ラインプリンターの出力を利用する学生実験用グラフ

関 山 正 憲*

(昭和52年9月8日受理)

Using the Output From a Line-Printer for the Graphs of the Student Experiment

MASATOSHI SEKIYAMA

Abstract: - This method which is composed of two steps as follows, is suitable to the graph in the reports of the student experiments. One of the steps is diciding the equation which passes through several points, those are given as the co-ordinates from the experimental data.

And the other is using the output of a line-printer for the graph.

If the abcissa series of the co-ordinates are 0, 1, 2, 3, 4, 5, the trouble in calculation is much decreased.

1. まえがき

実験の結果をグラフで表示することにより変化状況を調べたり，種々の現象間の関連を見出したりすることは常に行われる。学生実験においても，その結果をグラフに表示することを極めて重要な教育課程としている。

一方，在学中少しでも多く電算機に親しませて，これに自信を持たせ社会に送り出してやることも重要な課題である。

したがって，授業時間割にしたがい1週ごとにテーマを変えて行く学生実験の場合，レポートの提出に電算機が役立てば具合がよい。

従来，グラフは数点のデータを方眼紙上にプロットした後，これらを雲形定規または自在定規で綴り合わせて作成している。この方法はなかなか面倒なので，レポートの提出期限に遅延する場合をしばしば見受ける。従来の方法のみでなく，電算機を利用する次に紹介する方法を混じて見てはいかがかと提案する次第である。

なお，電算機と連動してグラフを作成するものとしてはX－Yプロッターがあるが，これは教官の研究や卒業研究には有益であっても学生実験のグラフ作成には向かない。その理由を列挙すると，

(a) X－Yプロッターはグラフ作成に1件あたり数分を要するので多勢の学生が押寄せると授業にならなくなるし，他の使用者をしめ出す結果となる。

(b) 専門の用紙を必要としこれを取付けておいて出力を待つわけだが，その操作のみにもオペレーターをわずらわすことになる。また，用紙の補給や管理の問題もふえる。

(c) X－Yプロッターを設備する場所と予算的処置を必要とする。（本学短大の場合これらを欠く状態にある。）

ただし，ここに紹介する方法に欠点がないわけではない。ラインプリンターよりの出力なので，1行間隔で1点づつ表示され連続した曲線にならぬのは己むを得ない。しかし，グラフとしての効果は存在すると思う。

ここに提案する方法の特徴はデータとして得られた諸点を通過する方程式を作成し，これをグラフ用プログラムで印刷することにある。

*茨城大学工業短期大学部電気工学科（日立市中成沢町）

2. グラフ用プログラム

ラインプリンターによるグラフは1行ごとに100ケの文字を描き，そのうちの1文字を値を示す文字（たとえば＊印）とし他の99ケを空白の文字とする。たとえば正弦波を表示する場合，時間の経過と共に1行づつ送り出すので，振れを示す文字の位置が左右方向に変動するものとなる。なお，100ケの文字とした理由は，ラインプリンターの性能上1行に132字しか描けぬので，32字をデータの表示にし残りの100ケをグラフ表示に割当てた結果である。文字であるということから，100分割以上の細かい所は表示不能であり4捨5入により100字の中に納めてしまうしかない。

次に記すのは正弦波が時間と共に減衰して行く場合をFŌRTRANによりプログラムに組んだ例である。ただし，目盛の部分については省略して表示し，かつ，1行に記すべき所が印刷の関係で2行に及んだ所（2ケ所）には継続を示す数字が落ちていることに注意願いたい。

```
      DIMENSIŌN  A(100)
      DATA  A,BP,BS/100*'      ',
     '*     ','      '/
      DŌ  9  I=1,50
      T=FLŌAT(I)
      CT=0.05*T
      DT=2.*3.14159*0.04*T
      X=50.*EXP(-CT)*SIN(DT)
      Y=X+50.
      IF(Y-FLŌAT(IFIX(Y))-0.5)4,4,5
    4 L=IFIX(Y)
      GŌ  TŌ  7
    5 L=IFIX(Y)+1
    7 A(L)=BP
      WRITE(6,12)X,T,(A(J),J=100)
    9 A(L)=BS
   12 FŌRMAT(F10.4,F7.1,1X'.',
     100A1/1H+,67X'.',49X'.')
      END
```

このプログラムにつき説明するに1行目のA(100)は1行に100字を書くという宣言である。2行目のDATAはその100字のうちAとBSは空白を叩き，BPは値に相応した位置を示すに＊印を指定したものである。

