

資料

## CRT 表示文字の音声呈示

石田 久之・佐藤 泰正

マイクロコンピュータは、その出力をCRTあるいはプリンタという視覚的装置へ送るため、その普及の著しさにもかかわらず、視覚障害者の利用には大きな制約がある。そこで、出力を残存感覚の一つである聴覚へ送るためのシステム開発を目的として研究がなされた。ハードウェアには特別な装置を用いず、ソフトウェアの開発により、CRT画面上の英数字を音声化するものとされた。音声データはあらかじめディスクに格納されており、basic命令により、レジスタに読み込まれ、D-A交換の後、スピーカに出力された。音声化は英文字(a-z)26字及び数字(0~9)10字とし、他については短音により、その存在のみが知らされた。これらについて、メモリ容量・音声化の対象等の問題点が指摘された。

キーワード：マイクロコンピュータ 音声呈示 視覚障害

近年、コンピュータは学術研究の領域においても、実験材料の作成・実験の制御・得られたデータの解析等、様々に利用されている<sup>1)2)3)4)5)6)7)</sup>。障害者研究の場に関しては、コンピュータの研究は大きく2つに分けることができる。一つは、感覚代行・障害補償といわれる領域で、システムの中枢制御機構として研究しようとするものである。他の一つは、障害者の主体的・積極的な利用を促すための研究であり、前者が工学・医学的な色彩が強いものに対して、教育・心理的色彩の濃い領域である。つまり、いかにすれば、コンピュータが障害者の生活にとって有効・強力な手段となりうるか、障害者にとって使用上問題となる部分を、どのように改善すれば、使い易く、利用価値の高いものになるかという研究である。しかし、前者に比して数は非常に少なく、特に、広範に普及しており、それ故に接する機会も多く、身近なものとなっているマイクロコンピュータ(以下、マイコンと略す)においてその傾向が顕著である。マイコンを用いた場合、大型コンピュータに比べ大きな制約はあるが、コスト・使い易さ等の長所も数多くある。また、マイコンの学校教育への導入も検討され始めた現在、前述の教育・心理的側面の研究、とりわけ、心身障害学という領域においては、ソフトウェアの拡充・整備及びそれらの

評価に関する研究が急務であり、この重要性は今後とも拡大していくものと思われる。

障害者とマイコンとの間の最大の問題は、入出力の方法についてである。例えば、肢体不自由者におけるキー入力の不便さ、そして言うまでもなく、視覚障害者における出力内容確認の困難さがあげられる。現在使われているマイコンの多くは入力をキーボードより、また出力をCathode Ray Tubeディスプレイ(以下、CRTと略す)・プリンタへ行なう。キー入力は訓練により必ずしもキーボードを見る必要はなくなるが、作成中のプログラムや演算結果がCRTやプリンタに出力されるため、視覚障害者が単独でこれを確認・訂正することはできず、そのため、マイコンの自由な使用を大巾に制限するという結果になっている。

### 目 的

視覚障害者におけるマイコン利用の困難さは、データ等の情報\*をCRTやプリンタという視覚系へ出力するために生じるものである。このこと

\* マイコンを端末として大規模な情報ネットワークに組み入れ、様々な情報を簡単に提供するという試みもすでに始っており、このことを含めて情報という言葉を使用した。

は、他の感覚系への出力が可能であるなら、視覚障害者においても十分マイコンを利用しうることを示している。

そこで本研究は、残存感覚の一つである聴覚に着目し、これを用いた情報表示システムの試作を目的とした。

具体的には、マイコンのCRT画面上の英数字を必要に応じて、音声により出力するプログラムの開発を行った。

## システムの構成

### 1. ハードウェア

システムの作成にあたり、使用する機種は市販されているものとし、特注品及び非常に高価なものは用いないという条件を設定した。これは、システム導入時に大きな問題となるコストを最小限におさえるためで、できる限り現在使用しているマイコンをそのまま利用できるように努めた。

システムのブロックダイアグラムを Fig. 1 に示す。マイコン (NEC 製 PC-8001) を中心として、CRT・プリンタ・I/O 拡張ユニット・ディスクユニット及びスピーカより構成されている。このマイコンは普及型としては初期のものである。CPU として Z-80 を用いており、演算速度は  $4\text{MHz}$  である。周辺装置はどれもマイコンシステムとして普通に組み込まれているものであり、ディスクユニットについても、プログラミング・データ処理におけるマイコン利用時には不可欠であり、標準に装備されているものである\*\*。

