



Title	実験・観察へのコンピューター利用について : (8) 少人数のための教育方法の開発 RS-232C 端子による基本的な計測
Author(s)	矢作, 裕; 青木, 悟
Citation	僻地教育研究, 55: 125-132
Issue Date	2000-12
URL	<a href="http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/1703">http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/1703</a>
Rights	本文ファイルはNIIから提供されたものである

# 実験・観察へのコンピューター利用について

## (8) 少人数のための教育方法の開発 RS-232C 端子による基本的な計測

矢 作 裕                      青 木 悟  
(北海道教育大学釧路校)      (北海道教育大学附属釧路中学校)

### On the Computer Techniques for Educational Experiments and Observations

#### (8) The fundamental measurement using RS232C terminal at a rural elementary school

Hiroshi YAHAGI and Satoru Aoki

\*\*\*\*\*

#### 目 次

- 1：利用の指針
  - 2：入出力の方法
  - 3：時間計測
  - 4：電圧への変換
- おわりに

\*\*\*\*\*

#### 1：利用の指針

計算機械として始まったコンピューターが、いまや計算の道具と意識されることはまれであろう。しかし、この装置は、その本性としてまぎれもなく演算、変換、記憶をもとにした計算のための装置である。入力される内容が物理量であれば、コンピューターによって形成される記録、表示の機能をもつ計測器そのものということができる。この観点から、とかく目を奪われがちな視覚的な情報を慎重にさけながら、理科実験の機器としてコンピューターの利用を図ってきた。学校教育現場ではインターネットによる検索を中心にコンピューター利用の模索が続いている。しかし、一般には学校に設備されるコンピューターは、旧型のものに追加して導入されるため、当分の間は新旧の装置と混在していくことになる。「実験のための付加装置」FITは、旧型のもを実験装置とすることを念頭において開発されたものであり、依然として有効性はあるものの、やがてその限界が訪れる。この研究は、これまでのFITによって蓄積されたテーマを継承しつつ、新しい環境に対応したコンピューター

利用へ自然につないでいく方法を提示するとともに、世界を変えるほどの「異質の機械」に対する理解を深めるのがねらいである。

コンピューターの進展はさらに勢いを増している。附属釧路中学校にも昨年度最新鋭の機器が導入された。これまでであった旧式の機器40数台は廃棄されるはずであった。しかし、これまでも示してきたように、特に旧式のコンピューターは実験機器そのものである。あらためて、同型のコンピューターがそろっているという条件を考慮し、学部の基礎実験の装置としてそれらを利用することにした。そして、現在主流となっているコンピューター利用に結びつくように一般的な入出力端子RS232Cを使って、実験機器として利用を開始した。新型のコンピューターによれば、通信機能とともに、可能性として、高速、緻密な画像によって高度の使い方ができる。しかし旧来の「機械」に対する認識のまま、それと同一視してコンピューターに対しては、その展開にも限界が生じる。新しいコンピューターと、はなやかなソフトがおのずと新しい方途を開いてくれるわけではない。とくに教師教育に求められているのはコンピューターとその利用に対する確かな視点と創造性である。

この観点のもとに、ここでは標準的な入出力端子を用い、単純な機構と数行のプログラムによって、旧式のコンピューターを学校教育のための基本的な実験用機器に変え、その汎用性の高さを示すことにする。さらに、「なわとび計」、「ぶらさがり」など体育にかかわる装置や、現在でもこの装置以外にない土壌凍結の凍結融解の過程を検出、記録するための装置のような全く新しい展開の道もある。ここにとりあげた方法は「おもちゃ」を創り

だし学校や社会教育での「楽しい実験」の基礎を与えるはずである。

## 2：入出力の方法

### (1) 時計の機能

コンピュータの動作速度をきめているのは一片の水晶である。内部では、それから得た高速のクロック周波数による正確な時計のもとに精密に動作している。したがって、あるコンピュータによって一連のプログラムが繰り返されると、その処理速度はほとんど一定である。そこでこの処理速度を利用して、温度や電圧などの物理量を時間計測に帰着させれば、物理量を容易にコンピュータにとりこむことができる。このような使いかたをするためには、① BASIC 言語、② RS232C 端子が利用ができればよい。図-1(A)に示すように、RS232C 端子に押しボタンスイッチをとりつけ、数行の簡単なプログラムを動かせば、コンピュータはストップウォッチに変わる。このように、RS232C 端子を経由して、外部の信号を時間の長さに変換して計時すれば、さまざまな物理量をコンピュータ上で扱うことができる。この簡単な「時計」によって表示される数字はコンピュータの速度に依存する数字をしめす。この校正には特別な時計を用いなくても、単ふりこなどの自然現象によって容易に基準の時間を得ることができる。

