コンピュータによる点字の学習と入出力に関する考察

平成 15 年 2 月 6 日

情報電子工学科 竹野研究室
松本 賢一

目 次

1 はじめに **1**

2 視覚障害者にとってのパソコン使用の意義 **1**

3 視覚障害者のコンピュータ利用環境 **2**
3.1 障害程度別に分類されるコンピュータ環境 2
3.2 OS 別に分類されるコンピュータ利用環境 3
3.3 視覚障害者用情報機器 4

4 点字とコンピューター **4**
4.1 点字使用の意義 5
4.2 点字の特徴 5
4.3 点字の長所と短所 8
4.3.1 短所の改善と今後の課題 10
4.4 視覚障害者向けの点字ソフトの考察 11
4.4.1 点字ソフト利用の現状 11
4.5 音声出力点字学習ソフトの目的 12
4.5.1 音声出力点字学習ソフトの考察 12

5 視覚障害者の点字触読、読み取りの学習 **13**
5.1 点字読み取り過程における階層モデル 14
5.2 階層モデル 15
5.2.1 点字読み取りの階層モデルをふまえて 18
5.2.2 点字サイズが触読効率に及ぼす影響 18

6 コンピュータによる点字の入出力 **22**
6.1 コンピュータによる点字の入力 22
6.2 コンピュータによる点字の出力 23

7 まとめ **25**

参考文献 **26**

概要

視覚障害者が音声によりコンピュータを利用できれば従来は困難であった、豊富な情報の入手や社会参加が可能となる。晴眼者は初心者でもいきなりPC上の機能を使う練習とキーボードの練習を並行してして行うことが出来るが、視覚障害者の場合はまず、キーボードという空間概念を把握しキー配列を覚えなくてはならない。また、視力も聴力もないとなると、コンピュータとの間のコミニュケーション手段は「点字」が思いつく。しかし、点字を使ってコンピュータの情報を読む、点字も読めない、という視覚障害者は少くはない。そこで本稿ではまず視覚障害者のコンピュータ利用環境や現状について報告するとともに、視覚障害者向けソフトの有効性の確認や視覚障害者の点字解読の効率を上げるための学習を考慮し、コンピュータによる点字の学習と、入出力に関して考察した。

1　はじめに

現在、点字を使える視覚障害者は視覚障害者全体の約 10 %であり、今だあまり点字習得はなされていない。その理由として、幼い頃から視覚のある人は時間的にも環境的にも恵まれており熱意がある反面、成人してから視覚を失った人は、時間や環境もだが点字を習得することに対して苦痛を感じると思われる。視覚障害者にとって、文字を自分の力で書くことや、点字を思うように使えるようになることは長年の夢であった。画面表示が確認できない視覚障害者のために、音声を読み上げる機能のついたワープロソフトが開発され、普通文字を書くこと等が現実のものとなった。さらに最近では音声化ソフトの普及によってコンピュータを利用できる視覚障害者は増加している。しかし、晴眼者は初心者でもいきなりコンピュータの機能を使う練習とキーボードの練習を並行して行うことができるが、視覚障害者の場合はまず、キーボードという空間概念を把握し、キー配列を覚えなくてはならない。そこで始めてコンピュータの機能や操作を習得していくこととなる。本稿では主に点字を取り上げる。また、視覚障害者向け点字ソフトを提案し、利用の現状やその有効性について調べ、キーボードからの点字の入力方法について考察する。点字を使ってコンピュータの情報を読めない、点字も読めないという視覚障害者は少くない。そこで、点字触読の効率を上げるための学習を取り上げ、コンピュータによる点字の学習、またコンピュータによる点字の入出力についても考察していく。

2　視覚障害者にとってのパソコン使用の意義

成人の中途失明者には点字よりパソコン視覚障害者がパソコンを使えるようになることの社会的意義は大きく、点字や朗読テープといったメディアからの情報収集に頼っていた視覚障害者が、電子メール、インターネットなどを使うことで、即時性のある情報の送受信やコミュニケーションの手段を得ることができるようになる。例えば新聞を読むという行為に関しても、人に読んでもらう必要があるが、テキスト化された新聞記事情報がインターネットから入手できるようになり、好きな時に音声リーダーを使って、ニュースを知ることが可能にもなる。また、封筒に宛名を書いて投函しなくても、電子メールを用いて他人に手紙を送ることができるようになる。このようにパソコンの利用によって視覚障害者の情報送受信の利便性は大幅に増ます。厚生省の調査 (平成 8 年身体障害者実態調査及び身体障害児実態調査の概要について) によると、平成 8 年度における視覚障害者の推計値は 305,000 人ですが、そのうちパソコンが使える人はわずか 1,000 人。また点字が使える人はすべての視覚障害者の 10 %未満というのが現状である。生まれたときから視覚がない人は点字を幼い頃学べますが、成人中途失明者には、点字習得が困難であるため、視覚障害者のための情報ディスプレイ手段として即時性のあるパソコンなどを活用した合成音声の点字活用がより有効である。

3　視覚障害者のコンピュータ利用環境

3.1　障害程度別に分類されるコンピュータ環境

視覚障害者は弱視と全盲の 2 つに区分される。

- 弱視者
  視力が 0,3 未満のものもうち、普通に文字を活用することができ、コンピューターを利用することもできる。しかし、文字の大きさ、ディスプレイの配色をカスタマイズしなくてはならない場合もある。

- 全盲者
  文字情報、配色を目で確認できない程度の視力レベルの者。よって、全盲者は音声や点字を用いなければコンピュータを利用できない。そのため、音声化ソフトや、点字ディスプレイが必要である。また、全盲者の場合は自分が眼をつぶってコンピュータを利用するのと同じで、画面情報や動作状況を表す LED ランプなどまったく認識できない。しかし、キーボードやスイッチ類の操作などは、配置や位置さえきっちり覚えればけして不可能ではない。

  そこで全盲者の場合は

- 画面情報や動作状況が音声でリアルタイムに出力される。
- 画面情報の任意の場所が必要に応じて音声で読み上げられる。
- よく使うキー、スイッチ類に点字シールなどで目印をつける。
- キーボード上に疑似的に点字の 6 点を割り付ける。
  といった事を実現することによって、全盲者はかなり楽にコンピュータを使えるようになる。

  弱視者の場合の場合についても調べてみたところ、弱視といっても視力、視野、視覚の状況が人それぞれであるため、コンピュータを利用するにあたっても

- 文字の大きさや文字間のスペース、文字の太さなどを自由自在に変換できる。
- 文字の色や背景の色、コントラストが自在に変換できる。

  といったことが求められるのではないだろうか。また、目の疲れを減らす意味で画面の基本操作部分を一部音声化することも時には必要になる。

3.2 OS 別に分類されるコンピュータ利用環境

視覚障害者にとってコンピュータが使いやすい環境を OS 別に分類し、調べてみた。

1. $PC-UNIX$

   視覚障害者が現在 DOS を使っていたり今までコンピューターを使っていなかった人からすれば UNIX を始めることは難しく、面倒なようにおもわれるかもしれない。しかし MS-DOS と同じテキストベースになっているため UNIX への移行も容易であると考えられる。また GUI ベースの視覚障害者向フリーソフトウェアも充実しているため、UNIX を利用している視覚障害者も少くはない。ただし、UNIX 上でのスクリーンソフトがないため、全盲の視覚障害者が UNIX を使うとなると、’2 台と外付けの音声装置が必要になる。UNIX ではミスタッチでタスクが切り替わると言うことは起こりにくい設計になっている。

   また

   - 古くから使われているので、安定している。
   - そして、長い期間使われていたので膨大なノウハウの蓄積がある。
   - コマンドの組合せで、複雑な操作ができる。
   - 初心者にはとっつき難いかもしれないが慣れれば慣れる程、 使いやすくなってくる。
   - 色々な意味で、自由度が高い。
   - プログラムを作る環境が整っている。
   - ネットワークに強い。
   - マルチタスク、マルチユーザ機能が使用できる視覚障害者のためのシステム

