

〈研究ノート〉

PC-9800 を用いた心理学実験での制御と計測¹⁾

滝 浦 孝 之

(受付 2003年10月14日)

かつて日本では、パーソナルコンピュータ（以下パソコン）といえば日本電気の PC-9800 シリーズ（以下 PC-98）を指した。特に1986年の国内パソコン市場における PC-98 のシェアは実に79%に達し、その後も1994年に至るまで50%以上のシェアを誇っていた（月本，2001）。しかし，強力な GUI 機能を備え，マルチタスク・マルチウィンドウ環境を提供する Windows という OS の登場，また CPU の処理速度の大幅な向上に伴うソフトウェア上での高速な日本語表示の実現，さらには価格的な理由等により，現在の日本においては，事務・産業のあらゆる分野において，PC-98 から PC/AT 互換機への切り替えが急速に行われている。2003年9月30日に PC-98 の受注生産が終了したため，PC-98 がオフィスや産業の現場において使用される機会は今後ますます減少するものと思われる。また2001年4月に施行された「資源の有効な利用の促進に関する法律」によって，各パソコン製造業者が自社製の使用済みパソコンの回収・再資源化義務を負うこととなり，2003年9月30日までに販売されたパソコンに関しては，排出時にユーザーがリサイクル費用を負担する必要が生じた。さらに，PC-98 で動作可能な Windows は Windows2000 までであるが，この OS 上でストレスなく作業を行うことのできる PC-98 の機種はかなり限定されてしまう。これらの理由から，2003年9月末までにかかなりの数の個人ユーザーによって PC-98 の処分が行われたとも報道されており，個人ユーザー間での PC-98 離れも急激に進行していると思われる。

心理学実験においても PC/AT 互換機の利用率は上昇している。特に視覚研究の領域では，フレームバッファ等を利用しても，MS-DOS 上では表示

サイズなどの点において PC-98 の機能には限界が大きいことから、早い時期から PC/AT 互換機の利用が進んでいた。また最近では、制御・計測の観点から PC/AT 互換機のアーキテクチャを解説した書籍も出版されるようになり (中島, 1997; 西原・山藤, 2000, 渡辺, 1996), 心理学実験装置としての PC/AT 互換機の特徴についての研究も行われるようになってきている (清水, 2001)。さらに, Cedrus 社の SuperLabPro, Psychology Software Tools 社の E-Prime 等, Windows 上で動作する高機能の心理学実験用ソフトウェアも市販されるようになった。

しかし, さほど複雑でないパタンの CRT への提示, ms 単位での外部機器の制御あるいは被験者の反応の計測等, 現在でも心理学実験において PC-98 の MS-DOS 上で行える処理は少なくない。また, 必要なデジタル入出力信号が 1, 2 本程度の場合には, 専用の拡張ボードを用いなくとも, PC-98 本体に標準で備わっているポートを利用して外部と信号のやりとりをすることも可能であり, また心理学の実験ではそれで十分である場合が多い。さらに, 正確な時間制御という観点から見ると, ユーザー側で制御できない割り込みが大量に入る Windows よりも, シングルタスク OS である MS-DOS の方がかえって好都合な場合が多い。このため, CRT 上に刺激を提示する最近の研究でも, 敢えて MS-DOS 上で実験を行っている例がある (Westheimer, 1999, 2000)。従って, MS-DOS と組み合わせた PC-98 は, 心理学実験装置としていまだ十分な利用価値を有しているといえることができる。

また, PC-98 のハードウェアや BIOS に関する書籍は, かつてはかなりの数のものが出版されており (アスキー出版局テクノライト, 1992a, 1992b; 小高・清水・速水, 1992; 東京工業大学電子計算機愛好会・小高, 1988; 東京理科大学 EIC, 1994), また PC-98 を利用した心理学実験の方法に関する資料も少なくない (舟川, 1988; 市川・小田, 1985; 野沢, 1986; 亭坂, 1988)。さらに, 充実した資料がオンライン書籍としてインターネット上で無償公開されており²⁾, PC-98 のハードウェアに関する情報は現在でも容易に入手することができる。

本稿では、PC-98 を使用した心理学実験での制御・計測に関して、刺激提示順序のランダム化、時間制御、反応時間の測定、PC-98 本体に備わった入出力に利用可能なポート、N88-BASIC (86) と機械語プログラムとのリンク、の5つの事項について順に述べる。なお対象とするPC-98 本体は、ごく初期のものや特殊なものを除いた一般的なノーマルモードの機種である。

1. 刺激提示順序のランダム化

心理学実験では、刺激の提示順序効果を可能な限り小さくするために、刺激をランダムな順序で提示するということがよく行われる。これは乱数表などを用いて行うこともできるが、プログラム言語の乱数発生機能を利用することによっても簡単に実現することができる。ここではPC-98 上で動作するN88-BASIC (86) のRND 関数を用いた方法について、市川・小田(1985) を参考に述べる。なお変数名は任意であり、また行番号は省略する。