そこで、温度、周波数、抵抗などの基本的な変換回路を用意しておけば、教師は、本来の中心的な仕事として、実験の対象を「どのように扱うか」という本来の作業に集中することができる。時間そのものを扱う以外は、温度、電圧などで直接校正すればよいから、扱いはさらに容易である。また対象となる事象が、単に数を数えるなどのデジタル的な量であれば、ほとんどコンピュータに直結するかたちで入出力することができる。コンピュータは表示の機能が豊かなので、内容によってグラフ化したり、記憶や演算機能を利用することができる。しかし、ここで獲得されたデータは、ディスクや通信機能を経由して、使いやすい最新のコンピュータによって処理すればよい。このようにみると、コンピュータは、新しい時計ということができ、以下に述べるコンピュータ利用は、このきわめて「やわらかい正確な時計」をあらたな実験装置に変える作業といえる。

### (2) 入出力端子の検索

コンピュータのマニュアルには、ハードの機構が省略されていることが多い。ここでは、N88BASIC や F-BASIC あるいはポケットコンピュータなどに組み込まれているごく標準的な BASIC 言語を使って、入出力に必要なデータを探しだす方法についてまず説明す

る。

RS232C 端子への出力は OUT X, A、入力は INP (X) の形式をとる。X は出力先を示す“住所”で通常0~32768の範囲にある数字のどれかであり、A の0~255の範囲の数字によって端子への出力内容がきまる。X の値はコンピュータによって異なる。手にしているコンピュータの RS232C 端子に割り当てられている X が、マニュアルに記載されていれば、その数字を用いる。このとき &HA02 というように表記されている場合がある。これは、10進数の0~15の数を一桁で表記するために、10~15のそれぞれを A, B, C, D, E, F によってあらわしたものである。ここで用いている X の代わりに &HA02 を使えばよい。すなわち、次のように表現される。

```
1 桁 1010>> &HA =10
      0000>> &H0=0 0010>> &H2=2
3 桁 1010,0000,0010>> &HA02=2562
4 桁 1000,0000,0000,0000>> &H8000=32768
```

### 検索用チェッカーとプログラム

図-1のような外観の RS232C 端子はコンピュータに共通の一般的なインターフェースである。24ピンのもののほかに通常使う信号線に限定した9ピンのものもある。一般には、この端子に出力する OUT X, A の X がコンピュータによって異なっているので、不明のときは図-2のような検索用のプログラムを使って X の範囲を狭めながら、この番地 X をさがすことになる。

### (3) 検索の手順

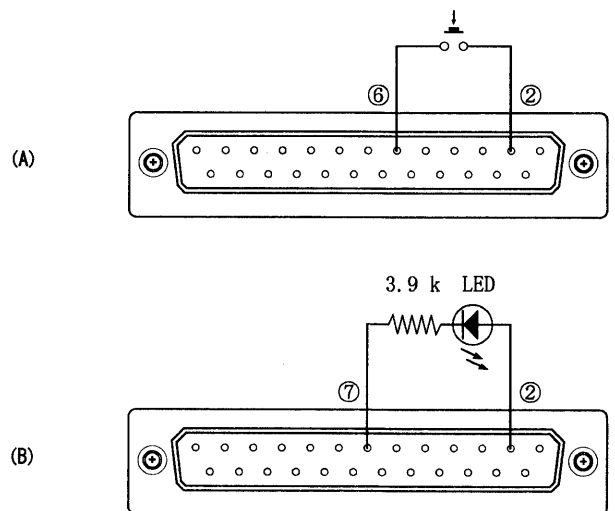


図-1 押しボタンスイッチと簡易チェッカー

```

100 'search
110 FOR X=2500 TO 2600
120 PRINT X
130 OUT X, 42
140 FOR J=0 TO 500 : NEXT J
150 OUT X, 0 : BEEP
160 FOR J=0 TO 500 : NEXT J
170 NEXT X
    
```

図-2 検索用プログラム (2500~2600の範囲を検索)

