

プログラムのページ

担 当 中 西 正 和

7301 亀の子幾何を応用したラインプリンタ・グラフィックス 石田晴久(東京大学大型計算機センター)

1. はじめに

亀の子幾何 (turtle geometry) は MIT 人工知能研究所の S. Papert が提唱している (子供向きの) やさしい幾何学である。その原理は簡単で、「前へ d 歩進んで、次に左 (または右) に θ 度曲る」という形で線画を描くことにある。この名前は恐らく計算機で制御される人工の亀の腹にマジックインキを下向きにセットして、亀が動くにつれて床の上に置いた紙に図形を描かせた試みからきたものと思われる。

亀の子幾何で正三角形や正方形を描くには、次のような動作をするルーチンを使えばよい。

正三角形ルーチン	正方形ルーチン
前へ d 歩進む	前へ d 歩進む
左へ 120° (60° でなく) 曲る	左へ 90° 曲る

また d 歩進んで 1° 曲ることを繰返すと半径 $r = d * 180/\pi$ の“円”が描ける。一般に d や θ を適当に変えるだけでいろいろな図形や図案の描けることが亀の子幾何の面白いところである。

さて亀の子幾何の重要な大定理のひとつは、“閉じた図形を描いて亀がもとの位置に戻ってきたときには、全回転角の和は 360° (の整数倍) に等しい”ことである。これは描図終了の判定に使える。また r や θ を亀の進むにつれて少しずつ変化させればうず巻き模様などもいろいろ作れる。

2. 亀の子幾何ルーチン

大多数のユーザにとって、最も身近なコンピュータ・グラフィックス用の道具は恐らくラインプリンタであろう。そこでラインプリンタ用紙をキャンバスにみ立てて、その上に FORTRAN により亀の子幾何で描画を行なうことを試みた。次に示すプログラムではキャンバスの大きさは 120×60 点としたが、メモリさえあれば、紙 10 枚分位を使って鯉のぼりやクリスマス・ツリーなどを書くこともできる。INTEGER*2 で

2 バイトの配列要素が指定できる計算機なら必要メモリ量は 10 枚分で $2B/\text{点} \times 132\text{点}/\text{行} \times 66\text{行}/\text{枚} \times 10\text{枚} = 175\text{kB}$ 程度である。本プログラムではプリンタ用紙は横方向を X、たて方向を下から上へ Y、原点 (1,1) は左下すみ、1 歩は文字 1 字分、 d と θ は簡単のためすべて整数のみとした。(使用計算機は東大の HITAC 8800/8700 システム。)

用意した基本的なルーチンとしては図 1 に示す次のようなものがある。

INIT (IX, IY)	IX*IY のキャンバスをまっ白にする。
FRAME (IX, IY)	IX*IY の枠を描く。
POINT (IX, IY, IA)	始点を (IX, IY) に、方向を X 軸より IA° にとる。
POLYGN (L, IA)	「L 歩前へ、 IA° 左へ」を繰返して正多角形を描く。IA がもとの値 (出発値) になったらやめ。
SPIRAL (L, LM, IA)	L 歩進み、 IA° 曲る。次に $L = L - LM$ として同じことを続ける。 $L \leq 0$ となったらやめ。
FORWRD (L)	線を描きつつ L 歩前へ。
LEFT (IA)	IA° だけ左へ曲る。
PAINT (IX, IY)	用紙上に IX*IY のキャンバスを印字する。

上記の FORWRD ルーチンでは印字は星印 * で行なっているが、 $1H\alpha$ の形の実引数を FORWRD で指定して、“何色”で描くかが指定できるようにしてもよいであろう。

FORWRD ルーチンの中で MIN 0 や MAX 0 を使っているのは、念のため $IX \leq 0$ なら $IX = 1$, $IX \geq 120$ なら $IX = 120$ にするためである。同じことは

$$IX = (121 + \text{ISIGN}(\text{MIN } 0 (119, \text{IABS}(2 * IX + 121))), 2 * IX - 121) / 2$$

と 1 行でもできるが、これは少し分りにくい。

† 名取亮 (東大大型計算機センター) 氏による。

```

SUBROUTINE INIT (IXFRM,IYFRM)
COMMON X,Y, IANGLE, ICNVSS(120,60)
DATA 1SPACE/1H /
X=1
Y=1
IAngle=0
DO 20 J=1,IYFRM
DO 20 I=1,IXFRM
ICNVSS(I,J)=1SPACE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE PAINT (IXFRM,IYFRM)
COMMON X,Y, IANGLE, ICNVSS(120,60)
WRITE(6,60)
60 FORMAT(1H1)
DO 50 J=1,IYFRM
K=IYFRM+1-J
50 WRITE(6,61) (ICNVSS(I,K),I=1,IXFRM)
61 FORMAT(1H ,120A1)
RETURN
END

```

図1 亀の子幾何サブルーチン

```

SUBROUTINE FRAME(LX,LY)
DO 10 I=1,2
CALL FORWARD(LX)
CALL LEFT(90)
CALL FORWARD(LY)
CALL LEFT(90)
RETURN
END