例として、総試行数が120試行で、条件1-5の5つの条件をランダムな順序で提示したい場合を考える。

(1) 配列変数の要素の大きさ(120個)を宣言し、メモリの確保を行う。この場合、配列変数は文字型とする。

```
DIM TRIAL$(120)
```

(2) (1) で確保したメモリ領域に1-5の文字型変数を24個ずつ格納する。この場合、TRIAL\$(1) から順に1-5を格納し、それを24回繰り返す。

ここまでの処理を実現するプログラムは下のようになる。これによりTRIAL\$(1)-TRIAL\$(120) に1-5の文字が入る。

```
FOR J=1 TO 24  
FOR K=1 TO 5  
TRIAL$((J-1)*5+K)=STR$(K)  
NEXT K  
NEXT J
```

(3) 120個の配列変数をランダム化する。

まず最初に RANDOMIZE 文により RND 関数の種を与える。ここで、N88-BASIC (86) の RND 関数は種の値に変化がないと、RUN および CLEAR が実行されるごとに同じ乱数系列を発生させてしまうので、パソコンの内蔵時計の時刻を与える TIME\$ 関数を利用して種の値を変化させる。

例えば、TIME\$ 関数実行時の内蔵時計の時刻が16時35分56秒を指すものとする、

```
MID$(TIME$,4,2) = 35
```

```
RIGHT$(TIME$,2) = 56
```

となるが、この2つの数字を組み合わせて種の値とする。この手続きは、全く同じ時刻に実験を行う機会が複数回ある確率は極めて低いという仮定に基づくものであり、セッションごとあるいは被験者ごとに異なる順序で条件のテストを行うという目的では全く問題がないと思われる。

これは文字型変数での処理であり、実際に種として与える場合には、変数を数値型に変換する必要がある。

以上の処理は下のように表される。

```
SEED$ = MID$(TIME$,4,2) + RIGHT$(TIME$,2)
```

```
RANDOMIZE VAL(SEED$)
```

次に (1) で用意した120個の配列変数をランダムな順序に並べ替える。

RND 関数を用いて 1 - 120 の整数乱数を発生させ、TRIAL\$(1) と TRIAL\$(RN) の値を入れ替える、次いで 2 - 120 の整数乱数を発生させ、TRIAL\$(2) と TRIAL\$(RN) の値を入れ替える。以下同様の操作を117回繰り返す。プログラムは下に示す通りである。

```
FOR J=1 TO 119
```

```
  RN=INT((120-J+1)*RND)+J
```

```
  SWAP TRIAL$(J),TRIAL$(RN)
```

```
NEXT J
```

RND 関数の発生する乱数は 0 以上 1 未満であり、また INT 関数は小数点以下を切り捨てた整数値を与えるので、J が 1 の場合には RN が 1 から 120 までの整数のいずれかの値となる。また J が 2 の場合にはこの値が 2 - 120 の間のいずれかの整数値をとる。J が 3 以降でも全く同様である³⁾。

この状態での配列変数 TRIALS\$ は文字型変数であるので、数字として用いる場合には、VAL 関数により数値型変数に変換する必要がある。

2. 時 間 制 御

心理学の実験においては、刺激の提示時間あるいは提示時間差の制御、A/D 変換のサンプリング間隔の設定、あるいは反応時間の測定など、制御・計測に ms 単位の精度が要求される場合が少なくない。このような時間的な面での制御・計測は、一定の時間間隔で定期的に状態の変化するものの状態の変化を一定の回数カウントすることにより行う。言い換えれば、何か時計のようなものの進みを一定量カウントすることによって正確な時間制御が実現できる。以下では PC-98 で可能なそのような方法のいくつかについて述べる。

正確なカウント作業には速度が要求されるので、時間制御プログラムはアセンブリ言語などを用いて作成するのがよい。本稿において示されたプログラムは、Microsoft 社の Macro Assembler のソースプログラムの書式に従って記述されており、いずれも N88-BASIC (86) 上から呼び出される COM モデル内でのものを想定している。

(1) VSYNC 信号の利用

ディスプレイへの表示は、画面のドットを連続点灯させるのではなく、1 本の走査線を画面の上から下へと移動させることにより行われる。この走査周波数を垂直同期信号周波数、あるいは VSYNC 信号周波数と呼ぶ。VSYNC 信号周波数が 56.4 Hz の場合は 17.72 ms 毎に、また 70.1 Hz の場合は 14.27 ms に一度の割合で 1 画面分の走査が行われ、VSYNC 信号が発生す