発光ダイオードと抵抗によって、図-1 (B) のような、簡単な出力チェッカーを用意する。そのうえで検索プログラムを動かす、簡易チェッカーの点灯を待ちながら、Xをさがす。このプログラムを働かせるとあるXの値の範囲でコンピューターが停止することがある。そのときは再起動して、それらをつぎつぎに排除して、Xの値を得る。いくつか見つかるがそのうちの最も小さい値を用いる。たとえば、もとにあるコンピューターではXが255~2067までは停止する。これ以降の番地を使って調べると、〈2562〉のほか〈2568〉や〈2570〉などもピン②をオンにすることがわかる。同一のメーカーでも機種によって異なることがあるので注意する。Xの値がみつかったら、チェッカーの一方の位置を変えて、④、⑳ピンがオンになっているかどうかを確認する。このプログラムでは、Aの値を42 (=2+8+32)として②、④、⑳がONになるようにして、Xを検索している。

以上のようにして、ともかくもXをさがしだせばBASIC言語が立ち上がっている状態で、OUT 2562, 8としてリターンキーを押せば、RS232C端子の②ピンは⑦を基準にして、それまでの約-10Vから+10へと変化する。このことはもちろん電圧計によって確認できるが、指示のおくれがあるので、比較的はやい検索にはむかない。ダイオードと抵抗による検出の方が秀れている。

検索の結果 X としてつぎのような値が得られた。

NEC の98-LT : X =50, 54, 58, 62

Panasonic, Fujitsu : 2562, 2578, 2594, 2610

以下、X=2562として記述する。なお入出力の電気的な状態は以下のようにになっている。RS232C端子の入力は、ピン⑦を基準にして、ピン⑥に入力電圧3V以上の電圧が印加されると論理“1”の入力とみなされ、-3V以下の電圧では入力論理“0”の入力と判断される。OUT 2562, 8によって、②は約10vに保持されるので、二つのピンを直接接続することによって、外部とのループが完成する。この端子に押しボタンスイッチをつければそれによって、コンピューターを操作できる。実際には約2v以上で“1”が取得されるので、この電圧を閾値として外部の状態を読み取ることができる。

入出力の方法

出力 OUT X, A

OUT 2562, 8	②ピン ON
OUT 2562, 32	④ピン ON
OUT 2562, 2	⑳ピン ON
OUT 2562, 0	各ピン OFF

入力 INP (X)

INP (2562) によって、RS-232Cの⑥ピンの論理状態を読みこむことができる。PRINT INP (2562)によってピン⑥の状態が画面に数字で表示される。⑥の状態が論理“1”であれば133, “0”であれば5が得られるので、この数字によって⑥の論理状態を知ることができる。

```

INP (2562)      133    "1"
INP (2562)      5     "0"
    
```

Xが判明すれば、表-1, 表-2のようにコンピューターを直接、あるいはプログラムによって、外部に電気信号をつたえることができる。また、RS232C端子はもともと通信用の端子なので、つぎのようにして、クロスケーブルによって双方向の通信ができる。BASIC言語のOPEN, CLOSEはこの通信を許可したり、待機させる信号をだすので、OUTと似た動作を行う。

表-1 直接コンピューターを動かす

準備	書き込み	操作	結果
音量	BEEP	[R]	音がでてとまる
LED	OUT 2562,8	[R]	LED点灯
LED	OUT 2562,0	[R]	LED消灯

表-2 プログラムによってコンピューターを動かす

準備	プログラム	操作	結果
音量	10 BEEP 20 GOTO 10	F5	BEEPのくりかえし
LED	10 OUT 2562,8	F5	LED点灯
LED	10 OUT 2562,0	F5	LED消灯
LED	10 OUT 2562,8 20 OUT 2562,0 30 GOTO 10	F5	点灯/消灯高速で、目で確認できない。
LED 音量	10 OUT 2562,8 : BEEP 20 OUT 2562,0 : BEEP 30 GOTO 10	F5	BEEP音によって点滅が遅くなる。
LED	10 OUT 2562,8 : BEEP 20 FOR J=0 TO 10 : next J 30 OUT 2562,0 40 FOR J=0 TO 10 : next J 50 GOTO 10	F5	20, 40の10を変えて点滅時間を可変にできる。

2 台のコンピュータ間の通信

文字“ABC”をくりかえし送受信する

送信

```
10 OPEN "COM1:N81NN" AS #1
20 PRINT #1,"ABC"
30 CLOSE #1:GOTO 10
```

受信

```
10 OPEN "COM1:N81NN" AS #1
20 INPUT #1,A$:PRINT A$
30 CLOSE #1:GOTO 10
OPEN·CLOSE
```

```
OPEN "COM1:N81" as #1 >>> ④, ⑳ ON
CLOSE >>> ④, ⑳ OFF
```

