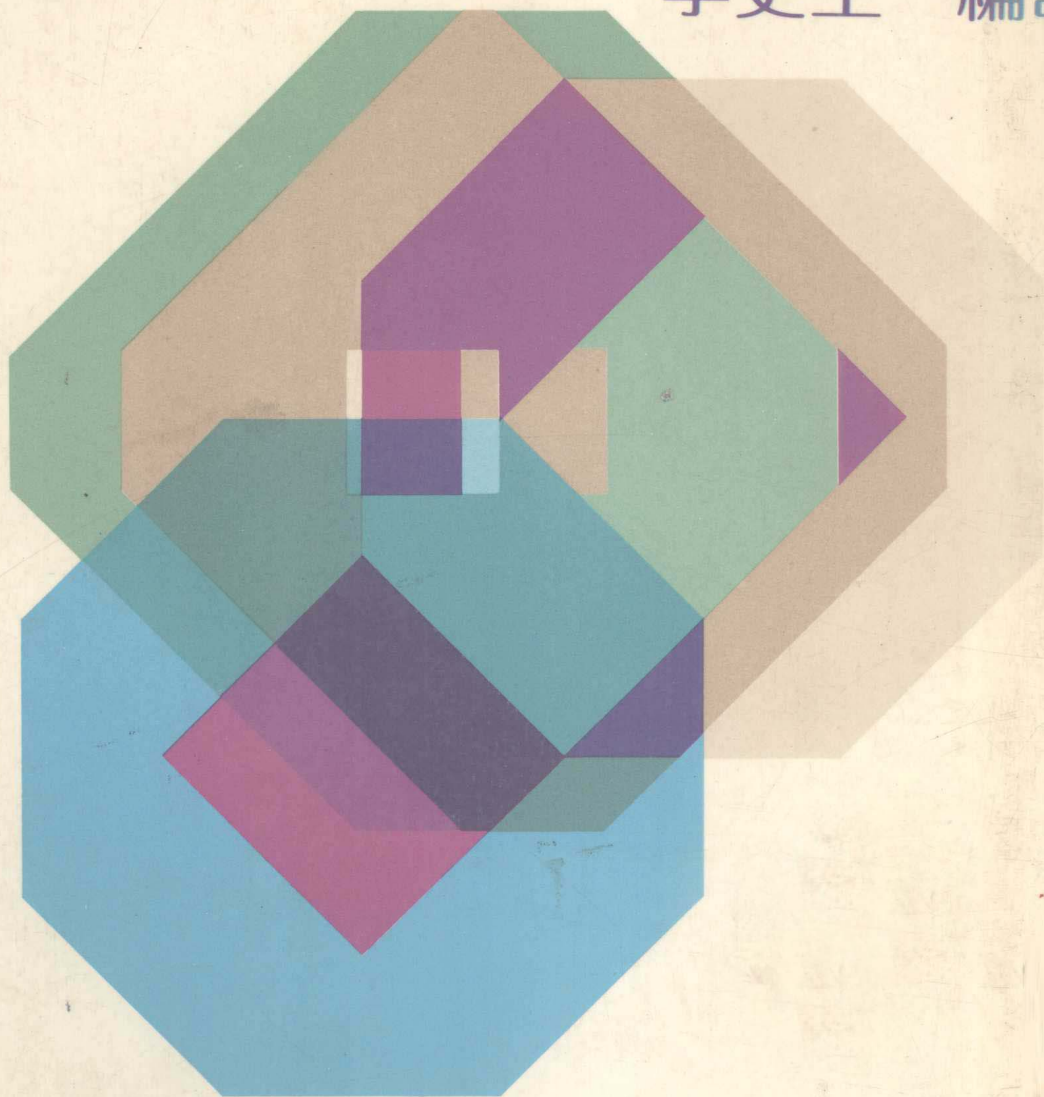


# 交談式微電腦圖學

李更生 編譯



松崗電腦圖書資料有限公司

# 交談式微電腦圖學

李更生 編譯

松崗電腦圖書資料有限公司 印行

# 原 序

電腦圖學的領域，自其從二十年前溯源以來，已喚起許多業界實務工程師的幻想力及技術性興趣。尤其是交談式電腦圖學已漸漸成為電腦輔助管理決策的一種重要工具。以電腦圖學作為輔助工具以制定管理決策的潛在好處已很明顯，但是能以所需設備的低成本水準技術，而應用在企業及工程原理上，則為最近的事！應用的領域及變化正在逐漸增加中，且可用的微電腦型式將使圖學的使用在未來進展更快。

