できる方式を用いることにした。第2図は基本設計を終わった段階の構想図を示している。またパソコンとの接続部は、本来なら一般的なパラレル接続が望ましいが、今回の一次試作では設計通りの性能が実現できたかの確認を主な目的としたため、プログラム開発が容易なRS232C接続とした。

浮き出し文字作成用ソフトウェアとしては、

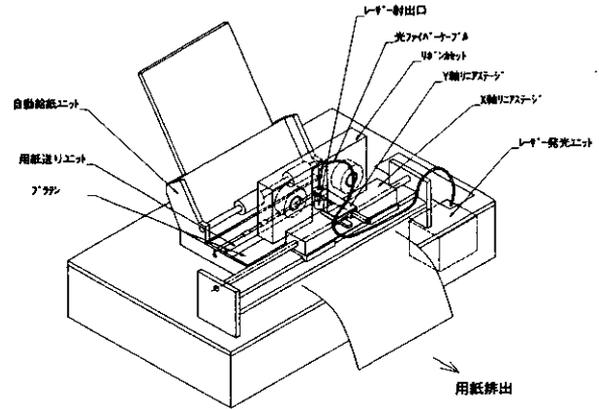


図2 三次元レーザ・プリンタの構想図

任意のカタカナ文字を、離散丸パターンまたは連続パターンで作成できるものを開発した。なお浮き出し文字作成ソフトと印刷ソフトは、いずれも世界標準のOSといってよいWindows95/98上で動作する。

試作したプリンタが浮き出し文字を出力している状態を図3に示す。また本プリンタの特徴である三次元パターンの作成については、4-5層程度なら技術的には可能であること

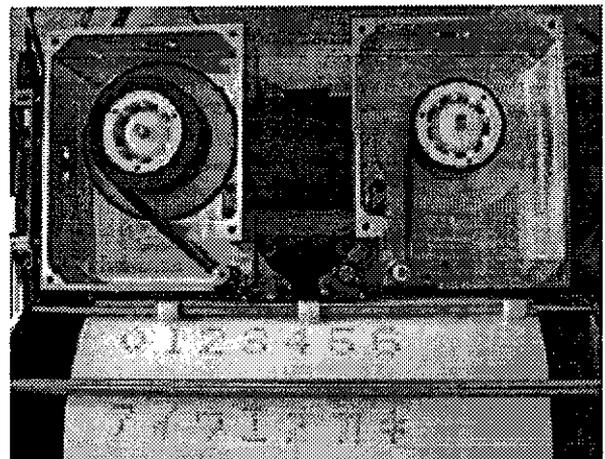


図3 プリンタが印字している状態

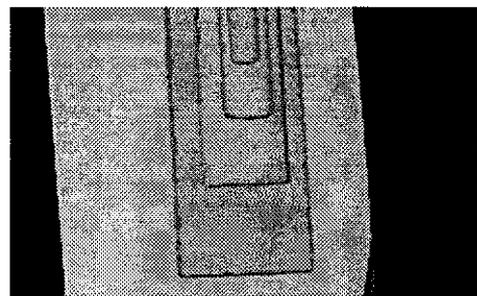


図4 三次元パターン作成例

がわかった（図4はその一例である）。任意の立体パターンを作成するためのソフトウェアがどのようなユーザ・インターフェースを持つべきかについては、まだ解決すべき問題点が多いが、ハードウェア開発には大きな問題のないことが確認された。

D. 考察

三次元レーザ・プリンタ用インクリボンの発泡特性は、ほぼ満足のいくものであった。しかし印刷（接着）に時間がかかるとという問題が発生した。この問題解決には①剥離層がより小さな力で剥離すること、②接着層がより短時間で接着すること、の改良が必要であるが、今回は主として接着層の改良（接着層の転移開始温度を下げ、溶融するための熱量を小さくした）を行ない、浮き出し文字がより短時間で普通紙に接着するようにした。