```

```

CALL INIT (120,60)
CALL FRAME(119,59)
CALL PCINT(71,5,0)
CALL SPIRAL(30,1,60)
CALL PCINT(90,2,1)
CALL POLYGN(1,2)
CALL PCINT(30,3,72)
CALL POLYGN(54,144)
CALL PAINT (120,60)
STOP
END

```

図2 主プログラムの例

```

SUBROUTINE POINT (IX,IY,IA)
COMMON X0,Y0, IANGLE
X0=IX
Y0=IY
IAngle=IA
RETURN
END

```

主プログラムの例を図2に、その結果を図3に示す。

3. おわりに

本稿でのべた描画の考え方は、ラインプリンタで単に図案や模様を打出すだけでなく、各種グラフィック・ルーチンのテストにも使えると思われる。

参考文献

- S. Papert: On making a theorem for a child,
Proc. of the ACM conference, pp. 345-349
(1972).

(昭和 47 年 11 月 17 日受付)

```

SUBROUTINE POLYGN (LENGTH,IROTAT)
COMMON X0,Y0, IANGLE
ICRNL=IAngle
CALL FORWARD(LENGTH)
CALL LEFT(IROTAT)
IF (IAngle-ICRNL)1,2,1
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SPIRAL (LENGTH,MINUSL,IROTAT)
CALL FORWARD(LENGTH)
CALL LEFT(IROTAT)
LENGTH=LENGTH-MINUSL
IF (LENGTH)3,3,1
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE FORWARD (LENGTH)
COMMON X0,Y0, IANGLE, ICNVSS(120,60)
DATA 1STAR,PI/180,3,14159265/
THETA=FLOAT( IANGLE)*PI/180.0
DO 10 I=1,LENGTH
Y=X0+FLOAT(I)*COS(THETA)
Y=Y0+FLOAT(I)*SIN(THETA)
IX=X+0.5
IY=Y+0.5
IX=MAX0(IX,1)
IY=MAX0(IY,1)
IX=MIN0(IX,120)
IY=MIN0(IY,60)
10 ICNVSS(IX,IY)=1STAR
X0=X
Y0=Y
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE LEFT (IROTAT)
COMMON X0,Y0, IANGLE
IAngle=MOD( IANGLE+IROTAT,360)
RETURN
END

```

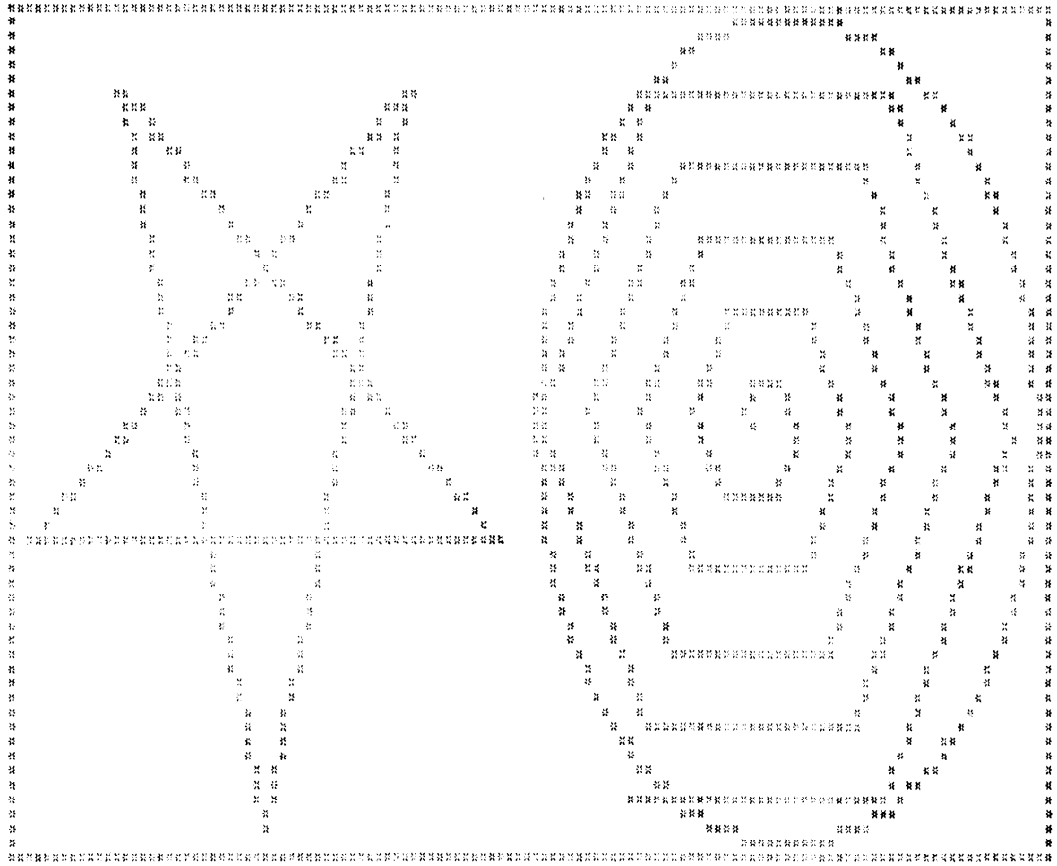


図3 図2のプログラムの結果