電腦圖學可提供分析者幾種好處。如可減少解釋結果的時間，簡化使用者間結果的傳遞過程，並增強正式的報告。另一個好處是圖形輸出在決策上比表格輸出更容易使用及被瞭解。視覺資料可更清晰地表示。預期與實際圖形的差異會很明顯，而數據的效果則很顯著。

理解應用理論與使用情形的電腦圖學實際觀點，對於發展一電腦圖學系統而言，是很重要而且也是必要的要求。本書的目的乃在將此領域內的許多進展加以統合，且用一可被管理當局及實務工程師理解的方式表達出來。使用電腦做為企業及工業應用上的圖形處理時，可有許多做法且富於變化。本書則以考慮在一低成本微電腦上產生合理影像所需的數學原理及程式技巧為主。本書中的程式均以 IBM PC & XT 而用 BASIC 程式語言寫成；書中的程式均可加以修改以適用於不同的語言或微電腦中。

本書假定讀者已熟悉 BASIC 程式語言，並會使用 IBM PC & XT 的 BASICA 參考手冊及磁碟作業系統手冊（最好是 DOS 2.0 以上的版本）。程式例係用來解釋繪圖技巧而非程式技巧。這一方法對本書的目的而言是很適合的，但無法得到最有效的程式。有經驗的程式設計者可自行寫出較有效率的程式，以改進執行時間。

這本書的組織應可反映出作者等所期望的——即能讓讀者全盤理解有關微電腦圖學的基本原理及應用技術。讀者可依這種經仔細設計的章節順序加以研讀，先由最簡單的開始，再繼而以較基礎的，而以較複雜或較特殊的主題做結束。為達此目的起見，我們將本書按為如下四部份：

**第一部份：**IBM PC & XT的圖學特性。第一部份由兩章組成，可解釋微電腦在圖學應用上的能力。而以IBM PC & XT為產生電腦圖形的討論基礎。讀者最好透過親身經驗來學習。因此第二章中介紹繪圖應用程式以便讓讀者能儘早學會設計自己要用的簡單繪圖程式，而能深入理解微電腦的繪圖能力。

**第二部份：**電腦圖學的數學原理。第3及第4章介紹電腦圖學中所使用的基本二維及三維幾何轉換。第五章則說明用以去掉三維物體隱藏線及面的演譯法則。我們的目的乃是在提供讀者，要發展繪圖程式時應考慮到的數學基礎。

**第三部份：**使用者操作介面設計。第三部份主要用以說明第二部份中的基本觀念如何被用來設計簡單的繪圖套裝程式。由於交談作用是交談式圖學的主要部份，故此部份強調好的程式結構及螢幕配置設計。經由一連串的例子，我們可說明圖像繪製法及輸入的處理如何地被整合，以達成此種設計方式的要求。

**第四部份：**管理決策中的圖形應用。在解釋過各種用以產生圖形顯示的方法後，我們可以更仔細地來看一些應用。此部份說明三種應用領域如：預測系統，多重迴歸分析，及風險模擬等。

本書可做為各種電腦圖學導論課程的教科書；惟一的課前要求是學生應有基本的程式經驗，並具有線性代數的知識。本書也可作為較高級電腦程式課程的補充教材，或是某些工程圖學及管理科學課程的補充教材。並非所有交談式電腦圖學的主題均跟讀者有關，而需視讀者的興趣而定。將本書作為教科書使用的話亦是如此。較強調程式實作的電腦圖學課程，講解者可集中在第三、四及五章。較強調應用的電腦圖學課程，講解者可集中在第三、四、六、七、八、及九章。對

強調電腦應用的管理科學課程而言，講解者可選擇第 11, 12, 及 13 章。

#### 謝言

本書得以完成有賴於下列諸人的協助。我很感謝 Alan. J. S Huang 在發展本書第三及第四部份電腦程式的協助。也特別感謝 Amar Hammouche 所發展而列在 2.4 節中的組合語言程式。也感謝 Dr. V. E. Unger 提供資源以支持此計劃。很感謝 Mrs. Mary Joan Mykytka 所提供的專業編輯協助。我也特別感謝首先引導我對微電腦感興趣的 Dr. Gary Whitehouse。最後感謝我的內人 Kim 在本計劃執行時，所給予的持續性支持及鼓勵。

C.S.P.