試作したプリンタの印字速度は、出力文字パターンの大きさ・寸法によっても変化するが、改良リボンを用いると、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。改良前が約12分なので、25%高速化されたことになる。制御ソフトの改良、レンズを移動させるリニアモータの性能改善などで、より一層の高速化が実現できると思われる。

一次試作のもう一つの問題点は、プリンタ本体と制御部の重量が合計で50Kgを越えたことである。しかしそのような結果になった理由は、プリンタ本体の開発を優先し、プリンタを制御する制御部は、制御アルゴリズムの変更が簡単にできるように一般のパソコンを流用したからである。制御部を専用のボード一枚に収めることは、制御アルゴリズムが決まれば技術的にはそう難しいことではない

ので、目標である大人一人が持ち運びできる程度の寸法・重量にすることは十分に可能である。

三次元レーザ・プリンタを使用するための応用ソフトウェアの開発は、今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、来年度は文章作成用ソフトも開発したいと考えている。なお盲聾者が触読しやすい浮き出し文字パターンの詳細は分担報告書に譲るか、種々の文字パターンを評価した結果、飾りのない san-serif 系のカタカナが一番触読しやすいことがわかった。

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なった。その結果、浮き出し文字パターンを安定して出力できるカセット方式のインクリボンを開発した。また光ファイバ方式のプリンタ本体を試作し、性能はほぼ満足すべきものであったが、重量や印字速度などの改善は今後も必要であることがわかった。それらの改善は、来年度の第二次試作において実施していきたい。

F. 研究発表

2. 学会発表

- (1)伊藤和幸、小田浩一、数藤康雄、長田秀紀：任意の触読パターンの作成が可能な三次元レーザ・プリンタの開発、第25回感覚代行シンポジウム予稿集、p131-134、1999
- (2)小田浩一、原田尚子：触覚の読みとりに適したフォント、第25回感覚代行シンポジウム予稿集、p113-116、1999

研究費の名称=厚生科学研究費

研究事業名=感覚器障害及び免疫・アレルギー等研究事業（感覚器障害研究分野）

研究課題名=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（総括研究報告書）

国庫補助金精算所要額=40,000,000

研究期間（年度）=1998-2000

主任研究者名=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）

分担研究者=小田浩一（東京女子大学）

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入力に困難で、触覚が唯一の入力経路になる。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、いかに訓練を行な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く、ということである。したがって本研究の目的は、3年計画で、①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小型の個人用三次元レーザ・プリンタを開発し、②そのプリンタを用いて触読に最適な浮き出し文字パターンを考案し（例えば英国ではAの浮き出し文字はΛというパターンに対応させている）、③浮き出し文字修得のための効果的な訓練方法を開発することである。

研究方法=研究1年目となる昨年度は、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なった。その結果、5層からなるインクリボンを開発するとともに、機構が単純になるうえに製品価格を安くできる可能性の高いファイバ方式（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。2年目の今年度は、昨年度開発したインクリボンの欠点（例えば浮き出しパターンの印刷が遅い問題など）を改善することと、光ファイバ方式を用いた三次元レーザ・プリンタの一次試作を行なう。また触読に最適な浮き出し文字フォント・パターンを検討することにする。なお浮き出し文字の評価では晴眼者を被験者としているが、十分な説明と了解を得た上で実施する予定であり（そのうえ被験者は触読動作しか行なわないため）、倫理面の問題はまったくないと考えている。

結果と考察=熱発泡性インクリボンは、レーザ光線を受ける側から順に、耐熱滑性層、基材フィルム、剥離層、熱膨張性インク層、感熱接着層の5層から成り立っている。このう

ち感熱接着層はレーザー光線の熱によって普通紙に接着し、熱膨張性インク層は同じくレーザー光線で発泡する。発泡状態をレーザー形状計測装置で計ったところ、高さは約 $200\mu\text{m}$ で、通常の点字などの高さに比べると低いものの、発泡が急峻であり（つまり空間微分値が大きく）、十分に触読可能であることがわかった。しかしある程度レーザー光線を照射し続けると発泡層が普通紙に接着しないため、印刷に時間がかかるという問題が発生した。その問題を解決するためには①剥離層がより小さな力で剥離すること、②接着層がより短時間のレーザー光照射で接着すること、のどちらかの改良が必要であるが、今回は主として接着層の改良を行ない（つまり従来のものより接着層の転移開始温度を低くし、転移熱量を下げて）、短時間で発泡層が普通紙に接着できるようにした。なお視覚障害者が一人を取り替えることのできるよう、インクリボンにカセット式の構造とした（リボンの長さは 30m 、幅は 2.5cm である）。