3行目のDŌ　9　I＝1,50は時間の経過の範囲を50行にえらんだことを意味する。9～12行は添字が整数になるよう4捨5入を行う部分である。

Fig. 1.は上記プログラムを用いて出した結果である。

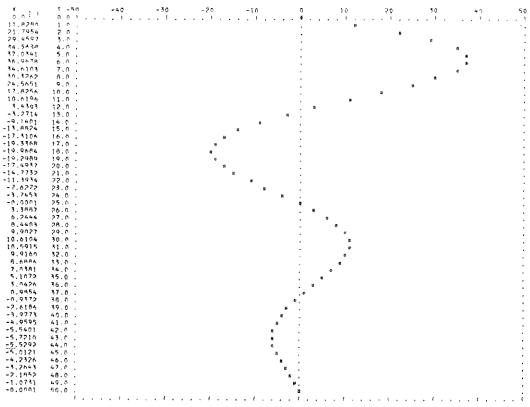

Fig. 1. The graph of X＝50.＊EXP(-CT)＊SIN(DT)

次の例は気体を圧縮するに必要な動力を求める場合である。吸入量をQ〔m^3／min〕，吸込圧力をP_1〔kg／m^3〕，圧縮した結果の圧力をP_2〔kg／m^3〕とすると，気体1m^3あたり次式の動力を要する。

$$\text{等温変化に対し}\ Lis=\frac{P_1Q}{6120}\log_e\left(\frac{P_2}{P_1}\right)\text{〔kw〕}\quad(1)$$

$$\text{断熱変化に対し}\ Lad=\frac{\gamma}{1-\gamma}\cdot\frac{P_1Q}{6120}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}-1\right]\text{〔kw〕}\quad(2)$$

ただし，γは等圧比熱と等温比熱との比を表わし，等温変化では1，断熱変化では空気の場合1.4である。

以上の関係より空気を圧縮する場合の所要動力のグラフをつくるプログラムを求めるとFig. 2.のようになる。

```
      DIMENSION A(100),B(100)
      DATA A,B,CA,CB,CS/100*'    ',100*'    ','+    ','*    ','.    '/
      R=1.4
      P1=1.0336
      Q=1.0
      WRITE(6,3)
    3 FORMAT(1H1,30X'THEORETICAL AIR COMPRESSING POWER'//
     1  25X'LIS(KW/M**3):ISOTHERMAL ++++,LAD(KW/M**3):ADIABATIC ****'/
     2  3X'LIS',4X'LAD',4X'PD',1X'0.',18X'1.',18X'2.',18X'3.',18X'4.',
     3  18X'5.'/,2X'0.0     0.0     0.0  *',50(' .'))
      DO 10 I=1,50
      PD=0.1*FLOAT(I)
      P2=PD+P1
      W=P1*Q/6120.*ALOG(P2/P1) *10000.
      Z=R/(R-1)*P1*Q/6120.*((P2/P1)**((R-1)/R)-1.)*10000.
      X=W*20.
      Y=Z*20.
      IF((X-FLOAT(IFIX(X)))*10.-5.)4,5,5
    4 LIS=IFIX(X)
      GO TO 6
    5 LIS=IFIX(X)+1
    6 A(LIS)=CA
      IF((Y-FLOAT(IFIX(Y)))*10.-5.)7,8,8
    7 LAD=IFIX(Y)
      GO TO 9
    8 LAD=IFIX(Y)+1
    9 B(LAD)=CB
      WRITE(6,11)W,Z,PD,(A(J),J=1,100),(B(K),K=1,100)
      A(LIS)=CS
   10 B(LAD)=CS
   11 FORMAT(2(F7.3),F5.1,2X',',2(/1H+,21X,100A1))
      WRITE(6,12)
   12 FORMAT(22X,50(' .')/)
      END
```

Fig. 2 The Program of the Theoretical Air Compressing Power

Fig. 2のプログラムを電算機にかけた結果はFig. 3である。

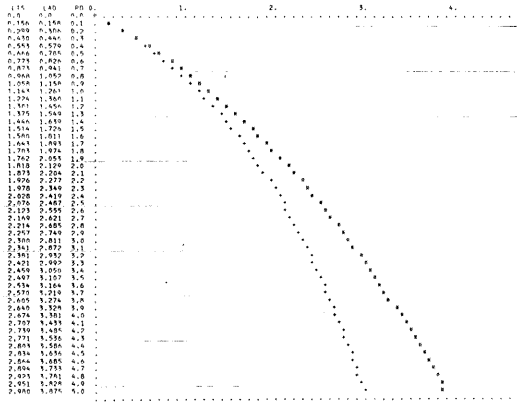

Fig. 3 The Graph of the Theoretical Air Compressing Power
LIS(kw/M**3)：ISOTHERMAL++++,
LAD(kw/M**3)：ADIABATIC****