これは、OUT 2562, 34とおなじはたらきである。

つぎに、OUT 命令による応用例をしめす。簡単なプログラムで利用価値の高い装置が完成する。

応用例 1 信号発生器

家庭や実験室には年式やメーカーの異なる何種類ものコンピュータがあるにちがいない。それがその時点で標準的なものであれば、RS232C とよばれる24ピンの通信用の端子が背面にあるはずである。条件① BASIC 言語が使える。② RS232C 端子がある。この2つの条件があれば、利用可能である。手元のコンピュータのひとつ、NEC PC98-LT (ノート型)がある。製造年は不明であるが、内蔵の BASIC の Version が1986年となっているので、十数年前のコンピュータである。このコンピュータによって、1 行のプログラム「100 OUT 50, 32:OUT 50,0:GOTO 100」を動作させる。

その結果は、⑦ピンの信号の基準端子と端子④の間に、-10V, +10V の矩形波が出力される。実測の結果、その周波数は858 Hzであった。すなわち、最大この周波数までの発信器として利用することができることになる。おなじプログラムによって、Panasonic のコンピュータ (1989年当時のもの) を動作させると、おなじように 6.58 kHz の矩形波が得られる。いずれのばあいも、オン、オフの時間の長さを細かく調節するための内容をプログラム中に挿入すれば、その時間を細かく設定することができる。

```
100 OUT 2562, 32: FOR J=0 TO 100:NEXT J
110 OUT 2562, 32: FOR J=0 TO 100:NEXT J:
GOTO 100
```

応用例 2 外部機器のオン、オフ

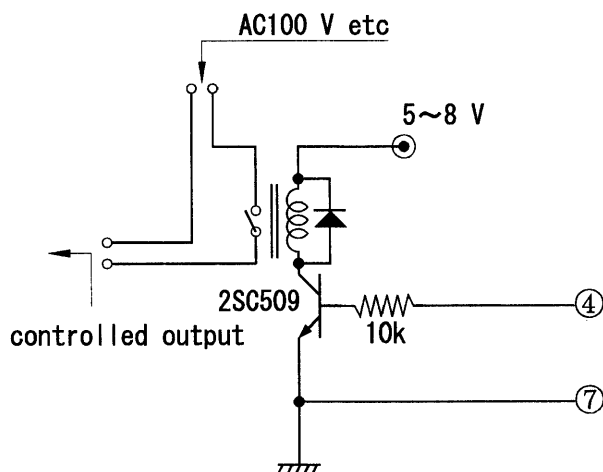


図-3 内蔵24時間時計による外部機器の制御

```
100 OPEN "com1:n81nn" AS #1:OUT 50, 32:CLS
110 PRINT TIME$
120 INPUT "ON time ?", A$
130 INPUT "OFF time ?", B$:OUT 50, 0
140 IF TIME$ <> A$ THEN LOCATE 12, 10:PRINT TIME$:
GOTO 140
150 OUT 50, 32:LOCATE, 22, 4+D:PRINT A$+
"***** ON"
160 IF TIME$ < > B$ THEN LOCATE 12, 10:PRINT
TIME$:
GOTO 160
170 OUT 50, 0:LOCATE 22, 5+D:PRINT B$ +
"***** OFF"
180 = D = D + 2:GOTO 140
```

図-4 外部機器の制御のためのプログラム

操 作

- ① f5キイを押して動作させる。
- ② 現在時刻を表示させる。
- ③ ON 時刻の入力要求に18:55:00などを入力する。
- ④ OFF 時刻の入力要求に20:00:00などを入力する。

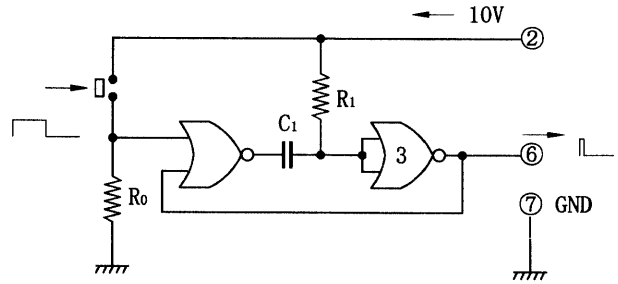
動 作

現在時刻を表示し続け、ON の時間、OFF の時間を待機し、設定時間がくれば電源を切ったり入れたりする。動作のたびに確認の表示をする。これを現在時刻を表示し続けた状態で毎日くりかえす。