る。グラフィック画面での VSYNC 信号は GDC (Graphic Display Controller) がグラフィック VRAM の内容を読み出して出力する映像信号であり、I/O ポートの 00A0H の bit 5 の状態を調べることで、その発生の有無を調べることができる。

しかし、VSYNC 信号周波数が 56.4 Hz の場合、信号の持続時間は 0.32 ms とやや長く、VSYNC 信号の検出が、その終了する直前という場合も考えられる。従って、より正確な時間制御を行う場合には、信号発生時点の検出が必要となる。さらに、VSYNC 信号検出の最中に割り込みが発生すると不具合が生ずるため、信号の検出を行う場合には割り込みを禁止する必要がある。

従って、(走査 1 周期分の時間×xx) ms の計測は以下のように行う。xx は任意の正の整数である。

```

CLI
MOV CX,xx
VSYNC:IN AL,0A0H
    TEST AL,20H
    JZ VSYNC
VSYND:IN AL,0A0H
    TEST AL,20H
    JNZ VSYND
DEC CX
LOOP VSYNC
STI
    
```

(2) タイマ機能の利用

タイマ LSI である μ PD8253A (相当品) には、相互に独立に動作する 3 つの 16 ビットカウンタが含まれているが、そのうちカウンタ #0 がインターバルタイマに割り当てられている。 μ PD8253A のカウンタには 3 つの動作モードがあるが、ここで利用するのはカウント終了時に割り込みを発生するモード #0 である。

まず I/O ポートの 77H あるいは 3FDFH にコントロールワードを出力することで、カウンタの動作モードの設定を行う。コントロールワードの各ビットのもつ意味は下の通りである。x は 0, 1 いずれの値でもよい。

bit 7-6：カウンタの選択

0-0=カウンタ#0

0-1=カウンタ#1

1-0=カウンタ#2

bit 5-4：リード/ライトするカウント数のバイト長、あるいはカウントラッチ動作の指定

0-0=カウントラッチ

0-1=LSB

1-0=MSB

1-1=LSB, MSB の順

bit 3-2-1：動作モードの選択

0-0-0=モード 0 (カウント終了時での割り込み)

x-1-0=モード 2 (レートジェネレータ)

x-1-1=モード 3 (方形波ジェネレータ)

1-0-0=モード 4 (ソフトウェアトリガードストロープ)

bit 0：バイナリカウントか BCD カウントかの選択

0=バイナリカウント

1=BCD カウント

次いで、カウントすべき値を I/O ポートの 71H あるいは 3FD9H に出力する。1 回のカウントに要する時間は、システムクロックが 8 MHz 系 (クロック周波数が 8 MHz と 16 MHz) の本体では 500.8 ns (1/1996.8 ms), また 5 MHz 系 (クロック周波数が 5, 10, 12, 20 MHz など) 本体では 406.9 ns (1/2457.6 ms) であるので⁴⁾, 例えば 1 ms の間カウントするためには, 8 MHz 本体では 7CDH (10進数では 1997) を出力し, 5 MHz 系本体では 99 AH (同 2458) を出力すればよい。

次に I/O ポートの 71H あるいは 3FD9H から, AX レジスタの中身が 0 となるまでカウンタの内容の読み込みを繰り返すが, その際, カウンタ内容を一時的にストレージレジスタにラッチし, そのデータを読み出す (この

処理において、コントロールワードの下位 4 ビットは意味を持たない)。

従って、5 MHz 系本体での xx ms の計測は以下のように行う。xx は任意の正の整数である。

```
MOV AL,30H
OUT 77H,AL
MOV CX,xx
TIMER:MOV AX,99AH
    OUT 71H,AL
    MOV AL,AH
    OUT 71H,AL
TIMIN:MOV AL,0
    OUT 77H,AL
    IN AL,71H
    XCHG AL,AH
    IN AL,71H
    XCHG AL,AH
    CMP AX,0
    JNS TIMIN
DEC CX
LOOP TIMER
```

(3) BIOS 経由でのタイマの利用

BIOS に格納されているサブルーチン群は、AH レジスタにファンクションコードをロードし、INT 命令を実行することによって利用できる。インターバルタイマ (シングルイベント) 割り込みの設定は以下のような手順となる。

1. AH レジスタにファンクションコード 02H をロードする (シングルイベントの選択)。
2. CX レジスタに設定したい時間を 10 ms 単位でロードする。最大値は FFFFH である。
3. ES レジスタに、設定した時間が経過した後に呼び出されるルーチンのセグメントアドレス値をロードする。

4. 同様に BX レジスタにオフセットアドレス値をロードする。

5. INT 1CH を実行する（ソフトウェア割り込み）。

実際には、この方法を用いて作成された、N88-BASIC (86) 上から呼び出す 10 ms 間隔のタイマ (“TIMER.BIN”) が、インターネット上 (<http://uttsu.com/>) でフリーソフトとして公開されているので、それを利用するとよい⁵⁾。