   以下に UNIX と MS-DOS の特徴でもある、マルチタスク、マルチユーザについて述べる。

   - マルチユーザ機能

     マルチユーザ機能とは、複数の利用者が同時に利用できる機能。見かけ上は同時に実行しているように見えるが、実際にはそれぞれの利用者ごとに短い時間間隔で切り換えながら処理する。
   - マルチタスク機能

     マルチタスク機能とは、複数のプログラムを同時に実行させることができる機能。ここでいう同時とは見かけ上の同時であって、厳密にいえば同時ではない。

2. $MS-DOS$

   画面情報のやりとりは主に文字を中心に行われる「VDM」などの音声化ソフトを使うことによって画面情報 (文字) をそのまま音声出力が行われる。MS-DOS はキャラクターベースの OS であるため、視覚障害者向とされている。MS-DOS は基本的にシングルユーザ機能しかないので、複数の人が同時に使うことはできない。

3. $MS-Windows$

   画像が多く文字でのやりとりが少い OS なため、文字ベースでの音声変換が困難である。 $MS-Windows$ のユーザーインターフェイスのグラフィック化は、これまで以上に視覚障害者ユーザーを「コンピュータ弱者」としつつある。マウスで画面情報を得る GUI 環境、視覚障害者が使えるように音声出力や点字出力機能を付加する働きをするスクリーンリーダーの機能、DOS ベースで達成されていた水準の操作性、機能性が乏しいため視覚障害者にとっては使いずらいものとなっている。しかし、画面情報なども特殊なソフトウェアや点字ディスプレイ使えば確認することができる。また $MS-Windows$ は視力が無ければ自力でインストールすることができない。つまり os のインストールは視力がなければ不可能である。それに反し PC-UNIX(FreeBSD,Linux,Solaris) 等は自力でインストールすることができる。

3.3 視覚障害者用情報機器

1. 点字ディスプレイ
   点字ディスプレイとは文字等のコンピュータ画面情報を点字で示すものである。また、カーソル行の、あるいは、ポインター位置の文字がピンの凹凸で提示されるようになっている。また、任意で次の行に進んだり、前に戻ったりもできる。点字ディスプレイの方式としては、磁気でピンを出し入れする方式が実用化されている。現在では、様々なサイズの点字ディスプレイが市販されており、それぞれ、その出力をサポートするソフトウェアと組み合わせてコンピュータから利用されいる。

2. 画面拡大装置、ソフト
   弱視者がコンピュータを利用する場合、画面が化雨だいできると大変便利である。コンピュータの画面を拡大させるには、ソフトウェアによる場合と特別な装置を用いる場合の 2 通りがある。MS-DOS の環境では、画面拡大装置が利用されていたが、MS-Windows の環境ではソフトによる画面拡大が主に利用されている。

4 点字とコンピューター

日ごろ用いている点字の読み書きをもっと容易にするために、コンピューターをどう活用すればよいかという問題を取りあげる前提として、点字の読み書きのどんなところに解決すべき問題点があるのかを明らかにしておく必要がある。点字の熟練者は、点字タイプライターや点字板を用いて、正眼者がボールペンや鉛筆で普通の文章を書くのよりも速

く、点字を書くことができる。また、点字の触読においても、少なくとも音読の速さで、普通の文字を正眼者が目で読む速さに劣らない。そのため、点字の読み書きの熟練者の中には、その不便さを意識していない人も多い。もちろん、速くて正確な点字の読み書きに習熟させることは、それ自体必要なことである。しかしながら、それだけでは充分ではない。われわれは、点字の読み書きの長所と短所を明らかにし、その長所を生かしながら、短所を改善する方法を考える必要がある。ルイ・ブライユが 6 点式点字を考案してから 155 年、石川倉次が日本の点字を翻案してから 91 年が過ぎ去った。

4.1 点字使用の意義

点字を書くのにコンピューターは非常に便利である。それだけではなく、いろいろな音声化ソフトや周辺機器が開発されたり、視覚障害者用のパソコンも開発されて、視覚障害者にとって今やコンピュータはペンであり、目でもある。点字ワープロソフトは、仮名やローマ字入力だけでなく、点字や音声で入力し、漢字仮名交じりの文章を書くことができる。

4.2 点字の特徴

点字用紙に記された一マス 6 点 (縦 3 点× 横 2 点) の突起で文字を表し、視覚障害者が凸面を指でなぞることで読みとる事ができるもの。１８２５年、フランスの Louis Braille(1809 ~ 1852) によって考案され、１８５４年フランスで採用されたのを皮切りに、次第に各国で採用され、日本では１８９０年石川倉次 (1859 ~ 1944) によって翻案した。

1. 点字の構成
   点字は横書きで左から右へと凸面を読む。点字の一つの単位である一マスは、縦 3 点が 2 列並んだ 6 点から構成される。この点の位置は、前のマスに近い側の上から、(1) の点、(2) の点、(3) の点と呼ばれ、うしろのマスに近い側の上から (4) の点、(5) の点、(6) の点と呼ばれる。下図参照。

2. 清音 (５０音)

   点字のおもて (凸面) の左上の三角形の位置にある点の組合せが母音を表し、右上の三角形の位置にある点の組合せが子音を表す。そこで、「アイウエオ」に、(6) の点を加えるとカ行、(5)(6) の点を加えるとサ行、(3)(5) の点を加えるとタ行、(3) の点を加えるとナ行となる。さらに、(3)(6) の点を加えるとハ行、(3)(5)(6) の点を加えるとマ行、(5) の点を加えるとラ行となる。このように、点字がなでは、ひらがなやカタカナと異なって、母音や子音の部分を区別できるが、ヤ行とワ行は例外である。ワ行は、ア行と同じ形を一番下の位置に表し、ヤ行は、このワ行に (4) の点を加えて表す。

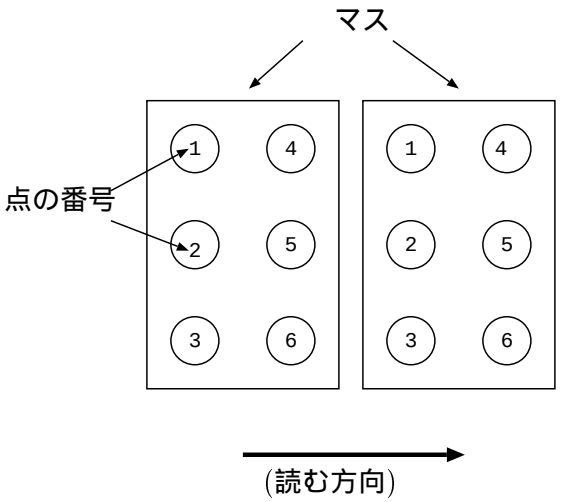

Fig. 1 点字の構成図

「アイウエオ」を覚えたら、それに加える点の位置を覚えるために、次ページの呪文のようなものを唱えるとよいと考えられる。次ページ Fig.1 参照。

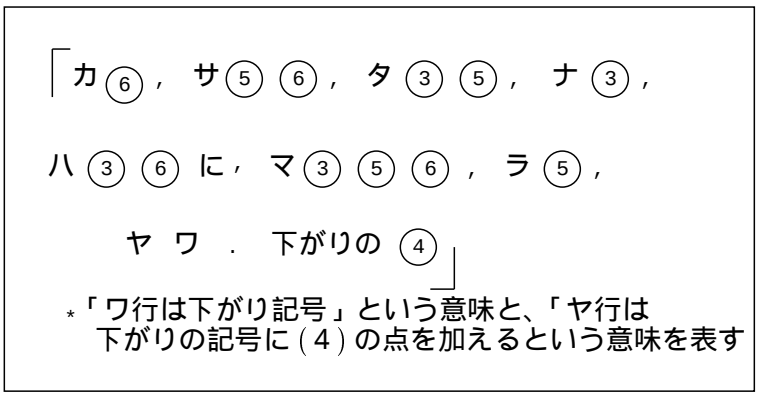

Fig. 2 点の位置を覚えるための表

3. 濁音、半濁音

- 濁音
  清音 (５０音) に濁点の (５) の点を前置すると濁音を表す。ひらがなやカタカナでは、濁点を清音の右肩にそえるので、横書きにすると後ろの上に位置することになる。ところが、点字は指先に触れた順序で 1 つずつ読み取っていくので、濁点を後置すると、先に読み取った清音を濁音に訂正し直さなければならなくなる。たとえば、「カ」と読み取った後、濁点がくると、「ガ」と訂正しな

