

マイコンを用いたタブレットによる 図形入力システムの製作

森竹一之*・高浪五男**・井上克司**・谷口 弘**

Construction of Picture Input System with Microcomputer and Tablet

Kazuyuki MORITAKE, Itsuo TAKANAMI, Katsushi INOUE
and Hiroshi TANIGUCHI

Abstract

A tablet input device (BID PAD) manufactured by Summagraphics Corp. is connected with a popular personal computer APPLE II which has high resolution graphic function. The system can input pictures from the tablet and display them on color TV screen. As software, drawing, painting, squaring, line drawing, and shaping routines are developed. The total program list is given.

1. はじめに

コンピュータ・グラフィクスは図形として表示すべく用意されたデータをコンピュータ内部で処理し、人の目に見えるように表示する技術であり、画像処理技術の一分野としていろいろ研究されている。

本稿では、図形を直接入力する装置としてタブレットを用い、これをパーソナル・コンピュータ APPLE II に接続し、種々の基本図形を入力して表示するシステムを制作したので報告する。

2. タブレット図形入力装置

タブレットとしては Summagraphics 社の BIT PAD を用いる。これはタブレット板とスタイラスペン及び制御装置からなり、タブレット板上に張られた仮想 2 次元座標系に対し、スタイラスペンで指した場所の座標をデータとして得ることができる。スタイラスペンの先にはボールペンが備わっており、タブレット上に紙を置いて、その上にスタイラスペンを走らせる事により、コンピュータに図形を入力し、同時にボールペンによるハードコピーを得る事ができる。

2.1 動作原理

タブレット板面の下にワイヤが張りめぐらされており、これに 1 方向 (X 軸方向または Y 軸方向) に同時にパルスが発せられ、その信号を検知コイルを備えたスタイラスで受ける。信号が発せられてからスタイラスに至るまでの時間を 2 進カウンタで計数し、その値をもって指定した点の X 座標、または Y 座標とする。さらに制御装置内のマイクロプロセサ (8035) で処理し、X, Y 座標として出力する。

2.2 フロントパネルスイッチ

BID PAD の制御部はその前面に、MODE 1, MODE 2, RATE 1, RATE 2, RATE 4, CLEAR の 6 個のプッシュスイッチを備えている。

(i) モードスイッチ (MODE 2, MODE 1)

スイッチの IN, OUT をそれぞれ 0, 1 で表わす。

○ポイントモード (P モード) (00)

スタイラスがタブレット上にあつて、スタイラスの Z 軸スイッチ (ペン先に取付けられている) が入るたびに一つの座標を出力する。

○スイッチストリームモード (SS モード) (10)

スタイラスがタブレットのアクティブ領域の近くにあつて Z 軸スイッチが ON の時に、あらかじめ設定したレートで連続的に座標を出力する。

○ストリームモード (S モード) (01)

Z 軸スイッチの ON, OFF に関係なく連続的に座標

* 三菱電機(株)

** 電子工学科

を出力する事以外は SS モードと同じ動作である。

○リモートモード (R モード) (11)

コマンドバイトによってモードの設定を行なう。これについては後述する。

(ii) レートスイッチ

RATE 4, RATE 2, RATE 1 の三つのスイッチで毎秒送出する座標の個数を設定する。この関係を表 1 に示す。

Table 1 Rate Switch vs. Coord. per Second

Rate 4	Rate 2	Rate 1	出力座標数/秒
0	0	0	200
0	0	1	150
0	1	0	75
0	1	1	40
1	0	0	20
1	0	1	10
1	1	0	5
1	1	1	1

2.3 コマンドバイト

前述の R モードにする事により、モード及びレートをコマンドバイトで設定する事ができる。コマンド

バイトの構成を図 1 に示す。

(i) モードとレート

IN 1~IN 5 のモードとレートのコントロールビットは、前述のフロントパネルスイッチのモードやレートと同様の働きをする。

(ii) Next Byte と Byte Rec'd

BID PAD へ次のデータを要求する際には、IN 7 の Next Byte を 1 にセットする。また、1 バイトのデータを受取った事を知らせるには、IN 6 を 1 にセットする。これらの二つのビットと 2.4 で述べる BID PAD からの出力における Byte Avail ビットで 3 線ハンドシェイクを行ない、データをコンピュータへ転送する。

(iii) Status Valid

BID PAD は IN 0 が 1 であるときのみ IN 1~IN 5 のビットの値は確定しているとみなし、これらの値を読み込み、その値によって対応する動作をする。

以上より、R モードでモードとレートのビットを変更するときは、IN 0 を Low にし、その状態でモードとレートを変更し、その後 IN 0 を High にすればよい。

2.4 BID-PAD の出力

BID PAD からは 8 ビットのデータ線が出ており、5 バイト一組で一つの座標を構成する。図 2 にその様

IN 7	IN 6	IN 5	IN 4	IN 3	IN 2	IN 1	IN 0
Next Byte	Byte Rec'd	Mode 2	Mode 1	Rate 4	Rate 2	Rate 1	Status Valid

Fig. 1 Command byte.

OUT 7	OUT 6	OUT 5	OUT 4	OUT 3	OUT 2	OUT 1	OUT 0
First Byte	Byte Avail	F ³	F ²	F ¹	F ⁰	0	0
First Byte	Byte Avail	X ⁵	X ⁴	X ³	X ²	X ¹	X ⁰
First Byte	Byte Avail	X ¹¹	X ¹⁰	X ⁹	X ⁸	X ⁷	X ⁶
First Byte	Byte Avail	Y ⁵	Y ⁴	Y ³	Y ²	Y ¹	Y ⁰
First Byte	Byte Avail	Y ¹¹	Y ¹⁰	Y ⁹	Y ⁸	Y ⁷	Y ⁶

Fig. 2 Five bytes of data for each coordinate.