Auburn, Alabama

January. 1985

# 譯者序

譯者在中央大學工學院擔任教職迄今已屆四個年頭，譯者一直以微電腦圖學及電腦輔助設計／製造做為主要的研究旨趣，微電腦圖學旨在應用低價的微電腦繪圖系統，以處理圖形資料，且以表現視覺資訊為主。圖學的應用領域包含甚廣，舉如工程製圖、機件元件的設計及繪製，電路元件及超大型積體電路、建築透視圖、土木工程、卡通動畫、影像處理、石化管路、電腦輔助教學……等，均可以此作為工具以規劃出生動而活潑的自動化系統。在對接受教育者表現訊息的各種有形媒體中，圖形往往較具吸引力，俗語謂「一圖勝過千萬言」，即是指此。通常一張表達某一含意的圖形，常比說教式的長篇大論來得簡捷而有力。因此如何利用電腦——尤其是微電腦，來對圖形資料做有效而快速的處理，以便應用在各種領域之中，應是很有發展潛力的。尤其在高喊「工業自動化」的今日社會，若用電腦來實施各種工業實務設計及相關製造工作時，如果能將設計或製造中所產生或需要的尺寸資料，以電腦圖學為橋樑，來展現圖形的顯像，則自動化系統將可相得益彰。

研究電腦圖學時，應綜合描述二維及三維物體的解析幾何、幾何轉換（平移、旋轉、放大、縮小、鏡像、…）等數學基礎、特定電腦繪圖系統及周邊設備、程式語言的特性、操作者介面設計、各種演講法則、資料結構安排等系統知識，再佐以設計者的專業知識，方能有所成就。

CHAN S. PARK 所著「Interactive Computer Graphics」一書，譯者閱後覺得內容頗為詳實，且條理清晰，對電腦圖學的初學者來說，將大有助益，於是發願將之逐譯成書，並增闢第零章以補其遺落之處。

「交談式微電腦圖學」一書，係以 IBM 公司所產製的 16 位元微電腦 IBM PC&XT 為繪圖系統，而以 BASICA 程式語言及 DOS 為工具，分四大部份：①