ければならないのである。そこで、濁点を清音の 1 つ前の場所のマスに前置しておくと、まず最初に濁点を読みとって、次に濁点であることを予測し、「カ」が出てくれば、それを「ガ」と読みとればよいのである。

- 半濁音
  半濁音の場合も濁音とその点は同じである。ハ行の清音の 1 つ前のマスに、半濁点の (6) の点を前置して表すことができる。

4. 数および数字を含むことば

   - 点字は、6 つの点の組み合わせだから 63 通りしか記号を作れない。そこで、数字やアルファベットなどは、それぞれの前置点と組み合わせで、同形の点字仮名と区別している。
   - 数字は、それを表わす前置点の数符に続けて、「ア・イ・ウ・ル・ラ・エ・レ・リ・オ・ロ」と書くと、「1・2・3・4・5・6・7・8・9・0」となる。これを算用数字と同じく続けて、「1990」と書くと、「セン・ヒャク・ジュー・イチ」の位を表わす。

5. 1 ページに入る文字数 1 ページに入る点字を単純にマス目の数からいうと

   - B5 サイズで 約 650 字
   - A4 サイズで 約 840 字

   の文字が入りますが、通常の文章を点字に翻訳すると、点字には漢字がないためすべてがカナ文字に変換されます。そのため通常の文章の約 2 倍の量になる点に注意しなければなりません。

6. わかち書き

   一般の人が読み書きする文章は、漢字とカナがつかわれています。その中で漢字の果たす割は大きく、単に意味だけでなく文の区切りにも大きな役割をはたしています。このため普通の区切りは句読点で十分に事足りています。ところが、触読文字である点字はすべてがカナ文字であるため、区切りについては、特別な配慮が必要になってきます。そこで一定のルールに従ってマスをあけ、文を読みやすく誤読のないように工夫されたわけです。これを「マスあけ」あるいは、わかち書きという。

   例 :「ミンナモットテンジヲシロウ」を点字で分かち書きすると、「ミンナ　モット　テンジヲ　シロー」となる。

7. 使い分けの必要

   点字には 1 マス 6 点しかありません。そのため同じ点の組み合わせで幾通りにも使

われます。例えば、1 の点 (a) は「あ」でもあり、数字を表す数符を前置すれば、「１」でもあり、外国語を表す外字符を前置すれば、「a」でもあるわけである。

8. 墨字 (スミ字)

   点字に対して、晴眼者 (視覚障害者に対して眼の見える一般の人を指す) が使う文字を、「すみじ」と呼んでいる。

9. 点と点の中心間の長さ

   点字は縦 3 点、横 2 列の 6 点から一マスが構成されているのが基本である。そのマスが左から右へ横に並んでいるのが行であり、複数並んだ行と行の間を行間と言う。ない、凸点の出ている側を点字の「表」といい、手指の先で左から右へ触読することとなる。そこで、点の名称、点間、マス間、行間の位置を点字の「表」(凸面) から図示する。次ページの図「点と点の中心間の長さ」を参照。点字の大きさは国によってあるいは点字出版社や点字製版システムによっても異なっている。

Fig. 3 点と点の中心間の長さ

4.3 点字の長所と短所

この間、点字が愛用されてきたのは、それなりの長所があったからである。そのおもなものは次のようなことからである。

1. 自分で書いたものをすぐ読み返すことができる。

2. 点字を知っている人とならコミュニケーションが成り立つ。

3. 点字タイプライターのキーの操作は容易で、それらのキーの組み合せで、すべての記号をつくりだすことができる。
4. 適切な指導と学習の結果、正眼者が普通の文字を書くよりも速く、正確に点字を書くことができるようになる。
5. 学習の時期と方法がよければ、1 分間に 600 ~ 1000 文字程度の速さで、触読することができるようになる。
6. 点字は、ひとつの点が欠けても別な記号となってしまうという厳しさがあるが、どの記号も短かい時間で読み取ることができる。
7. 点字の記号体系は、前置符号で大きな分類を表した後、その中に含まれる記号がでてくるようになっているので、時間の流れにそって読み進むことができる。
8. 両手の触読で、行変え時間の短縮や読み速度の調節、飛ばし読みやもどし読み、必要な箇所の発見などが、比較的容易にできる。

次に、点字の短所について調べた結果は以下の通りである。

1. 自分で書いた点字を読み返して誤りを見いだしても、訂正や削除あるいは追加などが容易にはできない。
2. 1 ページの割付けや表のレイアウトの変更などの編集が容 易にできない。
3. 普通の文字からの点訳に多くの人手と時間がかかるので、情報の入手が制限されるとともに、読みたいとき即座に入手できない。
4. 1 部しかない貴重な点訳原本を、校正・編集した後に、必要部数を複製することが容易にはできない。
5. 点字で書かれているものを、普通の文字に容易に変換することができない。
6. 話しことばを点字に変換したり、点字を音声に変換することが容易にはできない。
7. 紙に書かれた点字はかさばり、収納や運搬あるいは郵送に不便である。
8. 辞書や百科事典あるいは各種の資料が点訳しにくく、点訳してあっても必要な箇所の検索がすばやくできない。
9. 点字楽譜を読みながらピアノを演奏するときのように、点字を読みながら両手を使う作業ができない。
10. 点字で筆算が容易にできない。
11. 点図の作成や読み取りが容易にはできない。

4.3.1 短所の改善と今後の課題

以上点字の主な長所と短所を明らかにしてみたが、これらの長所を生かしながら更に発展させせこれらの短所を改善することが必要である。そのためにはまず、コンピューター、特にマイクロコンピューターを活用することが、もっとも効果的であると思われる。考えてみれば、点字の体系は、六つの点の位置にそれぞれ点が有るか無いかの二通りの組み合せであるので、コンピューターであつかう数と同じである。両者は共に 1 か 0 かの 2 進数の体系であるからなじみやすいものである。きちょうめんな細かい記号体系を整備し、正確に書くことによって、点字におけるさまざまな問題点をコンピューターで一挙に解決することができるようになるはずである。
そこで、現在までに解決されている問題点と、今後解決されるべき課題について、調べてみた。

1. 点字製版・印刷装置の開発
   アメリカの H・ホールが、点字タイプライターと共に、亜鉛板製版・ローラー印刷装置を発明してから、すでに 90 年になろうとしている。この間、この装置は、視覚障害者に多くの利益をもたらした。しかしながら、校正・編集作業をともなう製版が限定されるために、多種目の需要にこたえることができないことと、亜鉛板の保存・収納に多くの場所を要することが問題となって、コンピューターを用いた技術開発が開始された。

2. 点字教材作成設備
   点字入力は

   - 紙に書かれた点字を自動的に読み取るもの
   - カナ・キーで入力して点字に変換するもの
   - フロッピーディスクに磁気記録されているもの
   - 点字キーで直接打ち込むもの

   の 4 通りある。このうち、点字シートの読み取り部分は、B5 版縦長の点字紙の片面に、点字タイプライターや各種の点字板で書いた教材や試験問題を、1 ページ 30 秒程度の速さで裏面から読み取るものである。はっきり書かれた点字であれば、99.95 パーセントの信頼度で読み取るが、つぶれかかった点について点の有無を判定することはむつかしいようである。

