

序

近年來，APPLE II 頗為流行，帶動不少工商業者的資訊觀念，雖然其能力有限，然以其優厚的軟體系統，遂使這部電腦風行近十年。在其眾多的軟體系統中，除掉本身的設計架構外，最常用到的就是 APPLE 的繪圖系統。

拿一個程式來說，程式是文字型式，是單維的，而若以流程圖的方式來表現的話，那必然會更易使人了解。再拿統計來說，統計圖表也較單純的資料來得容易明瞭。因此，各軟體系統都或多或少運用 APPLE 的繪圖系統。

本書由第零章至第七章共分八章，第零章簡述繪圖觀念，第一章介紹 APPLE 之繪圖系統，高低解析度及造形表都有討論，末了並簡述 BASIC 指令。第二章則討論在數學上的一些幾何圖形理論及旋轉、平移等。第三章介紹平面幾何。第四章是立體幾何。第五章講述的是電腦輔助設計所用到的一些基本觀念。第六章詳談 APPLE 的顏色應用，在此章中將可見到 191 種顏色中的 32 種，最後一章是遊戲控制，討論圖形在遊戲中所扮演的角色。

綜合各章中的主題，讀者將會了解到圖形在系統中所佔的份量，而其設計應用更將使系統更完善、豐富，用途更為廣泛。

本書中的各程式均在 APPLE II 上執行過，其結果圖形也都並附在後，然程式設計觀念因人而異，見仁見智，歡迎舊雨新知，批評指教。

目 錄

第 0 章	總論	5
	0 - 1 電腦圖形	5
	0 - 2 圖形簡例	7
	0 - 3 BASIC 速成	14
第 1 章	繪圖系統	21
	1 - 1 程式本文型	21
	1 - 2 低解析度型	26
	1 - 3 高解析度型	29
	1 - 4 造形表 (SHAPE TABLE)	34
第 2 章	幾何繪圖原理	43
	2 - 1 點	43
	2 - 2 線	45
	2 - 3 平面圖	47
	2 - 4 平移	52
	2 - 5 旋轉	54
	2 - 6 立體幾何	56

第 3 章	二度空間圖形	61
3-1	線	61
3-2	三角形	64
3-3	多邊形及圓形	67
3-4	弧	72
3-5	橢圓	77
3-6	拋物線	81
3-7	圖形之密度	83
3-8	交談式繪圖	86
3-9	放大	94
3-10	平移	100
3-11	邊際切除	106
3-12	旋轉	115
第 4 章	三度空間圖形	125
4-1	基本立體圖	126
4-2	三度空間平移	130
4-3	三度空間旋轉	135
4-4	隱藏面	152
4-5	陰影面	158
第 5 章	電腦輔助設計	167
5-1	構圖	170
5-2	旋轉及平移	178
5-3	更新	187
5-4	圖形組合	200
5-5	物理性質	206

	5 - 6 重心	218
第 6 章	彩色 191	231
	6 - 1 560 × 192	231
	6 - 2 彩色	235
	6 - 3 純色組合	237
第 7 章	遊戲設計	255
	7 - 1 旋鈕、搖桿	256
	7 - 2 自製旋鈕、搖桿	260
	7 - 3 利用監督程式	261
	7 - 4 遊戲範例	264
附錄 1	APPLE 之鍵盤碼	277
附錄 2	APPLE 之螢幕字元	278
附錄 3	標準之 ASCII 碼	278
附錄 4	APPLE 記憶體之分配情形	279
附錄 5	特殊位址表	280
附錄 6	APPLE 新的造形副程式	284

序

近年來，APPLE II 頗為流行，帶動不少工商業者的資訊觀念，雖然其能力有限，然以其優厚的軟體系統，遂使這部電腦風行近十年。在其衆多的軟體系統中，除掉本身的設計架構外，最常用到的就是 APPLE 的繪圖系統。

拿一個程式來說，程式是文字型式，是單維的，而若以流程圖的方式來表現的話，那必然會更易使人了解。再拿統計來說，統計圖表也較單純的資料來得容易明瞭。因此，各軟體系統都或多或少運用 APPLE 的繪圖系統。