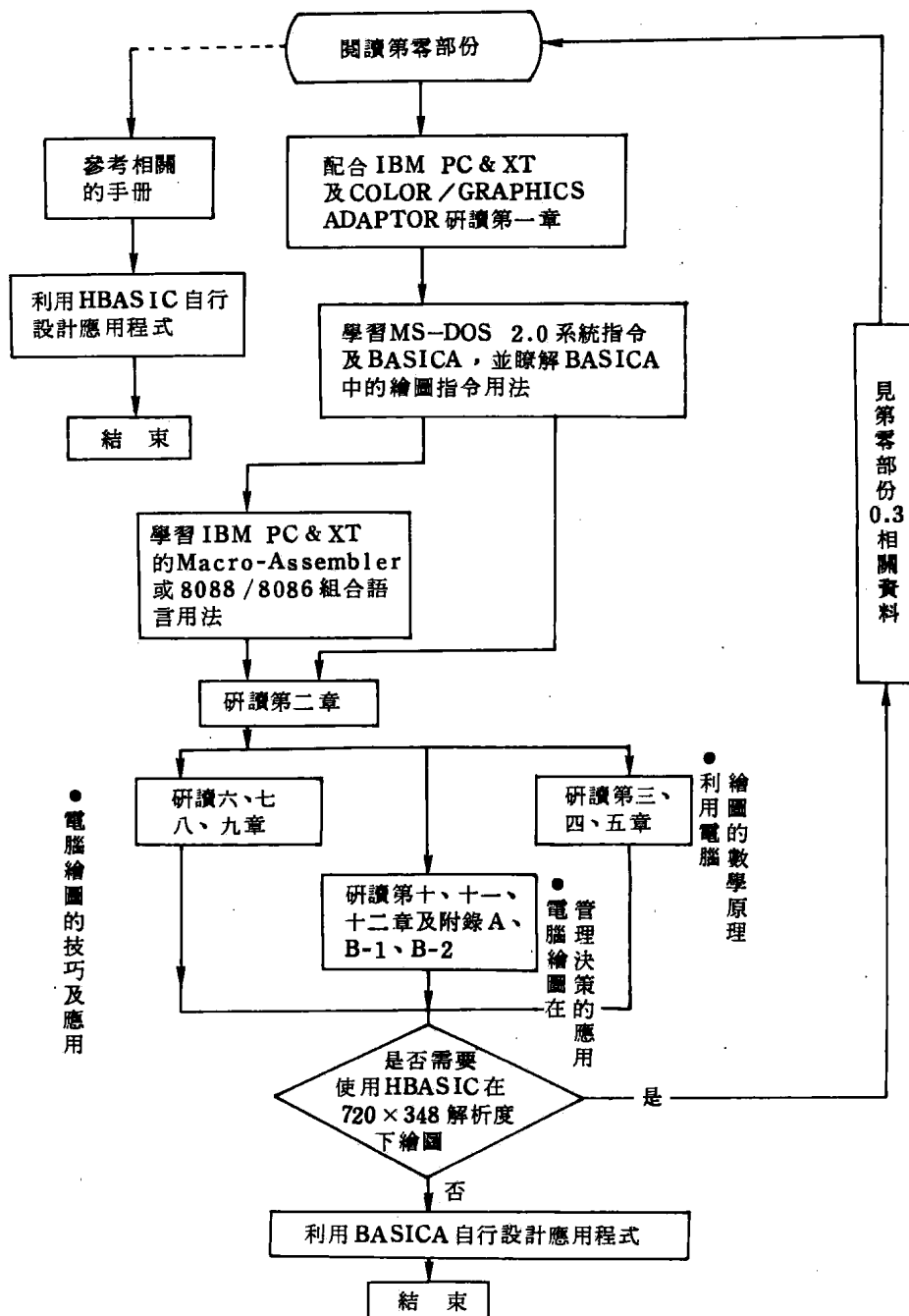
IBM PC & XT的圖形特性，②電腦圖學的數學基礎，③使用者操作介面的設計，④管理決策中的圖形應用。來暢述電腦圖學的原理與應用技術。原書主要係講解如何在 IBM PC & XT的高解析度繪圖模式（COLOR/GRAPHIC CARD—— $640 \times 200$ ）下處理圖形資料。譯者在第零部份中增添Herculus Graphic card下高解析度繪圖模式（ $720 \times 348$ ）的圖形操作，這一介面卡也就是俗稱的Monochrome 介面卡，解析度比COLOR/GRAPHIC CARD下的高解析度還要高（共有 $720 \times 348$ 個圖元），但執行速度稍慢些，且要配合HBASIC 才可繪圖，使用者可從第零章中獲得相關資料。

譯者

李更生 于 中央大學工學院

1985/5/28

# 本書研讀導引





# 目 錄

原序

譯者序

本書研讀導引

## 第○部份 用IBM PC&XT繪圖的入門知識

- 0.1 循序漸進的研究電腦圖學..... 3
- 0.2 IBM PC&XT下的可用繪圖模式及所需設施..... 6
- 0.3 按裝HERCULES GRAPHICS CARD後操作 IBM  
PC&XT HBASIC來繪圖的說明..... 7
- 0.4 HBASIC繪圖程式例及展示 ..... 12

