自動語音聴力検査装置の開発

中央鉄道病院耳鼻咽喉科

坂 部 長 正

ダナ・ジャパン

伊 丹 永 一 郎

I はじめに

近年、エレクトロニクスの著しい発達にともなってコンピュータもその機能が向上し、規模の大型化と対象的にまた小型化も進み、かなり高度の演算処理機能を数 cm 四方の小さな素子にまとめたいわゆるマイクロコンピュータ⁷⁾⁸⁾が開発され、単能的なデータ処理の目的で広く使用されるようになってきた。

標準語音聴力検査は、その方法が規準化されかつ重要な検査法であるにもかかわらず、検査法が煩雑で普遍性にかける点があった。著者らは、本検査法の実行論理が比較的整然としていて例外が少ないこと、正答率を求める計算が含まれていることに着目し、本検査法の手順をマイクロコンピュータで制御処理し、自動化をはかった装置を試作したので報告する。

II 装置の概要

1. 設計の要点

1) 被検者にきかせた語音を記入させる代りに、数字と50音のカナ文字（ゐや・も含む）を50音図に並べた鍵盤（キーターミナル）を作成し、被検者に押させるようにした。

2) 押した語音キーを被検者が自分で確認するために文字 display を設けた。この display は濁音、半濁音や拗音も表示できるように4文字まで出力できる。

3) スタート（検査実行開始）、修正（誤って押した場合の消去用）、転送（演算部に被検者の押した鍵盤からのデータを転送する、あるいは語音が被検者にききとれない時に次の語音にスキップさせる時に用いる）の3種類のボタンを設け、操作は被検者に行なはせる。

4) 原則として67式語表を用いる。

5) 被検者が転送ボタンを押さぬかぎり、次の語音はきこえないようにした。

6) きかせた語音と被検者の応答したキーの両コードをマイクロコンピュータで処理し、正答率を表示する。

7) 語音の強さを弱めてゆくステップは、5 dB と 10 dB の2種類設け、任意に変えられるようにする。

8) 使用したい語表を任意に選択できるようにする。

9) 被検者に語音をきかせたという認識を与えるために、語音を再生した時に点灯する合図灯をつける。

10) 検査法の説明は検者が行なう。

11) 自動検査のデータを出力する端子を設ける。

12) 手動で従来の語音聴力検査が可能とする。

2. 装置の構成

図1に示したごとく検査語音再生用テープレコーダと記憶装置（RAM, ROM）、マイクロコンピュータ（MCU）、被検者用キーターミナルと確認用 display、電子アッテネータ、制御部などからなる。図2は装置の外観図で、キーターミナルと display を一体とした入力部とテープレコーダや正答率表示部、検者用プリセットスイッチ群、記憶演算制御部を一体とした本体と2ブロックにまとめ、検査や運搬に便利のように配

図 1

図 2

慮した。

Ⅲ 内蔵検査プログラムと動作手順

1. 検査プログラム

1) 音声検査の最初のレベルと強さを弱めるステップを予め設定する。2) 音声聴取域値検査では、1字ずつ5または10dBステップで減衰し、6字終るともとのレベルにもどり、次の行から測定が始まる。このようにして全部終了すると正答率を display に表示する。3) 予備検査用の最初の行は、全く独立したプログラムを設け、6列目(6字目)まで減衰するとプログラムは停止し、予備検査としての正答率を表示する。4) 音声弁別検査は、前述の1)の設定条件以外に何表目から始め何表目で終わるかを予め設定する。5) 語音が変わるごとに正答率を表示するとともに、予め設定したステップでレベルが減衰し次の語表が再生される。6) 上述の各プログラムの運用に弾力性をもたせ、途中で任意に停止したり停止点から再実行させたり、任意の語表にもどしたりスキップさせたりすることができるようにした。これらのプログラムの flow chart を図3に示した。

2. 測定の動作手順

検者が被検者に検査法の内容とキー操作をよく教える。次に被検者または検者がスタートボタンを押すと、テープレコーダが駆動して検査語音が一語だけ再生される。被検者がきこえた語音に該当したキーを押し、display で確認して転送ボタンを押すと次の語音が再生される。もし語音がきこえない、あるいは理解できない時は、文字キーを押さず転送ボタンを押すと次の語音が再生される。転送ボタンを押すと、被検者からの文字キーコードが本体内の RAM (等連呼出しメモリー) に入力される。このコードを、予め正しい語表のコードを入力してある ROM (続取り専用メモリー) の内容コードと照合し、その検索結果を RAM の別領域に格納した後、マイクロコンピュータで演算