本書由第零章至第七章共分八章，第零章簡述繪圖觀念，第一章介紹 APPLE 之繪圖系統，高低解析度及造形表都有討論，末了並簡述 BASIC 指令。第二章則討論在數學上的一些幾何圖形理論及旋轉、平移等。第三章介紹平面幾何。第四章是立體幾何。第五章講述的是電腦輔助設計所用到的一些基本觀念。第六章詳談 APPLE 的顏色應用，在此章中將可見到 191 種顏色中的 32 種，最後一章是遊戲控制，討論圖形在遊戲中所扮演的角色。

綜合各章中的主題，讀者將會了解到圖形在系統中所佔的份量，而其設計應用更將使系統更完善、豐富，用途更為廣泛。

本書中的各程式均在 APPLE II 上執行過，其結果圖形也都並附在後，然程式設計觀念因人而異，見仁見智，歡迎舊雨新知，批評指教。

吳國寶

目 錄

第 0 章	總論	5
	0 - 1 電腦圖形	5
	0 - 2 圖形簡例	7
	0 - 3 BASIC 速成	14
第 1 章	繪圖系統	21
	1 - 1 程式本文型	21
	1 - 2 低解析度型	26
	1 - 3 高解析度型	29
	1 - 4 造形表 (SHAPE TABLE)	34
第 2 章	幾何繪圖原理	43
	2 - 1 點	43
	2 - 2 線	45
	2 - 3 平面圖	47
	2 - 4 平移	52
	2 - 5 旋轉	54
	2 - 6 立體幾何	56

第 3 章	二度空間圖形	61
3-1	線	61
3-2	三角形	64
3-3	多邊形及圓形	67
3-4	弧	72
3-5	橢圓	77
3-6	拋物線	81
3-7	圖形之密度	83
3-8	交談式繪圖	86
3-9	放大	94
3-10	平移	100
3-11	邊際切除	106
3-12	旋轉	115
第 4 章	三度空間圖形	125
4-1	基本立體圖	126
4-2	三度空間平移	130
4-3	三度空間旋轉	135
4-4	隱藏面	152
4-5	陰影面	158
第 5 章	電腦輔助設計	167
5-1	構圖	170
5-2	旋轉及平移	178
5-3	更新	187
5-4	圖形組合	200
5-5	物理性質	206

	5 - 6 重心	218
第 6 章	彩色 191	231
	6 - 1 560 × 192	231
	6 - 2 彩色	235
	6 - 3 純色組合	237
第 7 章	遊戲設計	255
	7 - 1 旋鈕、搖桿	256
	7 - 2 自製旋鈕、搖桿	260
	7 - 3 利用監督程式	261
	7 - 4 遊戲範例	264
附錄 1	APPLE 之鍵盤碼	277
附錄 2	APPLE 之螢幕字元	278
附錄 3	標準之 ASCII 碼	278
附錄 4	APPLE 記憶體之分配情形	279
附錄 5	特殊位址表	280
附錄 6	APPLE 新的造形副程式	284

第 0 章

總論

0-1 電腦圖形

電腦軟體發展至今，各種應用不勝枚舉，然而為使軟體能與使用者更容易溝通，圖形的運用是不可或缺的，例如電腦輔助設計（CAD）、電腦輔助製造（CAM）、輔助教學系統、及各式各樣的工業商業應用程式等，皆藉著圖案設計的幫助，使系統更易使用及了解。

在心理學上的觀點，圖形比文字較易為人所接受，且圖形之多面性也較死板的公式較能引人入勝。當然，圖形輔以文字那是最理想的了。

例如：一個圓的公式為

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$$

若是一個對數學尚無多少概念的人，這個式子對他來說就儘只是十幾個英文字母及符號而已，而數學要為人所接受，最好就

是將其具體化。若以下兩圖表示：

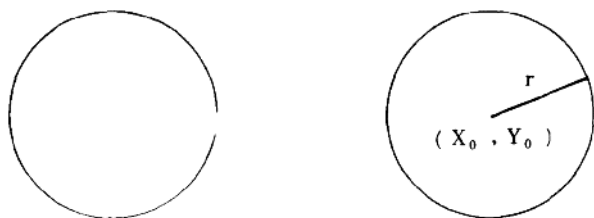


圖 0 - 1 圓

左圖可以看出一個圈狀的圖形，它給予吾人眼睛的感受自然較公式來得舒服，也較為實質些，但此圖並不完整，此圓究竟是畫在全圖的那一位置上，其圓大小比例若干等，這些除非是一全圖，否則吾人無法有一全體概念，若再可加上中心位置 (x_0, y_0) ，及其至圓上點的距離，也就是圓大小半徑 r 。如此，即使所看到的圖形僅是一部分，其比例大小及位置仍可藉標示來得知。

