

聴覚・知能障害児を対象とした言語訓練機[†]

石田 義久*・鎌田 弘之*・小川 康男*

ABSTRACT In this paper a preliminary study on a language trainer for handicapped children is described.

The characteristics of the newly-developed system are as follows:

- (1) It can visualize pitch and spectral patterns, the most important information element of speech sound, on the display in color.
- (2) It can be used for the training of children in the reading and writing of plane figures and characters with the help of the display and the light pen.
- (3) By use of dynamic programming-matching technique, it can indicate the similarity between the reference pattern and the input pattern drawn by the infants.

1. まえがき

我が国の身体障害者数は、年々増加する傾向にあり、昭和55年に実施された調査結果によれば約200万人と言われている。そこで、国際障害者年(昭和56年)を契機として、福祉施設の充実、教育設備の改善が進められているが、その対応は未だ十分であるとは言えない。特に、これらの障害者を対象とした特殊教育は、主に教師の経験に依存し、学習要領の確立が困難なことから、普通教育に比べると効果的な指導方法の普及が遅れている。そこで、最新の電子技術を応用した教育機器を開発し、科学的に教育を推進しようとする試みが各方面で行われようとしている。

本研究による言語訓練機は、従来より開発を進めている発話訓練機^{1),2)}の研究成果を基礎として新たに試作を進めているもので、聴覚障害児のみならず、軽度の知能障害児をも対象としうる総合的な特殊教育機器である。

聴覚障害児は、一般に言語の習得に遅滞があり、それが要因となって知的発達に阻害されている³⁾。これは、発話障害とともに、聴覚障害による副次的な弊害

である。一方、知能障害児は、言語の理解や記憶に限界のある場合が多い。そこで、視覚による学習の多い幼児期に、まず視覚からの受容能力を十分に高めて、言語習得の向上を図ることが必要である。

試作した言語訓練機では、カラーのモニタテレビジョン上に映し出された視覚情報に基づいて、“話し言葉”の基本となる母音の調音訓練やイントネーションの矯正訓練を行う。視覚を活用した発話訓練は、筆者らの開発によるスピーチトレーナーによって、すでに数校のろう学校で試みられており、いくつかの成果をあげているが、本研究では、教育をより効果的なものとするために、ディスプレイ装置を含めた表示方式に大幅な改良を加えている。

一方、話し言葉に対応して、言語のもう一つの表現法である、いわゆる“書き言葉”の理解・表現を高めるために、新たな工夫を試みている。その一つは、線図形の弁別学習と描画訓練であり、更に、これを拡張した手書き文字の書き方訓練が可能な、新しい機能の導入である。

話し言葉の習得過程において、書き言葉の果す役割は大きく、両者を同時に学ぶことは、言語の形成をうながす効果があり、幼児期の生徒に特に有効であると考えられる。更に、線図形や文字を書くためには、手と目の協応動作が必要であり、頭脳の啓発に大きな効果がある⁴⁾。

さて、本機は、汎用のマイクロコンピュータにフロッピーディスクを導入したプログラム制御方式による

Language Trainer for the Hearing-Impaired and Mentally Retarded Children. By Yoshihisa Ishida, Hiroyuki Kamata and Yasuo Ogawa (Faculty of Engineering, Meiji University)

* 明治大学工学部

† 1984年12月5日受付

もので、入力装置として、音声の基本的な情報要素を抽出する周波数分析回路のほか、ライトペンをも備えてあり、ディスプレイ装置による種々の学習を可能としている。一方、出力装置には、従来の発話訓練機の主要な要素であったスペクトルパターンやピッチパターン、及び新しい要素である線図形や文字を表示するディスプレイ装置に加えて、X-Yプロッタ、音声合成回路がある。そこで、視覚、触覚、及び聴覚とを併用した言語学習が可能である。

ところで、本研究では、手書き線図形・文字の練習成果を評価する方法として、DP(Dynamic Programming) マッチング法を用いている。この方法は、手本パターンと幼児の入力パターンとの類似性に関する一つの評価値を与えることができる。手書き文字の場合、本来的には、“美しい字”、“見やすい字”という評価法が妥当であるが、本研究では、線図形や文字の、筆順をも含めた模写機能の評価法として、DP マッチング法を用いている。

以下、本機の動作原理、構成の詳細および言語の一指導法について述べる。なお、発声・発話訓練の機能については、すでに報告してあるので^{1),2)}、本稿では主な改良点のみについて述べる。

