

琉球大学学術リポジトリ

X-Yレコーダのデジタル制御による描画システムの開発

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2007-10-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新里, 祐宏, 梅谷, 誠 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/2116

X-Yレコーダのデジタル制御による描画システムの開発

新里 祐宏・梅谷 誠

A Development of a Drawing System
by a Digital Controlled X-Y Recorder

Sukehiro SHINZATO*, Makoto UMETANI*

(Received April 30, 1992)

Summary

As a teaching material on the hardware of a personal computer which is an urgent problem in the training of technical/industrial art teachers, the authors developed drawing system of elementary figures (a square, slash, circle and sine wave); the system is constructed by a D/A converter and a X-Y recorder.

As a teaching material, the main purposes of the system are as follows.

The trainee teachers will

- 1) understand the theory of D/A converter.
- 2) be visually confirmed that a digital value is scattered.
- 3) understand that there is the I/O port address in a personal computer; and how to set up the address.
- 4) acquire the basic skill to treat the figures digitally, which are essentially analogue values.

This system satisfies these purposes through exercising drawings by partially changing the program and the recorder sensitivity.

1. 緒 言

情報化社会とよばれる現代社会において、パーソナルコンピュータ（パソコン）は情報処理の手段として広く普及している。その使われ方は主に2つに分類できる。1つは、既存の大量データを整理、保存したり、それらのデータから新しい情報を見つけ出すために使う、いわゆるソフト中心の使い方である。他の使い方は、計測制御システムに組み込んで信号処理装置として機能するハード的使い方である。

パソコンを計測のために使うには、アナログ量である被測定量をパソコンが処理できるデジタル量に変換しなければならない。そのためにA/D変換器は機能する。一方、アナログ量で駆動される機器をパソコン制御するためには、パソコンのデジタル出力をアナログ量に変換するD/A変換器が必要となる。

一方、中学校技術・家庭科の技術領域に新たに加わった「情報基礎」の内容をこれまでの技術科の題材設定の特徴を生かした形で構築するために、パソコンのソフト中心の使い方に加えて、ハード

*Tech. Educ., Coll. of Educ., Univ. of the Ryukyus

的使い方を加えることが重要である。そのことは大学における技術科教員養成教育にも求められていて、比較的スムーズに進んでいるソフト教育に対して、対応が遅れているハード教育の拡充が急務の課題となっている。これまでに、ハード教育に関する研究報告は多数あるが、D/A変換器に関するものはほとんどない。^{1)~6)}そこで、本研究はD/A変換器を利用した教材開発を主目的として行われた。8ビットD/A変換器を2器製作し、パソコンからのデジタル信号をアナログ電圧に変換し、その電圧でX-YレコーダのX、Y軸を駆動して描図するシステムを作った。プログラムは、図形処理の基本要素である、四角形、斜線、円、正弦波の4つについて作成した。本システムの教材としての目的は、i) D/A変換の原理を知らせる、ii) デジタル量が離散的な量であることを視覚的に確認させる、iii) I/Oポートアドレスの存在とその設定法を修得させる、iv) 本来アナログ量である図形をデジタル的に処理する方法を修得させる、ことの4点にある。

なお、使用したパソコンはPC-9801UV、X-YレコーダはTYPE3086 (YEW) である。製作した8ビットD/A変換器はバイポーラ形 (-5 ~ 5V) で分解能は39mV/stepである。

2. D/A変換器

計算機等の出力で電動機等を制御するためには、その出力のデジタル信号をアナログ信号に変換する必要がある。このような変換器をD/A変換器という。

D/A変換器にはその構成により多くの種類があるが、ここでは、本装置に使用したバイポーラ電流出力型D/Aコンバータ及びこれを使用したD/A変換器のしくみについて述べる。図1に、デジタル信号を3ビット ($n_1 \sim n_3$) としたときのD/A変換器の原理を示す。また、破線内はバイポーラ電流出力型D/Aコンバータであり、通常は集積回路によって構成されており、1つの素子として扱われる。

図中の $J_1 \sim J_3$ は電流源といい、その端子間電圧にかかわらず一定の電流を流す動きをする。ここでは、端子 T_R に流れる電流 I を基準として、

J_1, J_2, J_3 の電流は、各々、 $1/2, 1/4, 1/8$ に維持されている。また、スイッチ $S_1 \sim S_3$ は、各々、端子 $B_1 \sim B_3$ のデジタル入力 $n_1 \sim n_3$ に対して転換される。そして、出力端子 T_O に流される電流 I_o が、 $n_1 \sim n_3$ をアナログ値に変換したものになる。ここで、 S はデジタル入力が1 (Hレベル) のとき左側、0 (Lレベル) のとき右側へ倒されるとすると、 I_o は次式のようにになる。また、各入力値に対して I_o を求めると、表1のようにになる。

$$I_o = n_1 \times \frac{1}{2} + n_2 \times \frac{1}{4} + n_3 \times \frac{1}{8}$$

(但し、 $n_1 \sim n_3$ は0または1)

次に、演算増幅器Aを理想的とすると、その出力電圧 V_o は次式のようにになる。

$$V_o = I_o \times R_F - I_B \times R_F$$

ここで、電流 I_B が0のとき出力 V_o を V_{o1} とすると、各入力値に対する V_{o1} の値は表1のようにになる。 V_{o1} は正のみの単極性であるが、正負両端性の出力を得るためには、 I_B を加える。いま、 I_B を、

$$I_B = \frac{7}{8} I \times \frac{1}{2} = \frac{7}{16} I$$

としたときの V_o を V_{o2} とすると、

$$V_{o2} = V_{o1} - \frac{7}{16} I \times R_F = V_{o1} - \frac{7}{16} V$$

(但し、 $I \times R_F = V$)