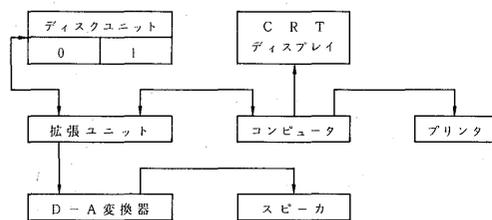


Fig. 1. システムのブロックダイアグラム

これらの中で、出力系の中心となるものは I/O 拡張ユニットに装備された D-A 変換器である。

\*\* I/O 拡張ユニットは新しい機種では不要となっている。

\*\*\* ディスクの詳細はマニュアルを参照。

これもオプションとして市販されているものである。D-A 変換器は、デジタル量をアナログ量に変換するものであり、ディスクに格納された音声のデジタルデータをスピーカの入力に適した電圧値へ変換するものである。

### 2. ソフトウェア

#### (1) 音声化ルーチン

通常、マイコンではメモリ内のビデオラム (以下、VRAM と略す) にあるデータを CRT に転送することによって文字を表示している。そこで、この VRAM を用いれば CRT 上の文字と同じものを他へ出力することができる。Fig. 2 にプログラムリストを示す。なお、このプログラムはシステム化されたプログラム (後述) のサブルーチン部分のみを抜き出したものである。また、言語は処理の高速性を確保するために、機械語を用いた。

音声化は命令の入力により、VRAM の先頭データ (画面最上段最左端にある文字) をレジスタにロードし、この文字に対応した音声データを検索、ディスクより読み込み、D-A 変換器を介して、スピーカへ出力するという過程をたどり、これを 80 桁 25 行のすべてについて反復するものである。

音声化される文字は、英文字 (a~z) 26 文字及び数字 (0~9) 10 文字とした。スペースと改行命令は無視され、グラフィックキャラクターは短い音 (ピープ音) により、その存在のみを示した。

#### (2) 音声データ

音声データは、別のデジタル化プログラムにより作成された。レコーダに録音された英数字 36 文字がそれぞれ、毎秒一万回のサンプリング頻度でデジタル化され、ディスクに格納された。ディスクへのデータの配置は、高速処理を可能とするために以下の様になされた。

英字 26 文字についてはトラック 0~25 を、数字 10 文字についてはトラック 0~9 を用いた。それぞれにおいて、英文字はセクタ 1 から、数字はセクタ 9 から格納された\*\*\*。これらのデータが格納されたディスクは、ディスクユニット 1 に収納された。

これら、(1) のプログラムと (2) の音声データにより、CRT 画面上の "a" は "エイ" と、"1" は "イチ" と音声化されることになり、CRT を見ることなくして、プログラミング、演算結果の確認・訂正を行うことが可能となる。

```

C132 F5      INTER: PUSH AF
C133 C5      PUSH BC
C13D D5      PUSH DE
C13E E5      PUSH HL
C13F 0DE5    PUSH IX
C141 3A55EA  LD A, (0EA55H)
C144 F5      PUSH AF

C145 AF      XOR A
C146 D351    OUT (51H), A
C148 3C      INC A
C149 D368    OUT (68H), A

C14B DD2100F3 ; LD IX, 0F300H
C14F 112800  LD DE, 0028H
C152 3A62EA  LD A, (0EA62H)
C155 3D      DEC A
C156 6F      LD L, A
C157 2650    LOFA: LD H, 80
C159 DD7E00  LOPB: LD A, (IX)
C15C FE80    CP 80H
C15E D2C6F2  JP NC, 0F2C6H
C161 D621    SUB 21H
C163 387D    JR C, FAS
C165 FE20    CP 20H
C167 3811    JR C, TSB
C169 FE40    CP 40H
C16B 3802    JR C, CAP
C16D D620    SUB 20H
C16F D620    CAP: SUB 20H
C171 FE1A    CP 1AH
C173 3013    JR NC, BEEP
C175 47      LD B, A
C176 0E01    LD C, 1
C178 1813    JR READ

C17A D60F    TSB: SUB 0FH
C17C FA6CF2  JP M, 0F26CH
C17F FE0A    CP 0AH
C181 3005    JR NC, BEEP
C183 47      LD B, A
C184 0E09    LD C, 9
C186 1805    JR READ

C188 CD430D  BEEP: CALL 0D43H
C18B 1855    JR PAS

C19D AF      READ: XOR A
C18E 32C5ED  LD (0EDC5H), A
C191 3C      INC A
C192 32C6ED  LD (0EDC6H), A
C195 3E08    LD A, 8
C197 32B9ED  LD (0EDB9H), A
C19A 3E02    LD A, 2
C19C CD2101  CALL 0121H
C19F CD5A01  CALL 015AH
C1A2 E640    AND 40H
C1A4 CAD2F2  JP Z, 0F2D2H
C1A7 3E03    LD A, 3
C1A9 CD7C01  CALL 017CH
C1AC 0608    LD B, B

C1AE 0E00    TB1: LD C, 0
C1B0 3E0B    TB2: LD A, 11
C1B2 D3FF    OUT (0FFH), A
C1B4 DBFE    TB3: IN A, (0FEH)
C1B6 E601    AND 1
C1B8 28FA    JR Z, TB3
C1BA 3E0A    LD A, 10
C1BC D3FF    OUT (0FFH), A
C1BE DBFC    IN A, (0FCH)
C1C0 F5      PUSH AF
C1C1 3E0D    LD A, 13
C1C3 D3FF    OUT (0FFH), A
C1C5 DBFE    TB4: IN A, (0FEH)
C1C7 E601    AND 1
C1C9 20FA    JR NZ, TB4
C1CB 3E0C    LD A, 12
C1CD D3FF    OUT (0FFH), A

C1CF AF      XOR A
C1D0 D388    OUT (88H), A
C1D2 F1      POP AF
C1D3 D680    SUB 80H
C1D5 D389    OUT (89H), A

C1D7 0D      DEC C
C1D8 20D6    JR NZ, TB2
C1DA 05      DEC B
C1DB 20D1    JR NZ, TB1

C1DD AF      XOR A
C1DE D388    OUT (88H), A
C1E0 D389    OUT (89H), A

C1E2 DD23    PAS: INC IX
C1E4 25      DEC H
C1E5 C23DF2  JP NZ, 0F23Dh
C1E8 DD19    ADD IX, DE
C1EA 2D      DEC L
C1EB C23BF2  JP NZ, 0F23Bh

C1EE 3A65EA  FIN: LD A, (0EA65H)
C1F1 47      LD B, A
C1F2 3A62EA  LD A, (0EA62H)
C1F5 4F      LD C, A
C1F6 CD3A09  CALL 093AH

C1F9 3E02    LD A, 2
C1FB D3E4    OUT (0E4H), A
C1FD 3255EA  LD (0EA55H), A
C200 3256EA  LD (0EA56H), A
C203 FE      EI
C204 F1      POP AF
C205 3255EA  LD (0EA55H), A
C208 D3E4    OUT (0E4H), A
C20A DDE1    POP IX
C20C E1      POP HL
C20D D1      POP DE
C20E C1      POP BC
C20F F1      POP AF
C210 ED4D    RETI