3. 今後の課題
   漢字かな混り文の自動点訳である。英文においては、英文字や数字のかたちは、比較的単純であるため、自動読みとりも容易にできる。しかし、漢字かな混り文の場合は漢字の読みとりにおいて困難である。さらに、かな体系の点字から漢字かな混じり文を打ち出す自動代書となればもっと困難がともなってしまう。今後は、この問題の解決策として、漢字の表音性をすべて伝えるものである必要があると思う。また、それには点字ディスプレイの使用が必要であると考えられる。

4.4 視覚障害者向けの点字ソフトの考察

4.4.1 点字ソフト利用の現状

視覚障害者のコンピュータを習得する意義は大きい。さらに、音声化ソフト、画面拡大、点字ソフトなど視覚障害者をサポートするソフトが次々に開発され、コンピュータ習得を望む視覚障害者の数は年々増加する傾向にある。その中から取り上げ、株式会社アイメディアによる、音声による点字読み取り、点字読み上げソフト「ドットリーダー」を提案し、キーボードの任意のキーを点字の 6 つの点に見立てて音声化することで、視覚障害者が自力での点字の学習を可能にする音声出力点字学習ソフトの目的を述べ、考察をしてみた。

1. 音声読み上げ点字ソフト (ドットリーダー)
   点字の苦手な視覚障害の人でも、音声でその内容を読むことができる。また、点字を知らない晴眼者の人でも、ひらがな表示で、点字文書の内容を知ることができる。さらに、紙に書かれた点字を、データ化することができる。

   - 主な機能
     合成音で読み上げ
     点字とひらがなで画面に表示
     点字データに保存
     紙に書かれた点字のデータ可

   - 主な特徴

     (a) 以下の点字は読むことができる
     点地板で書いた手書きの点字 (両面でも可能)
     懐中定規で書いた手書きの点字
     点字タイプライターで書いた点字 (両面でも可能)
     亜鉛板で印刷した点字
     エンビ板で印刷した点字 (しわが寄っている場合には少し精度が落ちる) 点字プリンタでインターライン方式で印刷した点字 (両面でも可能)
     点字プリンタでインターポイント方式で印刷した点字 (少し精度は落ちる)

     (b) 以下の点字は基本的には読むことができない
     色の付いた用紙に書かれた点字
     墨字の書かれた用紙に書かれた点字
     点字用紙以外の素材に書かれた点字
     薬品や樹脂等で盛り上がらされている点字

   - 視覚障害者の利用
     点字用紙をスキャナの上にセットして、スペースキーを 2 回押すだけ。しばら

く待っていれば、点字の内容を合成音で読み上げる。活字読み上げソフト「E メール」等にも使用しているシングルヘルプ、ダブルクリックの実行方式のキーインタフェイスを採用しているため、コンピュータ初心者、視覚障害者も上達が早い。

- 晴眼者の利用
  点字の形とそれに対応したひらがなが画面に対応表示されるため、点字の読みを学習するのには最適である。視覚障害者からの手紙を受け取った時でも、すぐにその内容を確認できる。

4.5 音声出力点字学習ソフトの目的

点字を扱える視覚障害者が少い理由として、点字学習の困難さが挙げられる。生まれた時から視覚がない点字を学ぶ時間にも恵まれ熱意もある反面、成人してから視覚を失った人は、時間もだが点字を習得する事に苦痛を感じると思われる。タイピングソフトのような、ゲーム形式にすることによって、こうした視覚障害者が点字を学習する一つの動機にもなりえる。

4.5.1 音声出力点字学習ソフトの考察

読み上げられた文字に適した点字を入力させるという方法を取る事が出来ないであろうか。ここで問題となってくるのは点字の入力方法である。
点字は縦 3 点、横 2 点、計 6 点からなっている。しかも凹凸の組合せによって文字が作られている。非常に複雑である。どのようにして凹凸の組合せをコンピュータに認識させればよいだろうか。
視覚障害者がコンピュータにキーボードから文字を入力する方法としてキーボード上に任意の 6 点をつくり、それを点字 1 マスの 6 つの点と見立てて、入力することにより文字を認識させるいうものである。各点のどのキーに割り当てるかだが、視覚障害者ににも理解しやすいように突起のある F 及び J のキーを中心に考えるのがよさそうである。キーの割り当ての例を図 4 に示す。

この 6 つのキーによって文字をコンピュータに入力する。例えば「あ」は点字では 1 の点の凸で表される。よって「F」を入力する。また、「た」ならば 1 の点、3 の点、5 の点の 3 つの凸で表される。さらに、「さ」ならば 1 の点、5 の点、6 の点を入力する。複数のキーの場合、それらを同時に入力する。図に 5 示す。
以上がキーボード 6 点による点字入力方法である。

考察してみた結果、この方法には次のようなメリットが考えられる。

1. 今使われているキーボードをそのまま利用できる
2. すでに 6 点キー入力方式を使っているユーザにとっても有益となる

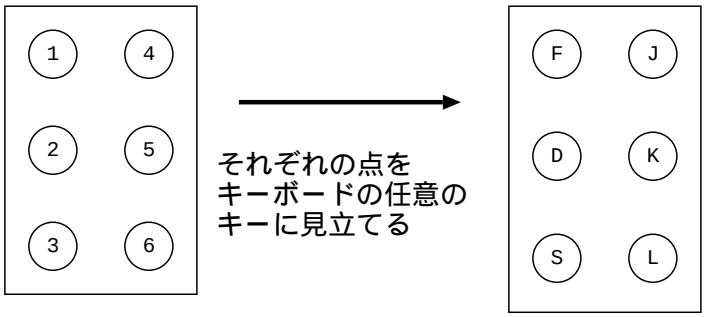

Fig. 4 各点字の各点におけるキー割り当ての例

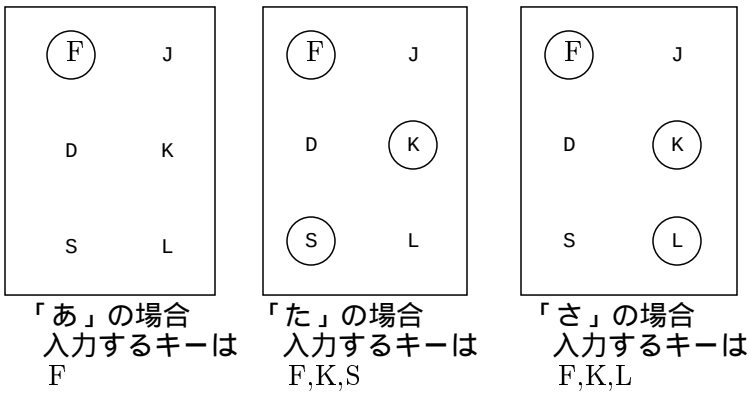

Fig. 5 各点字の各点におけるキー割り当ての例

3. 初心者は点字についての学習と共に 6 点入力をもマスターできる
4. 通常の点字の大きさと違い、コンピュータのキーという大きなものを使うことにより、個人差はあるが、点字習得までの時間的効率が良い
5. 今まで、点字タイプを使っていた人は、割とスムーズにパソコン点訳に移行できると思われる。

5 視覚障害者の点字触読、読み取りの学習

視覚障害者はコンピュータを使う意義として点字を扱える人は少い。さらに、視覚障害者は点字触読力を高めるのには、非常に困難である。そこで点字触読能力に優れた読み手の触読課程をもとに、視覚障害者の効果的な点字触読について考察した。(国立特殊教育総合研究所, 点字読み取り過程の階層モデルより)