となり、各入力値に対する V_{o2} の値は表1のようにになる。以上のようにして、デジタル信号がアナログ電圧に変換される。

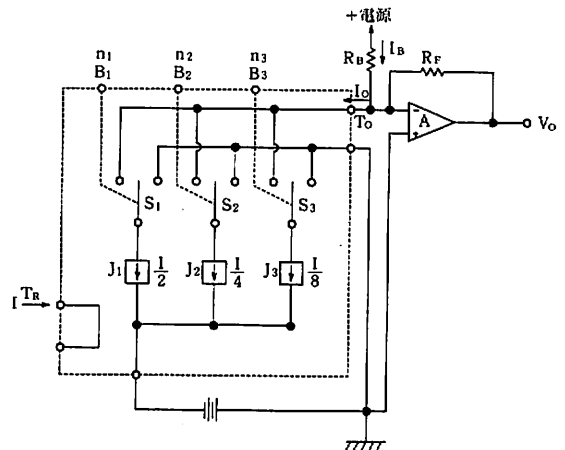


図1 D/A変換器の原理図

表1 D/A変換器の入・出力値

入力値 n_1, n_2, n_3	出力電流 I_o	I_B を加えないときの 出力電圧 V_{o1}	I_B を加えたときの 出力電圧 V_{o2}
0 0 0	0	0	$-\frac{7}{16} V$
0 0 1	$\frac{1}{8} I$	$\frac{1}{8} V$	$-\frac{5}{16} V$
0 1 0	$\frac{1}{4} I$	$\frac{1}{4} V$	$-\frac{3}{16} V$
0 1 1	$\frac{3}{8} I$	$\frac{3}{8} V$	$-\frac{1}{16} V$
1 0 0	$\frac{1}{2} I$	$\frac{1}{2} V$	$+\frac{1}{16} V$
1 0 1	$\frac{5}{8} I$	$\frac{5}{8} V$	$+\frac{3}{16} V$
1 1 0	$\frac{3}{4} I$	$\frac{3}{4} V$	$+\frac{5}{16} V$
1 1 1	$\frac{7}{8} I$	$\frac{7}{8} V$	$+\frac{7}{16} V$

(但し、 $I \times R_F = V$ 、 $I_B = \frac{7}{16} I$)

図2に本装置の回路図を示す。") 使用したD/AコンバータDAC08は、デジタル入力が8ビット、基準電流 I が2 mAである。抵抗 R_S は基準電流を V_{REF} 端子(14)へ2 mA供給するための抵抗であり、基準電圧は+10Vのため $R_S = 5 k\Omega$ を使用した。抵抗 R_C は内部OPアンプバイアス電流補償用で R_S と等しくするが、それほど正確である必要はない。帰還抵抗 R_F は、基準電流2 mAに対応して V_{out} フルスケールを得られる値に合わせる。今回は、 $\pm 5 V$ フルスケール使用するので、

R_F は5 k Ω を使用した。 R_B はバイポーラ出力時1 mAをサミング・ノードへ流すためのものであり、基準電圧が+10 Vなので $R_B = 10 k\Omega$ を使用した。また、 R_B はゼロ調整(アナログ出力の0 Vの調整)、 R_S はゲイン調整(アナログ出力範囲の調整)を行うため固定抵抗器+可変抵抗器の構成としている。位相補償コンデンサ C_C は、 $R_S = 5 k\Omega$ に対して75 pF以上が必要であるので、今回は100 pFを使用した。 C_F はオーバーシュートを最良にするためにある。

出力アンプは、扱う周波数帯によって選択した。今回は、高速性能を求めめるためにBi-FETOPアンプ(LF356)を使用した。ここで、抵抗 R_F を5 k Ω にとっているのは、出力電圧 V_{o1} は、入力値が0 0 Hのときは、

$$V_o = 0 - 1 \times 5 = -5 V$$

また、入力値がFFHのときは、

$$V_o = \frac{2^3 - 1}{2^3} \times 2 - 1 \times 5$$

$$= \left(\frac{255}{256} \times 2 - 1 \right) \times 5$$

$$\approx (1.99 - 1) \times 5 \approx +4.95 V$$

となり、8ビットのデジタル信号を、最大正負約5 Vのアナログ電圧信号に変換することができる。

ここでは、D/A変換器を2器製作したがその変換特製はほぼ同等だった。1器の変換特性を表2に示す。0V付近で数%の誤差を持つが、この変換器が8ビット変換器で分解能が約40 mVであることを考えると、ほぼ満足すべき特製である。

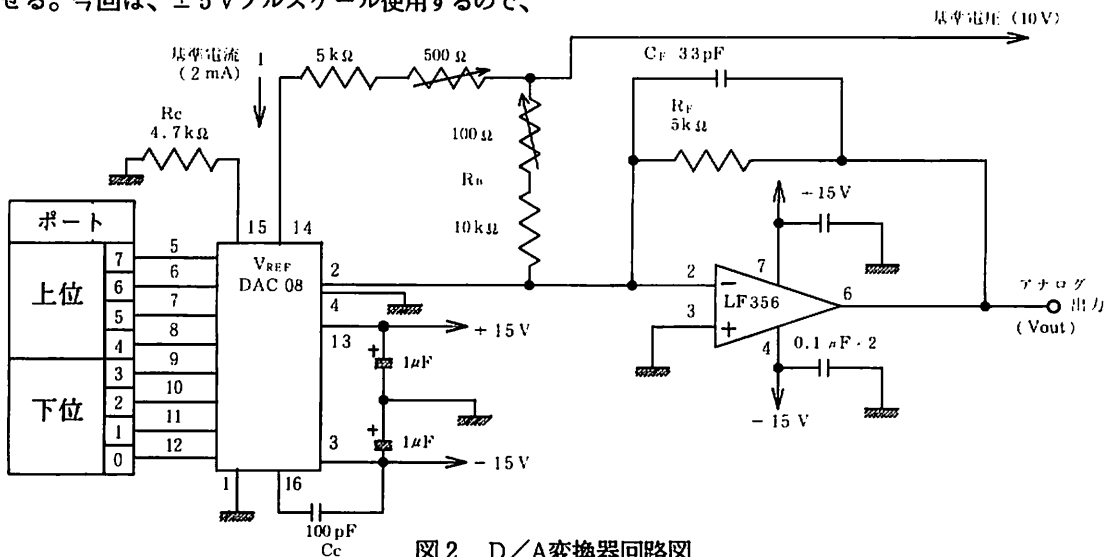


図2 D/A変換器回路図

表2 変換特性

D/A変換器 (No.1)

理論値 (V)	測定値 (V)	誤差 (V)	理論値 (V)	測定値 (V)	誤差 (mV)
5.0	5.00	0	0.0	0.0016	1.6
4.8	4.80	0	-0.2	-0.194	6
4.6	4.61	10	-0.4	-0.387	13
4.4	4.41	10	-0.6	-0.583	17
4.2	4.22	20	-0.8	-0.779	21
4.0	4.02	20	-1.0	-0.973	27
3.8	3.83	30	-1.2	-1.207	-7
3.6	3.63	30	-1.4	-1.405	-5
3.4	3.40	0	-1.6	-1.601	-1
3.2	3.20	0	-1.8	-1.795	5
3.0	3.01	10	-2.0	-1.989	11
2.8	2.81	10	-2.2	-2.19	10
2.6	2.61	10	-2.4	-2.39	10
2.4	2.42	20	-2.6	-2.57	30
2.2	2.23	30	-2.8	-2.80	0
2.0	2.03	30	-3.0	-3.00	0
1.8	1.797	-3	-3.2	-3.19	10
1.6	1.601	1	-3.4	-3.39	10
1.4	1.404	4	-3.6	-3.59	10
1.2	1.209	9	-3.8	-3.79	10
1.0	1.013	13	-4.0	-3.99	10
0.8	0.819	19	-4.2	-4.21	-10
0.6	0.622	22	-4.4	-4.41	-10
0.4	0.389	-11	-4.6	-4.60	0
0.2	0.194	-6	-4.8	-4.80	0