(1)–(3)は PC 内蔵クロックを利用する方法であるが、他に同種の方法としては、マウスや音源の割り込みの利用なども考えられる。

(4) 外部クロックのカウント

PC 内蔵のクロックを利用する方法の他に、PC に接続したタイムベースモジュール等の外部クロックからの一定時間間隔のパルス列をカウントすることで時間制御を行うことも可能である。かつて日本アセンブラ社から、カウントプログラムを同梱したタイマーボード II という心理学実験用の制御ボードが発売されていたが、これはボード上にタイムベースモジュールを搭載しており、基本的にここで述べる方法と同様の方法で時間制御を行うための製品であった。

タイムベースモジュールの出力はオンとオフとが時間的に交替する矩形波パルス列であり、オンの相とそれに続くオフの相（あるいはその逆の順番）を 1 周期としてカウントする。検出対象は、パルスの立ち上がりと立ち下がり、すなわちオフからオン、およびオンからオフへの移行時点である。

周波数が 20 kHz の外部クロックの出力が、入力ポートである 00D0H の bit 0 に接続されている場合に、10 ms を計測するプログラムは下のようになる。なおこれ以降のプログラムにおける “……………” は、任意の処理を意味する。

```
FLAG EQU 0F00H          ; パルスのオン・オフのフラグ
……………
```

```
.....  
MOV SI,FLAG  
XOR AX,AX  
MOV WORD PTR [SI],AX ;上記フラグの内容の初期化  
.....  
.....  
MOV CX,200 ;0.05 ms × 200=10 ms  
TWOHUND:  
CALL CLOCK  
LOOP TWOHUND  
.....  
.....  
CLOCK:MOV DX,00D0H ;外部クロックカウントサブルーチン  
IN AL,DX  
TEST AL,01H  
JNZ CLO1  
AND BYTE PTR[SI],0FEH  
JMP CLOCK  
CLO1:MOV AL,BYTE PTR[SI]  
TEST AL,01H  
JNZ CLOCK  
OR BYTE PTR[SI],01H  
RET
```

外部クロックがPC内蔵クロックと同期しないため、この方法の精度はカウント開始時の外部クロックの位相に依存する。外部クロックの周波数が十分高ければ、カウント開始時に発生する誤差は実用上問題とならない。

これらのプログラムでは、CPUがカウント作業に占有されるため、時間計測期間中に他の処理を実行することができない。1台のパソコンにおいて、時間計測作業と並行して他の処理も行うためには、ハードウェア割り込みを併用すればよい。

3. 反応時間の測定

反応時間とは、刺激の立ち上がり時からキー押し等の運動反応が生起するまでの時間である。従ってその測定は、刺激提示直後から単位時間のカウンタを開始し、キー入力があればカウンタを停止することにより行うことができる。

例えば、反応キーからの信号が入力ポートアドレス 00D0H の bit 1 に入力するものとし、また 2 で述べた外部クロックカウンタサブルーチンのラベル名を CLOCK とすれば、反応時間計測プログラムは下のようになる。

```
MOV CX,0
RT:PUSH CX
  MOV CX,1
  CALL CLOCK
  MOV DX,00D0H
  IN AL,DX
  TEST AL,02H
  JZ COUNT
  .....
  .....
COUNT:POP CX
  INC CX
  JMP RT
```

この結果、CX レジスタには刺激の提示からキー入力までにカウントされた外部クロック周期数が入ることになる。反応時間の値は、この数値に外部クロック 1 周期分の時間を乗じたものとなる。例えば外部クロックが 2 kHz であれば、反応時間は、CX レジスタの数値に 0.5 を乗じた値（単位は ms）となる。

反応キーは、マイクロスイッチと RS Flip-Flop 回路（TTL IC の 74279 など）を利用して簡単に作成することができる。Flip-Flop を用いるのはキーのチャタリング（信号が切り替わった直後に、機械接点が高速でオン・オ

フを繰り返す現象) による不具合を防止するためである。この場合の回路図を図 1 に示す。

実験の目的によっては、キーボードのキーを反応スイッチとして利用することも可能である。往住 (1988) は、PC-9801F に付属するキーボードについて、キーが押された時点から CPU へ信号が送出されるまでの平均遅延時間は 13.44 ms であり、キー内、キー間ともその分散は非常に小さいことを報告しているが、この結果は、若干構造の異なるその後の機種に付属するキーボードでも大差ないと思われる。ただし、反応時間の測定でキーボードを利用する場合、信号の読み込みはキーボード BIOS を利用せず、直接 I/O ポートの状態を読むべきである。なおキーボードにおける信号遅延は、キーのチャタリングへの対策としてキーボードに組み込まれた、コンデンサと抵抗よりなる積分回路に起因するものである。