2. 試作機の構成と機能

心身に障害があるため、普通教育では十分な教育効果が期待できない児童生徒に対しては、その心身の障害の程度や、個々の特性に応じて、より良い教育環境を与え、可能な限り積極的に社会に参加する人間に育て上げることが必要である。そこで、聴覚障害においては、比較的聴力損失の小さい児童生徒は難聴特殊学級で教育され、感音障害を含めた聴力損失の重い児童生徒はろう学校で教育される。これらの特殊学校は、おおむね幼稚部から高等部まであり、その大部分が3才児から教育を行っている。これは、言葉に関する教育が早期から開始する必要があることに起因する。

さて、図1は試作した言語訓練機の構成図である。以下、各部の機能について述べる。

(1) 周波数分析部；音声の基本的な情報要素であるピッチパターンやスペクトルパターンを抽出し、イントネーションの矯正訓練や母音の調音訓練を行う。アクセントやイントネーションは、発話指導の中でも特に大きな問題であり、ろう学校では、単語や文章を繰り返し聞かせることによって学習を進めている。本研究では、この指導法を効果的に遂行するために、児童生徒の発声音のピッチパターンを抽出し、健聴者のパターンと

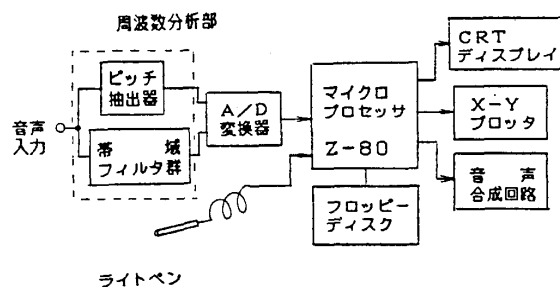


図1 言語訓練機の構成

比較・表示することによって、聴覚と視覚とを併用した学習を行う。聴覚と視覚を併用する発話指導は、すでにいくつかの成果をあげているが²⁾、本機では、次のような改善を図っている。

- (a) 発声音の基本周波数を抽出するフィルタに一種のデジタルフィルタを用いて抽出精度の向上を図っている。
- (b) ディスプレイ装置を含めた表示方式に改良を加え、カラーのモニタテレビジョン上にピッチパターンを色彩表示できるようにしてある。児童数名による試用実験によれば、健聴児のパターンとの差異がより明確となり、2～3音節程度の単語のイントネーションを模倣できるようになった。

一方、調音障害のために、母音の発話が不明りょうな児童生徒については、健聴児の発声音のスペクトルパターンと、各自のパターンとを比較しながら調音方法の訓練を行う。母音の練習は、明るい自然な声を発声するために不可欠であり、あらゆる発話指導の基本である。本機では、ピッチパターン同様、スペクトルパターンについても、カラーのモニタテレビジョン上に色彩表示できるよう、汎用マイクロコンピュータのもつカラー表示機能を利用してある。

- (2) ライトペン、X-Yプロッタ；手書き線図形や文字の書き方訓練を行う。聴覚障害児教育においては、残存聴力を最大限に活用するための聴能教育とともに、視覚、触覚などの感覚訓練も重要である。すなわち、聴覚の障害による限界を補うために、他の感覚からの言葉の受容能力を高めることが必要である。そこで、本研究では、ディスプレイ上に映し出された線図形や文字をなぞりながら、目の訓練、手の訓練を行い、併せて、言葉の指導を行う。
- (3) 音声合成回路；本回路は、規則合成方式によるもので³⁾、線図形・文字の書き方や読み方の指導に利用する。すなわち、話し言葉の明りょう性を改善するには、聴覚による訓練が最も重要であり、幼児期から音