3. X-Yレコーダによる描図

X-Yレコーダ（以後レコーダと称す）によって描かれる図面の大きさ（線の長さ）は、D/A変換器の出力値と、レコーダの設定感度（電圧/長さ）によって決まる。ここでは、D/

A変換器への入力0~255が5V~-5Vに変換されるので、相対的な電圧可変範囲は0~10Vとなる。レコーダの感度は1(V/cm)のレンジを使用しているので、0~10Vの電圧変化は0~10cmの長さ変化を生む。したがって、最大描図長さは10cmとなる。図3にシステム構成図を示す。

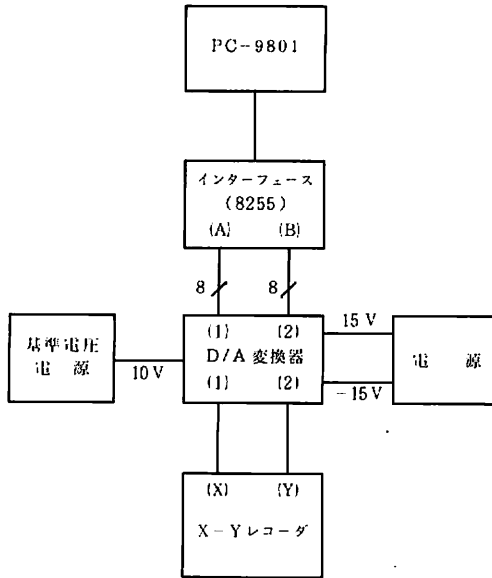


図3 描画システム

3.1 長方形

ここで描く四角形は、レコーダーのX軸とY軸にそれぞれ平行な辺によって構成される四角形である。最大10cmの範囲でX方向の長さ、Y方向の長さをそれぞれ任意に入力して描く。プログラムをリスト1に示す。

- 120行 : コントロールワード書き込み (A,B,Cポートを出力に設定)
- 140~150行 : X軸、Y軸に -5V を入力し、描図の起点とする。
- 154行 : D/A変換器への入力可能最大ステップ数 (255) を100mmの長さに割り当てる。
- 170~190行 : X、Y方向の描図長さの設定
- 200~210行 : X、Y方向の描図長さに必要なステップ数
- 230~240行 : X、Y方向の描図長さに対応する起点からのステップ値
- 260~280行 : X軸入力により下を左から右へ描図
Oペンのオーバーランを防ぐため、1ステップずつ休止タイマを加えて出力している。
- 300~330行 : y軸右辺の描図
- 350~380行 : x軸上辺の描図

400~430行 : Y軸左辺の描図

X=40 (mm)、Y=25 (mm) の出力図を図4に示す。各辺の長さは十分な精度をもっている。X、Y方向それぞれ単独出力によって描かれるので、階段状の線は表れない。タイマー変数 (T) の、終値が小さくなると、レコーダーの動作遅れのため4つの角は丸くなるので、レコーダーの動特性にあった終値の設定が要求される。

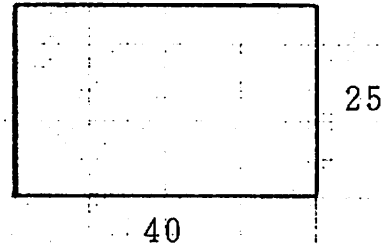


図4 四角形の出力図

3.2 斜線

D/A変換器はパソコン等から出力されるデジタル値を入力としてアナログ電圧に変換して出力する機器である。パソコンがI/Oポートを指定するとき、同時に2つのポートを指定することができない。したがって、描図のためにX、Y方向の動きが要求される場合でも、それぞれのD/A変換器に交互に出力するしかなく、階段上の線となる。

図5の斜線OAを描図するためには、Oを起点として、X、Y交互にそれぞれのステップ値を出力して、ペンをAに運べばよい。X、Yへの出力値 (出力ステップ値) が等しい場合にはX方向に対し45°の斜線となる。点Aのx方向の長さをX、y方向の長さをYとすると、x、y方向に必要な総ステップ数 (XTS、YTS) は1mm当りのステップ数 (255/100) とX (or Y) の積としてそれぞれ (XTS)、(YTS) が求まる。このようにステップ値を持つ作業の処理には (FOR~NEXT文) が有効だが、その終値の決定には (XTS) と (YTS) のうち小さい方を基準にした。すなわち、小さい方を1ステップずつ変化させたときの相手のステップを計算し (1より大きい、45°では1)、整数化して出力してやればよい。ここで切り捨てられた値が積もれば最終的に大きな誤差 (線が短くなる) となるので、切捨て値は次のステップ値

に加算して、整数化処理される。整数化処理には四捨五入も考えられるが、補正精度を上げるため上記の方法を採用した。

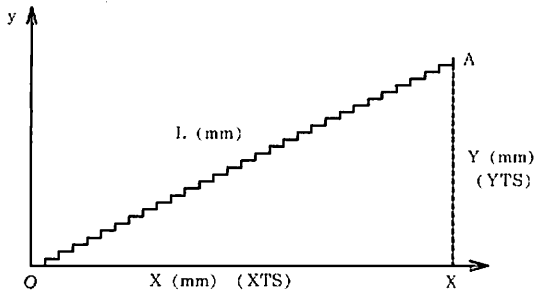


図5 斜線とステップ

プログラムをリスト2に示す。

- 170~200行：入力方法の選択。
- 220~260行：長さ(L)と角度(θ)の入力とX、Yの算出。
- 270~280行：座標(X, Y)の入力。
- 300~310行：X, Y方向の必要ステップ数(XTS、YTS)。
- 320~330行：XTSとYTSのうち小さい方を基準ステップ数(NS)とする。
- 340行：基準ステップ1に対する従属ステップ数(SR())。
- 370~570行：描図ノタメノループ。
- 380行：従属ステップ数への切捨て値の加算。
- 390行：切捨て値の算出。
- 400~410行：基準ステップと従属ステップのx,y方向への振り分け。
- 430~490行： $YTS \leq XTS$ ($\theta \leq 45^\circ$) の場合の描図ループ、X方向のペンのオーバーランを防ぐために、1ステップずつ出力するループになっている。レコーダの応答遅れによりステップ角が丸まるのを防ぐために、ソフト的タイマーが入っている。
- 510~560行： $YTS > XTS$ ($\theta > 45^\circ$) の場合で、基準ステップをx方向にとった以外は上記ループと同じ考え方でプログラムされている。