- 30 名の点字常用者 (小学生 3 名、中学生 16 名、高校生 6 名、成人 5 名) を対象者として、1 マスの点字 63 字形と、2 マスの点字 125 字形 (濁音、半濁音、拗音、外来音、数字、アルファベット) をひとつずつ提示して、指先を動かしながら読み取るときの点字の印象の報告を参照し考察した。(国立特殊教育総合研究所, 点字読み取り過程の階層モデルより)

5.1 点字読み取り過程における階層モデル

報告に現れた印象を、点の結合のしかたによって、

- A(孤立した点)
- B(水平方向に結合した横線および横線と点)
- C(垂直に結合した縦線および縦線と点)
- D(水平と水平方向に結合したカギ形およびカギ形と点)
- E(高さの異なった点を結合した斜線および斜線と点)
- F(正方形長方形および正方形と点)
- G(三角形や平行四辺形など、斜線を含む図形)

などの 7 つの反応のカテゴリーに分類した。

一方、各対象者に関する項目の調査の結果では、生活年齢 (平均 17.9 歳、SD7.7 歳、範囲 10 ~ 42 歳) 、2 点弁別閾 (平均 0.98mm、SD0.42mm、範囲 0.3 ~ 1.9mm) 、触読年数 (平均 9.1 年、SD7.7 年、範囲 1 ~ 36 年) 、文章の 1 分間速読みマス数 (平均 285.9 マス、SD133.6 マス、範囲 74 ~ 611 マス) 、文字の 1 分間速読みマス数 (平均 117.6 マス、SD31.2 マス、範囲 35 ~ 184 マス) のデータが得られている。 これらのデータは尺度を異にしているので、すべて順位に置き換えて、反応カテゴリーとの関係を統計的に明らかにし、それを分析した。その結果、触読年数および文章や文字の読み速度を中心として、反応カテゴリーとの関係が、つぎのように明らかとなった。

1. 1 マス点字の過半数の字形で、対象者の 8 割以上の反応が、点の配置や点間の距離に極めて強く規定されている。すなわち、孤立した点や 4mm 以上離れた 2 点からなる (1 の点　13 の点　16 の点) の類では、A の点パターンに集中し (FIG.6 参照)、水平方向に隣り合う 2 点を含む (14 の点　1346 の点　146 の点) の類では、B の横線パターンに集中する (FIG.7 参照)。垂直方向に隣り合う点からなる (123 の点　12 の点) の類では、C の縦線パターンに集中し水平と垂直方向に隣り合う点

からなる (1456 の点　124 の点　145 の点) の類では、D のカギ型パターンに集中している。

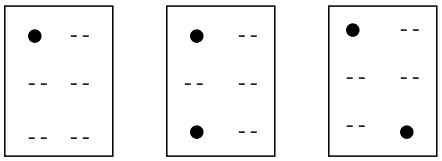

Fig. 6　A の点のパターン

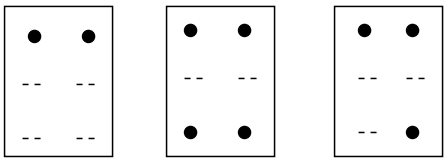

Fig. 7　B の横線パターン

2. 1 マス点字で、反応が分かれる字形では、触読年数が長く読みの速い者が、1 マスの左右を半マスずつ分離した反応パターンをとるのに対して触読年数が短く読みの遅い者は、1 マスを一体化した反応パターンをとっている。すなわち (15 の点　26 の点　24 の点　35 の点　246 の点　135 の点) では、触読年数が長く読みの速い者が、A の点パターンをとっているのに対して、触読年数が短く読みの遅い者は、斜め方向に 3.1mm 離れている左右の 2 点を結合して、E の斜線パターンをとっている。また (2456 の点　1235 の点　1256 の点　12456 の点　23456 の点　23456 の点　12345 の点　12356 の点) では、触読年数が長く読みの速い者が、C の縦線パターンをとっているのに対して、触読年数が短く読みの遅い者は、左右を一体化して、斜辺を含む図形の G パターンをとっている。

3. 2 マスの点字においても、触読年数が長く読みの速い者が、1 マス目と 2 マス目を分離しているのに対して、触読年数が短く読みの遅い者は、2 マスを一体化した図形としてとらえている。

5.2　階層モデル

点の配置や点間の距離など、字形の物理的側面の反応規定性は極めて強いが、反応が分かれる字形では、触読年数が長く読みの速い者は、1 マスの点字を左右の半マスずつ分離し、2 マスの点字を 1 マスずつ分離してとらえる反応パターンをとっている。また、点字

は横書きされたものを左から右へ順に読んでいくので、最初のマスの左半マス、右半マス、次のマスの左半マス、右半マスの順で指先に現れる。これらの現象を統一的に解釈するために、図のような想定した階層モデルを下図に示す。

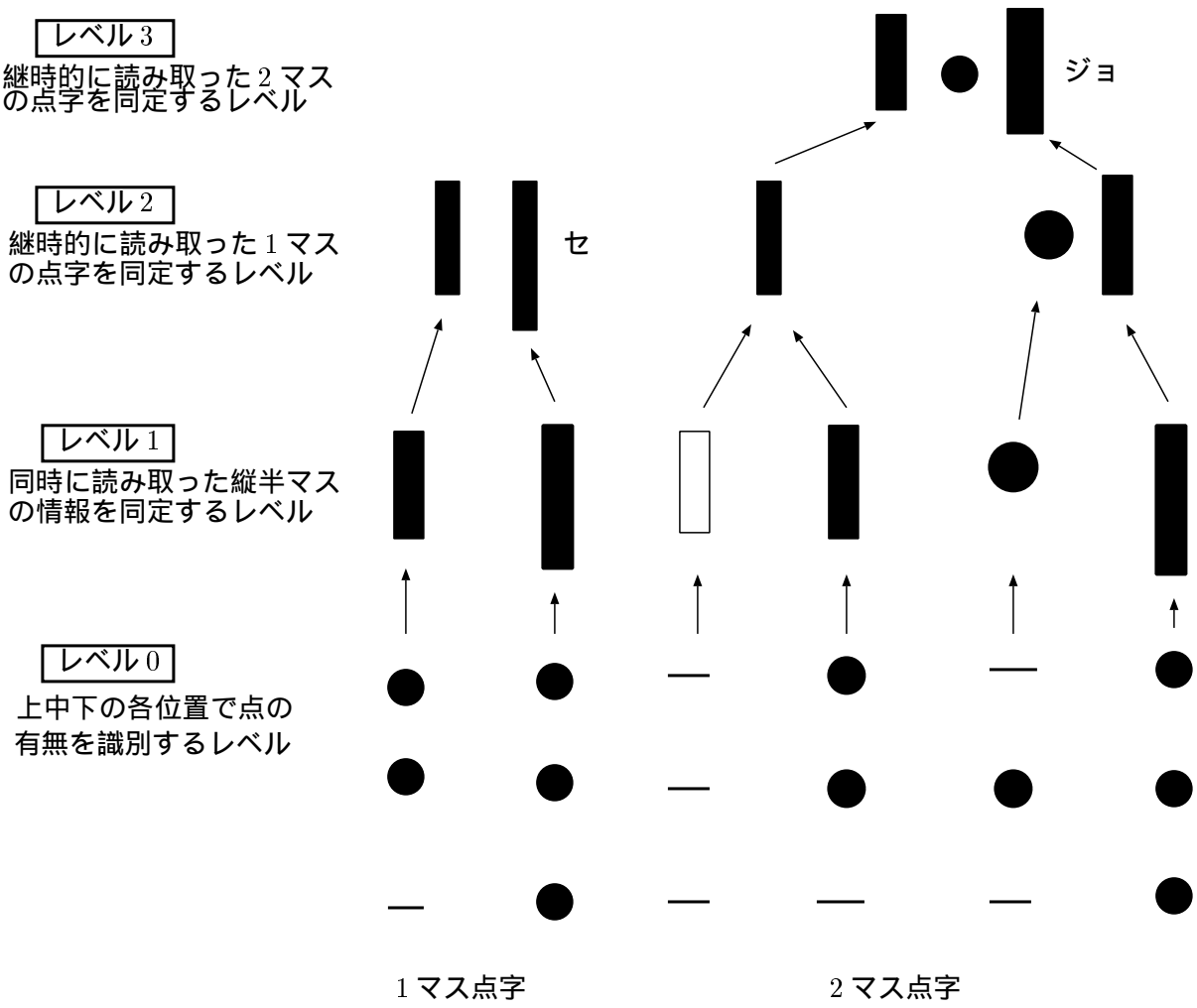

Fig. 8　点字の構成図

このモデルは、1 マスの点字 (12456 の点) と 2 マスの点字 (45 の点 + 2456 の点) を例にして、レベル 0 からレベル 3 まで、階層的に処理する手順を表わしたものである。すなわち、レベル 0 で、ある瞬間に入力された半マス分の刺激を識別し、レベル 1 でそれを同定する。同様にして同定された残りの半マスと、レベル 2 で合わせて 1 つの字形を同定する。レベル 3 では、同様にして上がってきた 2 マスを合わせ、2 マスの点字を同定する。次にレベルごとに詳述する。