## 第壹部份：IBM PC&XT圖形處理特性

### 第一章 微電腦及其繪圖能力 ..... 19

- 1.1 微電腦在繪圖上的應用..... 19
  - 1.1.1 以視覺功能來區分..... 19
  - 1.1.2 以應用領域來區分..... 20

|            |                               |           |
|------------|-------------------------------|-----------|
| 1.2        | IBM個人電腦 .....                 | 24        |
| 1.2.1      | IBM PC的組件 .....               | 24        |
| 1.2.2      | IBM PC/XT的組件 .....            | 26        |
| 1.2.3      | 8087 算術共處理器 .....             | 30        |
| 1.2.4      | 產生圖形的方法及硬體需求 .....            | 31        |
| 1.3        | 彩色 / 圖形介面卡的特性 .....           | 33        |
| 1.3.1      | 主記憶體需求 .....                  | 35        |
| 1.3.2      | 硬體鳥瞰 .....                    | 38        |
| 1.3.3      | 規劃 6845 CRT 控制器 .....         | 41        |
| 1.3.4      | 規劃模式選擇暫存器 .....               | 41        |
| 1.3.5      | 規劃顏色選擇暫存器 .....               | 46        |
| 1.4        | 摘要 .....                      | 50        |
|            | 參考資料 .....                    | 52        |
|            | 查閱用的文章 .....                  | 53        |
|            | 選出的電腦圖學月刊 .....               | 53        |
|            | 選出的電腦月刊或偶而附有電腦圖學文章的電腦雜誌 ..... | 54        |
|            | 選出的個人電腦雜誌 .....               | 54        |
| <b>第二章</b> | <b>繪圖用程式 .....</b>            | <b>55</b> |
| 2.1        | 本文模式中的記憶位址映對繪圖 .....          | 55        |
| 2.1.1      | 記憶體需求 .....                   | 55        |
| 2.1.2      | 記憶位址映對 .....                  | 59        |
| 2.1.3      | 以BASIC程式語言來對記憶體作存取動作 .....    | 61        |
| 2.1.4      | 多重本文頁 .....                   | 63        |
| 2.2        | 繪圖模式下的記憶位址映對式繪圖 .....         | 67        |
| 2.2.1      | 記憶體需求 .....                   | 67        |
| 2.2.2      | 記憶位址映對 .....                  | 67        |

|        |                             |     |
|--------|-----------------------------|-----|
| 2.2.3  | 以BASIC程式語言來對記憶體作存取動作 .....  | 70  |
| 2.3    | IBM PC&XT中繪圖用的BASIC指令 ..... | 73  |
| 2.3.1  | 座標及指述格式的指定 .....            | 73  |
| 2.3.2  | PSET及PRESET指述 .....         | 74  |
| 2.3.3  | LINE指述 .....                | 75  |
| 2.3.4  | CIRCLE指述 .....              | 77  |
| 2.3.5  | PAINT指述 .....               | 79  |
| 2.3.6  | DRAW指述 .....                | 82  |
| 2.3.7  | WINDOW指述及切割作用 .....         | 85  |
| 2.3.8  | VIEW指述及視界規劃 .....           | 90  |
| 2.3.9  | GET及PUT指述 .....             | 91  |
| 2.3.10 | BSAVE及BLOAD指令 .....         | 93  |
| 2.4    | 高級繪圖用程式 .....               | 96  |
| 2.4.1  | 繪圖處理器的程式設計 .....            | 96  |
| 2.4.2  | 發展一組合語言副程式的步驟 .....         | 98  |
| 2.4.3  | 將組合語言副程式鏈接到BASIC程式中 .....   | 102 |
| 2.4.4  | 應用例子 .....                  | 104 |
| 2.5    | 摘要 .....                    | 105 |
|        | 習題 .....                    | 111 |
|        | 參考資料 .....                  | 114 |