3.3 円

円を描くには、中心位置と半径の設定が要求される。ここでは、D/A変換器への入力範囲0~255(約+5~-5V)の中央値127(0V)を中心(原点)と考えた。その時選択できる半径は最大となり、半径50mmまでの円を描くことができる。また、レコーダは相対的な電圧変化量に対応して動くので、円の中心(0V)は記録範囲内において絶対的な原点として存在することなく、レコーダのポジション調整バリオームで任意の位置に設定することができる。

プログラミングに当たって次の条件設定を行った。

- I) 円の中心は座標の原点にある。
- II) 任意の点の座標は $(x, \sqrt{R^2 - x^2})$ とする。(R:半径)
- III) xを独立変数と考え、xの1ステップの変化に対して、yの変化が2ステップ以上になる場合には、ペンの慣性によるオーバーランを防ぐためにFOR~NEXTとタイマを使い、1ステップずつ出力する。
- IV) x軸上を起点として、第1、第2、第3、第4象限へと描き進む。
- V) 第1、第3象限はy軸方向から描き出し、x軸方向を描いて終わる。第2、第4象限はx軸方向から描き出し、y軸方向を描いて終わる。
- VI) yの値はxのそれぞれの値に対して1対1に対応しているので四捨五入により少数部処理を行っても、平均的には少数部の累積による誤差はさほど大きくなるとは考えられないので、特に補正を行うことはない。

プログラムをリスト3に示す。上記2つの描図プログラムの場合と同じように、長さ(mm)はステップ値(0~255の整数)に置き換えている。すなわち図6に示すように原点の座標は $(x, y) = (127, 127)$ 、x軸上正側50mmの点の座標は $(x, y) = (0, 127)$ 等となる。

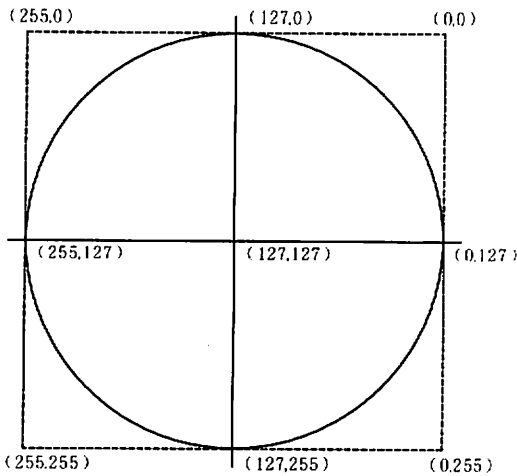


図6 円の座標とステップ値

- 70~80行 : まずペンを中心位置へ。
 180~210行 : 半径 (R) の入力。ステップ値254を100 (mm) に割り当てる (SM) 半径に相当する数ステップ数 (SP) の算出。
 270~300行 : ペンを描図起点へ1ステップずつ移動。
 310~330行 : ペンを下して、描図の準備ができたかを確認する。
 350~520行 : 第1、第3象限の描図ループ。y軸方向から描き出している。
 360~380行 : 第1、第3象限の判定変数値の設定。
 420行 : xのステップ値に対するyのステップ値を四捨五入で求める。(SY (SX))。
 430行 : 現在の点から、次の点へのyの移動ステップ数 (DSY) の算出。Xのステップ数は常に1に固定されている。
 440行 : もし、Yの移動ステップ数が1未満かなyは出力せず490行に飛んでxのみ出力する。
 450~480行 : yの移動ステップ数が1以上になる場合のループで、条件設定Ⅲ) による作業を行う。
 490~500行 : zを1ステップずつ描図している。
 540~700行 : 第2、第4象限の描図ループ。x軸方向から描き出している。(610~62

0行)。第1、第3象限の場合と基本的考え方は同じであるが、現在のステップ値と次のステップ値の大小関係が逆になるため、FOR~NEXT文の初期値、終値及びyの移動ステップ数の算出方法が逆の設定になっている。

710~720行 : 象限ループ選択のための判定

3.4 正弦波

一般にレコーダーで正弦波を描くとき、x軸を時間軸にとり、そのX軸を付属のスweep回路の出力で駆動する。Sweep回路の基本動作は定速回転モータによりポテンシオメータ (B型) の軸を駆動し、時間を回転角に変換し、回転角は抵抗値へとリニアに変換される。すなわち、時間変化は抵抗値変化へリニアに変換されたことになる。その抵抗値の変化による電圧変化をX軸の入力としてX軸を駆動し、最終的に時間経過が長さに変換されて記録される。

ここでは、時間に替わって、回転角を横軸にとる。まず、回転角0~360°を何mmに表現するかを決める。ここでは、D/A変換器の相対出力10V (ステップ数255) を100mmに対応させているので、レコーダーの感度レンジ (1V/cm) を変えない限り、360°は最大100mmに表現される。今、時間軸長さを (TL) とすると、 $(255/100) \times (TL)$ でその時間軸長さを移動させるための必要なステップの総数 (STP) が決まる。そのステップ総数で360°を除すと1ステップ当りの角度 (DS) が決まる。従って、1ステップずつ、X軸に出力することで、角度 (時間) が与えられたことになる。

一方、y軸はsin関数の値で駆動されるが、その算出のための角度には (DS) と (これまでにX軸に出力されたステップの数) の積を使えばよい。なお、振幅は0~50mmの範囲で任意に設定できる。

プログラムリストをリスト4示す。

- 70~80行 : 起点へのペン移動
 110~120行 : 振幅 (A) と時間軸の長さ (TL) の設定
 140~170行 : 100mmに255ステップを割り当てる (SM)。振幅に必要なステップ数 (SPA)。時間軸長さに必要なステップ

数 (STP)。時間軸 1 ステップ当りの角度 (DS)。

230~270行：描図ループ。時間軸 (角度) を 1 ステップずつ変化させながら、対応する関数値を計算し、y軸、x軸へ出力する。

4. 評価

デジタル入力によりレコーダーで描図すると、階段上の線になる。そのステップを小さくしてより滑らかな線を描くためには入力デジタル値のステップを小さくすればよい。ここでは 8 ビット D/A変換器を使っているので、1 ステップ当りの電圧値は $10V / 255 = 0.039mVstep$ となる。このステップ値の下で、いくつかの条件に対する線の滑らかさを評価する。