電腦繪圖可以將圖形的資料存於磁碟上，再以程式將之取出以顯示螢幕上，或以程式控制直接繪圖，前者變化較大，後者僅能以輸入之參數做些微的控制，變化較小，在本書中第五、六章有前種電腦圖形之例子，其他部分多是以後者方式描述。例如一個四邊形圖是四個頂點及四條邊，若是後種繪圖就僅能繪出一種圖形，位置也固定。而以前種方式儲存，則可繪出各種四邊形，並可加以應用，如平移、旋轉等，如下圖：

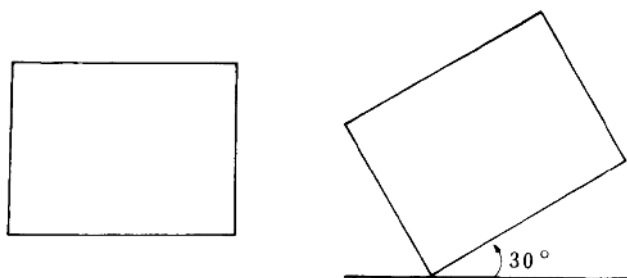


圖 0-2 四邊形及旋轉

左邊圖形為原圖，右圖乃經旋轉後之圖，至於圖之應用，平移、旋轉僅其一端，甚至可將圖之邊長放大，如長邊加 2 倍，或短邊減一半等皆是，其應用乃存乎一心，視需要狀況而定，圖 0-3 即將原圖長加一倍，寬減半所得之長方形 A B C D。

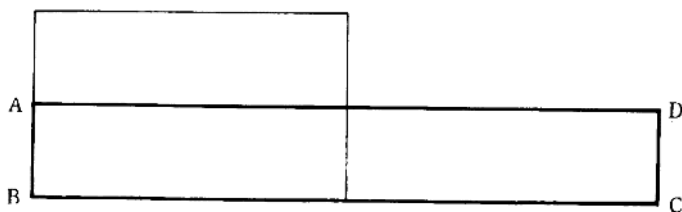


圖 0-3 圖之變形

0-2 圖形簡例

本書所用的程式範例皆是 APPLESOFT BASIC 語言，主

要是 BASIC 程式語言已存於 APPLE 主機之記憶體中，使用方便。只要一開機即可，並不需其他周邊設備，當然，錄音機是最起碼的要求，以能儲存程式。

APPLESOFT BASIC 繪圖指令是靠著 HPLOT 指令來完成，例如繪點為：

HPLOT 120,80

是在橫向 120，縱向 80 的交叉上繪出一點。

直線畫法則需一起始點與一終止點，這兩點的先後關係只在繪圖進行中有點影響，對完成後之圖形則無兩樣，例如：

HPLOT 0,0 TO 279,0

是從點 (0,0) 引一條直線至點 (279,0)。

順道提一下，APPLE 畫面橫向分 280 點，由 0 至 279；縱向 192，由 0 至 191。不過，一般常用的為橫向 280 點，縱向 160 點，由 0 至 159。一般點表示法 (X, Y)，X 為橫向點，Y 為縱向點，左上角為點 (0,0)，右下角為點 (279,159)。

例如要繪圖形涵蓋區域，可將上下左右四個角落之點連成一長方形即可，四角落頂點為：

(0,0), (0,159), (279,159), (279,0)

下面即此程式範例與圖形：

```

9900 REM BORDER PLOT
9910 HGR
9920 HCOLOR= 3
9930 HPLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,159 TO 0,159 TO
    0,0
9940 HPLOT 138,2 TO 142,6
9950 HPLOT 142,2 TO 138,6
9960 HPLOT 2,77 TO 4,80 TO 4,83 TO 4,80 TO 6,77