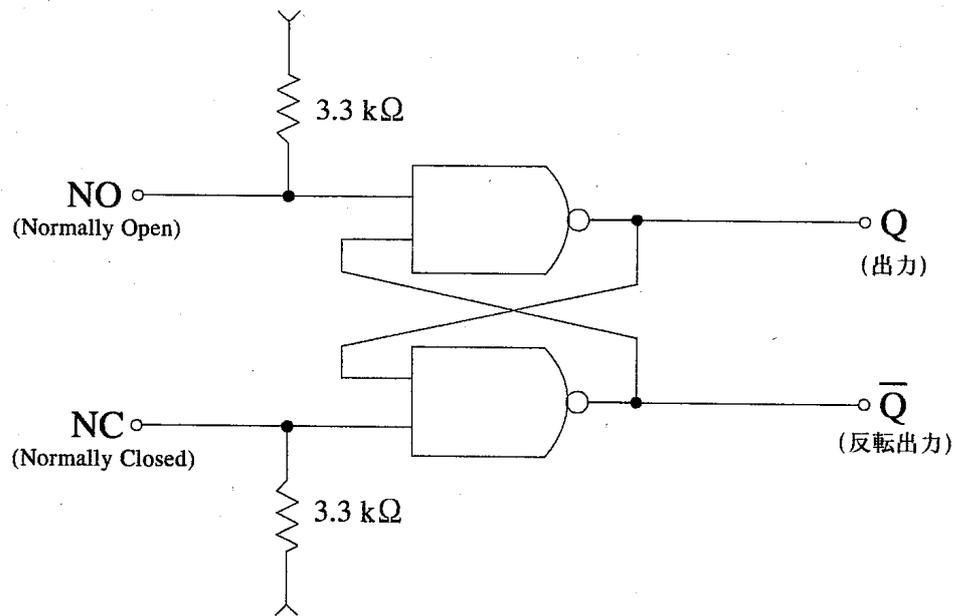


図 1. チャタリング除去回路

4. PC-98 本体に備わった入出力に利用可能なポート

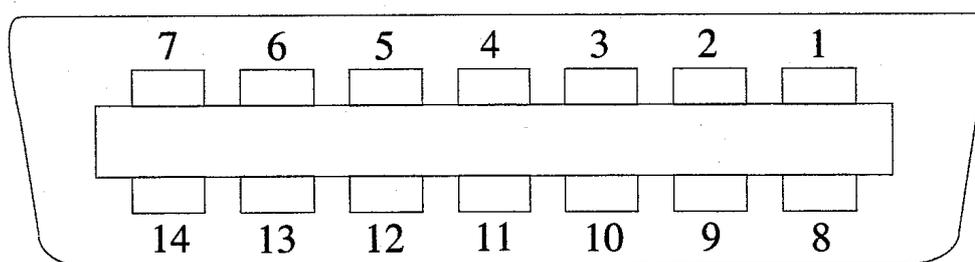
多数の信号の入出力用として、各社からパラレル入出力ボードが市販されており⁶⁾、またそれらの同等品を自作することも比較的容易である (横

山, 1990)。しかし心理学の実験では, 入出力に必要な信号が数本程度で済むことも多く, そのような場合には, PC-98 本体に標準で備わっているポートのうち, 外部コネクタを有するものを利用することも可能である。ここではそれらのポートのうち, プリントポートとマウスポートの2つについて述べる。

(1) プリントポート

PC-98の本体背面下部に備わっているプリンタ用コネクタの形状はセントロニクス (アンフェノール) フルピッチ14ピンであるが, PC-9821As2/Ap2以降の機種ではセントロニクスハーフピッチ36ピンに変更された。後者は変換コネクタにより前者に変換することが可能である⁷⁾。図2にPC-98本体側のセントロニクスフルピッチ14ピンメスコネクタのピンアサインを示す。

プリンタポートの入力側 I/O ポートアドレスは 0042H であり, bit 2 が BUSY 信号 (1 が inactive, 0 が active) である。これはコネクタのピン11に対応する。コネクタのピン14は GND である。また I/O ポートアドレス 0040H の bit 0-bit 7 が出力である。この場合, コネクタのピン 2-9 が出



- | | |
|---------------|----------------|
| 1 プリントストロープ信号 | 8 出力信号6 |
| 2 出力信号0 | 9 出力信号7 |
| 3 出力信号1 | 10 NC |
| 4 出力信号2 | 11 入力信号 (BUSY) |
| 5 出力信号3 | 12 NC |
| 6 出力信号4 | 13 NC |
| 7 出力信号5 | 14 GND |