4.1 四角形

図 7 にタイマー (FOR~NEXT文) の終値と角の丸みの関係を示す。ここで選択した終値 (T) は、1、20、50、100である。終値が小さくなるとレコーダーの応答遅れのため角が大きくなることわかる。なお、図 4 の終値は 200である。シャープな角をえるためには、適切な終値の選択が不可欠なことがわかる。

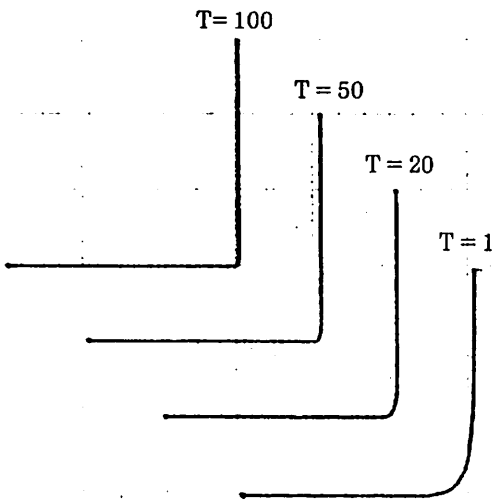


図 7 タイマー終値の角の丸みの関係

4.2 斜線

図 8 は、100mmに10V (255step) を割当てた長さ100mmの斜線で、角度はそれぞれ 2° 、 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 88° 、である。切捨て誤差が一部認められる。斜線はX軸、Y軸を交互に出力して描くので、線は階段状になっている。その様子をより詳しく見るために図 9がある。図 9 はステップ感度は図 8 の場合と同じにしているが、階段の形状を決定するX軸方向とY軸方向の長さの比を規定値にするために斜線の終点は座標で入力されている。Y/Xの値とそれぞれに対応する座標値は次の通りである。

Y/X	X (mm)	Y (mm)
1/5	20	4
1/2	20	10
1/1	20	20
2/1	10	20
5/1	4	20

なお、図 9 は、レコーダーの感度を $0.25V/cm$ に設定して、4倍に拡大して描いている。基準ステップ数にはXとYを比較して小さい方をとるので、 45° のときに基準ステップ数は最大となり、最も細かいしかもXとY方向の長さが等しいステップとなる。Y/X=1/2、1/5の場合には、ステップの長い部分がX軸に平行に現れ、Y/X=2/1、5/1ではY軸に平行に現れていることから、基準ステップをそれぞれY方向、X方向でとていることがわかる。また、ステップの短い部分はすべて等しくなる。1/5と5/1の長い部分には 45° のステップが5つ、1/2と2/1では2つ入っていることが読み取れる。

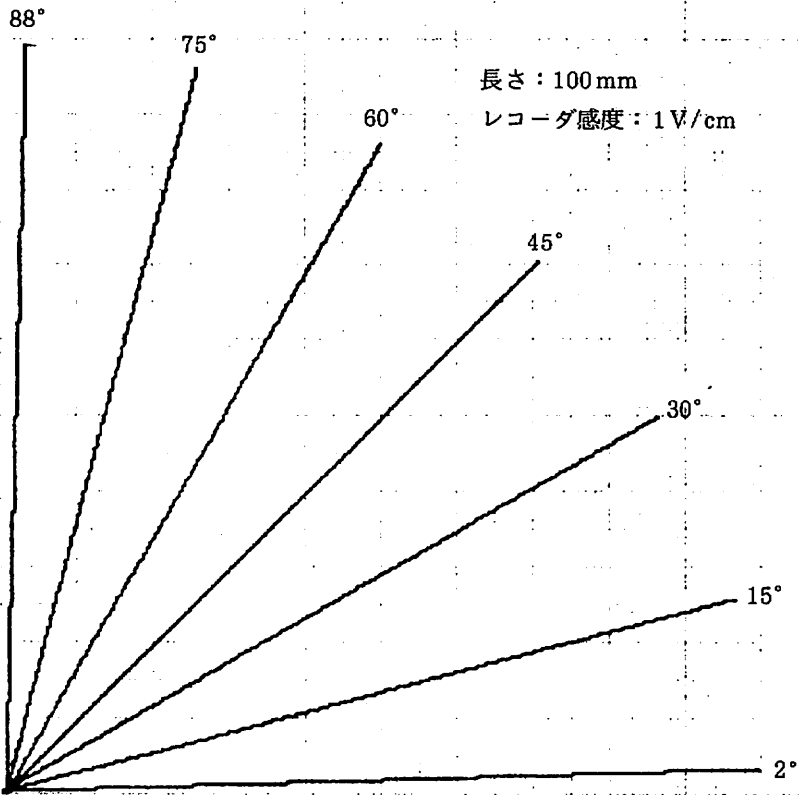


図8 斜線の出力量

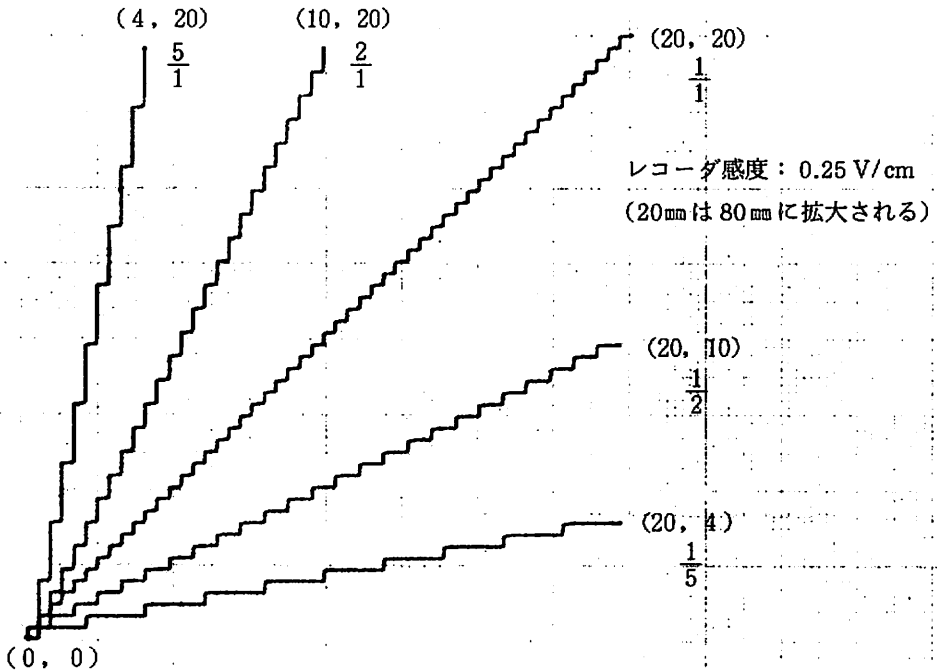


図9 斜線におけるステップ拡大図

4.3 円

図10には半径が50~10mmの円がある。すべて10V(100mm)を254stepに割り当てて描いている。すべての円で分解能は同一であるから、線の滑らかさに差は見られない。描図時間は半径比で短くなる。図11は図10の半径10mmの円を、レコーダ