自動語音検査装置動作 FLOW CHART

図 3

処理して正答率を求め、display に表示する。

検索データは、すべて RAM 内に残っているから、これを後で読出して他のコンピュータで高度の情報処理ができる。

Ⅳ 自動の場合の検査能力と精度

聴力正常者20名40耳(19~20才女子)に実行させたが、全例、文字 display に強い興味を示し、キーターミナル面の文字キーを探したり、キーを押す場合の心理的抵抗感は認められなかった。また正答率は、手動で検査した結果と差を認めなかった。

明瞭度100%の語表で、一語間の所要時間は平均5.5秒(装置の hard および soft の処理時間を含む)であった。

感音難聴者16名32耳(38~70才)に対し実行させたが、殆んど支障なくキー操作ができた。ただし、予備検査の段階でキーの操作法が理解できなかったりきこえない時の操作にまどつき、エラーを起すものがあったが操作法をよく教えることで解決した。また、語音間の待時間が長いための記憶の混乱は、今までは認められていない。更に、手動検査のデータと比較したが、本装置では語音レベルを弱くした時の記入の混乱が起らず判定が容易であった。

V 考 按

医療情報処理にコンピュータを利用する傾向は最近ますます高まり、大型のコンピュータは病歴管理や文献検索などに用いられる一方、心電図や脳波、核医学情報の処理などにはその高速性、高信頼性に加えて小型かつ経済性の面からいはいゆるミニあるいはマイクロコンピュータが単能的に利用されるようになってきた。勿論、マイクロコンピュータは、その機能からも中~小型コンピュータに比べて記憶容量も命令数も少なく動作は単純であり高度な処理はできず、また入出力端末は普通の装置と同じものを使えばならぬなど欠点もあるが、その最大のメリットは超小型かつ安価である点である。

医療情報とくに計測情報の中には、扱う情報の性質や測定したデータ処理は極めて煩雑であるが、検査法そのものは単純なものがかかり多い。入力情報や検査データを上手に処理して医師が診断するのと全く同じ水準までコンピュータに判断させることも不可能ではないが、極めて装置自体が大型かつ高価なものとなり、現在の時点ではスクリーニングなど特殊な目的のものを除けば医師の頭脳によるデータ処理や判断の方がはるかに信頼性があり、これが各種の自動診断装置の普及を妨げている原因ともなっている。

このような考えから、著者らも入力情報が比較的基準化されていて手順も単純な検査法を自動化して省力化をはかり、得られたデータの判断は検者にまかせるということを基本概念として、すでにマイクロコンピュータによる標準気導聴力検査法の自動化を試み、実用化に成功した⁴⁾⁵⁾。語音に関しては、電算機によって人工合成語音を作り、これをリハビリテーションや聴力検査に応用しようとする¹⁾²⁾³⁾⁶⁾ 試みもなされるよ

うになってきたが、われわれは語音聴力検査法の中の単純な手順をマイクロコンピュータで実行させ、より高度な検索処理は他のもっと大規模なコンピュータで実行させるような多目的性をもたせた語音聴力検査の自動化装置を試作した。

基本設計の所でもっとも心配したのは、聞かせた語音をどのように容易に被検者に入力させるかという点であったが、これは従来のタイプライタなどの文字入力装置の文字配列が、訓練をしていないものには極めて難解で操作しにくい点を考慮して五十音図をそのまま配列した特殊なキーターミナルを作成したが、これだけでは被検者が押したキーの文字を忘れてしまうことを懸念し、発光ダイオードを並べた文字 display を設けた。実際に使ってみるとほとんどの被検者はなんら抵抗なくキー操作ができたが、これはキーの配列が誰にでもわかり、しかも直ちに探し出せるように単純であり、かつ押したキーの文字が直ちに display される点が強い興味を起させたからと思はれ、入力の段階では、まず問題が生じないことを確認した。

次に、語音間の間隔がいくらか被検者が早くキーを押しても、内部処理のために従来の間隔の約2倍かかるので、その間に記憶が混乱して操作を誤るのではないかと考えたが、これも老人を除いて全く認められなかった。この事実は、語音聴力検査そのものが、標準純音聴力検査のように被検者に無差別に行なはれるものでなく、ある程度限定されたもののみに行なはれる面も自動化した場合に有利に働いているのかも知れない。