子を示す。

(i) First Byte (OUT 7)

5バイト一組のデータのうち、最初のバイトのOUT 7は1で、以降のバイトのOUT 7はすべて0である。

(ii) Byte Avail (OUT 6)

対応するバイトの各ビットの値が確定しているとき1となり、そうでないとき0である。したがって、このビットが1であるとき、1バイトのデータを取込むことができる。

(iii) F⁰

スタイラスのZ軸スイッチがONのとき1, OFFのとき0となる。

(iv) X¹¹~X⁰

この12ビットでX座標の2進数表示を表わす。

(v) Y¹¹~Y⁰

この12ビットでY座標の2進数表示を表わす。

(vi) F¹~F³

使用しないので説明を略す。

3. APPLE II のグラフィック機能

APPLE II の高分解能グラフィックについて述べる。

高分解能グラフィックには、全面がグラフィックとなる全面グラフィックと、下四行がテキストとなる混合グラフィックとがある。このグラフィックのデータを格納する領域は\$2000番地~\$3FFF番地(第1ページ)と、\$4000番地~\$5FFF番地(第2ページ)の二つのページが用意されている。

なお、グラフィック、テキストなどの各モードの選択は表2に示す番地をアクセスする事によって行なう。

192×280のドット(縦192, 横280)は\$2000番地から\$3FFF番地の各バイトの下位7ビットで構成

Table 2 Control of Graphic and Text Modes

番地	機能
\$C050	グラフィックモードのセット
\$C051	テキストモードのセット
\$C052	ミックスグラフィックのクリア
\$C053	ミックスグラフィックのセット
\$C054	1ページを表示
\$C055	2ページを表示
\$C056	高分解能グラフィックのクリア
\$C057	高分解能グラフィックのセット

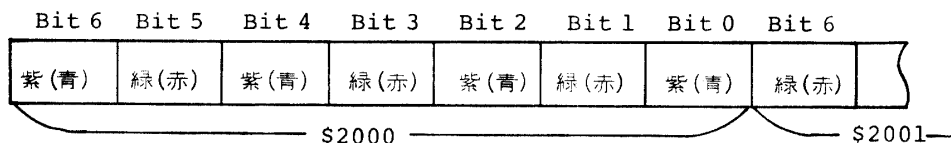


Fig. 3 Colors specified by bits.

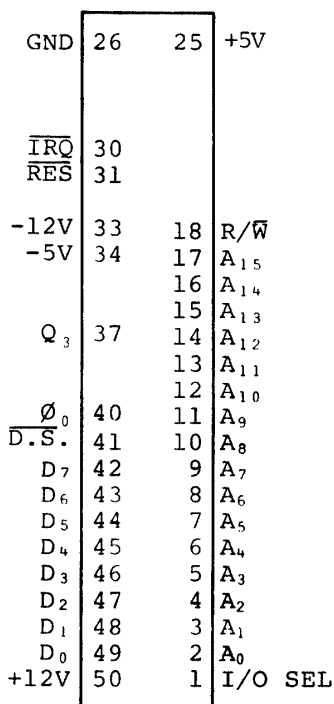


Fig. 4 Peripheral connector. (top view)

されている。最上位ビットは下位ビットが指定する色の二つの分類の一つを選択する。

各番地の画面への割り当てはいくぶん複雑で、上からX行目の画面の最左端のアドレスAは次式で示される。

$$A = \$2000 + \$400 * (X \text{ mod } 8) + \$80 * ([X/8] \text{ mod } 8) + \$28 * ([X/64] \text{ mod } 3)$$

また、各バイト中の各ビットの色の指定の様子は図3のようであり、Bit 7の値だけでなく番地の奇偶によっても異なることに注意する必要がある。図3で、カッコなしの色はBit 7が0のとき、カッコ付きの色はBit 7が1のときに発する。したがって、隣り合った点を同時に光らせた時に発する白色と、1ビット置きに光らせたときに発する紫、緑、青、赤の計5色が使える事になる。

5. インターフェース

APPLE IIには図4に示すような周辺コネクタが設

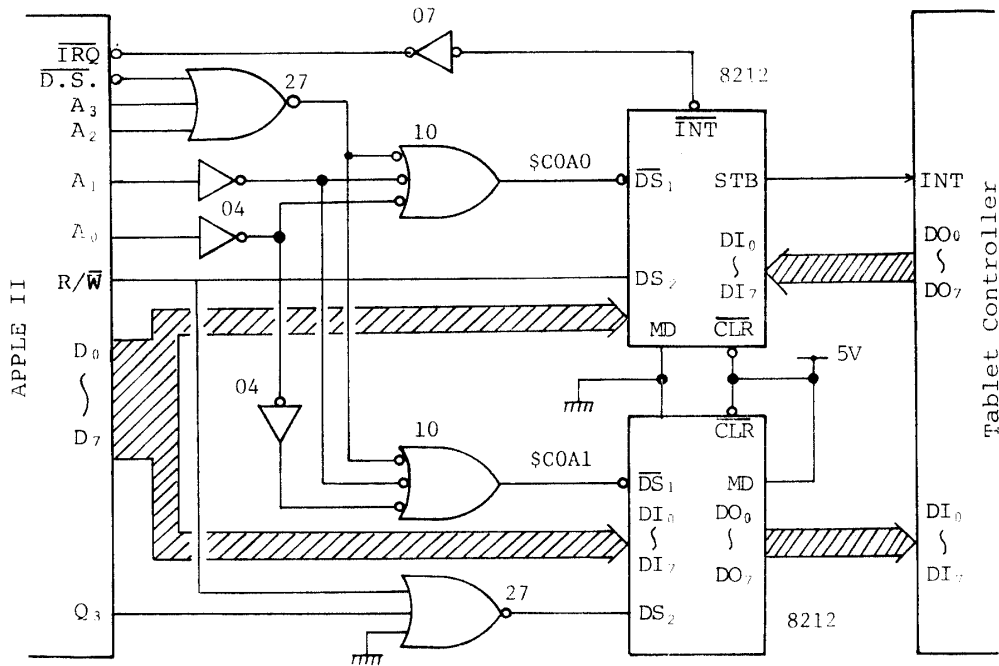


Fig. 5 Interfacing circuit.

けられている。このコネクタにインタフェースを接続する。

図5は BID PAD と APPLE II 間のインタフェース回路を示す。

6. ソフトウェア

本システムのすべての動作は一点をタブレットから入力し、一点を CRT に表示することを基本としている。

本システムの可能な動作は

- (i) スタイラスでなぞった任意の図形を入力し、指定した色でカラー CRT に表示する。
- (ii) タブレット上の2点を指定し、その間の直線を入力し CRT に表示する。
- (iii) 指定した点から左右に他の図形にぶつかるまで指定した色で塗りつぶす。
- (iv) 閉じた図形の内部を指定した色で塗りつぶす。
- (v) 閉じた図形の面積を求める。

プログラムは、データを取込む部分と各処理ルーチンへ分岐する部分とからなるメインルーチンと、所望の処理を行なうサブルーチン、高分解能ルーチン、表示用データを格納するデータテーブル等からなる。

以下に、各ルーチンの機能とアルゴリズムを述べる。

6.1 高分解能サブルーチン

APPLE II には便利な高分解能サブルーチンがいく

つか用意されており、これらも利用する。

(i) INIT ルーチン (開始番地 \$CQQ)