3:時間計測

プログラムの処理速度を利用して計測をするばあい、時間計測はもっとも基礎的なことである。そこで基本的

なストップウォッチを準備する。材料はスイッチと線のみである。これを図-1(A)のように接続する。RS232Cの②ピン(出力端子)に論理“1”を出力し、これと⑥ピン(入力端子)の双方の端子を押しボタンスイッチによって接続、開放の状態にすれば、入力端子を論理“1”, “0”の状態にすることができる。ボタンが押されている間、整数を加算するプログラムを動作させる。この加算結果はコンピューターとプログラムが決まれば、オンの状態にある時間とほぼ直線的な関係にある。加算結果を時間の長さに変換して表示すればストップウォッチに似た計時装置になる。



R1, C1の組み合わせとして,  
180 kΩ, 0.022 μF, (68 kΩ, 0.056 μF)  
RC=約4m S

図-9 ワンショット回路

(1) インターバルタイマー

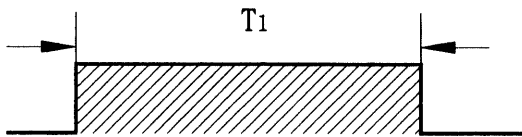


図-5 インターバルタイマーの波形

```
100' = st 1 interval =====
140 OUT 2562, 32
150 IF INP (2562) = 5 THEN GOTO 150
160 IF INP (2562) = 133 THEN N = N + 1 : GOTO 160
170 LOCATE 10, 10 : PRINT N-1 : N = 0 : GOTO 150
```

図-6 インターバルタイマーのプログラム

(2) オンスタート・オンストップタイマー

```
100' = st 2 on / start on / stop =====
140 OUT 2562, 32
150 IF INP (2578) = 5 THEN GOTO 150
160 IF INP (2578) = 133 THEN GOTO 160
170 IF INP (2578) = 5 THEN N = N + 1 : GOTO 170
180 IF INP (2578) = 133 THEN LOCATE 10, 10 : PRINT
    N : GOTO 180
190 N = 0 : GOTO 150
```

図-7 オンスタート, オンストップのプログラム

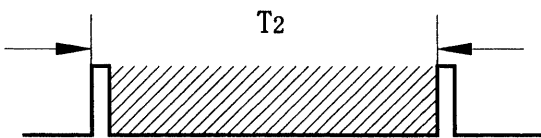


図-8 オンスタート, オンストップの波形

表-3 時間とカウント数

Interval s	N0 Counts	N1 Counts
0.05	201	202
0.10	410	411
0.20	832	834
0.40	1667	1669
0.50	2084	2085
1.00	4146	4143
2.00	8211	8223
3.00	12241	12104
4.00	16269	16286
5.00	20258	20276
6.00	24249	24266
10.0	40125	40140
12.0	48021	48038
20.0	80543	80549
30.0	122644	122656
60.0	248663	248782

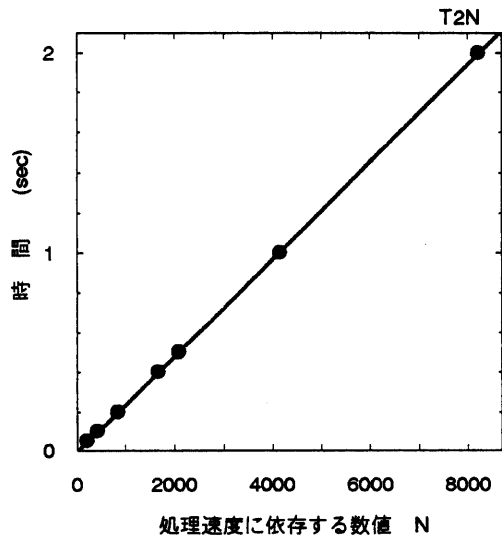


図-10 電子的な時間発生装置による時間校正

押しボタンスイッチによつての波形に相当する操作をすれば、それぞれ対応する図-6、図-7のプログラムによつて、時間に関する数値Nが、表-3のように得られる。

時計の校正は基準時間発生装置によつて行っている。図-10は時間にして2秒までをグラフ化したものである。

#### 4：電圧への変換

##### (1) 電圧測定

コンデンサーに定電流を流すと、図-11のグラフのように電圧は直線的に増加する。したがつて、電流と容量が決まれば、つぎにしめすようなコンデンサーの性質から、定電流  $i_0$  によつてCに充電するばあい、一定電圧Vに達する時間の長さが決まる。この性質を利用して電圧を時間の長さに変換する。実際の回路に用いた定数、