## 第二部份 電腦圖學的數學基礎

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 第三章   | 二維電腦圖學的數學基礎 ..... | 117 |
| 3.1   | 點的轉換 .....        | 117 |
| 3.1.1 | 單位 .....          | 118 |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 3.1.2 | 定尺度                 | 118 |
| 3.1.3 | 對稱                  | 120 |
| 3.1.4 | 剪影效果 ( SHEAR )      | 120 |
| 3.1.5 | 旋轉                  | 121 |
| 3.2   | 線及物體的轉換             | 122 |
| 3.2.1 | 定尺度                 | 122 |
| 3.2.2 | 旋轉                  | 123 |
| 3.2.3 | 平移                  | 123 |
| 3.2.4 | 標準座標系統的限制           | 125 |
| 3.3   | 齊次座標系統              | 125 |
| 3.3.1 | 校正後的轉換矩陣            | 126 |
| 3.3.2 | 平移                  | 126 |
| 3.3.3 | 定尺度                 | 127 |
| 3.3.4 | 旋轉                  | 128 |
| 3.3.5 | 反向轉換                | 129 |
| 3.3.6 | 座標系統的轉換             | 130 |
| 3.4   | 序列性的二維轉換            | 132 |
| 3.4.1 | 繞一任意點的二維旋轉          | 133 |
| 3.4.2 | 對一任意軸作對稱圖形          | 135 |
| 3.5   | 二維繪圖的視界規劃           | 136 |
| 3.5.1 | 視窗切割                | 136 |
| 3.5.2 | 視窗對視界的映對            | 140 |
| 3.5.3 | 產生實體設施座標            | 142 |
| 3.5.4 | 放大                  | 144 |
| 3.6   | IBM PC&XT上的二維圖形螢幕顯像 | 145 |
| 3.6.1 | 程式結構                | 146 |
| 3.6.2 | 說明例                 | 148 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 3.7 摘要.....                | 153        |
| 習題.....                    | 154        |
| 參考資料.....                  | 157        |
| <b>第四章 三維繪圖的數學基礎 .....</b> | <b>159</b> |
| 4.1 座標系統.....              | 159        |
| 4.1.1 三維世界中的點表示法.....      | 159        |
| 4.1.2 直角及球面座標系的關係.....     | 160        |
| 4.2 轉換矩陣.....              | 161        |
| 4.2.1 三維平移.....            | 162        |
| 4.2.2 三維定尺度.....           | 162        |
| 4.2.3 三維剪影.....            | 164        |
| 4.2.4 三維對稱.....            | 164        |
| 4.2.5 三維旋轉.....            | 165        |
| 4.2.6 座標系統的變換.....         | 168        |
| 4.2.7 繞一任意軸的三維旋轉.....      | 170        |
| 4.3 三維空間的觀視.....           | 176        |
| 4.3.1 中心投影.....            | 176        |
| 4.3.2 通過一任意觀視點的投影.....     | 180        |
| 4.3.3 齊次螢幕座標系統.....        | 185        |
| 4.4 透視深度.....              | 186        |
| 4.4.1 平行投影的深度測量.....       | 186        |
| 4.4.2 透視投影的深度測量.....       | 187        |
| 4.5 三維圖形的視界規劃.....         | 189        |
| 4.5.1 三維空間中的切割.....        | 189        |
| 4.5.2 視界映對.....            | 194        |
| 4.6 三維圖形的螢幕顯像.....         | 194        |

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 4.6.1 | 一個立方體的透視觀視       | 194 |
| 4.6.2 | $Z=f(x,y)$ 形式的曲面 | 196 |
| 4.7   | 摘要               | 199 |
|       | 習題               | 202 |
|       | 參考資料             | 208 |

## 第五章 隱藏線及面的消除 ..... 211

|        |                |     |
|--------|----------------|-----|
| 5.1    | 單一凸物體的可視性      | 211 |
| 5.1.1  | 可視性問題的解決方法     | 212 |
| 5.1.2  | 電腦程式的發展        | 216 |
| 5.2    | 幾個物體的可視性       | 222 |
| 5.2.1  | 幾何計算           | 224 |
| 5.2.2  | 最小最大測試         | 225 |
| 5.2.3  | 交點測試           | 226 |
| 5.2.4  | 包含性測試          | 230 |
| 5.2.5  | 深度測試           | 234 |
| 5.3    | 發展一繪製兩個凸物體用的程式 | 236 |
| 5.3.1  | 主程式            | 236 |
| 5.3.2  | 觀視參數           | 242 |
| 5.3.3  | 頂點、眼睛、及螢幕座標陣列  | 242 |
| 5.3.4  | 表面陣列           | 242 |
| 5.3.5  | 法線向量陣列         | 245 |
| 5.3.6  | 可視性測試          | 245 |
| 5.3.7  | 可視邊陣列          | 246 |
| 5.3.8  | 最小最大測試         | 246 |
| 5.3.9  | 繪圖副程式          | 247 |
| 5.3.10 | 物體的優先性         | 247 |

|        |               |     |
|--------|---------------|-----|
| 5.3.11 | 邊線端點的可視性狀態    | 250 |
| 5.3.12 | 第二優先物體的可視邊之繪製 | 251 |
| 5.3.13 | 圖形的輸出         | 253 |
| 5.4    | 遮罩技術          | 253 |
| 5.4.1  | 操作上的理論        | 253 |
| 5.4.2  | 程式化的考慮        | 254 |
| 5.5    | 影像空間演譯法則      | 257 |
| 5.5.1  | 深度緩衝區演譯法則     | 257 |
| 5.5.2  | 掃描線凝聚性演譯法則    | 268 |
| 5.6    | 摘要            | 271 |
|        | 習題            | 272 |
|        | 參考資料          | 277 |