画面をクリアし、APPLE II をグラフィックモードにする。

(ii) CLEAR ルーチン (\$CQE 番地)

画面のクリアのみ行なう。

(iii) PLOT ルーチン (\$C7C 番地)

図6に示す様に画面の X 座標は \$00~\$117, Y 座標は \$00~\$9F からなっている。Y, X, A の各レジスタにそれぞれ16進数で X 座標の上位, X 座標の下位, Y 座標の値を入れて、このルーチンを実行すると、その点が光る。その色はあらかじめ \$32C 番地

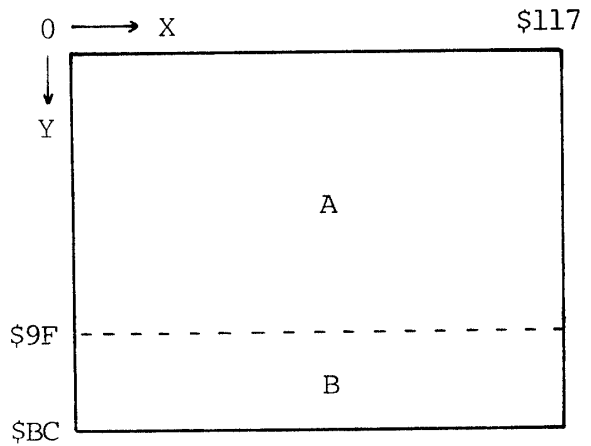


Fig. 6 X and Y coordinates in graphic mode. (The region B is used for text in case of mixed graphic mode)

にセットしておく。その値は、黒-\$ 00, 緑-\$ AA, 紫-\$ 55, 白-\$ FF である。

(iv) POSN ルーチン (\$ C26 番地)

点の X, Y 座標を PLOT ルーチンと同様に Y, X, A レジスタに入れて、このサブルーチンを実行すると、その点に対応する画面上のアドレスとビットが決定される。ただし、その点は光らない。

(v) LINE ルーチン (\$ C95 番地)

あらかじめ1点を POSN または PLOT で指定しておき、もう一つの点の座標の X 座標上位, X 座標下位, Y 座標をそれぞれ X, A, Y レジスタに入れて、このルーチンを実行すると、\$ 32C 番地で指定した色で2点間に直線を引く。

(vi) SHAPE ルーチン (\$ DBC 番地)

シェイプテーブルに描く図形のデータを入れ、このテーブルの先頭番地の上位バイトを X に、下位バイトを Y レジスタに入れて、このルーチンを実行すると、シェイプテーブルに定義した図形が描かれる。ただし、図形の色は \$ 1C 番地に PLOT と同様に設定し、図形のスケール係数を \$ 32F 番地に、図形の傾きをきめる回転係数を A レジスタにそれぞれストアしておく必要がある。

次に、我々がここで作製したサブルーチンを説明する。

6.2 CONTR ルーチン (\$ 867)

タブレット板上の領域は図7のように描画とコント

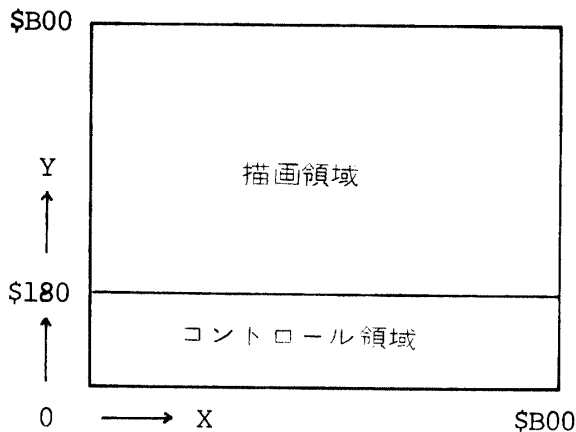


Fig. 7 Regions on tablet plate.

ロール領域に分けられている。このコントロール領域は、図8のように分割され、それぞれの地点をスタイラスで指定する事により、対応するコマンドを実行する。

6.3 DATA ルーチン (\$ 97C)

入力したデータが描画領域のものであると、このルーチンに入る。そして、CONTR ルーチンで設定されたコマンド設定番地 (\$ 1F) の内容を調べ、対応するルーチンに分岐する。この設定値と分岐先の関係を表3に示す。

6.4 CODE ルーチン (\$ 10 DE)

タブレット板の大きさ及び画面の大きさは図6、図7に示した様に、それぞれ \$ 000~\$ B00, \$ 000~\$ 117 となっているため、互いの大きさのマッチングをとる必要がある。ここでは、タブレットから入力された座標の値を 10 (\$ A) で割り、\$ 000~\$ AE6 の座標を \$ 000~\$ 117 に対応させた。

6.5 ADAPT ルーチン (\$ 10 CA)

図9はタブレットと画面表示の座標のとり方の関係を示す。Y座標の向きが互いに逆になっていることがわかる。そのため、タブレット板上と画面上の幾何学的対応を自然につける(上, 下, 左, 右)ためには、入力されたデータの Y 座標を適当に変換する必要がある。この変換と、変換されたデータを6.4の CODE ルーチンに渡す処理を行なうのが ADAPT ルーチンである。

6.6 DISP ルーチン (\$ 9 A 2)

テキスト(混合グラフィックの下部4行)への各種の表示を行なうルーチンである。表示する文字データは \$ B00 番地から順に格納しておく。\$ B00 からのオフセット値を X レジスタにロードして、このルーチンを実行する。

6.7 DRAW ルーチン (\$ 1113)

タブレット板上の描画領域の一点をスタイラスで指

		白	赤	青	紫	緑	黒	フルグラフィック	混合グラフィック	
クリア		P Mode	S.S Mode	S Mode	シエーブ	描画	ライン	塗りつぶし	面積	

Fig. 8 Detail of control area.

Table 3 Branched Routines

設定番地の内容	分岐先
\$00	描画ルーチン
\$01	塗りつぶしルーチン
\$02	面積ルーチン
\$03	線引きルーチン
\$04	シエールルーチン

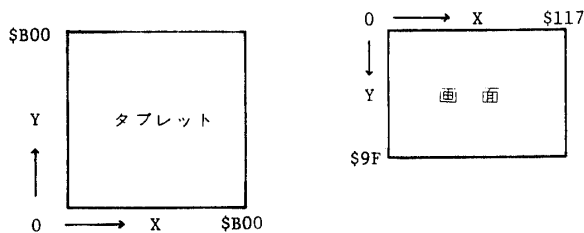


Fig. 9 Coordinates of tablet and video screen.