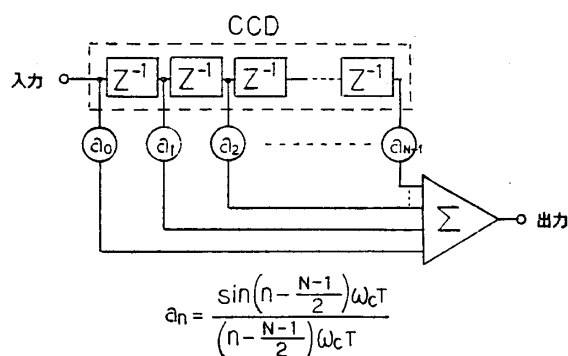


図2 低域フィルタ

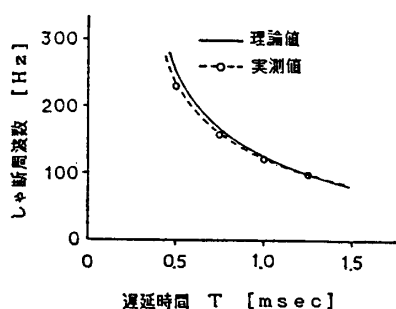


図3 シャ断周波数の変化特性

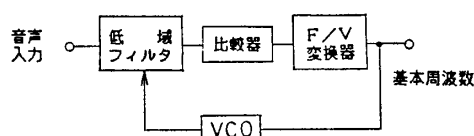


図4 ピッチ抽出回路

に対する興味をもたせ、できるだけ多くの音、声を聞かせることが大事である。そこで、合成音を繰り返し聴覚によって印象づけながら、話し言葉の明りょう性の改善を図り、併せて書き言葉の基本となる線図形・文字の書き方訓練を行う。本研究による合成音は、完全な人工音声のため、音質面において若干問題があるが、任意の単語や文章が合成可能であり、常に一定の発声音を得ることができる。この合成音による指導に対して、児童生徒は、むしろ教師による直接的な指導よりも強い興味を示し、熱心に聞き入っている。このような反応は、教育機器にとって重要である。

(4) マイクロコンピュータ；周波数分析部からのピッチデータやスペクトルデータを読み込み、ディスプレイ上に表示する。この場合、児童生徒の入力ボタンと健聴者の手本ボタンとを重ね合わせて表示することも可能である。又、これらのボタン間の偏差を算出し、練習成果の一つの目安とする。更に、ライトペンからの線図形、文字データを取り込み、ディスプレイ上に表

示するとともに、手本ボタンとの一致度の計算結果を出力する。

3. 発声発語訓練のための 音声情報の抽出とその表示

3.1 基本周波数

音声のもつ基本周波数を抽出する方法として、筆者らは先に、シャ断周波数が入力音声のピッチに応じてダイナミックに制御できるアナログ能動フィルタを用いて、成人男性から幼児まで、無調整で抽出可能な方式を開発した⁶⁾。本研究ではこれを更に改良し、一種のデジタルフィルタを用いて抽出精度の向上を図っている。このフィルタ（低域フィルタ）は、図2に示すように、タップ付きのアナログ遅延素子（CCD）を利用したもので、伝達特性は次式のようなものである。

$$H(j\omega) = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{\sin\left(n - \frac{N-1}{2}\right)\omega_c T}{\left(n - \frac{N-1}{2}\right)\omega_c T} e^{-jn\omega T} \quad (1)$$

ここに、 N はタップ数、 ω_c はシャ断周波数、 $z^{-1} = e^{-j\omega T}$ はunit delayである。したがって、タップ出力の係数を一定、すなわち $\omega_c T = K$ （定数）として、unit delayの遅延時間 T を変化させれば、シャ断周波数をダイナミックに制御できる。図3に、 $N=11$ のときの、遅延時間に対するシャ断周波数の変化特性を示す。

さて、図4はピッチ抽出回路の構成図である。まず、低域フィルタによって音声の基本波成分を抽出し、コンパレータに入力する。コンパレータは、基本波成分を2値信号系列に変換するために設けたもので、その出力を、F—V変換器に加えて、基本周波数に比例したアナログ電圧信号を求める。次に、この電圧信号によってVCO（電圧制御発振器）の発振周波数を変化させ、CCDの遅延時間 T を制御する。したがって、本回路は、音声の基本周波数に自動的に追尾する一種の電子的サーボ機構となる。図5にピッチパタンの表示例を示す。図は、教師による手本ボタンa（実物は緑色で表示）と入力ボタンb（赤色）を重ねて表示している。このように、カラーで色彩表示しているため、手本ボタンと入力ボタンとの差異が明確に再現できる。

3.2 スペクトルパタン

音声スペクトルを視覚化するために従来の発話訓練機では、汎用のオシロスコープあるいは白黒のモニターテレビジョン（以下、モニターテレビという）に、専用のハードウェア回路を導入し、ディスプレイ上の横軸