- レベル 0：ひとさし指の指頭の触覚面 15mm の中に、振動子を 1 列に等間隔で並べて刺激した場合、刺激数が 5 以上になると、情報伝達量はほとんど変化しなくなり、

6 ないし 7 で飽和状態になるので、同時に伝達できる情報は 100 程度と言える。このことは、縦 5 点横 2 列の 10 点点字はかろうじて処理可能であるが、現行の 6 点や 8 点の点字は、十分に処理できることを意味している。縦 3 点横 2 列の 6 点点字では、ある瞬間には半マスずつ入力されるので、上・中・下の各位置で点の有無を識別し、そをれそのつどレベル 1 に上げていく。

- レベル 1：半マスに含まれる 3 点の組み合わせは 8 通りであるが、レベル 1 でその中のひとつが選択される。すなわち、(123 の点；長い棒) (13 の点；離れた 2 点) (12 の点；短い棒が上の位置) (23 の点；短い棒が下の位置) (1 の点；1 点が上) (2 の点；1 点が中) (3 の点；1 点が下) (1 点もない) の 8 通りのうちのひとつが同定されるのである。このようにして 1/8 が選択されることによって、1 マスの点字の 63 字形のうち、8 分の 7 の 56 字形は選択の範囲の外に置かれることになる。この場合、触覚面の垂直方向に同時に入ってくる 3 点の関係は、空間的な関係としてとらえることができる。対象者の指頭の空間解像力を測った 2 点弁別閾は、2mm 以下であり、12 点間および 23 点間の距離は、2.2mm であるから、それらの 3 点は、1 点ずつ識別できる。しかしながら、2 個ないし 3 個の点がそれぞれ 3mm 以内に接近してくると、各点の周辺の触覚領域が接近し、各頂点間に山の「尾根」のような領域が生ずる。これが縦の「長い棒」や「短い棒」のイメージをもたらすのではなかろうか。このことは、(1256 の点　2345 の点) で、2 点弁別閾が高い者、言い換えれば弁別感度の低い者の方が、C の縦線パターンをとり、その逆の感度の高い者の方が、Dのカギ型のパターンをとることや、(12456 の点　12345 の点　12356 の点) でも、2 点弁別閾が高い者が C の縦線パターンをとり、その逆の者が F の正方形と点のパターンをとることからも裏付けることができる。

- レベル 2 : 最初の半マスが同定され、レベル 2 に上がった直後、後半の半マスが、前半の半マスの場合と同様に、レベル 0 での点の識別と、レベル 1 での 1/8 の選択・同定ののち、レベル 2 に上がってくる。そこで、これらの 2 つの半マスを合わせて、1 マスの字形を同定することになる。すなわち、図の例の (12456 の点) の場合では、「上の位置にある短い棒」と「長い棒」の 2 つのイメージを合わせて、セを同定するのである。この場合、前半の半マスと後半の半マスとの関係は、時間的な関係であるので、読み手の速さにより 14 点間の通過時間が問題となる。

- レベル 3：レベル 2 で同定された 1 マスの字形が、二マス点字の前置符であった場合には、レベル 3 において、続いて上がってくる 2 マス目の字形と合わせて二マス点字を同定する。この場合、濁点、半濁点、拗音点、外来音点、数符、外字符、な

どの前置符は、濁音、半濁音、拗音、外来音、数字、アルファベットなどの各モードの分類記号とも言うべきものであるから、前置符を読み取ることによって、次の字形を何と読むかの構えができるので、このレベルの合成は容易となる。これが、触読年数が長く読みの速い者が 2 マスを分離した反応パターンをとっている理由と考えられる。

5.2.1 点字読み取りの階層モデルをふまえて

点字読み取りの過程について、ある瞬間同時に入力される半マスごとの刺激をそのつど処理して、その結果を合成してコード化を行う階層モデルを想定することによって、調査の結果明らかとなった現象を解釈することができた。ここでとりあげた文字としての点字を読み取る過程の階層モデルは、文章としての点字を触読する過程の階層モデルの一部として位置付けることができる。点字の触読の効果的な指導法を開発するためには、触読に関する全過程を明らかにし、それをふまえることが望ましいが、ここでは文字としての点字読み取りの階層モデルをふまえて、良いと思われる方略を、習得させるプログラムの骨子を提案する。

1. 左半マスの 3 点からなる文字で、縦 1 列ずつに同定できるようにする。
2. 左半マスの 3 点からなる 8 通りの組み合わせに従って 63 字形を分類し、左側の半マスだけで、それに属する 8 字形が想起できるようにする。
3. 左側の 8 通りの組み合わせのうちのひとつに続いて、右側の 8 通りの組み合わせのうちのひとつが任意に与えられると、その字形をただちに同定できるようにする。
4. 二マス点字の前置符が与えられると、そのモードに分類されている字形をすべて想起でき、そのうちのひとつが任意に与えられると、2 マスの字形をただちに同定できるようにする。

5.2.2 点字サイズが触読効率に及ぼす影響

視覚障害者が本などを読む手段の一つとして点字を利用することが考えられる。
点字のサイズは縦 5mm、横 3mm の長方形の中に縦 3 点が 2 列に点が並んでいるものである。しかし、これは日本の点字の大きさであり、外国では点字の大きさは表 1 のように国によって異なっている。このため、点字に習熟していない人や触覚の機能に制約がある人にとっては、文字の大きさ、点字と点字のマス間隔、行間隔などを変えることによって、読みやすさが変化することが想像される。また、日本の点字で慣れている人が外国の点字を日本の点字と同じように触読できるかについても疑問がある。

本稿では、点字の習熟の程度がいろいろな被験者に対して調査した結果をもとに、点字のマス間隔、行間隔の変化が触読効率にどのように影響を及ぼすかを (国立特殊教育総合研究所, 点字読み取り過程の階層モデルより) 調べた。

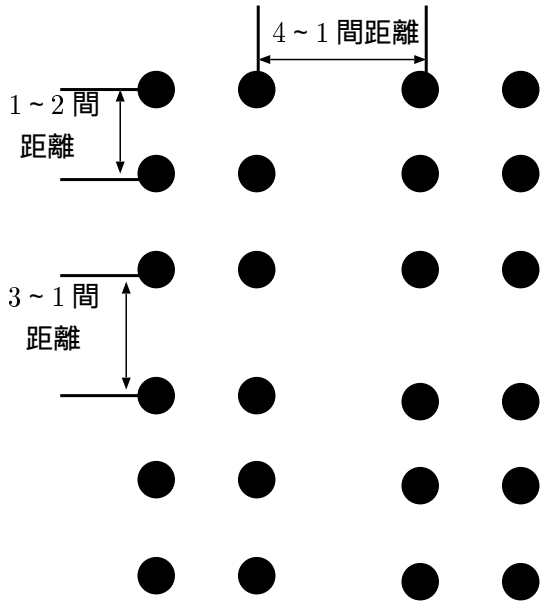

Fig. 9 点字の大きさを決める主な要素

1. 実験

   ここでは、マス間隔、行間隔の変化が点字認識に及ぼす影響である。触読に使用するおもな指先に位置検出のセンサを付け、指先の動きを検出された。手に固定して測定するときの精度を確認するために、FIG.10 に示す 5 点は位置検出精度を 10 人の被験者について調べた結果である。(国立特殊教育総合研究所, 点字読み取り過程の階層モデルより)