の感度(V/cm)を上げて(0.5V/cm、0.25V/cm)描いたものである。この3つの円弧はステップ数は等しいので、感度を上げると階段がより明らかになる。したがって、レコーダの感度による図形の拡大には限度がある。逆に感度を上げれば図形は縮小され線の滑らかさは向上する。

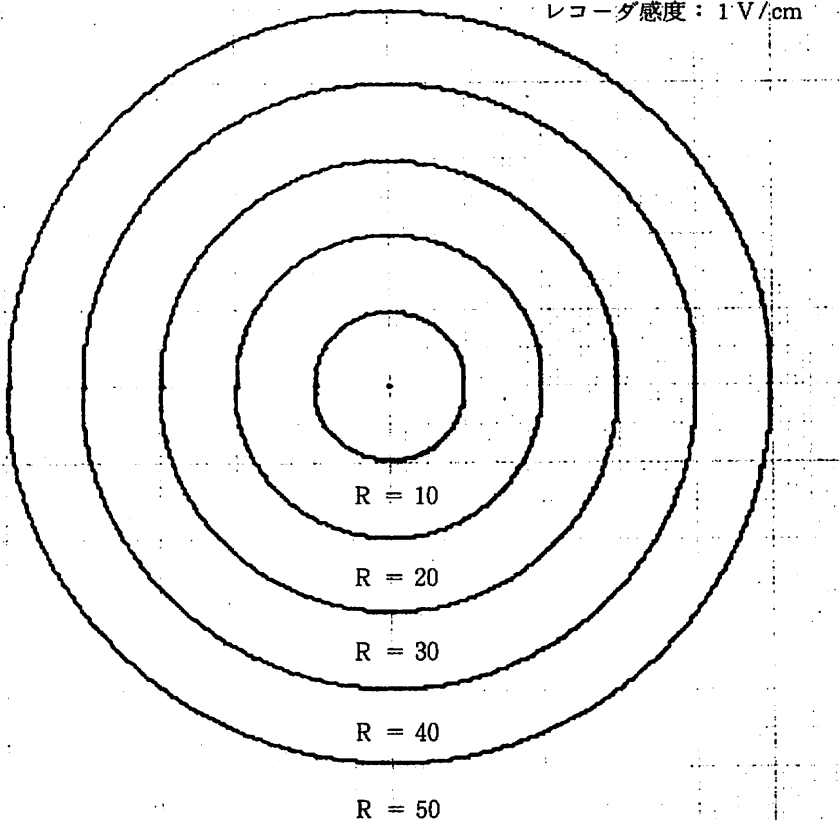


図10 円の出力图

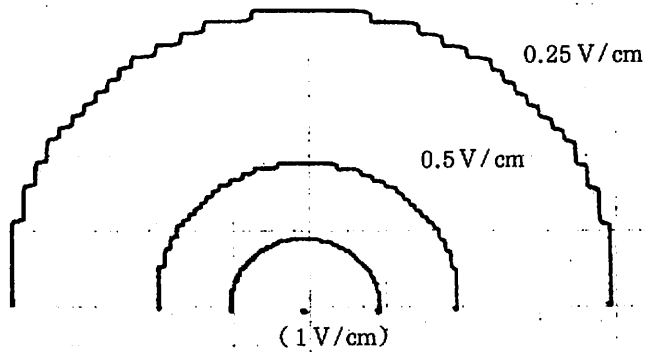


図11 円作図におけるレコーダ感度の影響

4.4 正弦波

図12、図13はリスト4の140行と230行をそれぞれ2種類設定し、それらを組み合わせてつくった4種類の出力図である。それぞれの条件は、

図12 (a) : SM=255/100、STEP 1

図12 (a') : SM=128/100、STEP 1

図13 (b) : SM=255/100、STEP 2

図13 (b') : SM=128/100、STEP 2

である。ここで、SM=255/100、SM=128/100の意味するところは、それぞれ255step (10V)で100mmを表す、128step (5V)で100mmを表すということである。図において、(a')は(a)の1/2、(b')が(b)の1/2になっていること

から、これら4つの図はすべて振幅値(A)=50mm)、時間軸長さ(TL)=100mmに設定されたものであることがわかる。一方、図12(a)のSTEP1に対して、図13(b)はSTEP2になっているので、(b)は(a)の1/2のステップ数で描いたことになる。即ち、分解能は1/2になり、階段状がより明瞭に認められる。図からはっきり読み取ることができないが、(a)群に較べて(b)群ではステップ数は1/2、1ステップの変化量は2倍になる。(b)と(b')を較べると、ステップ数は1/2になるが、1ステップ当りの電圧も1/2になっているので、両者のステップは視覚的には同じ大きさとなる。

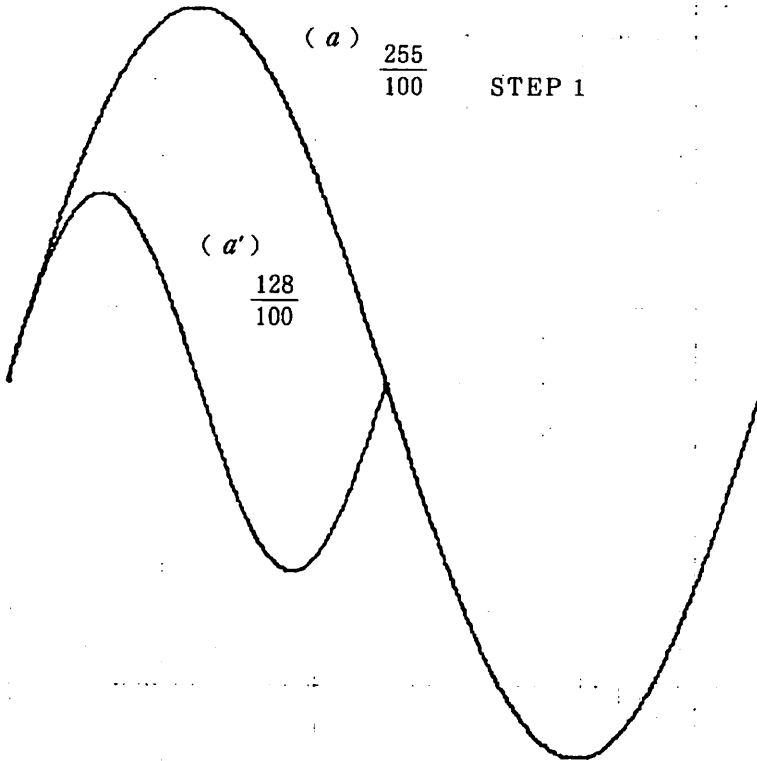


図12 正弦波(1)