を周波数、縦軸を各周波数成分の大きさとする表示方式を用いている^{11,12)}。本研究では、教育をより効果的なものとするために、次のような改良を進めている。

まず、画像をより見やすく、かつ理解しやすくするために、スペクトルパタンをカラーで色彩表示している。次に、ハードウェア回路の簡素化を図るため、汎用マイクロコンピュータのディスプレイ機能⁷⁾について検討を加え、ソフトウェア（機械語）による表示方式の改善を図っている。スペクトルパタンのようなヒストグラムを表示するには、通常、グラフィックモードが利用されるが、本研究では、画面表示の高速化を図るため、画面をキャラクタモードに設定し、グラフィック文字によってパタンを表示している。このため、グラフの分解能がやや不十分（1行80文字表示で、そのうちの64文字分で作成するため、分解能は6ビット）となっているが、実時間で音声のスペクトルパタンをモニタテレビ上に表示できる。

スペクトルパタンの表示方法（原理）は、次のようである。本研究で用いているマイクロコンピュータは、ビデオ RAM に対応して、1K バイトの属性領域（アトリビュートエリア）を確保しており、この領域の内容によって、グラフィックモードとキャラクタモードの切り換え、色の指定などを行う⁷⁾。そこで、まず図6の（1）のように、ディスプレイ上のa点からb点までのフルスケール時のヒストグラムを描き、a点以後の色の属性を緑に指定する。次に、各周波数成分の大きさによって、例えば（2）のようにc点以後の属性を黒に変更する。この方法によれば、各行において1箇所のみ、属性領域を書き換えるだけで、グラフの長さを変更でき、ソフトウェアによる方法でも、スペクトルパタンを高速度で表示できる。図7に本研究によるスペクトルパタンの表示例を示す。図において、縦軸が周波数（数字は帯域フィルタのチャンネル番号を示す）、横軸が各周波数成分の大きさを表す。帯域フィルタは400 Hz から約5 kHz まで、1/3 オクターブ間隔で12チャンネル配置してある。

さて、母音の調音訓練は、およそ次のようにして行う。まず、練習しようとする母音と、生徒の性別および学年とに対応した標準スペクトルパタン（以下、標準パタンという²⁾）をフロッピーディスクから読み出し、モニタテレビ上に緑色のヒストグラムとして表示する。一方、生徒の発声音は、16 msec ごとに帯域フィルタ群によって実時間で周波数分析し、赤色のヒストグラムとして、標準パタンに重ね合わせて表示する。したがって、生徒は自分自身の発話によるスペクトル

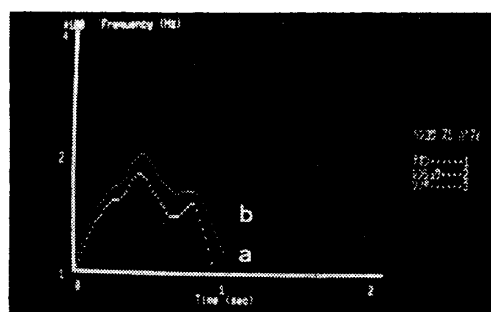


図5 ピッチパタンの表示例

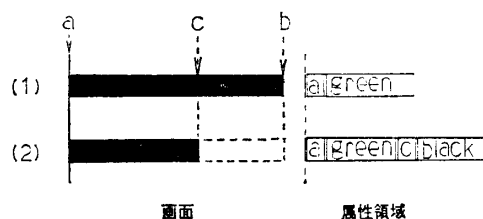


図6 画面と属性領域との関係

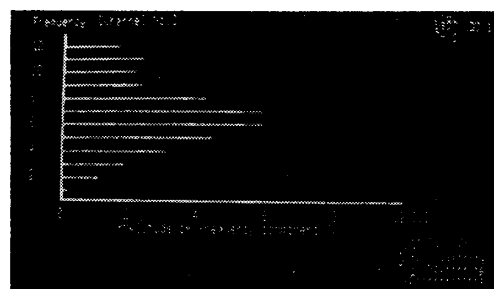


図7 周波数スペクトルの表示例

パタンと標準パタンとの差異を観測しながら、正しい調音方法を訓練できる。なお、子音、単語、文章の発話訓練については、現状では、標準パタンの作成、練習方法などいくつかの問題点がある。そこで、現在、子音について検討を進め、比較的良好な結果を得つつあるが、いずれ稿を改めて述べたい。

4. 手書き線図形・文字の練習機能

人間の書き言葉である文字は、音声と同様、意志伝達に重要な役割を果たしている。特に、文字本来の形である手書きの文字は、利用度が高く、しかも手と目の協応動作を伴うため、知能の促進に大きな影響を与える。そこで、本研究では、書き言葉の基礎となる線図形（丸、三角、四角など）の弁別学習と描画訓練、及び手書き文字の書き方訓練のできる、新しい機能を導入している。本論文では、主に手書き文字の書き方訓練を例にとり、この新しい機能を説明する。