次に三次元レーザー・プリンタ本体の試作（第一次）については、前年度の研究結果より、まず印刷機構部は、機構は単純で安価になる可能性が高い光ファイバ方式とし、その機構を実現するための X 軸・Y 軸の移動には、音の静かなリニアモータを用いた。そして光スポットサイズは $\phi 100\mu\text{m}$ とし、熱源用レーザーは出力 2W の半導体レーザーを使用した。また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。試作したプリンタの印字速度は、出力文字パターンの大きさ・寸法によっても変化するが、一例として 2cm 角の丸ドット文字（"ア" 文字）を A4 一枚（8 文字 / 1 行で 10 行）に出力すると、約 9 分ほどかかった。これは改良前のインクリボンを用いたときより 25% 高速になったが、制御アルゴリズムの改良やレンズを移動させるリニアモータの性能改善などで、より一層の高速化が期待できると思われる。

一次試作のもう一つの問題点は、プリンタ本体と制御部の重量が合計で 50Kg を越えたことである。しかしそのような結果になった理由は、プリンタ本体の開発を優先し、プリンタを制御する制御部には、制御アルゴリズムの変更が簡単にできるように一般のパソコンを流用したからである。制御部を専用のボード一枚に収めることは、制御アルゴリズムが決まれば技術的にはそう難しいことではないので、目標である大人一人が持ち運びできる程度の寸法・重量にすることは十分に可能である。

給紙部については、50 枚程度の普通紙を自動で供給できる方式を用いることにした。またパソコンとの接続部は、本来なら一般的なパラレル接続が望ましいが、今回の一次試作では設計通りの性能が実現できたかの確認を主な目的としたため、プログラム開発が容易な RS232C 接続とした。

浮き出し文字作成用ソフトウェアとしては、任意のカタカナ文字を、離散丸パターンまたは連続パターンで作成できるものを開発した。なお浮き出し文字作成ソフトと印刷ソフトは、いずれも世界標準の OS といってよい Windows95/98 上で動作する。本プリンタの特徴である三次元パターンの作成については、4-5 層程度なら技術的には可能であることがわかった。むしろ任意の立体パターンを作成するためのソフトウェアの方が、どのようなユーザ・インターフェースを持つべきかなど、まだ解決すべき問題点が多いが、ハードウェア開発には大きな問題のないことが確認された。

盲聾者が触読しやすい浮き出し文字パターンの検討は、晴眼者が被験者となって、まずは種々の連続文字パターンを評価した。この結果 20 代の被験者では、 $1.5\sim 2.0\text{cm}$ 高のカ

タカナ文字の読み取り率はほぼ 100%であった。また文字フォントでは、飾りのない sans-serif 系のカタカナが一番触読しやすいことがわかった。ただし読みの速度は、被験者による個人差が大きいこともわかった。今回の検討は、主として連続パターンの文字を対象としたが、今後は離散丸文字ドットパターンとの比較なども行ないたいと考えている。

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なった。その結果、浮き出し文字パターンを早く印字できるカセット方式のインクリボンを開発した。また光ファイバ方式のプリンタ本体を試作し、ほぼ満足すべき性能が確認できたが、重量や印字速度などの改善は今後も必要であることがわかった。それらの改善は、来年度の第二次試作において実施していきたい。

最適な触読文字パターンの開発とその触読訓練方法 に関する研究報告書

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、2cm 程度のカタカナ、細ゴシックを基準として、一部読みにくい文字に工夫をすることで適したパターンが開発できることが分かった。