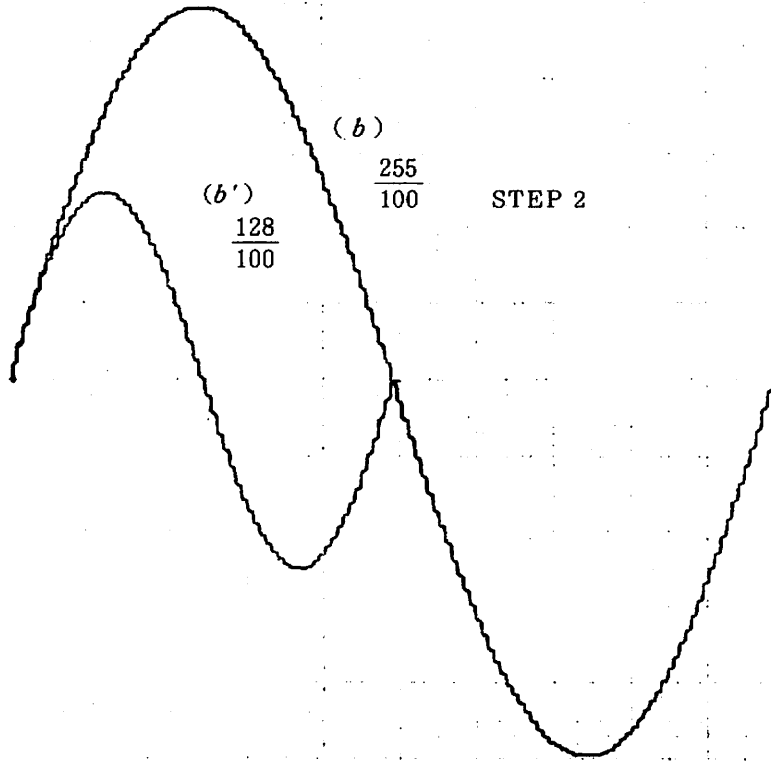


図13 正弦波(2)

4.5 レコーダーの応答遅れとオーバーラン

レコーダーはサーボ機構をもつ機器で、入力電圧を受けてモーターを駆動するまでの電気的な部分と、ペンを駆動するための機械的部分から構成されている。機械的部分は、応答遅れの主な発生源であり、同時に慣性によるオーバーランの原因ともなっている。応答を早くするためには電気的面で改善に加えて、慣性によるオーバーランを極力小さくするための技術が要求される。最近のレコーダーは、応答早さに関しては従前の機器と大きな差はないが、オーバーランを防ぐストップ

性能は格段に向上している。したがって、比較的新しい型のレコーダーを使用する場合にはプログラムのオーバーラン防止用のループは削除できる。しかし、機械的部分は本質的に急激な運動変化を嫌うので、ここでは慣性を小さくするためにループを入れてある。

応答遅れは、図7に示したように、角を丸める効果がある。この効果は四角形を描くときにはマイナスに働くが、この効果を利用すれば、ステップの角を丸めることができ、より滑らかな線になることが確認されている。

リスト1 四角形描図プログラム

```

100 * ***** SQUARE *****
110 CLS 3
112 *
120 OUT &HD6 , &H80
130 *
140 OUT &HD0 , 255
150 OUT &HD4 , 255
152 *
154 SM=255/100
160 *
170 INPUT "X(0-100mm)=" , X
175 IF X<0 OR X>100 THEN 170 ELSE 180
180 INPUT "Y(0-100mm)=" , Y
190 IF Y<0 OR Y>100 THEN 180 ELSE 200
195 *
200 XTS=CINT(X*SM)
210 YTS=CINT(Y*SM)
    
```

```

220 *
230 DX=255-XTS
240 DY=255-YTS
250 *
260 FOR XX=254 TO DX STEP -1
265 OUT &HD0 , XX
270   FOR T=0 TO 200: NEXT T
280 NEXT XX
290 *
300 FOR YY=254 TO DY STEP -1
310 OUT &HD4 , YY
320   FOR T=0 TO 200: NEXT T
330 NEXT YY
340 *
350 FOR XX=DX+1 TO 255
360 OUT &HD0 , XX
370   FOR T=0 TO 200: NEXT T
380 NEXT XX
390 *
    
```

新里・梅谷：X-Yレコードのデジタル制御による描画システムの開発

```
400 FOR YY=DY+1 TO 255
410 OUT &HD4 ,YY
420   FOR T=0 TO 200: NEXT T
430 NEXT YY
440 END
```

リスト2 斜線描画プログラム

```
100 ' ***** OBLIQUE LINE *****
112 '
115 DIM SR(260),DSR(260)
118 '
120 OUT &HD6 ,&H80
130 '
140 OUT &HD0 ,255
150 OUT &HD4 ,255
152 '
154 SM=255/100 : PAI=3.1416
160 '
165 CLS J
170 PRINT "INPUT ノックウ " : PRINT
175 PRINT "ナカ"リ + カク" : 1 "
180 PRINT "サ"ヒョウ      : 2 "
190 INPUT "                " 1 OR 2 --- ",K
195 IF K=1 THEN 220 ELSE 200
200 IF K=2 THEN 270 ELSE 170
210 '
220 INPUT "ナカ"リ(0-100 mm)= ",L
230 INPUT "カク"(1-89 deg)= ",D
240 RD=PAI/180*D
250 X=L*COS(RD) : Y=L*SIN(RD)
260 GOTO 300
265 '
270 INPUT "リ"ヒョウ(mm) ((0,0)-(X,Y)) -- X= ",X
280 INPUT "                " -- Y= ",Y
290 '
300 XTS=X*SM
310 YTS=Y*SM
320 IF XTS>YTS THEN NI=XTS : NS=INT(YTS) : P=0
:GOTO 340 ELSE 330
330 IF XTS<YTS THEN NI=YTS : NS=INT(XTS) : P=1
340 DSR(0)=0 : SR(0)=NL/NS+DSR(0)
350 X1=255 : Y1=255
360 '
370 FOR N=1 TO NS
380 SR(N)=SR(0)+DSR(N-1)
390 DSR(N)=SR(N)-INT(SR(N))
400 IF P=0 THEN XX=INT(SR(N)):YY=1 ELSE XX=1 :
YY=INT(SR(N))
410   IF P=0 THEN 430 ELSE 510
420 '
430 Y1=Y1-YY
440 OUT &HD4 ,Y1 :FOR T=0 TO 100 :NEXT T
450 FOR I=1 TO XX
460   X1=X1-I
470   OUT &HD0 ,X1 :FOR T=0 TO 100 :NEXT T
480 NEXT I
490 GOTO 570
500 '
510 X1=X1-XX
520 OUT &HD0 ,X1 :FOR T=0 TO 100 :NEXT T
530 FOR J=1 TO YY
540   Y1=Y1-1
550   OUT &HD4 ,Y1 :FOR T=0 TO 100 :NEXT T
560 NEXT J
570 NEXT N
580 END
```