```

Fig. 2. 音声化プログラム

### (3) プログラムの起動

本研究で作成したプログラムはサブルーチンであり、あくまでもプログラミング、データの処理というマイコン本来の仕事を行いつつ、必要に応じて画面上の文字を音声化するものである。そこで、どのようにこのサブルーチンプログラムを起動させるかということが問題となる。

第1の方法はこのルーチンを割込みルーチンとし、外部からの割込み要求によって起動するものである。これによると、使用言語がマイコンの主要言語である basic に限らず音声化が可能であり、プログラム開発等に非常に有用である。つまり割込み要求は使用言語とは無関係の、スイッチによる物理的接触であるため、そのようなことが可能となる。しかし、このスイッチは接触時の安

定性が要求され市販のものでは不十分である。今後のシステム開発にも様々な可能性を持つと思われるが、本研究では前述の基本条件を考慮し、使用を見合わせた。

第2の方法は、basic の拡張コマンドを用いるものである。

basic において命令の実行は通常次の様な過程をたどる。入力された命令は、メモリ上のテーブルにより中間言語に変換される。次にこの中間言語に対応した処理ルーチンにプログラムカウンタが移り、機械語ルーチンの命令が実行される。ところで、この中間言語テーブルは将来の命令の拡張を考えて使用していない命令も書かれている。例えば、“talk”・“cmd”等の命令を入力すると、エラーメッセージが表示される。そこで、これらの

命令の変換テーブルに音声化ルーチンの先頭アドレスを書き込めば、その命令の入力により処理ルーチンが実行されることになる。もちろん、ダイレクト及びプログラム両モードで利用でき、basic 言語使用時には非常に有効な方法である。前述の方法とは異なり、basicプログラム以外では起動しないが、特別な装置を必要としないことから、この方法を採用した。

#### (4) プログラムのシステム化

本システムはディスク basic を前提としている。ディスク basic は電源の投入により、自動的にディスクコードを読み込むものであり、本来のシステムに追加された音声化ルーチンも同時に読み込まれる。このディスクコードへのサブルーチンの追加は機械語を用いれば簡単であり、今後の様々なシステムの開発にも利用できるものと思われる。

### システムの問題点

本研究は大規模な装置を用いずに CRT 上の英数字を音声化することを試みたものである。特殊な装置を導入することなく、システムの開発が可能なことは、現在のマイコンの広範囲な普及を考えると、視覚障害者のマイコン利用を大きく促すものと思われる。しかしながら、一定条件内のシステム開発には制約も多く、いくつかの問題点が指摘される。