3. 指定点を通過する方程式

nケの指定点を(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), ・・・・ (x_n, y_n)としそれらを通過する方程式の一般形を

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \cdots + a_{n-1} x^{n-1} \quad (3)$$

とすると

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2 + a_3 x_1^3 + \cdots + a_{n-1} x_2^{n-1} \\ y_2 &= a_0 + a_1 x_2 + a_2 x_2^2 + a_3 x_2^3 + \cdots + a_{n-1} x_2^{n-1} \\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ y_n &= a_0 + a_1 x_n + a_2 x_n^2 + a_3 x_n^3 + \cdots + a_{n-1} x_n^{n-1} \end{aligned}\right\} (4)$$

が成立する。これらnケの式において，a_0, a_1, a_2, ・・・・・ a_{n-1}を未知数とすればn元1次連立方程式であつて必ず解ける。これの解法は種々存在しコンピューター関係の書籍[(1),(2)]に詳述されている。ここでこれらを論ずるのは筋違いなのでふれないこととし，普通の実験データに最もよく現われる場合として，$x_1 = 0$, $x_2 = 1$, $x_3 = 2$, $x_4 = 3$, $x_5 = 4$, $x_6 = 5$ に応ずるyの値y_0, y_1, y_3, y_4, y_5を与えられたものとしてGauss の消去法により解くと

$$\left.\begin{aligned} a_5 &= Y_5/120 - Y_4/24 + Y_3/12 - Y_2/12 \\ &\quad + Y_1/24 - Y_0/120 \\ a_4 &= -Y_5/12 + (11/24)Y_4 - Y_3 + (13/12) \\ &\quad Y_2 - (7/12)Y_1 - Y_0/8 \\ a_3 &= (7/24)Y_5 - (41/24)Y_4 + (49/12)Y_3 \\ &\quad - (59/12)Y_2 + (71/24)Y_1 - (17/24) \\ &\quad Y_0 \\ a_2 &= -(5/12)Y_5 + (61/24)Y_4 - (13/12) \\ &\quad Y_3 + (107/12)Y_2 - (77/12)Y_1 - \\ &\quad (85/24)Y_0 \\ a_1 &= Y_1 - Y_0 - a_2 - a_3 - a_4 - a_5 \\ a_0 &= Y_0 \end{aligned}\right\} (5)$$

このようにしてa_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5は求められるので6つの指定点を通過する方程式も(3)の形で求まる。

方程式が求まると，xを種々変えることによりyのグラフも描ける。

Fig. 4は，Fig. 1のグラフより出した6つの指定点(0.0, 50.0)，(1.0, 67.8)，(2.0, 32.5)，(3.0, 60.6)，(4.0, 46.0)，(5.0, 48.9)を通過するようにプログラムを組んだものである。

```
      DIMENSION A(100)
      DATA A,CA,CS/100*'    ','*   ','    '/
      DATA Y0,Y1,Y2,Y3,Y4,Y5/50.0,67.8,32.5,60.6,46.0,48.9/
      WRITE(6,3) Y0
    3 FORMAT(1H1,30X,'THE RESULT OF THE EXPERIMENT'/
     1  F10.4,4X'0.0 ',10('! . . . . '),'!'/1H+,67X,'*')
      A5=Y5/120.-Y4/24.+Y3/12.-Y2/12.+Y1/24.-Y0/120.
      A4=-Y5/12.+11./24.*Y4-Y3+13./12.*Y2-7./12.*Y1+Y0/8.
      A3=7./24.*Y5-41./24.*Y4+49./12.*Y3-59./12.*Y2+(71.*Y1-17.*Y0)/24.
      A2=-5./12.*Y5+61./24.*Y4-13./2.*Y3+(107.*Y2-77.*Y1)/12.+15./8.*Y0
      A1=Y1-Y0-A5-A4-A3-A2
      A0=Y0
      DO 10 I=1,50
      X=0.1*FLOAT(I)
      Y=A0+X*(A1+X*(A2+X*(A3+X*(A4+X*A5))))
      IF((Y-FLOAT(IFIX(Y))*10.-5.)7,8,8
    7 L=IFIX(Y)
      GO TO 9
    8 L=IFIX(Y)+1
    9 A(L)=CA
      WRITE(6,11)Y,X,(A(J),J=1,100)
   10 A(L)=CS
   11 FORMAT(F10.4,F7.1,1X,'.',100A1/1H+,67X,'.',49X'.')
      WRITE(6,12)A0,A1,A2,A3,A4,A5
   12 FORMAT(18X,10('! . . . . '),'!'//
     1  36X,'FIG.5 THE CURVE WHICH PASSES THROUGH 6 POINTS'//
     2 28X'(',6(F10.4),')'//)
      END
```