```

```

9998 PRINT "ALL DONE"
9999 END

```

程式 0 - 1 COORDINATE

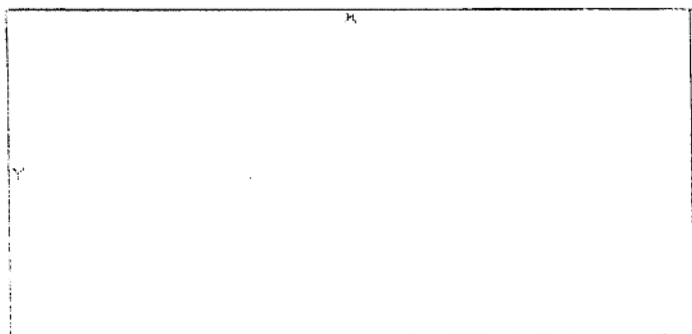


圖 0 - 4 COORDINATE

在本書之圖形皆會框以此圖形，以此四邊形作為座標系統，以資參考。圖形之所以需以此四方框來限制其範圍，乃因一圖其所在位置與座標系統有相當關係，以下圖為例：圓所在位置不是

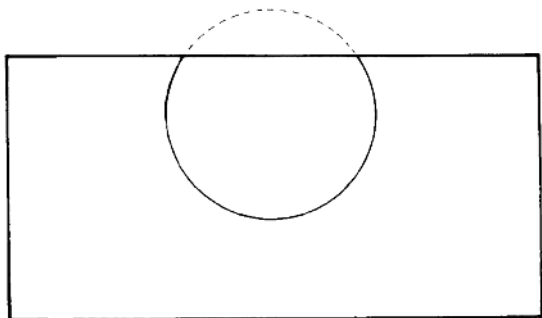


圖 0 - 5 畫面容許範圍

很恰當，故有一部越出了所能容許的範圍，使得虛線的部分無法顯像於螢幕上。自然，要能將此圖全部顯示出來，並非難事，有幾個做法可以完成：一是縮小此圓的半徑，使其圓能在框中；二為平移此圓，將其往下移；三是放大四方框使其涵蓋此圓。其中第三種作法由於 APPLE 畫面之格式已被限制死，而且也非可調節變動之畫面，故第三種作法在 APPLE 上無法利用。

底下再看幾個繪圖的例子，在此先不談程式設計的技巧，事實上在下一節中，即會有簡單而完備的電腦繪圖程式設計簡介。此地我們先來看看數十行簡單 BASIC 程式所能繪出的可愛圖形。

例1 圓

```

100 PRINT "PROGRAM 3.4 CIRCLE"
110 GOSUB 9900
120 XO = 140:YO = 80
130 RO = 1.16
140 PI = 3.14159255359
150 R = 88: REM RADIUS
160 REYV = 160: REM REVERSE Y COORDINATE
170 DPHI = PI / 180
180 P1 = 0:P2 = 2 * PI
190 FOR PHI = P1 TO P2 STEP DPHI
200 PX = XO + R * COS (PHI)
210 PY = REYV - (YO + R * SIN (PHI) / RO)
220 HPLOT PX,PY
230 NEXT PHI
240 GOTO 9998
9900 REM BORDER PLOT
9910 HGR
9920 HCOLOR= 3
9930 HPLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,159 TO 0,159 TO
    0,0
9940 HPLOT 138,2 TO 142,6
9950 HPLOT 142,2 TO 138,6
9960 HPLOT 2,77 TO 4,80 TO 4,83 TO 4,80 TO 6,77