#### (1) システムのメモリ

本システムにおいて、サブルーチン本体の大きさは比較的コンパクトである。またプログラム実行時のデータ領域も、ディスクからのデータをレジスタより直接出力するため最小限となっており、内部メモリの圧迫は問題とならない。しかし、音声データの格納については、最低ディスク1枚分の大きさを必要としている。データが音声波形であり、データ数の減少は音質の劣化をひきおこし、聞き取りにくくなるからである。これでは、ディスクを同時に2台用いるようなプログラムの作成・実行は困難である。また、本システムでは、1文字について2048点のデータで音声化を行った。約0.2秒のデータ長となるが、文字によっては不明瞭となるものもある。データ長を長くすることによって解決は可能だが、フリーエリアのスペースを考えると、それにも限度がある。このようなことはハードウェアに手を加え、音声合成用

ICを取り付ける等、他の方法を考えるのであれば解決法はいくつかある。しかしながら、ハードウェアを大きくかえないという条件においての、いわゆるソフトウェアによる音声化では、メモリの大量使用は不可避であり、決定的な解決法が簡単には見出せない、重大な問題点である。考えられる方法の一つとしては、compressed speechの利用がある。これは、音声情報の冗長部分を言わば“切り捨てる”ものであり、理解度を低下させずにデータ量を少なくすることが可能である。マイコンにおける適用も十分可能という研究結果もあり<sup>4)</sup>、今後検討すべき方法であろう。

#### (2) 音声化の対象

本システムでは、英数字36文字のみを音声化の対象とした。グラフィックキャラクター等については対象外であり、これらの場合、ピーブ音によって存在の確認はできるが、何であるかは知ることができない。すべての音声化は無理であるため何が必要度が高く、どのように音声化すべきかという検討が残されている。

#### (3) 音声化の方法

本システムでは、出力を文字毎に行っているが、理解のし易さ、あるいは、速さという点を考えた場合、単語として出力する必要性も生じるものと思われる。その際、誤ったつづりの単語をどのようにするかというような問題も、メモリ等の問題とあわせて検討する必要がある。

### おわりに

安価で使い易いマイコンも、そのままでは障害者にとって有効なものとはなりにくい。本研究においては、視覚障害者における入出力の問題点を解決しようの方法を考えてきたが、障害の種類・程度により、マイコン利用にも様々な困難・問題点が生じている。補償工学のような大規模研究の必要性はもちろんのことであるが、身近にある有用な道具であるマイコンの利用をさらに促すようなシステムの開発研究も今後ますます必要となっていくと思われる。

### 文 献

- 1) Church, R. M. (1983): The influence of computers on psychological research: A case study. Behavior Research Methods & Instrumentation, 15, 117-126.

- 2) Dhopolsky, J. G. (1983): Machine language millisecond timers for the Z-80 microprocessor. Behavior Research Methods & Instrumentation, 15, 511-520.
- 3) Emerson, P. L. (1983): Analysis of variance with Fourier analysis of coherent data. Behavior Research Methods & Instrumentation, 15, 242-250.
- 4) 石田久之 (1982) : Speech Compression とマイクロコンピュータ, 特殊教育学研究, 20, 1-8。
- 5) McLean, R. S. (1973): The slide projector as a computer-operated visual display. Behavior Research Methods & Instrumentation, 5, 104-106.
- 6) 中邑賢龍・富永大介・利島保 (1982) : マイクロコンピュータを用いた心理学実験制御及び反応計測のシステム化, 心理学研究, 53, 244-248。
- 7) Spivey, J. E. (1983): Software development for computer-assisted instruction in experimental psychology. Behavior Research Methods & Instrumentation, 15, 183-186.

## Summary

### Auditory Presentation System of the Characters on the CRT Display

Hisayuki Ishida    Yasumasa Sato

The purpose of this study was to develop the auditory presentation system of characters on the CRT display that made it easy for visually impaired person to operate microcomputers.

The hardware of this system consisted of a microcomputer, CRT display, printer, I/O unit, 2 disk units and a speaker. The I/O unit contained a D-A converter which was central in output channel. All of this system were on sale and special apparatus were not included.

Auditory presentation was made as follows. By input of a command (from a key board or a program), first character of VRAMs was loaded into register. Then digital data stored in a disk unit correspondent to the character were output to a speaker through the D-A converter. Characters which were converted were 36 alphanumeric characters and others were informed by short tones only to make users to recognize their existence. Digital data were made in advance and stored in a disk unit 1 by another program.

This system was thought available to the visually impaired and others who were not able to use visual channel. However, modifications of hardware were not considered in this study, so some problems were indicated, especially about memory capacities.

**Key word** : microcomputer, auditory presentation, visual impairment