A. 研究目的

本分担研究の目的は、三次元レーザ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、初年度に検討し絞り込んだ文字パターンについて、実際に触覚を使ってどの程度読めるのかを実験的に調べ、触読に適した文字パターンの開発に導くようなデータを得ることであった。

B. 研究方式

三次元レーザプリンタの開発が実験の用に供せる段階に達しなかったため、初年度に購入した立体コピーを用いて、現在存在している文字パターンから以下のことを実験的に検討した。

- (1) 漢字使用の可能性と画数との関係
- (2) ひらがな文字とカタカナ文字の比較
- (3) カタカナ文字では、教科書体・明朝体・ゴシック体
- (4) ゴシック体では細いものと太いもの
- (5) 角ゴシックと丸ゴシック
- (6) 文字サイズとして適当な大きさ
- (7) 間違いやすいカタカナと書体の関係

なお実験で用いた文字サイズは、5mm から4-5 cm までとした。被験者は、目隠しをした触覚の正常な晴眼者20~40の男女6名であった。

C. 研究結果

典型的な二人のデータを図1、図2に示す。正答率を見ると、この文字サイズ範囲では、カタカナはほとんど100%の正答率で読みとれることがわかった。逆に漢字はサイズを大きくすると正答率が上がるが、なかなか100%にはならない。たとえ5cm のサイズまで拡大しても、ほとんどの被験者で漢字文字の認識率は100%に到達しなかった。被験者に漢字

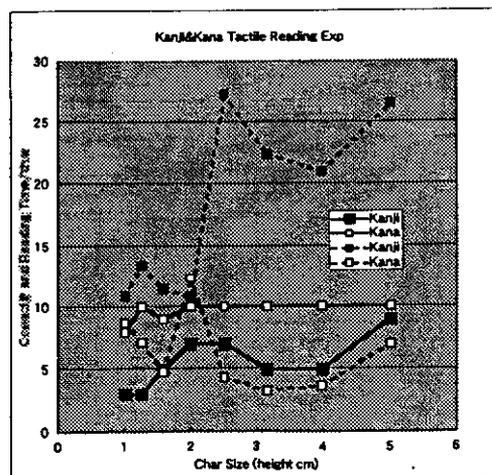


図1 大きさに関する実験結果 (被験者A)

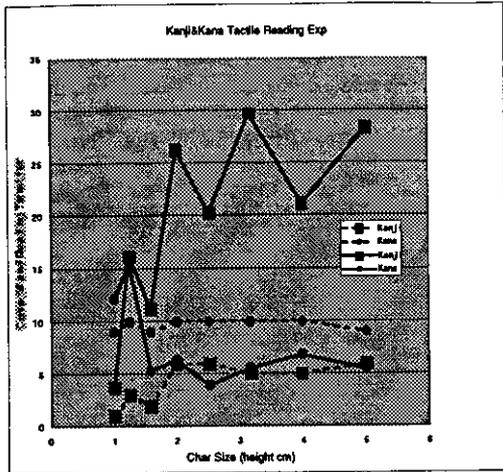


図1 大きさに関する実験結果 (被験者B)

の触覚提示について、5cm まで拡大しても十分ではなく、実験で使った刺激サイズの範囲では、漢字の読みとりが確実にするサイズがなかったことを意味している。被験者の内観から言うと、サイズが大きくなると細部は読み分けられるようになるが、走査する範囲は広くなり、全体の構造の理解が困難になるため、必ずしも認識が容易になるとは言えないことが分かった。

認識にかかる時間をみると、カタカナでは、サイズが大きくなると一定の範囲に落ち着くのにに対して、漢字はサイズが大きくなると、かえって時間がかかるという結果になった。これは、サイズが大きくなると読みとれる可能性が高くなるので、それまで読めなかったような複雑な漢字を読もうとするために、時間がさらにかかるというわけである。すべてのサイズに、カタカナと同程度の画数の漢字から、十数画の漢字まで含まれており、サイズが小さいうちは、カタカナと同程度の画数の文字をカタカナと同程度の速度で読んで、それ以外を無理だと切り捨てているが、サイズが大きくなると、画数の多い漢字を読むことができる。その場合には、カタカナに比べ