定したとき、それに（幾何学的に）対応する画面上の点を光らせるルーチンである。前述の CODE ルーチン、ADAPT ルーチンで画面上の X, Y 座標を決定し、PLOT ルーチンに分岐することで、画面上に点をプロットする。そして、連続的に点をプロットすることにより、任意の図形を画面上に描くことができる。

6.8 LNDRAW ルーチン (\$ 1123)

タブレット上の2点を入力することによって、その2点間に直線を引くルーチンである。入力されるデータは交互に始点、終点と判断されるので、連続した折れ線を描くには、終点として指定した点を改めて始点として指定する必要がある。

6.9 PAINT ルーチン (\$ 1177)

画面上の1点を指定するとその点から左右にすでに光っている点まで塗りつぶすルーチンである。原点を入力すると、まずそこから右方向へ1バイトずつ（7点ずつ）調べて行き、その内容が \$00 でない番地を見つけ、そこまでの点に目的の色を光らせる（図3参照）。つぎに、同じ事を原点から左方向に行なう。

6.10 LIGHT ルーチン (\$ 114 C)

このルーチンは、PAINT ルーチンの下請け的な処理を行なう。PAINT ルーチンの中で、光らせたい番地とビットデータを与えてこのルーチンへ分岐する（図3参照）。

6.11 SQUARE ルーチン

任意の閉じた図形の面積を求めるルーチンである。

基本的には図形内部を塗りつぶす事と同じ処理であり、図形内部を1点1点塗りつぶし、その個数をカウントし、その総計をもって面積とする。

○塗りつぶしのアルゴリズム

STEP 1. 今から光らせる点の場所を格納する記憶場所 (A), 原点の場所を格納する記憶場所 (B) を確保する。

STEP 2. 図形の内部の1点を指定し、その点の場所を B(1) に、終端記号 \$ を B(2) に格納する。

STEP 3. $I=0, J=1$ とする。B(J)=\$ ならば終了する。そうでなければ、B(J)の点を光らせる。

STEP 4. B(J)の上, 左, 右, 下で光っていない点があれば I をインCREMENTしながら、その点の番地を A(I) に格納する。

STEP 5.

$J=J+1$ とし、B(J) をロードする。これが \$ でなければ STEP 4 に戻る。\$ のときは $J=J-1, I=I+1$ とし、\$ を A(I) に格納する。ついで、J をインCREMENTしながら A(1) から A(I) までをすべて B(J) に格納し、STEP 3 に戻る。□

上のアルゴリズムで任意の閉じた図形の内部をすべて塗りつぶし、その面積を求めることができる。

実際のプログラムでは、APPLE II のグラフィック機能の特質から、ある点が光っているかどうかの判定を隣接2点の状態から行なっている（図3参照）。また、点の座標は X 座標上位, 下位, Y 座標の三つのバイトからなっているため、1点の場所を記憶するのに3バイト必要である。

6.12 TEST ルーチン (\$ 1087)

X, Y 座標で指定する画面上の1点が光っているかどうかを調べるルーチンである。X 座標上位, 下位, Y 座標をそれぞれ Y, X, A レジスタにセットしてこのルーチンに分岐すると、結果を \$09 番地にストアして戻ってくる。\$09 の値が \$00 のとき光ってなく、\$01 のとき光っていることを意味する。

6.13 STRR ルーチン (\$ 11 BB)

TEST ルーチンと同様、SQUARE ルーチンの中で必要となるサブルーチンである。6.11 の STEP 4 で、点を記憶し、I をインCREMENTする部分をこのルーチンで行なう。

6.14 PLOT 2 ルーチン (\$ 800)

高分解能グラフィックにおける PLOT ルーチンとほとんど同じ処理を行なうが、次の点が異なる。PLOT

0800-	8D 2A 03	STA	\$032A
0803-	8E 28 03	STX	\$0328
0806-	8C 29 03	STY	\$0329
0809-	48	PHA	
080A-	29 C0	AND	#\$C0
080C-	85 26	STA	\$26
080E-	4A	LSR	
080F-	4A	LSP	
0810-	05 26	ORA	\$26
0812-	85 26	STA	\$26
0814-	68	PLA	
0815-	85 27	STA	\$27
0817-	0A	ASL	
0818-	0A	ASL	
0819-	0A	ASL	
081A-	26 27	ROL	\$27
081C-	0A	ASL	
081D-	26 27	ROL	\$27
081F-	0A	ASL	
0820-	66 26	ROR	\$26
0822-	45 27	LDA	\$27
0824-	29 1F	AND	#\$1F
0826-	0D 2E 03	ORA	\$032E
0829-	85 27	STA	\$27
082B-	8A	TXA	
082C-	C0 00	CPY	#\$00
082E-	F0 05	BEQ	\$0835
0830-	A0 23	LDY	#\$23
0832-	69 04	ADC	#\$04
0834-	C8	INY	
0835-	E9 07	SBC	#\$07
0837-	B0 FB	BGS	\$0834
0839-	8C 2D 03	STY	\$032D
083C-	AA	TAX	
083D-	BD 66 07	LDA	\$0766.X
0840-	85 30	STA	\$30
0842-	A5 EC	LDA	\$EC
0844-	C9 7F	CMP	#\$7F
0846-	F0 0C	BEQ	\$0854
0848-	C9 00	CMP	#\$00
084A-	F0 08	BEQ	\$0854
084C-	98	TYA	
084D-	4A	LSR	
084E-	A5 EC	LDA	\$EC
0850-	90 02	BCC	\$0854
0852-	49 7F	EOR	#\$7F
0854-	85 1C	STA	\$1C
0856-	51 26	EOR	(\$26).Y
0858-	25 30	AND	\$30
085A-	51 26	EOR	(\$26).Y
085C-	91 26	STA	(\$26).Y
085E-	60	RTS	
085F-	81 82	STA	(\$82.X)
0861-	84 88	STY	\$88
0863-	90 A0	BCC	\$0805
0865-	C0 00	CPY	#\$00
0867-	AD 53 C0	LDA	\$C053
086A-	AD 04 0A	LDA	\$0A04
086D-	C9 43	CMP	#\$43
086F-	90 05	BCC	\$0876
0871-	C9 46	CMP	#\$46
0873-	90 04	BCC	\$0879
0875-	60	RTS	
0876-	4C E8 08	JMP	\$08E8
0879-	AD 02 0A	LDA	\$0A02
087C-	29 3C	AND	#\$3C
087E-	C9 08	CMP	#\$08
0880-	F0 1C	BEQ	\$089E
0882-	C9 0C	CMP	#\$0C
0884-	F0 27	BEQ	\$08AD
0886-	C9 10	CMP	#\$10
0888-	F0 2D	BEQ	\$08B7
088A-	C9 14	CMP	#\$14
088C-	F0 33	BEQ	\$08C1
088E-	C9 18	CMP	#\$18
0890-	F0 3C	BEQ	\$08CE
0892-	C9 1C	CMP	#\$1C
0894-	F0 47	BEQ	\$08DD
0896-	C9 24	CMP	#\$24
0898-	F0 4D	BEQ	\$08E7
089A-	AD 52 C0	LDA	\$C052
089D-	60	RTS	
089E-	A2 2A	LDX	#\$2A
08A0-	20 A2 09	JSR	\$09A2
08A3-	A9 FF	LDA	#\$FF
08A5-	8D 2C 03	STA	\$032C
08A8-	A9 7F	LDA	#\$7F
08AA-	85 EC	STA	\$EC
08AC-	60	RTS	
08AD-	A2 37	LDX	#\$37
08AF-	20 A2 09	JSR	\$09A2
08B2-	A9 AA	LDA	#\$AA
08B4-	85 EC	STA	\$EC
08B6-	60	RTS	
08B7-	A2 3B	LDX	#\$3B
08B9-	20 A2 09	JSR	\$09A2
08BC-	A9 D5	LDA	#\$D5
08BE-	85 EC	STA	\$EC
08C0-	60	RTS	
08C1-	A2 40	LDX	#\$40
08C3-	20 A2 09	JSR	\$09A2
08C6-	A9 55	LDA	#\$55