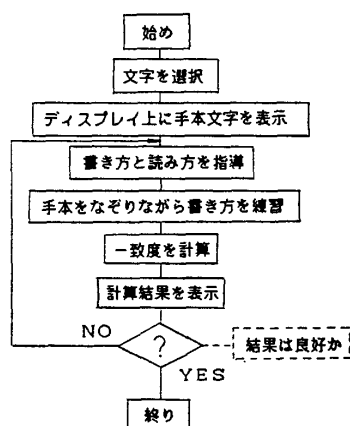


図 8 手書き文字練習の流れ図

図8は手書き文字の練習方法を流れ図に示したもので、まず練習しようとする手本文字（印刷文字に若干の修正を加えた文字を用いている）を筆順にしたがって、ディスプレイ上に表示する。内蔵されている音声合成回路は、この文字の読み方を繰り返し発声し、続いて書き方の注意、例えば“はねる”、“はらう”を合成する。合成音による指導は、繰り返し行う場合に便利であり、知的障害児および聴力損失の小さい聴覚障害幼児に特に有効であると考えられる。次に、幼児はライトペンによってディスプレイ上の文字をなぞるようにして、書き方を学習する。線図形の場合もほぼ同様である。

図9に、手本文字（実物は緑色で表示）と幼児の入力文字（赤色）の表示例を示す。図において♥印（水色）は手本と幼児の筆点が一致した場合、◆印（赤色）は手本からはずれた場合、●印（緑色）は手本のみの筆点を表わす。このように、本機はオンラインで、手書きの線図形や文字の処理を行い、手本との差異をカラーで視覚化する。したがって、画像が見やすく、幼児にも理解させることができる。

さて、図10は、線図形や文字を表現するための方向コードである。方向コードによって表わす方法は、2次元の特徴を1次元の符号系列に変換できるので、データ処理が容易となり、更に筆順をも同時に表現できる利点がある。なお、本方法の情報圧縮量は、筆点の座標位置を直接与える方法に比し、約1/2以下である（本研究の文字構成は、図9のように24×24ドットであり、座標位置を直接与える方法では、1点につき最小（5ビット）+（5ビット）の10ビット必要である。これに対して、本方法は、始点の座標位置を除けば、1点について3ビットの方向コードで表現でき、記憶

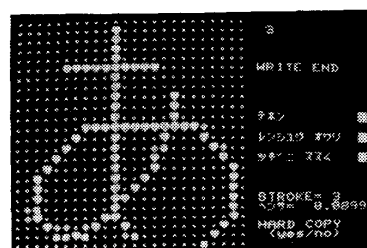


図 9 文字の表示例

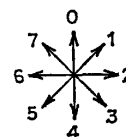


図 10 方向コード

量はおよそ半分以下の節約になる）。

手本パターンと被訓練者の入力パターンとの一致度は、この方向コードに基づいて算出するが、まず次の前提条件の判定を行う。

- (1) ストローク数が等しいこと
- (2) 筆順が正しいこと
- (3) 各ストロークごとの筆点数の差が±5以下であること

これらの条件が一つでも満たされない場合は、入力パターンを無効とし、再度入力进行を要求する。条件を満足した場合は、練習成果を定量的に評価するために、手本パターンと入力パターンの一致度を計算する。

一致度の評価方法には、相関値、類似度、距離など種々あるが、本研究では、DP を利用した非線形伸縮整合法を用いている。いま、手本パターンの方向コードによる特徴系列（簡単のため、ストローク数は1とする）を

$$A = a_1 a_2 \cdots a_i \cdots a_I$$

とし、入力パターンを

$$B = b_1 b_2 \cdots b_j \cdots b_J$$

とする。ここに、入力パターン B は手書き線図形・文字であり、一般に複雑な変形（個人差による形状の変動、位置ずれなど）を伴う。

そこで、このような変形を吸収し、パターン間 (A と B) に最も良い整合を与えるため、写像関数 $j=j(i)$ によって非線形伸縮を行う。この方法は、個人差による影響を極力除去して、手本パターンとの一致度を高めようとするものである。