2. 指を固定した測定での精度

   図 4 のように A 点から E 点の 5 点に鍵状のストッパーを付け、そこにセンサを付けた指を固定させて、このときの測定位置と実際の位置との誤差を測定した。測定に際しては、C 点の位置を基準として座標を較正した。

   - 測定結果を下の表に示す。誤差の平均は最大で 0.92mm であり、点字の大きさに比較すると十分小さい値であった。

指を固定した測定の誤差の平均距離と標準偏差

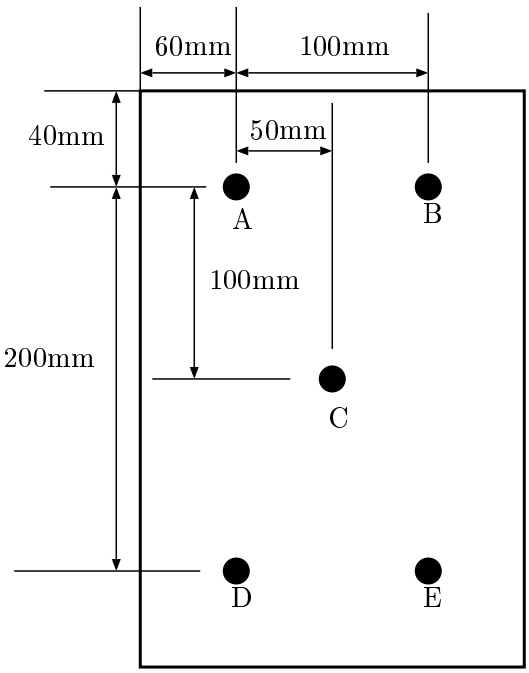

Fig. 10 位置検出精度の測定位置

測定値	誤差の平均	標準偏差
A	0.92mm	0.63mm
B	0.62	0.53
C	0.00	0.00
D	0.77	0.50
E	0.85	0.62

3. 点を触察したときの精度

図 3 の 5 点に直径 0.8mm 高さ 0.4mm の突起を作り、これらの点をセンサを付けた指で触察させたときの測定位置と実際の位置との誤差を測定された結果である。

- 測定結果を表 3 に示す。誤差の平均は最大で 2.29mm であった。この値は、表 2 の値に比べると大きいが、これは常に指先の同じ部分で触察を行っているわけではないためと思われる。

点を触察した測定の誤差の平均距離と標準偏差

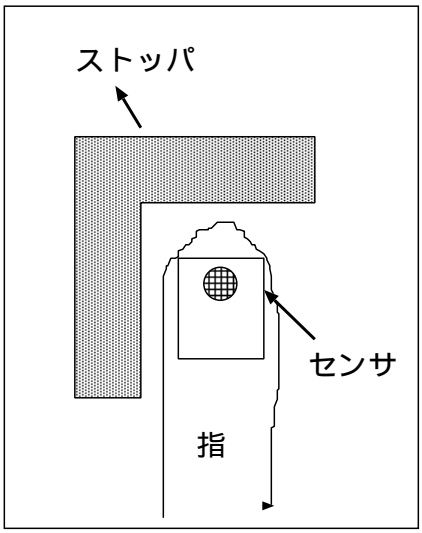

Fig. 11 鍵状のストッパーを使った測定の模式図

測定値	誤差の平均	標準偏差
A	2.29mm	1.47mm
B	1.48	0.79
C	0.00	0.00
D	1.34	0.82
E	1.19	0.55

4. 実験課題この実験では、表 4 に示すように、日本とアメリカで使用されている点字のマス間隔、行間隔をもとに 4 つの条件で作成した読材料を使用されている。読材料は、4 モーラ (5 マス)、3 モーラ (3 マス)、2 モーラ (3 マス)、4 モーラ (4 マス)、3 モーラ (4 マス)、2 モーラ (2 マス) からなる単語を同頻度で並べたものである。

   - 読材料は、1 条件に付き単語の順番を変えたものを 3 種類用意

実験条件	1 ~ 2 間距離	1 ~ 4 間距離	4 ~ 1 間距離	3 ~ 1 間距離
sss	2.37mm	2.13mm	3.27mm	5.70mm
ssg	2.37	2.13	3.27	9.17
sgs	2.37	2.13	4.05	5.70
sgg	2.37	2.13	4.05	9.17

実験条件と点字のプロポーション

5. 1 分間当たりの正読文字数
それぞれの被験者の 1 分間当たりの (モーラに換算した) 正読文字数を表に示す。

実験条件	A	B	C
sss	62.8	130.3	262.5
ssg	63.7	131.8	261.9
sgs	60.5	127.3	255.7
sgg	63.7	127.7	258.3

各被験者の 1 分間当たりの正読文字数 (文字 / 分)

表から分かるように、この実験の 3 人の被験者は、点字の触読がそれほど早くない被験者 A、非常に習熟している被験者 C、それらの中間に位置する被験者 B のように、正読文字数に明確に差がみられた。 実験条件の違いで顕著な差は認められなかったものの、すべての被験者が 1 分間当たりの正読文字数では sgs 条件が最も少ない。

6　コンピュータによる点字の入出力

第 4 章で、コンピュータによる点字学習方法で 6 点入力を挙げた。その結果、いくつかのメリットが考えられた。また、これを入力方法としたうえで、音声出力キーソフトのようなものを考察することによって、6 点キー入力方式からさらに音声出力点字学習ソフトを実現できるとおもわれる。コンピュータによる点字の入出力をする方法を調べた。

6.1　コンピュータによる点字の入力

点字は、1 点でも間違えれば別の記号になってしまう。よってコンピュータによる点字の入力は厳密な正確さが要求される。また、例えば選挙などでコンピュータの点字入出力システムを用いた点字投票などが行われるとして、正確に点字入力をしなければ異った記号のまま変換されてしまう。入力システムに関して調べた。

- 光電センサー
この方法は、手指の触覚と同じように、触覚センサーを用いて凸点を検出する。この方法は装置の小型化と堅ろう化に問題があるため、光電式が採用されるようになった。点字の凸点に斜め 45 度の角度から光をあて、凸点の影を反射光と区別して、光電センサーで検出する方法である。下図参照。手足を動かすように、点字シートの上を光源を動かしていくこともかんがえられる。しがし、点字シートと光電センサーを動かすことによって装置が不安定になってしまうという問題がでてくるのではないだろうか。装置を安定させるためには点字シートを動かす方がよさそうである。

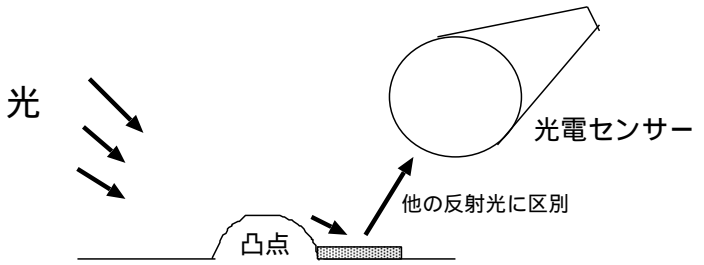

Fig. 12 光電センサーによる点字の読み取り

6.2 コンピュータによる点字の出力

コンピュータの中にある点字はそのままでは読むことができない。触覚で読みやすい形で取り出さなければならない。調べてみたところ、これには

- 点字印刷装置
- 点字ラインプリンタ
- 点字シリアルプリンタ
- 点字ディスプレイなどがあるらしい。

1. 点字印刷装置
   世界各国で開発された点字製版・印刷装置にはいろいろなものがあるが、日本のものを中心に 2 , 3 紹介する。通産省の「点字複製装置」の出力の一つとして点字印刷システムが開発されている。これはコンピュータの中に蓄えられている点字をプラスチックの薄いフィルムに点字の位置の点を打ち抜く形で打ち出し、まず版シートを作製する。メリットとして