ると格段に時間がかかっていることが分かる。

正しく読みとれた漢字についての読みとり時間は、正答率が上がるにつれて上昇し、1文字あたり一分近くかかるようになる。英語では読書速度が1分に60文字を切ると意味の理解が困難になるという研究があり、1分に1~2文字という速度は読書としての実用にはほど遠いといわざるを得ない。文字読み時間に時間がかかりすぎて内容を忘れるというわけである。また、サイズを単純に大きくしただけで読みとり精度が単調に上がっていくことを期待するのも困難であることが分かる。

次にフォントについては、5種類のフォントを用いて同様の実験を行なった。用いたフォントは、教科書体、明朝体、細ゴシック体、太ゴシック体、細丸ゴシック体の五つである。実験結果の一例を図3に示す。横軸は文字の大きさ、縦軸は認識までの時間であり、サイズが大きくなるにつれて、一定の読み時間に収束することがわかった。

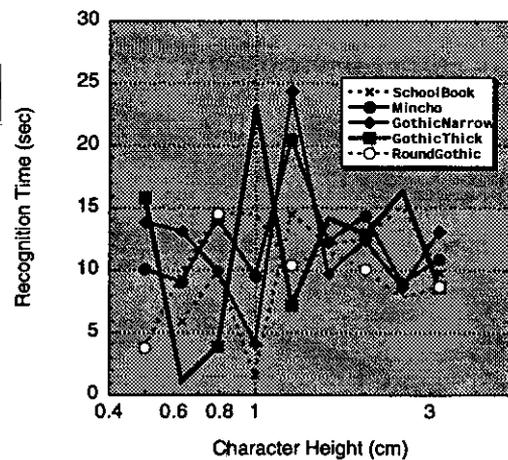


図3 フォントの違いによる実験結果の一例

以上の結果をまとめると、

- (1) 漢字については、ほとんどの文字が触覚での読書に適していないことが分かったが、画数がカタカナと同じ程度の文字につい

- での成績は、カタカナと違いがなかった
- (2) ひらがなとカタカナでは、読みやすい文字の大きさなどに統計的に有意な違いがみられなかったが、被験者はすべてカタカナの方が読みやすい、ひらがなは読んでいて疲れるという報告をした
- (3) 明朝体と細ゴシックが読みやすいことが分かったが、文字によっては、丸ゴシックが良いもの、明朝体が良いものなどの違いが分かった。
- (4) 20-40歳の被験者では、1.5~2cm程度の文字サイズが読みやすいことが分かった。また、どの文字を使っても1文字あたり10-25秒程度の時間が必要で、読書速度は、1分当たりせいぜい6文字という非常に遅い結果が得られた。

D. 考察

浮き出し文字を触覚で読む場合には、2cm程度のカタカナ、細ゴシックを基準として、一部読みにくい文字に工夫をしたものが適していることが分かってきた。つまり、触覚での読み取りに適した文字パターンをデザインするための基礎データがほぼそろったと考えられる。ただし、いわゆる読書のニーズには、触覚による浮き出し文字の読みとりは適していそうもないことも確認された。1分間に6文字という速度は、意味を理解するには、遅すぎると考えられている。また、高齢者の被験者では、文字サイズとして、より大きなものが必要になるかもしれないので、盲ろう者の圧倒的多数である高齢者を対象として実験が必要になると思われる。

E. 結論

触読用の文字パターンとしては、2cm程度

のカタカナ、細ゴシックを基準として、一部読みにくい文字に工夫をしたものが適していることが分かった。高齢者には、文字サイズの拡大が必要になるかもしれない。今後は試作したレーザー・プリンタを用いて、連続文字パターンと離散丸文字パターンとの比較などを行ない、盲聾者が読みやすい文字パターンを決めていきたい。

F. 研究発表

2. 学会発表

- (1) 小田浩一、原田尚子：触覚の読みとりに適したフォント、第25回感覚代行シンポジウム予稿集、p113-116、1999