08C8-	8D 2C 03	STA	\$032C
08CB-	85 EC	STA	\$EC
08CD-	60	RTS	
08CE-	A2 47	LDX	#\$47
08D0-	20 A2 09	JSR	\$09A2
08D3-	A9 AA	LDA	#\$AA
08D5-	8D 2C 03	STA	\$032C
08D8-	A9 2A	LDA	#\$2A
08DA-	85 EC	STA	\$EC
08DC-	60	RTS	
08DD-	A2 6C	LDX	#\$6C
08DF-	20 A2 09	JSR	\$09A2
08E2-	A9 00	LDA	#\$00
08E4-	8D 2C 03	STA	\$032C
08E7-	60	RTS	
08E8-	AD 02 0A	LDA	\$0A02
08EB-	29 3C	AND	#\$3C
08ED-	F0 21	BEQ	\$0910
08EF-	C9 08	CMP	#\$08
08F1-	F0 22	BEQ	\$0915
08F3-	C9 0C	CMP	#\$0C
08F5-	F0 27	BEQ	\$091E
08F7-	C9 10	CMP	#\$10
08F9-	F0 2C	BEQ	\$0927
08FB-	C9 18	CMP	#\$18
08FD-	F0 42	BEQ	\$0941
08FF-	C9 1C	CMP	#\$1C
0901-	F0 49	BEQ	\$094C
0903-	C9 20	CMP	#\$20
0905-	F0 54	BEQ	\$095B
0907-	C9 24	CMP	#\$24
0909-	F0 5B	BEQ	\$0966
090B-	C9 14	CMP	#\$14
090D-	F0 62	BEQ	\$0971
090F-	60	RTS	
0910-	20 0E 0C	JSR	\$0C0E
0913-	F0 2C	BEQ	\$0941
0915-	A2 00	LDX	#\$00
0917-	20 A2 09	JSR	\$09A2
091A-	A9 01	LDA	#\$01
091C-	D0 10	BNE	\$092E
091E-	A2 0B	LDX	#\$0B
0920-	20 A2 09	JSR	\$09A2
0923-	A9 21	LDA	#\$21
0925-	D0 07	BNE	\$092E
0927-	A2 1E	LDX	#\$1E
0929-	20 A2 09	JSR	\$09A2
092C-	A9 11	LDA	#\$11
092E-	85 F9	STA	#\$F9
0930-	05 FA	ORA	#\$FA
0932-	85 FB	STA	#\$FB
0934-	A9 FE	LDA	#\$FE
0936-	25 FB	AND	#\$FB
0938-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
093B-	A5 FB	LDA	#\$FB
093D-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
0940-	60	RTS	
0941-	A2 5F	LDX	#\$5F
0943-	20 A2 09	JSR	\$09A2
0946-	A9 00	LDA	#\$00
0948-	85 1F	STA	#\$1F
094A-	F0 D7	BEQ	\$0923
094C-	A2 5A	LDX	#\$5A
094E-	20 A2 09	JSR	\$09A2
0951-	A9 00	LDA	#\$00
0953-	85 EE	STA	#\$EE
0955-	A9 03	LDA	#\$03
0957-	85 1F	STA	#\$1F
0959-	D0 BF	BNE	\$091A
095B-	A2 54	LDX	#\$54
095D-	20 A2 09	JSR	\$09A2
0960-	A9 01	LDA	#\$01
0962-	85 1F	STA	#\$1F
0964-	D0 BD	BNE	\$0923
0966-	A2 4D	LDX	#\$4D
0968-	20 A2 09	JSR	\$09A2
096B-	A9 02	LDA	#\$02
096D-	85 1F	STA	#\$1F
096F-	D0 A9	BNE	\$091A
0971-	A2 7A	LDX	#\$7A
0973-	20 A2 09	JSR	\$09A2
0976-	A9 04	LDA	#\$04
0978-	85 1F	STA	#\$1F
097A-	D0 05	BNE	\$0941
097C-	A5 1F	LDA	#\$1F
097E-	C9 01	CMP	#\$01
0980-	F0 10	BEQ	\$0992
0982-	C9 02	CMP	#\$02
0984-	F0 10	BEQ	\$0996
0986-	C9 03	CMP	#\$03
0988-	F0 10	BEQ	\$099A
098A-	C9 04	CMP	#\$04
098C-	F0 10	BEQ	\$099E
098E-	20 13 11	JSR	\$1113
0991-	60	RTS	
0992-	20 77 11	JSR	\$1177
0995-	60	RTS	
0996-	20 F1 11	JSR	\$11F1
0999-	60	RTS	
099A-	20 23 11	JSR	\$1123
099D-	60	RTS	
099E-	20 13 11	JSR	\$1113