   - 点字や図に色を付けられる
   - 墨字と重ね刷りすることができる

   ことが挙げられる。これは製版や版材の保存がいらない方式で、1 部から 50 部程度の需要にこたえることができるものである。そのため、晴眼者と視覚障害者が、対話をしながら読む絵本、または地図などには向いていると思われる。

2. ラインプリンタ
   これは製版や版材の保存がいらない方式で、1 部から 50 部程度の需要にこたえることができるものである。世界で最も普及している。これは同時に 1 行分の 1、4 の点を打ち出し、次いで 2、5 の点、3、6 の点と 3 回で 1 行分の点字をすべてロール紙に打ち出してしまう方式である。FIG.13 参照。これは、1 秒間に、120 マス (1 行 40 マスで 3 行分) の速さで、1 ページ約 8,9 秒で打ち出すのである。我が国では

「ブレールマスター」に組み込まれている日本タイプ社のものだけが実用化されている。これは 1 行 32 マスであるが、1 ページ 24 行を 10 数秒で打ち出すものである。1 ページ 7,8 秒でも打ち出せるのであるが、同時に打つ点が多いとしわが寄りやすいのと騒音がかなり出るので、半分の速さに落としてそれらを防いでいる。欧米では片面の印刷物は結構あるが、我が国では両面印刷でないと紙がもったいないという意見が多いらしく、今後、両面印刷用のラインプリンタができることが要望されている。一方、メモやカードなどのハードコピー用として、小型で安価なラインプリンタも必要とされている。

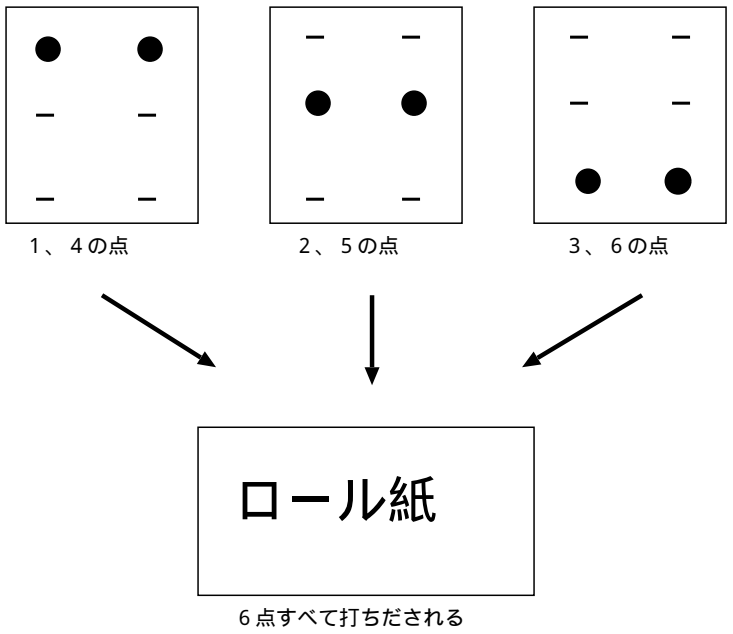

Fig. 13 ラインプリンタの打ちだし図

最近のコンピュータ技術は、ハードウェア、ソフトウェアともに、日進月歩である。それらがいかに優れたものであっても、マン・マシーン・インターフェイス (人間と機械のやりとり) ができなければ、宝の持ちぐされになってしまうのではないだろうか。視覚障害者の場合、入出力システムに工夫がいる。フル・キーボードをそのまま用いることもできるが、多くの場合、そのホーム・ポジションを、点字のキーに見立てて入力する方が使用しやすいと考えられる。さらに、手指の操作に適した点字キーボードを用いる方が、もっと使いやすい。出力においても、ピン・ディスプレイで点字を即座に読み取ったり、点字プリンターで紙に打ち出してゆっくり読むことができる。すべて含んだ総合的な視覚障害者用入出力システムがこれからは必要となると思う。しかし、点字入出力のすべてが可能で、しかも一般のパーソナル・コンピュータと接続して、既製のソフトウェアを活用できるような視覚障害者用の入出力システムはまだまだ開発されていない。また、コンピュータの端末として本体を操作できる機能も含んだ入出力端末が必要だと思われる。

7　まとめ

今回の研究では、まず視覚障害者のコンピュータ利用環境、OS 別に分類されるコンピュータ環境を調べた。その結果、全盲者や全盲に近い弱視者の場合ならば、慣れればPC-UNIX の方が使いやすいと考えられる。また、MS-DOS や MS-Windows では主に利用されている、画面拡大ソフトを特別な装置を使わないで UNIX で利用できたら、視覚障害者にとってもっと使いやすい 0S となる思われる。次に視覚障害者の情報、コニュミケーション手段でもある、点字について調べ、長所と短所を明らかにした結果、点字における問題点を解決するには、マイクロコンピュータを活用することが効果的であり、点字ディスプレイを使って点字の表音性をすべて伝えることが、コンピュータによる点字の入出力につながる大きなメリットとなることが分かった。視覚障害者向けソフトに関しては、音声読み上げ点字ソフトのドットリーダー (株式会社アイメディアによる) を提案し、音声出力点字学習ソフトについて、キーボードからの点字入力についてキーボード 6 点入力方法というものを考察した。その結果、今使われているキーボードをそのまま利用でき、点字初心者は点字についての学習と共に 6 点入力をもマスターできることなど、いくつもの大きなメリットが得られた。しかしそれをコンピュータ画面に出力する事が問題点となった。視覚障害者の点字触読、読みとりに関して国立特殊総合研究所による触読実験の結果をもとに、点を観察した時の精度、1 分間当たりの正読文字数、点字サイズが触読効率に及ぼす影響の比較をした。また、コンピュータによる点字の入出力に関して入力では触覚センサー、出力においては点字ディスプレイ、点字印刷装置の現状、各々の機能について調べた。すべて含んだ総合的な視覚障害者用入出力システムがこれからは必要となることがわかった。問題点として、5 章での実験結果による比較から得られた事を、コンピュータへ読み込ませ視覚障害者が点字を学習しやすい画面拡大ソフトのようなものを開発するには、大きな装置をもつハードウェアか点字拡大学習などが必要だということである。今回の研究では考察のみで終わってしまったが、今回の考えを発展させ、点字入出力のすべてが可能な、一般のパーソナル・コンピュータと接続して、既製のソフトウェアを活用できるようなすべて含んだ総合的な視覚障害者用入出力システムを考察することも今後の課題である。

参考文献

[1] 渡辺勝明 WWW page
http//www.watankatsu.com(2001)

[2] ソフト屋
http//ho.vector.co.jp/authors/VA015462/soft/index.html(2001)

[3] 中村典嗣; 視覚障害に関するガイドページ
http://www2s.biglobe.ne.jp/ Nori/chime/vision2.html

[4] 始めての点訳 (全国視覚障害者情報提供施設協会)

[5] 点字学習指導の手引 (改訂版, 文部省,1995,)

[6] 香川邦生・猪平真理・大内進・牟田口辰己; 視覚障害教育に携わる方のために (1999)

[7] 点字学習指導の手引き (慶應通信株式会社,1995)

[8] 点字読み取り過程の階層モデル (日本特殊教育学会論文集,1985)