```

```

9170 RETURN
9199 PRINT "ALL DONE"
9299 END

```

```

IRUN
PROGRAM 3.4 CIRCLE

```

程式 0-2 CIRCLE

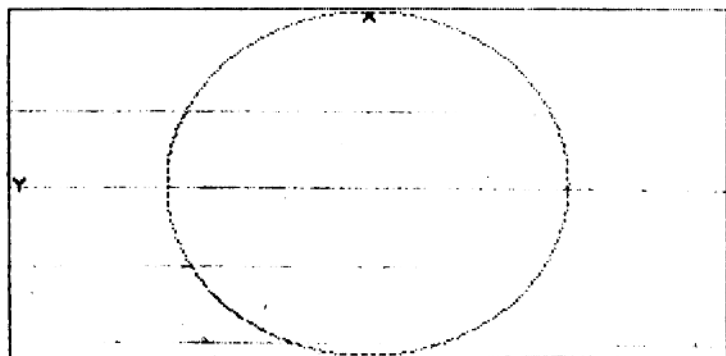


圖 0-6 圓

此圖即是以電腦程式所繪出的圓，圖上可看出圓周圍並非一光滑曲線，而是一有鋸齒狀不圓滑的曲線，此乃受限於電腦本身解析度特性，下幾章將會有詳細討論。

例 2 連線練習

```

100 PRINT "PROGRAM 0.3 LINE DRAW"
110 DIM AX(20),AY(20)
120 XO = 140:YO = 80
130 R = 78
140 PI = 3.14159265359
150 RO = 1.16:REVV = 160

```

/2 APPLE II BASIC繪圖

```

160 HTAB 1: VTAB 24
170 INPUT "RANGE ERROR TO END, (3-15)?";DIV
180 IF DIV < 3 OR DIV > 15 THEN 9998
190 GOSUB 9900
200 INC = 360 / DIV
210 N = 0
220 FOR I = 0 TO 359 STEP INC
230 DPHI = I * PI / 180
240 N = N + 1
250 AX(N) = XO + R * COS (DPHI)
260 AY(N) = YO + R * SIN (DPHI)
270 NEXT I
280 AX(N + 1) = AX(1):AY(N + 1) = AY(1)
290 FOR I = 1 TO N
300 FOR J = I + 1 TO N
310 HPLLOT AX(I),AY(I) TO AX(J),AY(J)
320 NEXT J
330 NEXT I
340 GOTO 140
9900 REM BORDER PLOT
9910 HGR
9920 HCOLOR= 3
9930 HPLLOT 0,0 TO 279,0 TO 279,159 TO 0,159 TO
0,0
9940 HPLLOT 138,2 TO 142,6
9950 HPLLOT 142,2 TO 138,6
9960 HPLLOT 2,77 TO 4,80 TO 4,83 TO 4,80 TO 6,77

9970 RETURN
9998 PRINT "ALL DONE"
9999 END

```

程式 0-3 LINE DRAW

```

JRUN
PROGRAM 0.3 LINE DRAW
RANGE ERROR TO END, (3-15)?10

```

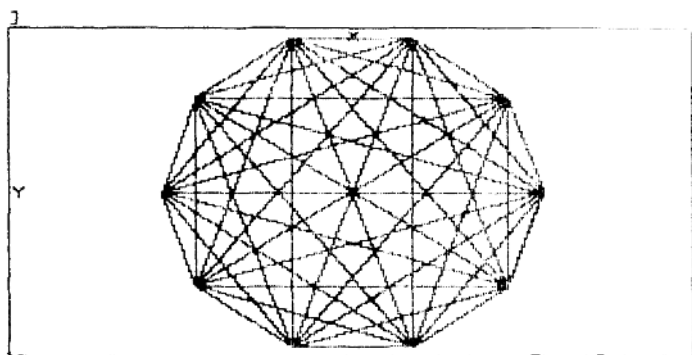


圖 0 - 7 連線圖

此圖在學過製圖課程者想必似曾相似，這是製圖入門時拿來練習畫直線者，要能練習到每條直線都一樣粗細才算通過。正多邊形畫法是以一點為中心，適當半徑為範圍，再取各頂點間角度差才定出的，另一種畫法是先畫一圓，再在圓上取出各頂點位置，可以如此作法乃因正多邊形可內接於一圓中。

例 3 三角函數 SINE 圖形

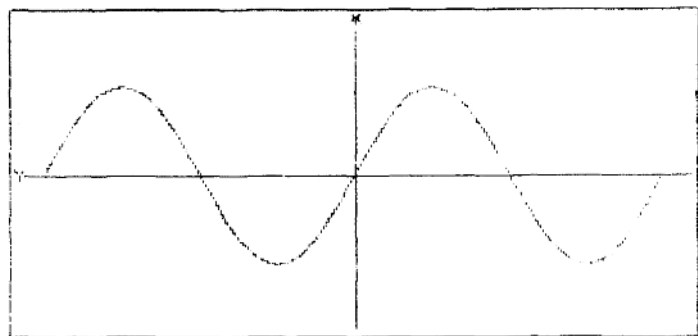


圖 0 - 8 SINE 圖