## 第三部份 使用者操作介面的設計

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 第六章   | 交談式資料編輯器        | 281 |
| 6.1   | 設計原理            | 281 |
| 6.1.1 | 回饋              | 281 |
| 6.1.2 | 一致性             | 288 |
| 6.1.3 | 減少記憶性           | 288 |
| 6.2   | 電腦程式邏輯          | 288 |
| 6.3   | DATA EDITOR 的描述 | 290 |
| 6.3.1 | 顯像格式            | 290 |
| 6.3.2 | 編輯用命令           | 291 |
| 6.4   | 編輯例             | 292 |
| 6.4.1 | 以行次序方式來輸入資料     | 292 |

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 6.4.2 | 以列次序來輸入資料.....   | 295 |
| 6.4.3 | 資料的刪除.....       | 295 |
| 6.4.4 | 資料的插入.....       | 296 |
| 6.4.5 | 改變資料並垂直捲動頁數..... | 297 |
| 6.4.6 | 改變資料並水平捲動頁數..... | 297 |
| 6.4.7 | 編輯（檢查）舊資料檔.....  | 297 |
| 6.5   | 摘要.....          | 299 |
|       | 參考資料.....        | 302 |

## **第七章 交談式二維PLOTTER（一個繪圖用程式）..... 303**

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 7.1   | 改良後的繪圖特性.....     | 303 |
| 7.2   | 設計原則.....         | 303 |
| 7.2.1 | 層次性命令.....        | 303 |
| 7.2.2 | 錯誤的調整.....        | 304 |
| 7.3   | 電腦程式邏輯.....       | 304 |
| 7.4   | 個案例.....          | 306 |
| 7.5   | 二維PLOTTER的描述..... | 307 |
| 7.5.1 | 以游標鍵來做表格選擇.....   | 307 |
| 7.5.2 | 系統指定的系統狀態訊息.....  | 308 |
| 7.5.3 | 改變系統指定的磁碟機.....   | 308 |
| 7.5.4 | 產生輸入用資料檔.....     | 309 |
| 7.5.5 | 編輯（檢查）舊資料檔.....   | 309 |
| 7.5.6 | 將X值加以排序.....      | 309 |
| 7.5.7 | 圖表型態的選用方式.....    | 311 |
| 7.5.8 | 繪圖方式.....         | 311 |
| 7.5.9 | 繪圖的執行.....        | 311 |
| 7.6   | 繪圖例.....          | 314 |



|            |                                        |            |
|------------|----------------------------------------|------------|
| 7.7        | 立方樣條線插值 ( CUBIC SPLINE INTERPOLATION ) | 317        |
| 7.8        | 摘要                                     | 318        |
|            | 參考資料                                   | 332        |
| <b>第八章</b> | <b>交談式電腦輔助設計</b>                       | <b>333</b> |
| 8.1        | 使用電腦來輔助設計者                             | 333        |
| 8.2        | 設計原則                                   | 334        |
| 8.2.1      | 螢幕配置                                   | 334        |
| 8.2.2      | 資訊的顯示                                  | 334        |
| 8.2.3      | 程式邏輯                                   | 338        |
| 8.3        | 表格驅動命令                                 | 338        |
| 8.3.1      | 表格選擇                                   | 338        |
| 8.3.2      | 游標控制                                   | 338        |
| 8.4        | 模式選擇                                   | 339        |
| 8.4.1      | 繪圖模式的選用                                | 339        |
| 8.4.2      | 彩色模式的選用                                | 340        |
| 8.5        | 繪圖命令                                   | 341        |
| 8.5.1      | 追蹤 ( TRACE ) 命令                        | 341        |
| 8.5.2      | 重置 ( RESET ) 命令                        | 341        |
| 8.5.3      | 速度 ( SPEED ) 命令                        | 342        |
| 8.5.4      | 繪線 ( LINE ) 命令                         | 342        |
| 8.5.5      | 繪四方形 ( BOX ) 命令                        | 342        |
| 8.5.6      | 角度 ( ANGLE ) 命令                        | 343        |
| 8.5.7      | 繪圓 ( CIRCLE ) 命令                       | 343        |
| 8.5.8      | 塗色 ( PAINT ) 命令                        | 344        |
| 8.6        | 公用 ( UTILITY ) 命令                      | 345        |
| 8.6.1      | 保存 ( KEEP ) 命令                         | 345        |