図2. PC-98のプリンタコネクタピンアサイン

力の各ビットに対応する。このようにプリンタポートは入力1ビット，出力8ビットの入出力ポートとして利用することができる。

(2) マウスポート

本体前面左下部のDサブ9ピンメスコネクタがマウス用である⁸⁾。図3に本体側のコネクタピンアサインを示す。

マウスポートのI/Oポートアドレスは7FD9Hであり，bit7が左ボタン信号，bit6が中央ボタン信号⁹⁾，bit5が右ボタン信号である。いずれも負論理である点に注意を要する。

マウスポートからの信号の読み込みの例として，右ボタン押下検出ルーチンを下に示す。

```
MOV DX,7FD9H
TORIKOMI:IN AX,DX
TEST AX,20H
JNZ TORIKOMI
```

ただし，マウスコネクタはPC本体内部でチャタリングによる誤動作防止用の積分回路に接続されているため，高周波数の信号をマウスポートのbit5-7から読み込むことはできない。筆者が試したところでは，デューティ比0.5のパルス列の場合，333 Hzの周波数のものはパルス数を正確にカ

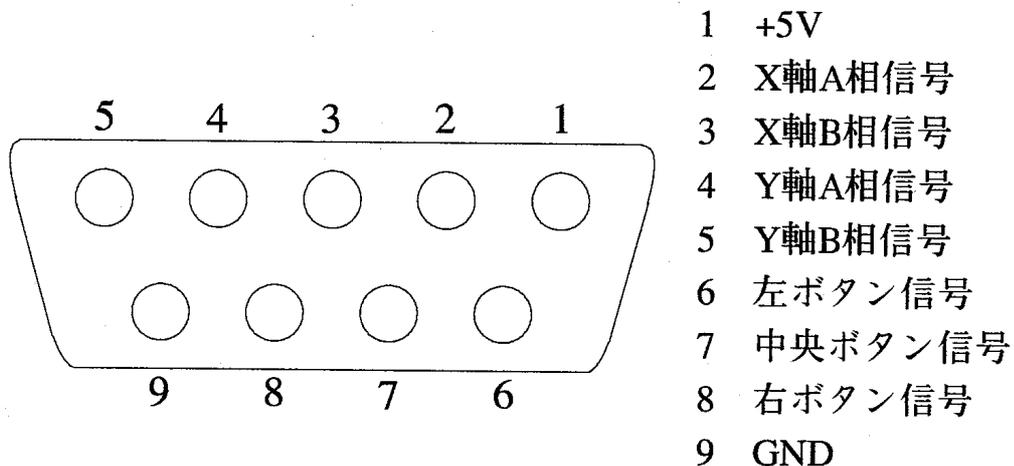


図3. PC-98のマウスコネクタピンアサイン

ウントできたが、500 Hz の信号では取りこぼしがみられた。

マウスポートを利用してこのような高周波数の信号のカウントを行う場合には、軸カウンタを利用するという方法がある（高橋，1994）。この方法では信号周波数の上限が約 1 MHz の16ビットカウンタを実現できる。

5. N88-BASIC (86) と機械語プログラムとのリンク

N88-BASIC (86) 上から機械語ルーチン呼び出す方法にはいくつかあるが、ここでは CALL 命令を使用した方法について述べる。

CALL 命令を使用する場合に注意すべき点は以下の通りである。

- (1) 機械語ルーチンの要求するメモリ容量が不足しないように、CLEAR 命令での設定を行う必要がある。
- (2) 機械語プログラムは COM モデルとする。
- (3) 機械語プログラムのメモリへのロードに先立って、予め DEF SEG 命令により機械語プログラムのセグメントベースアドレスを宣言しておく。実際には、COM モデルの機械語プログラムを呼び出す場合には、

```
DEF SEG=SEGPTR (2)
```

とする。

- (4) 機械語プログラムから N88-BASIC (86) への復帰には IRET 命令を用いる。

CALL 命令では複数の引数を与えることができる。この場合の引数とは、N88-BASIC (86) と機械語プログラムとの間でやりとりされるデータのことである。CALL 命令が引数を持っている場合には、引数で指定された変数の置かれているメモリ上の番地のテーブルが入っている領域のベースアドレス値とテーブルのオフセットアドレス値とが、DS レジスタと BX レジスタにそれぞれセットされた後に、機械語プログラムが呼び出される。

引数テーブルは、引数の値が格納されているメモリ上の領域のセグメントベースアドレス値とオフセットアドレス値とが組になっており、高位の

番地から低位の番地へと順次格納される。

例として、N88-BASIC (86) 上から機械語プログラムを呼び出し、引数 A%と B%を N88-BASIC (86) から機械語プログラム (“MACHINE.COM”) に渡し、機械語プログラムから N88-BASIC (86) へと引数 C%を返すプログラムを下に載せる。なおこの例では引数が 3 個であるが、引数の個数は 3 個に限定されない。