09A1-	60	RTS	
09A2-	86 06	STX	\$06
09A4-	20 58 FC	JSR	\$FC58
09A7-	A9 00	LDA	#\$00
09A9-	85 24	STA	\$24
09AD-	A6 06	LDX	\$06
09AD-	BD 00 0B	LDA	\$0B00.X
09B0-	F0 06	BEQ	\$09B8
09B2-	20 F0 FD	JSR	\$FDF0
09B5-	E8	INX	
09B6-	D0 F5	BNE	\$09AD
09B8-	60	RTS	
1000-	A9 20	LDA	#\$20
1002-	85 F9	STA	#\$F9
1004-	A9 00	LDA	#\$00
1006-	85 FA	STA	#\$FA
1008-	A9 20	LDA	#\$20
100A-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
100D-	A9 21	LDA	#\$21
100F-	85 FB	STA	#\$FB
1011-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
1014-	78	SEI	
1015-	20 00 0C	JSR	\$0C00
1018-	A9 14	LDA	#\$14
101A-	85 22	STA	\$22
101C-	A9 00	LDA	#\$00
101E-	85 1F	STA	#\$1F
1020-	A9 FF	LDA	#\$FF
1022-	8D 2C 03	STA	\$032C
1025-	A9 7F	LDA	#\$7F
1027-	85 EC	STA	\$EC
1029-	AD 52 C0	LDA	\$C052
102C-	A2 00	LDY	#\$00
102E-	A9 80	LDA	#\$80
1030-	05 FB	ORA	#\$FB
1032-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
1035-	A9 40	LDA	#\$40
1037-	2C A0 C0	BIT	\$C0A0
103A-	FC F9	BEQ	\$1035
103C-	A5 FB	LDA	#\$FB
103E-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
1041-	AD A0 C0	LDA	\$C0A0
1044-	9D 00 0A	STA	\$0A00.X
1047-	A9 40	LDA	#\$40
1049-	05 FB	ORA	#\$FB
104B-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
104E-	A9 40	LDA	#\$40
1050-	2C A0 C0	BIT	\$C0A0
1053-	D0 F9	BNE	\$104E
1055-	A5 FB	LDA	#\$FB
1057-	8D A1 C0	STA	\$C0A1
105A-	AD 00 0A	LDA	\$0A00
105D-	2A	ROL	
105E-	90 CE	BCC	\$102E
1060-	E8	INX	
1061-	E0 05	CPX	#\$05
1063-	D0 C9	BNE	\$102E
1065-	AD 04 0A	LDA	\$0A04
1068-	C9 46	CMP	#\$46
106A-	90 15	BCC	\$1081
106C-	C9 4B	CMP	#\$4B
106E-	90 3C	BCC	\$102C
1070-	C9 68	CMP	#\$68
1072-	D0 D8	BGS	\$102C
1074-	AD 02 0A	LDA	\$0A02
1077-	C9 03	CMP	#\$03
1079-	90 B1	BCC	\$102C
107B-	20 7C 09	JSP	\$097C
107E-	4C 2C 10	JMP	\$102C
1081-	20 67 08	JSP	\$0867
1084-	4C 2C 10	JMP	\$102C
1087-	48	PHA	
1088-	29 C0	AND	#\$C0
108A-	85 26	STA	\$26
108C-	4A	LSP	
108D-	4A	LSR	
108E-	05 26	ORA	\$26
1090-	85 26	STA	\$26
1092-	68	PLA	
1093-	85 27	STA	\$27
1095-	0A	ASL	
1096-	0A	ASL	
1097-	0A	ASL	
1098-	26 27	ROL	\$27
109A-	0A	ASL	
109D-	26 27	ROL	\$27
109E-	0A	ASL	
109F-	66 26	ROR	\$26
10A0-	A5 27	LDA	\$27
10A2-	29 1F	AND	#\$1F
10A4-	09 20	ORA	#\$20
10A6-	85 27	STA	\$27
10A8-	8A	TXA	
10A9-	C0 00	CPY	#\$00
10AB-	F0 05	BEQ	\$10B2
10AD-	A0 23	LDY	#\$23
10AF-	69 04	ADC	#\$04
10B1-	C8	INY	
10B2-	E9 07	SBC	#\$07
10B4-	B0 FB	BGS	\$10B1
10B6-	AA	TAX	
10B7-	BD CA 0F	LDA	\$0FCA.X