$$i_0 = 10\text{nA}, C = 0.022\ \mu\text{F}$$

によれば、 $i_0/C = 0.4545$ 、したがつて5.0Vに達する時間は、1.1秒で、定電流による電圧の時間計測はつぎのように示される。

$$CV = Q$$

$$q = Cv$$

$$i_0 = C \frac{dv}{dt}$$

$$\therefore \frac{dv}{dt} = \frac{i_0}{C} \rightarrow v = \frac{i_0}{C} t$$

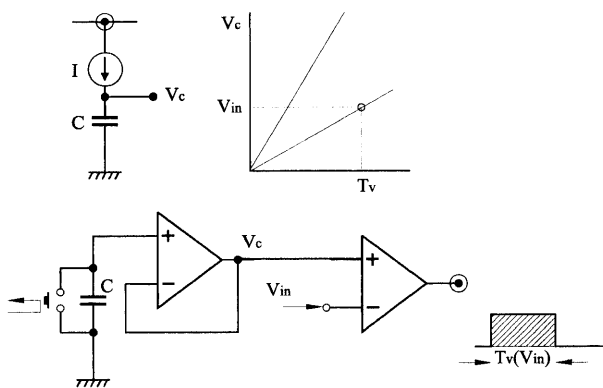


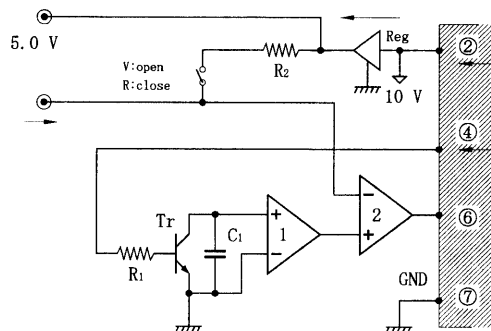
図-11 電圧-時間変換回路

##### (2) 演算増幅器と定電流

演算増幅器の2つの入力端子は、①入力抵抗は無限大、②電流の吸い込みも流出もない、という状態を理想として設計されている。しかし、現実のOPアンプには微小な電流の流出がある。FET入力のものはほとんど理想的なものとなっているが、Bipolar型のものは比較的この値が多大きく、小容量の定電流とみなせる。ここに使用する単一電源で使用できる普及型のLM324では、こ

の電流は10nA～40nA程度である。したがつて、この理想からずれた性質を逆用して定電流源として、適当な値のコンデンサーによつて、電圧、時間の変換を行う。

定電流とコンデンサーのくみあわせによつて、最大電圧まで直線的に上昇する電圧がえられる。そこで、図-11のように、この出力  $V_c$  を電圧比較器(コンパレータ)の一端に入力する。他の入力端子には測定の対象となる電圧  $V_x$  が入力されるので、ここで  $V_c$  と  $V_x$  との比較が行われ、スタートボタンが押されてから  $V_c$  が入力電圧に相当する電圧に達するまで、比較器の出力は論理“1”の状態を保持し続ける。この継続時間をコンピュータによるインターバルタイマーを使って読み取るによつて、電圧測定が可能になる。LM324というOPアンプは4個の演算増幅器から構成されている。そのうちの1個を上昇電圧用に、もう1個はOPアンプを比較器として用いている。



$$R_1 = 1\ \text{M}, C_1, C_2 = 0.01, R_2 = 50\ \text{k}$$

RCのくみあわせによつて、よみとり用プログラムを変更する必要がある。

○番号はRS232Cのピン番号

図-12 電圧・抵抗測定用回路

##### (3) 抵抗測定

実際の回路に5.0Vの基準電圧を用いているので、図-13の回路図のように、そこに固定抵抗を接続しておく。そして未知の抵抗によつて生じた電圧を測定することによつて、抵抗値がわかる。この電圧は抵抗値と直線関係にはないが、コンピュータによつて簡単に直線化できる。