なお、写像関数に対しては、次のような条件を与えている。

- (a) $j(i)$ は近似的に単調な増加関数である。 i 及び j

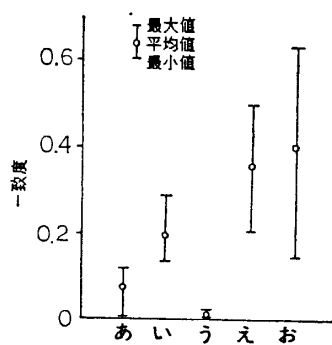


図 11 一致度の計算例

$=j(i)$ は、筆順を表わす変数であり、筆順にしたがって単調に増加する。ただし、 i 及び j が離散値であるため、単調増加性は近似的な条件となる。なお、 $i-1$ の状態から i の状態へ移る経路は、次の 3 通りとする。

$$\left. \begin{array}{l} (i-1, j) \\ (i-1, j-1) \\ (i-1, j-2) \end{array} \right\} \rightarrow (i, j)$$

(b) パタン **A** と **B** の、各ストロークごとの始端及び終端を対応させるため

$$j(1)=1, j(I)=J$$

とする。

(c) 筆点の位置ずれが極端に生じないことを要求するため、 $j(i)$ の値は i の近傍とする。すなわち

$$i-r \leq j \leq i+r$$

とする。ここに、 $R=2r+1$ は整合窓であり、本研究では $r=5$ としている。

さて、手本パタンと入力パタンの一致度を、各ストロークごとの距離の総和として、次のように定義する。

$$S(\mathbf{A}, \mathbf{B}) = \sum_{k=1}^M \frac{1}{N_k} \min_{j=j(i)} \left[\sum_{i=1}^{I_k} d^k(i, j) \right], \quad (2)$$

ここに、 I_k, J_k はそれぞれ手本パタン、入力パタンの各ストロークごとの筆点数を表わし、 M はストローク数である。又、 $d^k(i, j)$ はストローク k における手本パタン **A** の方向コード a_i^k と、写像関数 $j(i)$ によって対応づけられる入力パタン **B** の方向コード b_j^k との距離であり、図10に基づいて

$$d^k(i, j) = \begin{cases} |a_i^k - b_j^k| & ; |a_i^k - b_j^k| \leq 4 \\ 8 - |a_i^k - b_j^k| & ; |a_i^k - b_j^k| > 4 \end{cases} \quad (3)$$

と定める。min なる記号は、[] 内の値を最小にすることを意味する。したがって、(2)式は一種の最小化

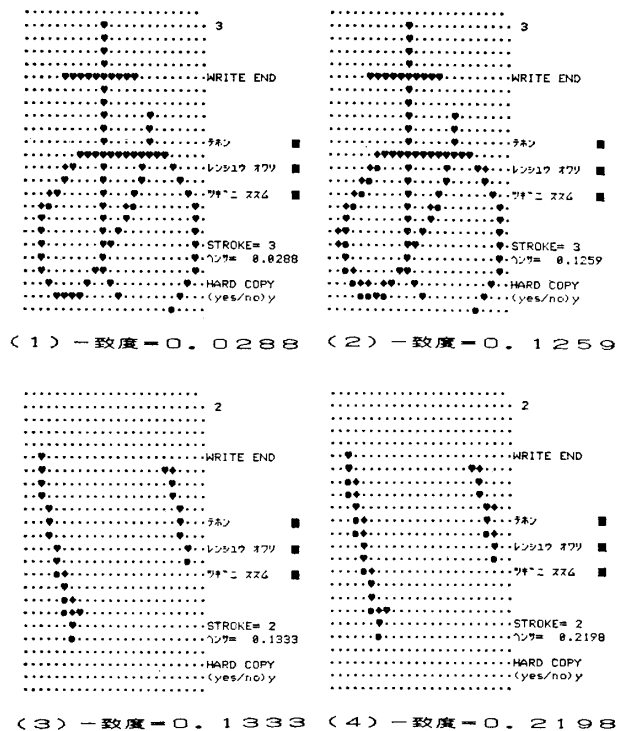


図 12 手書き文字練習結果の一例

問題になる。

このような最小化問題は、DP 法により次の漸化式を解くことによって求まる^{8), 9)}。

(a) 初期条件 $g^k(1, 1) = d^k(1, 1)$

(b) 漸化式

$$g^k(i, j) = \min \begin{bmatrix} d^k(i, j) + g^k(i-1, j) \\ d^k(i, j) + g^k(i-1, j-1) \\ d^k(i, j) + g^k(i-1, j-2) \end{bmatrix} \quad (4)$$