10BA-	85 30	STA	\$30	1183-	20 26 0C	JSR	\$0C26	1262-	BD 00 66	LDA	\$6600,X
10BC-	E1 26	LDA	(\$26),Y	1186-	C8	INY		1265-	85 E3	STA	\$E3
10BE-	25 30	AND	\$30	1187-	A2 00	LDX	#500	1267-	C9 FF	CMP	#5FF
10C0-	85 09	STA	\$09	1189-	B1 26	LDA	(\$26),Y	1269-	D0 03	BNE	\$126E
10C2-	60	RTS		118B-	29 7F	AND	#57F	126B-	4C 28 13	JMP	\$1328
10C3-	01 02	ORA	(\$02),X	118D-	D0 0A	BNE	\$1199	126E-	A4 E3	LDY	\$E3
10C5-	04	???		118F-	20 4C 11	JSR	\$114C	1270-	A6 EB	LDX	\$EB
10C6-	08	PHP		1192-	C8	INY		1272-	A5 ED	LDA	\$ED
10C7-	10 20	BPL	\$10E9	1193-	C0 28	CPY	#528	1274-	20 87 10	JSR	\$1087
10C9-	40	RTI		1195-	D0 F0	BNE	\$1187	1277-	A5 09	LDA	\$09
10CA-	A2 00	LDX	#300	1197-	F0 07	BEQ	\$11A0	1279-	D0 7D	BNE	\$12F8
10CC-	20 DE 10	JSR	\$10DE	1199-	E8	INY		127E-	E6 EB	INC	\$EB
10CF-	A2 02	LDX	#502	119A-	4A	LSR		127D-	D0 02	BNE	\$1281
10D1-	20 DE 10	JSR	\$10DE	119B-	90 FC	BCC	\$1199	127F-	E6 E3	INC	\$E3
10D4-	38	SEC		119D-	20 4C 11	JSR	\$114C	1281-	A4 E3	LDY	\$E3
10D5-	A9 00	LDA	#300	11A0-	AC 2D 03	LDY	\$032D	1283-	A6 EB	LDX	\$EB
10D7-	ED 09 0A	SBC	\$0A09	11A3-	A2 08	LDX	#308	1285-	A5 ED	LDA	\$ED
10DA-	8D 0A 0A	STA	\$0A0A	11A5-	E1 26	LDA	(\$26),Y	1287-	20 87 10	JSR	\$1087
10DD-	60	RTS		11A7-	29 7F	AND	#57F	128A-	A5 09	LDA	\$09
10DE-	1E 01 0A	ASL	\$0A01,X	11A9-	D0 07	BNE	\$11E2	128C-	D0 6A	BNE	\$12F8
10E1-	1E 01 0A	ASL	\$0A01,X	11AB-	20 4C 11	JSP	\$114C	128E-	A4 E3	LDY	\$E3
10E4-	BD 02 0A	LDA	\$0A02,X	11AE-	88	DEY		1290-	A6 EB	LDX	\$EB
10E7-	29 3F	AND	#33F	11AF-	D0 F4	BNE	\$11A5	1292-	A5 ED	LDA	\$ED
10E9-	48	PHA		11B1-	60	RTS		1294-	20 00 08	JSP	\$0800
10EA-	C9 28	CMP	#528	11B2-	0A	ASL		1297-	A5 EB	LDA	\$EB
10EC-	90 0B	BCC	\$10F9	11B3-	E8	INY		1299-	D0 02	BNE	\$129D
10EE-	A9 01	LDA	#501	11B4-	0A	ASL		129B-	C6 E3	DEC	\$E3
10F0-	9D 06 0A	STA	\$0A06,X	11B5-	90 FC	BCC	\$11B3	129D-	C6 EB	DEC	\$EB
10F3-	68	PLA		11B7-	20 4C 11	JSR	\$114C	129F-	A4 E3	LDY	\$E3
10F4-	38	SEC		11BA-	60	RTS		12A1-	A6 EB	LUX	\$EB
10F5-	E9 28	SBC	#528	11BB-	A4 E3	LDY	\$E3	12A3-	A5 ED	LDA	\$ED
10F7-	B0 06	BCS	\$10FF	11BD-	A6 EB	LDX	\$EB	12A5-	20 00 08	JSP	\$0800
10F9-	A9 00	LDA	#500	11BF-	A5 ED	LDA	\$ED	12A8-	F8	SEC	
10FB-	9D 06 0A	STA	\$0A06,X	11C1-	20 87 10	JSR	\$1087	12A9-	18	CLC	
10FE-	68	PLA		11C4-	A5 EB	LDA	\$EB	12AA-	AD 30 0A	LDA	\$0A30
10FF-	A0 08	LDY	#508	11C6-	D0 02	BNE	\$11CA	12AD-	69 01	ADC	#301
1101-	1E 01 0A	ASL	\$0A01,X	11C8-	C6 E3	DEC	\$E3	12AF-	8D 30 0A	STA	\$0A30
1104-	2A	ROL		11CA-	C6 EB	DEC	\$EB	12B2-	AD 31 0A	LDA	\$0A31
1105-	C9 28	CMP	#528	11CC-	A5 09	LDA	\$09	12B5-	69 00	ADC	#300
1107-	90 03	BCC	\$110C	11CE-	D0 20	BNE	\$11F0	12B7-	8D 31 0A	STA	\$0A31
1109-	38	SEC		11D0-	A4 E3	LDY	\$E3	12BA-	AD 32 0A	LDA	\$0A32
110A-	E9 28	SBC	#528	11D2-	A6 EB	LDX	\$EB	12BD-	69 00	ADC	#300
110C-	3E 07 0A	ROL	\$0A07,X	11D4-	A5 ED	LDA	\$ED	12BF-	8D 32 0A	STA	\$0A32
110F-	88	DEY		11D6-	20 87 10	JSR	\$1087	12C2-	D8	CLD	
1110-	D0 EF	BNE	\$1101	11D9-	A5 09	LDA	\$09	12C3-	E6 EB	INC	\$EB
1112-	60	RTS		11DB-	D0 13	BNE	\$11F0	12C5-	D0 02	BNE	\$12C9
1113-	20 CA 10	JSR	\$10CA	11DD-	A6 D6	LDX	\$D6	12C7-	E6 E3	INC	\$E3
1116-	AD 0A 0A	LDA	\$0A0A	11DF-	A5 E3	LDA	\$E3	12C9-	C6 ED	DEC	\$ED
1119-	AC 06 0A	LDY	\$0A06	11E1-	9D 00 60	STA	\$6000,X	12CB-	20 BB 11	JSR	\$11BB
111C-	AE 07 0A	LDX	\$0A07	11E4-	A5 EB	LDA	\$EB	12CE-	A5 EB	LDA	\$EB
111F-	20 7C 0C	JSR	\$0C7C	11E6-	9D 00 62	STA	\$6200,X	12D0-	D0 02	BNE	\$12D4
1122-	60	RTS		11E9-	A5 ED	LDA	\$ED	12D2-	C6 E3	DEC	\$E3
1123-	20 CA 10	JSR	\$10CA	11EB-	9D 00 64	STA	\$6400,X	12D4-	C6 EB	DEC	\$EB
1126-	A5 EE	LDA	\$EE	11EE-	E6 D6	INC	\$D6	12D6-	E6 ED	INC	\$ED
1128-	F0 11	BEQ	\$113B	11F0-	60	RTS		12D8-	20 BB 11	JSR	\$11BB
112A-	AD 07 0A	LDA	\$0A07	11F1-	AD 2C 03	LDA	\$032C	12DB-	18	CLC	
112D-	AC 0A 0A	LDY	\$0A0A	11F4-	48	PHA		12DC-	A5 EB	LDA	\$EB
1130-	AE 06 0A	LDX	\$0A06	11F5-	A9 FF	LDA	#5FF	12DE-	69 05	ADC	#505
1133-	20 95 0C	JSR	\$0C95	11F7-	8D 2C 03	STA	\$032C	12E0-	85 EB	STA	\$EB
1136-	A9 00	LDA	#500	11FA-	A9 00	LDA	#500	12E2-	A5 E3	LDA	\$E3
1138-	85 EE	STA	\$EE	11FC-	A0 00	LDY	#500	12E4-	69 00	ADC	#300
113A-	60	RTS		11FE-	A2 00	LDX	#500	12E6-	85 E3	STA	\$E3
113B-	AD 0A 0A	LDA	\$0A0A	1200-	20 7C 0C	JSP	\$0C7C	12E8-	20 BB 11	JSP	\$11BB
113E-	AC 06 0A	LDY	\$0A06	1203-	A0 00	LDY	#500	12EB-	E6 ED	INC	\$ED
1141-	AE 07 0A	LDX	\$0A07	1205-	A2 01	LDX	#501	12ED-	A5 EB	LDA	\$EB
1144-	20 7C 0C	JSR	\$0C7C	1207-	A9 17	LDA	#517	12EF-	D0 02	BNE	\$12F3
1147-	A9 01	LDA	#501	1209-	20 95 0C	JSR	\$0C95	12F1-	C6 E3	DEC	\$E3
1149-	85 EE	STA	\$EE	120C-	A0 BB	LDY	#5BB	12F3-	C6 EB	DEC	\$EB
114B-	60	RTS		120E-	A2 01	LDX	#501	12F5-	20 BB 11	JSR	\$11BB
114C-	A5 EC	LDA	\$EC	1210-	A9 17	LDA	#517	12F8-	E6 D7	INC	\$D7
114E-	C9 7F	CMP	#57F	1212-	20 95 0C	JSR	\$0C95	12FA-	A6 D7	LDX	\$D7
1150-	F0 0C	BEQ	\$115E	1215-	A0 BB	LDY	#5BB	12FC-	BD 00 66	LDA	\$6600,X
1152-	C9 00	CMP	#500	1217-	A2 00	LDX	#500	12FF-	C9 FF	CMP	#5FF
1154-	F0 08	BEQ	\$115E	1219-	A9 00	LDA	#500	1301-	F0 03	BEQ	\$1306
1156-	98	TYA		121E-	20 95 0C	JSR	\$0C95	1303-	4C 56 12	JMP	\$1256
1157-	4A	LSR		121E-	A0 00	LDY	#500	1306-	A6 D6	LDX	\$D6
1158-	A5 EC	LDA	\$EC	1220-	A2 00	LDX	#500	1308-	A9 FF	LDA	#5FF
115A-	90 02	BCC	\$115E	1222-	A9 00	LDA	#500	130A-	9D 00 60	STA	\$6000,X
115C-	49 7F	EOR	#57F	1224-	20 95 0C	JSR	\$0C95	130D-	E8	INY	
115E-	3D 66 11	AND	\$1166,X	1227-	68	PLA		130E-	CA	DEX	
1161-	11 26	ORA	(\$26),Y	1228-	8D 2C 03	STA	\$032C	130F-	BD 00 60	LDA	\$6000,X
1163-	91 26	STA	(\$26),Y	122B-	A9 00	LDA	#500	1312-	9D 00 66	STA	\$6600,X
1165-	60	RTS		122D-	8D 30 0A	STA	\$0A30	1315-	BD 00 62	LDA	\$6200,X
1166-	FF	???		1230-	8D 31 0A	STA	\$0A31	1318-	9D 00 68	STA	\$6800,X
1167-	80	???		1233-	8D 32 0A	STA	\$0A32	131B-	LD 00 64	LDA	\$6400,X
1168-	81 83	STA	(\$83,X)	1236-	20 CA 10	JSR	\$10CA	131E-	9D 00 6A	STA	\$6A00,X
116A-	87	???		1239-	AD 06 0A	LDA	\$0A06	1321-	E0 00	CPY	#500
116B-	8F	???		123C-	8D 00 66	STA	\$6600	1323-	D0 E9	BNE	\$130E
116C-	9F	???		123F-	AD 07 0A	LDA	\$0A07	1325-	4C 50 12	JMP	\$1250
116D-	BF	???		1242-	8D 00 68	STA	\$6800	1328-	AD 53 C0	LDA	\$053
116E-	FF	???		1245-	AD 0A 0A	LDA	\$0A0A	132B-	A2 72	LDX	#572
116F-	80	???		1248-	8D 00 6A	STA	\$6A00	132D-	20 A2 09	JSR	\$09A2
1170-	C0 E0	CPY	#5E0	124B-	A9 FF	LDA	#5FF	1330-	AD 32 0A	LDA	\$0A32
1172-	F0 F8	BEQ	\$116C	124D-	8D 01 66	STA	\$6601	1333-	20 DA FD	JSR	\$FDDA
1174-	FC	???		1250-	A9 00	LDA	#500	1336-	AD 31 0A	LDA	\$0A31
1175-	FE EA 20	INC	\$20EA,X	1252-	85 D6	STA	\$D6	1339-	20 DA FD	JSR	\$FDDA
1178-	CA	DEX		1254-	85 D7	STA	\$D7	133C-	AD 30 0A	LDA	\$0A30
1179-	10 AD	BPL	\$1128	1256-	A6 D7	LDX	\$D7	133F-	20 DA FD	JSR	\$FDDA
117B-	0A	ASL		1258-	BD 00 6A	LDA	\$6A00,X	1342-	60	RTS	
117C-	0A	ASL		125B-	85 ED	STA	\$ED				
117D-	AC 06 0A	LDY	\$0A06	125D-	BD 00 68	LDA	\$6800,X				
1180-	AE 07 0A	LDX	\$0A07	1260-	85 EB	STA	\$EB				