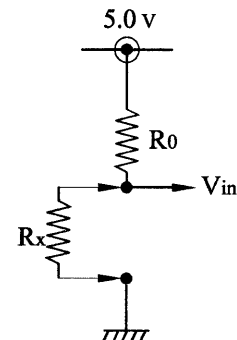


図-13 抵抗測定の仕組み

```

電圧抵抗測定用プログラム RBMETER. BAS
00 '== RVMETER G/R =====
110 SCREEN 3:CONSOLE 0,25,0,1:COLOR 1,5,2,1
120 OPEN "com1:n81" AS #1:CLS:CLS 3
130 '=== MAIN =====
140 C=3:INPUT "R >>> Register";A$:CLS
150 IF A$="R" THEN LOCATE 1,1:PRINT "Register unit k"
160 IF A$ <> "R" THEN LOCATE 1,1:PRINT
    "Voltmeter unit V"
170 CLS 2:OUT &H32,34:OUT &H32,2
180 N=N+1:IF INP (&H32)=5 THEN GOTO 180
190 'N1=INT ((2.65*(10^-3)*N-2.28*(10^-7)*
    (N^2))*100+.5):'GREEN
200 N1=INT ((2.38*(10^-3)*N-1.07*(10^-7)*
    (N^2))*100+.5)+3:'RED
210 'R=INT (N1/100/(5.03-N1/100)*91):'GREEN
220 R=INT (N1/100/(5.02-N1/100)*90):'RED
230 LOCATE 0,23:PRINT N,N1,R
240 IF A$ <> "R" THEN GOTO 260
250 IF A$="R" THEN N1=R:GOSUB 330:GOTO 300
260 IF N1>99 THEN S=243:CIRCLE (S,252),
    10,C:PAINT (S,252),C:**** dot
270 IF (N1>9)*(N1<100) THEN S=183:
    CIRCLE (S,252),10,C:PAINT (S,252),C:**** dot
280 IF N1<10 THEN S=243:
    CIRCLE (S,252),10,:PAINT (S,252),C:**** dot
300 FOR Q=0 TO 9000:NEXT Q
310 N=0:GOTO 170
    
```

図-14 電圧抵抗測定用プログラム

表-4 電圧とカウント数

電 圧 V	N <sup>0</sup> Counts	N <sup>1</sup> Counts
0.0	11	7
0.5	192	210
1.0	385	424
1.5	591	646
2.0	810	872
2.5	1036	1105
3.0	1274	1344
3.5	1527	1582
4.0	1792	1831
4.5	2070	2070
5.0	2365	2344

電圧・抵抗測定用の回路

図-16のように、RS232C 端子のソケット(A)にプリント基板を(B)、(C)のように直接とりつけ、その上に(C)のように図-12の回路を組み立てる。プリント基板には、その回路がつぎのようなパーツによって組み立てられている。また基板には抵抗測定、電圧測定用の切り替えスイッチがとりつけられており、コンピューターの

端子面に向かって左側が抵抗 R、右側が電圧 V の測定用である。またこれにはクリップに長めのコードについて、黒板上で計測して教卓上で結果をしめすことができるようにしてある。図-14に示したプログラムでは、小さな文字でしか表示できないが、大型数字表示用の補助的なプログラムが用意されていて、演示ができるように配慮されている。このクリップを通じて正確な校正用の電圧をデジタルポルトメーターなどで確認しながら入力してカウント数 N を調べることになる。使用した部品はつぎのような5種類、7個にすぎない。

- 1) LM324 (2/4) ...10V の単一電源として動作させる。
- 2) R<sub>1</sub> , R<sub>2</sub>=91 k
- 3) C<sub>1</sub>=0.022 温度依存による若干のドリフトがある。
- 4) Tr =2SC1815

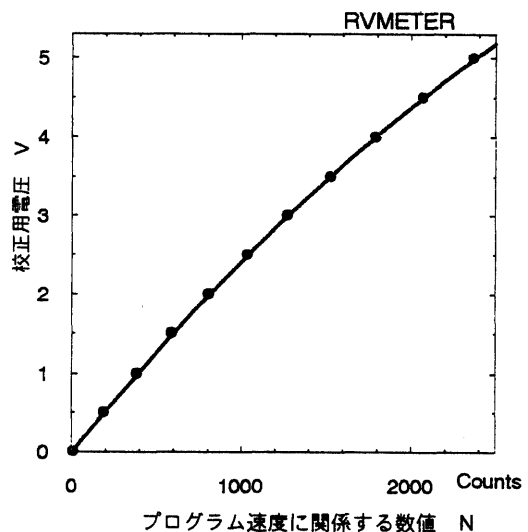


図-15 電圧の校正曲線

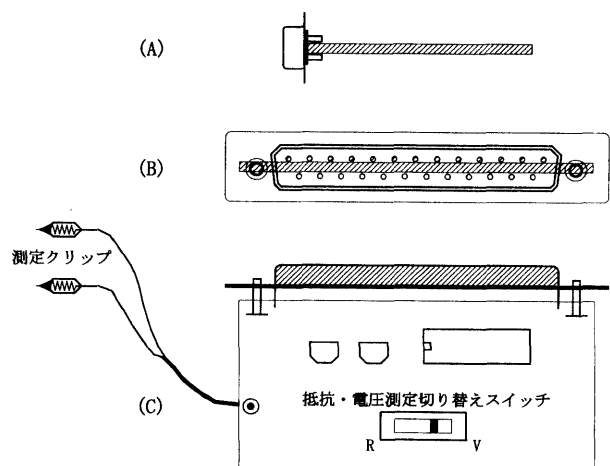


図-16 ソケット上の電圧抵抗計用回路



## 5) Reg (定電圧 IC, 5.0V78L05 など)

定電圧用 IC の端子の配置は部品の正面左側からみて、OUT, GND, INPUT の順となっている。実測によれば定電圧は 5.03 V 抵抗測定用固定抵抗は 88.9kΩ である。