(c) 一致度

$$S(\mathbf{A}, \mathbf{B}) = \sum_{k=1}^M \frac{1}{N_k} g^k(I_k, J_k) \quad (5)$$

一例として、図11に成人男性10名（健聴者）による手書き文字（通常の筆記速度で模写）の一致度の計算結果、及び図12に手書き文字の例（図中の、♥、◆、及び●印は図9と同様である）を示す。図11は、平均値、最大値及び最小値を表わしている。他の文字あるいは線図形についてもほぼ同様な結果である。一般に、線図形・文字の複雑さにもよるが、筆点数の少ないストロークを含む線図形・文字ほど、一致度が低下する傾向がある。これは、(5)式の名分 N_k の影響によるものと考えられる。一方、最大値は平均値にはほぼ比例し、各線図形・文字とも平均値の約 1.6 倍以内である。そこで、一致度の評価は、以下の方法により行うことにした。

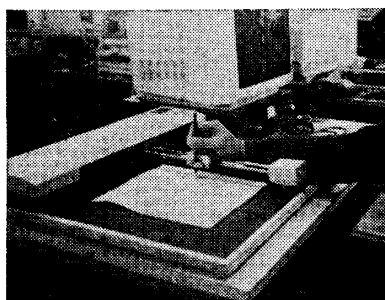


図 13 X-Yプロッタによる文字練習

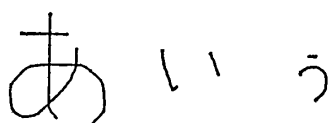


図 14 X-Yプロッタによる文字の表示例

- (1) まず、先の男性10名について、各線図形・文字ごとの一致度の平均値を求める。
- (2) 次に、この平均値に基づいて、入力パタンの一致度が平均値の1.8倍（被訓練者を考慮して若干評価を甘くする）以下の場合、“大変良く出来ました”，2.0以下の場合，“良く出来ました”，それ以外の場合および前述の前提条件を満足しない場合には，“もう一度練習しましょう”というような3段階の基準値を設定し、それぞれに対応する音声応答を行う。

さて、手書き文字を評価する場合、本来的には、美しい字、見やすい字という評価法が妥当である。しかし、本研究では、模写機能を定量的に評価する新たな試みとして、DP マッチング法による一致度を用いることにした。この方法によって、線図形や文字を書く上での規則性や、正確に書かれているか否かについて、一つの客観的評価を与えることができる。試用結果によれば、この評価は、筆者らの直観的な評価にほぼ対応している。

DP マッチング法は、手本ボタンとの一致度を極力高めようとするもので、いわば被訓練者に自信をもたせるための一つの配慮でもある。聴覚障害児は、自主性の足りない傾向にあるので、自信をもたせることは、自主性を育てる上で特に重要である。

ところで、線図形や文字を指導するには、上述の方法以外に、“書き手”を機械的に誘導する、いわゆる“手とり足とり”の方法が考えられる。この方法は、視覚障害者にも有効である。書き手を誘導するためには、3次元的な運動が必要であり、かつ筆圧以上の駆

動力を要求されるが、ここでは簡単のため、市販のX-Yプロッタ（マイプロッタ）を用いることにした。このプロッタは、距離精度が移動距離の1%以下で、ステップサイズが0.1mmの特性を有する。

図13は本方法を示したもので、被訓練者は、まず可動部であるペン取付け台の上に手をのせて、ペンをにぎる。本研究で用いているプロッタは、筆圧が数十g程度の硬質サインペンを筆記具の対象としているため、手を軽くのせて、力をぬいた状態にする必要があるが、実験によれば、特に力を入れない限り、書き手を誘導することができる。次に、ストローク間のペンの上げ下げについては、駆動力が7g以下と極めて小さいため、ペンのわきに取付けてある発光ダイオードの点滅、及び合成音（「ペンを上げて下さい」、「ペンを下げて下さい」と発声）によって、ペンの上下を指示する。

図14はX-Yプロッタによる文字の表示例であり、約5mm×5mmから20mm×20mmまで文字の大きさを自由に選択できるようになっている。手本文字の筆点数が24ドット×24ドットのため、文字を大きくすると、若干滑らかさが失われるが、十分実用しうるものと考ええる。

このように本機は、視覚、触覚、聴覚の3つの感覚を最大限に活用し、手書き線図形・文字の訓練を行う。文字を習得する過程において、手本をなぞる方法は極めて初歩的であるが、それによって得られる効果は言うまでもない。一方、いくつかの感覚を同時に利用することは、互いの感覚を助長させる働きがあり、機能回復に有効と考える。更に、文字を正しく書くためには、一定の規則性があり、これは社会生活を営む上でのルールにもつながる。