Fig. 4 The program of the curve which passes through 6 points

Fig. 4のプログラムを電算機にかけた結果はFig. 5である。Fig. 1とほとんど一致している。

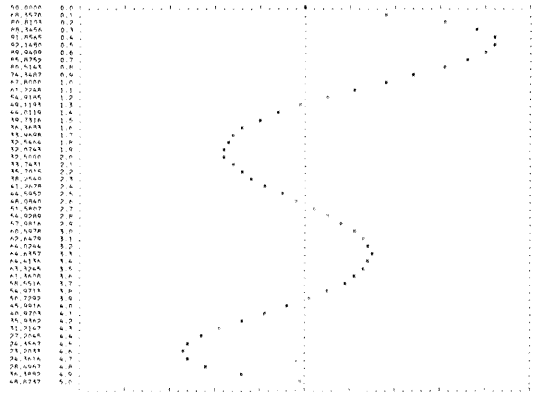

Fig. 5 The curve which phsses through 6 points
(50.0000 216.6130 -348.8662 188.4957 -41.6833 3.2408)

次に，Fig. 3 の等温変化および断熱変化の２本のグラフより，それぞれ６つづつの指定点を出してそれらを通過するようにプログラムを組み電算機にかけた所Fig. 6が得られた。これもFig. 3とよく一致している。

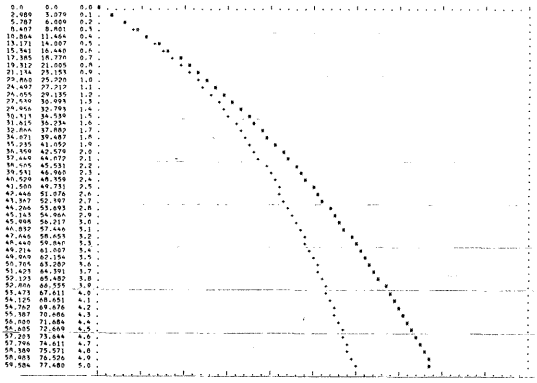

Fig. 6　The graph which passes 6 points f from Fig. 5

この際，注意すべきことは，グラフは何れも１行に100字しか入れられないので目盛を適当に調整してあることである。

結局，Fig. 1のグラフはFig. 5として，また，Fig. 3のグラフはFig. 6 として再現されたわけである。ここで，Fig. 6 のように曲線部分の少いものは元のグラフとほとんど一致するが，Fig. 5 のグラフのように波打つているものは，指定点は何れも通過するが元のグラフFig. 1 と多少外れる所を生ずることがわかる。起伏の激しいグラフほど５次よりも高次の式を扱う必要がある。参考のため，Fig. 1 を４次式で扱つたものを示すとFig. 7 のようにスケール・アウトし計算結果が異常

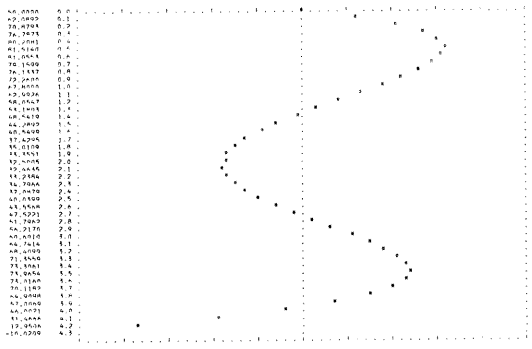

Fig. 7 The graph which passes 5 points from Fig. 1

終了となる。

なお，４次式のときの係数を示すと

$$\left.\begin{aligned}
a_4 &= Y_4/24 - Y_3/6 + Y_2/4 - Y_1/6 + Y_0/24 \\
a_3 &= -Y_4/4 + (7/6)Y_3 - 2Y_2 + (3/2)Y_1 - (5/12)Y_0 \\
a_2 &= (11/24)Y_4 - (7/3)Y_3 + (19/4)Y_2 - (13/3)Y_1 + (35/24)Y_0 \\
a_1 &= Y_1 - Y_0 - a_4 - a_3 - a_2 \\
a_0 &= Y_0
\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

参　考　文　献

(1) Westlake：A Handbook of Numerical Matrix Inuersion and Solution of Linear Equation

(2) 渋谷，田辺：計算機のための線形計算の基礎