校正用の電圧とカウント数 N の関係は図-15のように直線的ではない。しかし、現在ではコンピューターによって表-4 から簡単にフィットカーブが得られるので、それによって  $V = 4.8 \times 10^{-16} + 2.65 \times 10^{-13}N - 2.28 \times 10^{-7}N^2$  のように数式変換をおこない、実際の電圧がそのまま表示されるようにしている。

## 抵抗の測定

電圧に対して正確な N の値が得られたのち、R の値を計算によって求める方法がある。これに対しても電圧とおなじように  $R = -4.2 \times 10^{-15} + 2.38 \times 10^{-3}N - 1.07 \times 10^{-7}N^2$  をもちいて直線化する。また既知の抵抗値を抵抗測定状態でカウント数をもとめ、抵抗-カウント数に対して直線化をはかる方法もある。

以上のようにして、旧式のコンピューターを原理的にわかりやすい形で、時計、電圧計、抵抗計に変えることができる。

## おわりに

教育でコンピューターを扱うさいには、それを事務的処理や多彩な表現の手段として活用するだけでなく、これほど大きく世界を変えるほどの影響を与えるような要素を秘めている「奇妙な装置」そのものに対する理解が必要であると考えている。そのめまぐるしい変遷と進歩もまたコンピューターそれ自身に由来している。いまやコンピューターの支援がなければ、コンピューターそれ自身の発展もない状況となっている。たとえその一端であってその根元的な理解のために、現実的な体験を通じてより深い理解を得ることが重要ではなからうか。

これまでマウス端子を利用してそこから時間の長さに変換された物理量を送りこむことによって、コンピューターを計測器に変えていた。今回は、これまで述べてきたように、標準的な通信用の端子を経由して計測を行っている。

このことによって、

- ① 現在のコンピューターとの連携の道がひらかれる。
- ② 双方向の高速の通信ができる。
- ③ コンピューター側から外部機器の制御をおこなうことができ、小容量の電源として使える。

現在はウィンドウズのタイプのコンピューターが主流であるが、外部機器の制御を直接的に行えるようになっていない。ウィンドウズ対応の BASIC があるが、通信機能は使えるものの、ここで用いた OUT X, A, INP (X) のような機能はない。すなわち通信機能によって外部との入出力をおこなっていて、ビット単位で扱うことはできないようようになっている。したがって専用の機器と附属のソフトウェアを利用せざるを得ない状況にある。すでに現在のコンピューターに適合するデジタル機器、たとえば電圧計が比較的安価に市販されるようになってきてはいるが、それでも教育用として一定台数をそろえるのはコスト的に困難であるし、教育内容を構成するためには、柔軟さに欠ける。したがって、経費の問題はもとより、コンピューターに対する理解の素材としても、実験用の機器としても、旧式のコンピューターは、比較にならないほど有利な条件を備えている。附属中学校にあった古い40数台コンピューターは、それを廃棄するための経費と運送費あわせて10万円を要するはずであった。現在そのコンピューターは大学の物理教室にあり、1台は「なわとび計」、4台が中級の実験用に、2台が電圧計や抵抗計として教材開発用に使用されている。

あたらしい装置と古い装置、使えるか使えないかは、もの自身の固有の性質ではないと、頭のなかで理解していても、現実にゴミ同然のものが、かけがいのないものに変わるのを目の前にしなければ、真の理解とはならないに違いない。このような事例はゴミ問題、環境問題に対する一石でもある。

すでに本文にもふれたように、ここに述べた基本的な計測器も、演示用の装置としての機能をもたせている。この機能を使えば、新たな教具として展開が可能である。まもなく残りのコンピューターも実験装置として動きだし、中学校の理科の実験や大学の基礎実験の主要な装置となる。

## 文献・参考資料

(1) 矢作 裕, 他 実験・観察へのコンピューター利用について

- (1) 僻地教育研究, No.47, pp.133-140.1993
- (2) No.48, pp.65-75.1994
- (3) No.49, pp.63-70.1995
- (4) No.50, pp.185-192.1996
- (5) No.51, pp.9-16.1997
- (6) No.52, pp.83-90.1998
- (7) No.53, pp.75-82.1999

(20000623)