Fig. 10 Total program list.

では各バイトのビット7を0に固定しているのので、紫、緑、白の3色しか発光できないが、このルーチンではビット7を0、1のいずれにも設定できるので、上記の色に加えて、赤、青の計5色を発光できる。

全プログラムリストを図10に示す。

7. 操作法

- (i) モードスイッチをリモートモードにする。
 - (ii) プログラムをディスクより APPLE II にロードする。
 - (iii) \$1000 G, または CTRL Y をタイプインすることにより、本プログラムは走り出す。
 - (iv) タブレット上にスタイラスペンで図形を描くと図形が入力される。
 - (v) モード、色、コマンドの変更や画面のクリア等は、タブレット板下部のコントロール領域にスタイラスを持って行って行なう。
- なお、上記 (iii) の時点では、描画コマンドにすると SS モードに、また、線引きコマンドや、面積コマンドにすると P モードに設定される。画面のクリアを行なったときは、描画コマンドに設定される。

(vi) 描いた図形を保存する場合は、高分解能グラフィックの第1ページ (\$200~\$3FFF) をディスク等に格納する。

(vii) 保存された図形を再現するには、データを \$2000~\$3FFF にロードし、高分解能グラフィックモードにする (\$C050 と \$C057 をキーボードからアクセスする)。

なお、保存した図形に手を加えたいときは、データをロードした後、\$1018 G をタイプインしてプログラムを走らせる。

8. あとがき

図形を入力し、それにいくつかの基本操作を施すシステムを安価に実現した。これを用いることにより、ある閉じたパターンや地形の面積を求めたり、アニメーションの原画に種々の色をつけたり、またプリントパターンの自動設計等多くの応用が考えられる。

目的に応じたソフトウェアの開発により、安価な画像処理システムとして役立たせるつもりである。

(昭和55年4月15日 受理)