[N88-BASIC (86) 側]

```
CLEAR,&H100, &H1000
DEF SEG=SEGPTR (2)
.....
.....
BLOAD "A:MACHINE.COM"
A%=xx
B%=yy
C%=0
.....
.....
CULC=&H0
CALL CULC (A%, B%, C%)
```

xx, yy は任意の値である。C%にはダミー値 (ここでは 0) を入れておく。

この例では、引数 A%の値が納められているメモリ上の領域のベースアドレス値は 10 [BX] に、またオフセットアドレス値は 8 [BX] にそれぞれ格納されている。同様に B%と C%の値が納められている領域のベースアドレス値とオフセットアドレス値の組は、それぞれ 6 [BX] - 4 [BX], 2 [BX] - 0 [BX] となる。

[機械語側]

```
ASSUME CS:CSEG, DS:CSEG
CSEG SEGMENT
;
```

滝浦：PC-9800 を用いた心理学実験での制御と計測

```
ORG 100H
START:
;
PUSH AX
PUSH CX
PUSH DX
PUSH BX
PUSH SP
PUSH BP
PUSH SI
PUSH DI
.....
.....
MOV CX,10[BX]      ; A%の値が格納されているメモリ領域のベースアド
                   ; レス値の取得
MOV ES,CX
MOV SI,8[BX]       ; A%の値が格納されているメモリ領域のオフセット
                   ; アドレス値の取得
MOV AX,ES:[SI]     ; A%の値を AX レジスタにロード
.....
.....
MOV CX,6[BX]
MOV ES,CX
MOV SI,4[BX]
MOV AX,ES:[SI]     ; B%の値を AX レジスタにロード
.....
.....
MOV AX,xx
MOV CX,2[BX]
MOV ES,CX
MOV SI,0[BX]
MOV ES:[SI],AX     ; AX レジスタの内容 (xx) を C%に入れる
.....
.....
POP DI
POP SI
```

```
POP BP
POP SP
POP BX
POP DX
POP CX
POP AX
IRET
;
CSEG ENDS
END START
```

以上、PC-98 を用いた心理学実験での制御・計測に関するいくつかの問題について、簡単なプログラムの例を挙げて述べた。事務用、産業用、またホビー用途のパソコンとしての PC-98 はその役割を終えつつあるが、心理学での実験装置あるいはその一部としての PC-98 は、現在でも十分実用的であり、ごく基本的なプログラミングの知識と初歩的な電気回路の知識さえあれば、多くの種類の実験を行うことが可能である。

注

- 1) 本稿において名前を挙げた MS-DOS, Windows, および Macro Assembler は、米国 Microsoft 社の登録商標である。また PC-98 および N88-BASIC (86) は、日本電気株式会社 (NEC) の商標または登録商標である。
- 2) 株式会社ウェブテクノロジーのウェブページ (<http://www.webtech.co.jp/>) 内において、“UNDOCUMENTED 9801/9821 Vol. 2 メモリ・I/Oポート編”が公開されている (<http://www.webtech.co.jp/undoc/>)。記事の紹介をご快諾いただきました株式会社ウェブテクノロジー代表取締役の小高輝真氏に感謝いたします。
- 3) より単純な事態、例えば 1 - 5 のうち 1 個の整数をランダムに選び出したい場合には、

```
SEED$ = MID$(TIME$,4,2) + RIGHT$(TIME$,2)
```

```
RANDOMIZE VAL(SEED$)
```

```
RN = INT(5 * RND) + 1
```

とすればよい。

- 4) システムクロックに関するデータは I/O ポート 0042H の bit 5 に出力される。bit 5 が 0 の場合、システムクロックが 5 または 10 MHz であり、1 の場合が 8 MHz

滝浦：PC-9800 を用いた心理学実験での制御と計測

である。

- 5) TIMER.BIN の紹介をご快諾いただきました茨城大学理学部の宇都宮玄氏に感謝いたします。
- 6) パラレル入出力ボードをはじめとする、PC-98用の制御・計測ボードの受注生産・販売終了が相次いでいる。2003年10月の時点で、筆者が生産・販売を確認したメーカーは、CONTEC, Interface, アドテックシステムサイエンス, エルムデータ等であり、2003年12月1日に受注生産を終了することが既に決定しているCONTEC以外のメーカーでも、間もなく生産・販売を終了するものと思われる。
- 7) 変換コネクタの結線状態を図4に示す。

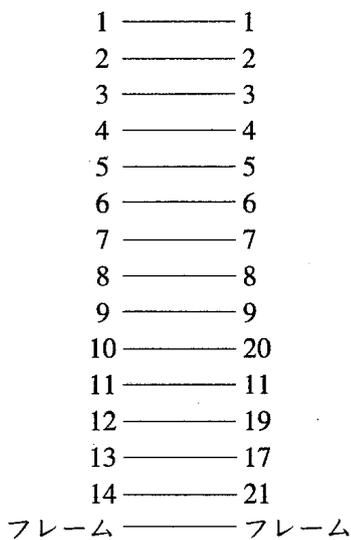


図4. PC-9821As2/Ap2以降の機種でのプリンタコネクタ変換用コネクタ結線状態（セントロニクスフルピッチ14ピン—セントロニクスハーフピッチ36ピン）

- 8) これはPC-9821As2/Ap2以降の機種では9ピンメスコネクタに変更され、その位置も本体背面下部となった。このコネクタのボタン関連のピンのアサインを図5に示す。