5. 検 討

本機は試作機のため、具体的な学習方法やその効果についての考察は、今後の課題であるが、ここでは現状における問題点について検討する。

本研究は、川崎市立ろう学校におけるスピーチトレーナーのこれまでの試用結果をもとに新たに開発を進めているものであり、発話訓練については、すでにいくつかの効果がある²⁾。しかし、教室で10数名の児童・生徒を対象に、幼稚部から高等部まで利用しているため、1人当りの利用時間が限定され、教育効果の持続が困難であった。これを解決するには、本機のような教育機器を多数設置すれば良いわけであるが、現状では、経済的に不可能である。そこで、まずコスト的に

かなりのウェイトを占める周波数分析部の構成法を検討し、例えば多重化を図る必要がある。筆者らは現在、ヘテロダイン法によって分析部を多重化する研究を進めているが、良好な見通しを得つつある。

一方、手書き線図形・文字の訓練機能については、試用例が乏しく、明確な効果を述べることは現状では困難であるが、基礎実験によれば、児童・生徒は強い興味を示し、自発的に学習しようとする傾向が見られる。このような反応は、教育機器にとっては重要であり、学習意欲を喚起するために必要である。

ところで、線図形や文字の練習成果を定量的に評価する方法として、本研究では、手本ボタンとの一致度を用いている。しかし、手書き文字の場合、筆記速度や筆圧も重要である。更に、文字には、楷書、行書、草書がある。個性を尊重する教育においては、これらはいずれも大切である。そこで、どのような字体を指導するかは、個々の生徒に順応させる必要がある。

これらの問題点については、試用結果と併わせ今後の検討課題としたい。

6. むすび

話し言葉、書き言葉は、日常生活において重要な役割をもつ。本論文では、聴覚障害児および軽度の知的障害児を対象として、これらの教育を基礎的ではあるが、工学的に遂行する新しい教育機器について述べた。

本研究により得られた成果を要約すれば、次のようである。

- (1) 汎用のマイクロコンピュータを利用して、音声の基本的な情報要素であるピッチパターンやスペクトルパターンをカラーで視覚化する新しい方式を開発した。
- (2) 手と目の協応動作を促す目的で、ディスプレイ装置とライトペンによる線図形・文字の書き方訓練を可能とした。

(3) 書き手を機械的に誘導することによって手書き線図形・文字を指導する新しい装置を試作し、良好な結果を得た。

(4) 線図形・文字の練習成果を定量的に評価するために、DP マッチング法を検討し、一つの目安として利用できることを実験により確認した。

なお、本機を用いた学習方法、及びその効果は今後の課題であり、別稿としたい。

終りに、日頃ご指導いただいている本学本多高教授に深謝します。又、資材面でご協力いただいた焼結金属工業(株)、アジアエレクトロニクス(株)、及び日本電気(株)に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 石田, 小川: ろう者を対象とした発声訓練用機器について, 音響誌, **31-3** (1975)
- 2) 石田, 小川: ろう教育における指導および学習のための発声訓練システム, 音響誌, **33-5** (1977)
- 3) 成田, 石戸谷, 河上, 伊藤: 聴覚障害児の言語獲得の問題点とその改善について, 聴覚障害児教育国際会議予稿集, **21-1** (1975)
- 4) 田村, 坪田, 久慈, 森下, 古川, 館野, 前迫, 末武: 精神薄弱児のための視知覚能力(視覚一運動の協応)促進プログラムとその教具, 信学技報, **ET 79-10** (1980)
- 5) 石田, 本多, 小川: ホルマントアナログ形音声合成機の試作研究, シミュレーション, **2-3** (1983)
- 6) 中村, 石田, 本多, 小川, 山本, 兵頭, 和田: 発声訓練機に用いる付加装置について, 音講論集, **2-2-9** (1978)
- 7) 池野, 和久井監修: 実践マイクロコンピュータ, 50/58, 昭晃堂 (1980)
- 8) H. Sakoe, and S. Chiba: Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition, IEEE Trans. Acoust., Speech & Signal Process., **ASSP-26** (1978)
- 9) 迫江: 「DP-100メカニズムと応用」, 最新音声・画像・文字情報処理の実用化技術, 経営開発センター出版部 (1980)