リスト3 円の描画プログラム

```
10 ' ***** CIRCLE *****
20 '
30 DIM SY(260)
40 '
50 OUT &HD6 ,&H80
60 '
70 OUT &HD0 ,127
80 OUT &HD4 ,127
90 '
100 CLS 3
180 INPUT "半径r(0-50 mm)= ",R
190 SM=254/100
200 SP=CINT(R*SM)
220 '
270 FOR I=0 TO SP
280   IS=127-I
290   OUT &HD0 ,IS
300 NEXT I
310 LOCATE 40,10 :PRINT "PEN DOWN ":BEEP
320 LOCATE 40,12 :INPUT "OK ? -- 1 " ,OK
330 IF OK<>1 THEN 310
340 '
350 ' ***** 1111 *****
360 A=1 :B=1 :P=1 :GOTO 400
370 ' ***** 3333 *****
380 A=-1 :B=-1 :P=3 :GOTO 400
390 ' -----
```

```
400 SY(1SP)=0
410 FOR SX=SP-1 TO 0 STEP -1
420   SY(SX)=CINT(SQR(SP^2-SX^2))
430   DSY=SY(SX)-SY(SX+1)
440   IF DSY<1 THEN 490
450   FOR N=1 TO DSY
460     Y=127-B*SY(SX+1)-B*N
470     OUT &HD4 ,Y :FOR T=0 TO 50 :NEXT T
480   NEXT N
490   X=127-A*SX
500   OUT &HD0 ,X :FOR T=0 TO 50 :NEXT T
510 NEXT SX
520 IF P=1 THEN 550 ELSE 570
530 '
540 ' ***** 2222 *****
550 A=1 :B=1 :P=2 :GOTO 590
560 ' ***** 4444 *****
570 A=-1 :B=-1 :P=4 :GOTO 590
580 ' -----
590 SY(0)=SP
600 FOR SX=1 TO SP
610   X=127+A*SX
620   OUT &HD0 ,X :FOR T=0 TO 50 :NEXT T
630   SY(SX)=CINT(SQR(SP^2-SX^2))
640   DSY=SY(SX-1)-SY(SX)
650   IF DSY<1 THEN 700
660   FOR N=1 TO DSY
670     Y=127-B*SY(SX-1)+B*N
680     OUT &HD4 ,Y :FOR T=0 TO 50 :NEXT T
690   NEXT N
700 NEXT SX
710 IF P=2 THEN 380
720 IF P=4 THEN END
```

リスト4 正弦波描画プログラム

```
10 ' ***** SIN CURVE *****
20 '
30 DIM SY(260)
40 '
50 OUT &HD6 ,&H80
60 '
70 OUT &HD0 ,255
80 OUT &HD4 ,128
90 '
100 CLS 3
110 INPUT "シブク(10-50 mm)= ",A
120 INPUT "シブシブク ナカ"リ(0-100mm)".TL
130 PAI=3.1416
140 SM=255/100
150 SAP=A*SM
160 STP=TL*SM
170 DS=360/STP      'deg/step
180 '
190 LOCATE 40,10 :PRINT "PEN DOWN ":BEEP
200 LOCATE 40,12 :INPUT "OK ? -- 1 " ,OK
210 IF OK<>1 THEN 190
220 '
230 FOR T=0 TO STP STEP 1
240   S=128-SAP*SIN(DS*T*PAI/180)
250   OUT &HD4 ,S :FOR I=0 TO 300 :NEXT I
260   OUT &HD0 ,255-T :FOR I=0 TO 300 :NEXT I
270 NEXT T
280 END
```

5. 結 び

技術科教員養成にとって急務の課題となっているパソコンのハード教育のための教材として、D/A変換器とX-Yレコーダーを加えて図形要素(四角形、斜線、円、正弦波)の描画システムを作った。その教材としての主目的を次のように設定した。

- I) D/A変換器の原理を知らせる。
- II) デジタル量が離散的な量であることを視覚的に確認させる。
- III) パソコンにはI/Oポートアドレスが存在す

ることを知らせ、その設定方法を習得させる。
IV) 本来アナログ量である図形をデジタル的に処理する方法の基礎を習得させる。

ここで構築したシステムは、プログラムの一部を書き換えたり、レコーダーの設定感度を変えて得られる種々の描図作業を通して、上記の目的を十分に果たせるものとなった。

なお、レコーダーの応答遅れを積極的に利用すれば、より滑らかな線が得られることが明らかになったので、今後はその点についての系統的な実験を行い、さらに文字処理のためのプログラムを加えて実用的なグラフ処理システムを構築する予定である。

謝 辞

この研究を進めるに当たって、製作、実験にご協力頂いた、当時、当学科学生の上村一夫君と院生の糸洲守人君に感謝致します。

参考文献

1) 杆淵 信、菅野徳明：セントロニクスインター

フェイスを利用した逐次比較型A/Dコンバータのデータ入力手法、日本産業技術教育学会誌、第32巻4号、25、(1990)

2) 宮倉禎典、他4：制御モデルを用いた情報基礎教材の開発、日本産業技術教育学会誌、第32巻4号、31、(1990)

3) 杆淵 信、菅野徳明：マウスインタフェースを利用したアナログデータシステムの開発、日本産業技術教育学会誌、第32巻2号、19、(1991)

4) 大倉宏之：制御のためのステッピングモータ教具の開発、日本産業技術教育学会誌、第33巻2号、53、(1991)

5) 杆淵、他3：学習動力試験に必要なセンシングシステムの開発、日本産業技術教育学会誌、29、(1991)

6) 菅野徳明、他3：ガソリン機関の出力および熱効率のパソコン計測に関する学習システムの開発、日本産業技術教育学会誌、37、(1991)

7) トランジスタ技術SPECIAL、No.16、57、(1989)、CQ出版