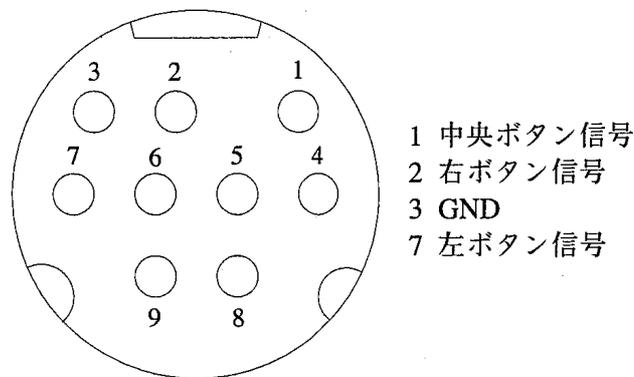


図5. PC-9821As2/Ap2以降の機種でのマウスコネクタピンアサイン

- 9) 中央ボタン信号をサポートしている機種は限られる。筆者はこれまでのところ、

PC-9801VX21/US/RA/DAの各機種において中央ボタン信号がサポートされていることを確認している。

引用文献

- アスキー出版局テクノライト 1992a PC-9800 シリーズ テクニカルデータブック
BIOS編 アスキー
- アスキー出版局テクノライト 1992b PC-9800 シリーズ テクニカルデータブック
HARDWARE編 アスキー
- 舟川政美 1988 実験制御技法とマシン語サブルーチン・プログラム集 —PET—
阿部純一 (編) パーソナル・コンピュータによる心理学実験プログラミングブ
レーン出版 Pp. 73-213.
- 市川伸一・小田浩一 1985 心理学実験に必要なプログラミング知識 (I) 中谷和夫
(監) 市川伸一・矢部富美枝 (編) パーソナル・コンピュータによる心理学実験
入門 ブレーン出版
- 小高輝真・清水和文・速水祐 1992 PC-9801 スーパーテクニク アスキー
- 中島伸行 1997 C & C++プログラマのためのI/O制御プログラミング入門 CQ出
版
- 西原主計・山藤和男 2000 C言語による実践メカトロインタフェース オーム社
- 野沢 農 1986 パソコンBASIC心理学実験 ナカニシヤ出版
- 苧坂直行 1988 心理学ラボラトリ・コンピュータシリーズ3 コンピュータコント
ロール ナカニシヤ出版
- 清水秀美 2001 キーボード入力における連続時間間隔測定法 心理学研究, 72,
128-133.
- 菅原尚伸 1994 PC98のマウス端子を使ったカウンタ回路の実験 トランジスタ技
術, 31, 348-350.
- 往住彰文 1988 PC-9800シリーズとMS-DOS 阿部純一 (編) パーソナル・コン
ピュータによる心理学実験プログラミング ブレーン出版 Pp. 13-50.
- 東京工業大学電子計算機愛好会・小高輝真 1988 98ハードに強くなる本II 技術
評論社
- 東京理科大学EIC 1994 98を98%使う本PC-9801プログラマーズBible 技術評
論社
- 月本 裕 2001 栄光の[NEC PC-98]戦記 e+B, 2001年11月号, 65-73.
- 横山直隆 1990 HARDWARE BOOK 8 パソコン機器制御と製作実習入門 技術評
論社
- 渡辺明禎 1996 Windows時代のハードウェア制御 トランジスタ技術, 33, 239-

332.

Westheimer, G. 1999 Discrimination of short time intervals by the human observer.

Experimental Brain Research, 129, 121-126.

Westheimer, G. 2000 Visual signals used in time-interval discrimination. *Visual Neu-*

roscience, 17, 551-556.

Summary

NEC PC-9800 Series Personal Computer as An Experimental Apparatus for Behavioral Study

Takayuki Takiura

The NEC PC-9800 series is a personal computer with the original computer architecture. The PC-9800 series has been popularly used in Japan with both Windows applications and DOS-based ones. But now, the PC/AT compatible computer replaces this on a large scale because of its higher performance and lower price. The PC-9800 series, however, can be easily used in psychological experiments for the stimulus presentation and for the measurements of the subject's response with a little knowledge of programming. The reference documents are even now easily available. In the present paper, we presented some of tips on the program for the behavioral experiments with the PC-9800 series personal computer.