要するに、本装置により、少くとも煩雑なテープレコーダやプレーヤの操作がなくなり、正答率の計算をしなくてよいだけでも検者にとってかなりの省力化と考えられ、また内部に記憶している被検者のデータを出力して他のコンピュータや周辺装置で更に高度の情報処理、たとえばスピーチオーゾグラムそのものや異聴表の作成が可能など、さらにプログラムを変えれば語音リストを容易に変更でき、手動でも従来通りの語音聴力検査ができる点など省力化以外の価値も高いと思はれるが、一方、装置自体の容積やコストなど今後検討改良せねばならぬ点であると考えている。

VI ま と め

標準語音聴力検査法の論理がまとまっていて普遍性があり、正答率を求める計算が含まれている点などコンピュータで処理するのに有利であるという考えか

ら、マイクロコンピュータを内蔵させた語音聴力検査の自動化装置を試作した。

1. 本装置は、検査語音再生用テープレコーダ、記憶装置、マイクロコンピュータ、被検者用キータミナル、確認用文字 display、電子アッテネータ、制御部などから構成されている。

2. 内蔵プログラムは、語音聴取域値検査と同予備検査および語音弁別検査の3種類であり、プログラム実行に弾力性をもたせ、任意の語表から始めたり、途中で止ためりスキップさせたり、もとの語表にもどしたりすることができる。

3. 内部に記憶されている被検者の検査データを、他のコンピュータで更に高度の処理ができるように出力端子を設けた。

4. 数字やカナ文字を五十音図に配列した鍵盤（キータミナル）を被検者に押させることにより、きかせた語音の被検者からの応答を得るようにした。

5. 聴取域値検査では各列ごとに、弁別域値検査では各語表ごとに自動的に音圧が減衰し、全検査が終了すると、各々正答率を表示する。

6. 手動で従来の語音聴力検査ができる。

稿を終るに臨み、中央鉄道病院耳鼻咽喉科主任医長 大木稔文博士、富士通株式会社 応用方式部長 水越慎博士、同部 寺井悦治氏の御助言、御協力に深謝いたします。

なお、本論文要旨は、第20回日本オージオロジー学会総会および第15回日本 ME 学会大会において発表した。

Development of the Computerised Automatic Speech Audiometer

Nagamasa Sakabe, M.D.

(Department of Oto-Rhino-Laryngology,
Central Hospital of Japanese National
Railways)

Eiichiro Itami, B.E.

(DANA Japan Co., Ltd.)

The authors developed a new type of speech audiometer by which we could automatically meas-

ure speech reception and discrimination according to the testing program based on the standard manual for speech audiometric procedure established by the Japan Audiological Society.

The characteristics of the equipment were as follows:

1) The equipment consisted of a micro-computer which performs the testing program, controller of input-output data, specific memories, cassette tape recorder, character display panel and console key terminal.

2) The examinees responded to the audible or inaudible test speech signals recorded in a cassette tape, by pushing the terminal keys which were arranged in order of the Japanese alphabet.

3) The information from the key terminal of the examinees and the processed scores were shown on the character display panel.

4) The equipment could be used manually as a conventional speech audiometer.

文 献

- 1) Jerger, J. et al.: A new approach to speech audiometry. J. Speech Hearing Dis., 33; 318-328, 1968.
- 2) 小川康男, 他: ろう者を対象とした音声訓練用機器について. 日本音響学会誌, 31; 189-195, 1975.
- 3) 柿間克彦, 他: スピーチオージオグラムのコンピュータ処理. Audiology Japan, 18; 351, 1975.
- 4) 坂部長正, 他: 自動オージオメータの開発. Audiology Japan, 17; 636-644, 1974.
- 5) 坂部長正, 他: 自動オージオメータの改良と成績. Audiology Japan, 18; 387, 1975.
- 6) Flanagan, J.L.: Speech analysis, synthesis and perception. Springer-verlag. 1972.
- 7) マイクロコンピュータの応用技法. 電子科学. 1月号, 1974.
- 8) 最新マイクロコンピュータのすべて. 電子科学. 3月号, 1975.

(受付 51.6.22.)