

處理程序＋ 資料結構＝程式

Algorithms＋

Data Structures＝Programs

NIKLAUS WIRTH原著

邱光輝 合譯
蘇宗安

松崗電腦圖書資料有限公司

處理程序＋ 資料結構＝程式

Algorithms＋Data Structures＝Programs

NIKLAUS WIRTH原著

邱 光 輝 合譯
蘇 宗 安

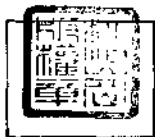
松崗電腦圖書資料有限公司 印行

處理程序＋資料結構＝程式

Algorithms＋Data Structures＝Programs

編號：510112

版權所有



翻印必究

每本定價 240 元整

編著者：邱光輝 合譯
蘇宗安

發行人：吳守信

發行所：道明出版社

台北市仁愛路二段一一〇號三樓

總經銷：松崗電腦圖書資料有限公司

台北市仁愛路二段一一〇號三樓

電話：3930255・3930249

郵政劃撥：109030

印刷者：泉崗印刷設計股份有限公司

台北市仁愛路二段一一〇號三樓

電話：3930255・3930249

中華民國七十一年二月初版

中華民國七十二年六月第二版

本出版社經行政院新聞局核准登記，

登記證號為局版台業字第一七二九號

序 言

最近幾年電腦程式已經被認為是許多工程計畫成功的基本且必要的條件。它已經由一種技術發展成學術上的規範。此一進步最初是由 E.W.Dijkstra 和 C.A.R. Hoare 的傑出貢獻所促成。Dijkstra 的 “Notes on Structure Programming” 打開了程式寫作的一個新觀點。Hoare 的 “Axiomatic Basis of Computer Programming” 顯示了程式是完全遵照一種精確的數學分析。此二篇論文均表明了如果讓程式設計師了解他們平常很直覺地使用，但卻不加注意的程式技巧，則很多程式的錯誤均可避免。此二論文專注於程式之合成與分析，更明白地說，是程式所代表的演繹法的結構。當然以有系統，科學化的方式來研究程式結構，對較大，較複雜的程式是有幫助的。所以程式寫作方法也必然與資料結構有關係。事實上，程式是由演繹法的固定公式與特殊的資料結構所合成。Hoare 的 “Notes on Data Structuring” 給一些資料結構上的觀念，術語定下了規則。很顯然地，不了解演繹法無法決定資料結構，相對而言，選取那一種演繹法也是看所欲採用的資料結構方式而定。

本書先介紹資料結構的原因有二：第一、人直覺的認為資料先於演繹法，你是先有一些事物，然後你才能對它們作運算。第二、本書假設讀者對計算機程式設計很熟，而一般介紹程式設計的書多少介紹了一點資料結構的觀念，故先介紹資料結構。

在這本書內，特別是第一章，我們遵照 Hoare 所提的理論和術語，且用 PASCAL 來作程式。原因是資料原先是代表真實現象的一個抽象觀念，且最好是用抽象的結構來代表，不必用常用語言。但是在處理程式結構時，資料就必須漸漸被修正，來適合真正的程式語言。所以我們提出許多基本資料結構。這些是可使用在計算機上的。

基本與高級資料結構的分別，前者是後者的組成元素。基本結構的變數僅會改變其值，而不會改變其結構及其所假設的值。高級結構在程式執行時會改變其值及

其結構。所以較高級的技術是必須的。

第二章討論排序法。列舉了很多方法。數學的分析可顯示各種方法的優劣，並使程式師了解分析問題的重要。把排序法分為陣列和檔案兩大類，顯示了資料的表示的影響在所選的演繹法上。

一般書本對循環的觀念介紹不夠，所以第三章特深入介紹循環式的演繹法。循環是以一種重覆方式來歸納，它在程式設計上很重要。在許多教本內，僅用一些簡單的重覆來說明，但在第三章中，你會看到一些重要的例子，顯示以循環方式可簡單地解決問題。折返演繹法的種類是最佳的例子，但最明顯的例子應該是使用在有重回方式構造的資料上的演繹法。最後兩章會介紹。

第四章討論活動資料結構。循環式資料結構是屬於此類的。雖然循環式的定義可用在此，但一般均不如此，反而，採用了實際的指標變數方式，本書亦然，第四章專注在程式的指標應用，例如鏈狀、樹狀、網狀結構。有很多章節討論樹狀結構之組織。本章最後談到一個分散表，亦稱分散碼，這比尋找樹狀結構要好。

最後一章討論正規語言與文法分析，及一個簡單的編譯器。為何要介紹這些？首先一個程式師應該對編譯過程有了解；第二、許多應用上會定義一些輸入和控制的語言；第三、正規語言定義一種循環結構在符號上，所以這些處理器就是最好的例子。

程式寫作是一種結構藝術，使基本的寫作原則具體化，並以分析方式顯示是訓練的方法，但程式寫作是包含複雜行為的變化地域，故認為它可以固定的教材來教會，是不對的，所以必須再找一些傑出的作品來欣賞，當然每個人從這些作品上得到多少，就要看他的資質而定了，特別是對長的程式的理解。長的程式是實際的東西，而且也比較好說明一些結構，同時也可訓練讀程式的能力，這就是包含很多長程式的原因。讀者是以漸進的方式被引導，他可看到一個程式的發展過程。因為對一個工程上的應用者而言，僅列出演繹法的大概是不夠的，所以把詳細程式均列出來了。

當然這就產生找到一種語言，使機器能執行，同時也不受機器限制的問題。

PASCAL 是一種理想的語言，所以本書就採用了。熟悉 PL / I 或 ALGOL 語言者，均能看懂程式，因其與 PASCAL 頗相似。但事先預習也是有益的，像 "Systematic Programming" 就是一本好的預習書。

本書是 ETH 的程式課程教材的精簡，有許多觀念是和同事討論得來的，很感謝他們。

目 錄

第一章 基本資料結構

1.1	概論	1
1.2	資料型態之概念	2
1.3	基本資料型態	3
1.4	標準基本型態	5
1.5	次範圍型態	6
1.6	陣列結構	7
1.7	記錄結構	9
1.8	記錄結構之轉化	11
1.9	集合結構	12
1.10	陣列、記錄、集合之表示	15
1.10.1	陣列表示方式	16
1.10.2	記錄之表示	18
1.10.3	集合之表示	18
1.11	連續性的檔案結構	18
1.11.1	基本檔案運算子	19
1.11.2	有次級結構之檔案	20
1.11.3	文體結構	21
1.11.4	一個檔案編輯方式	27

第二章 排序法

2.1	概論	33
2.2	陣列之排序法	34

2.2.1	直接插入排序法	34
2.2.2	直接選擇排序法	37
2.2.3	直接交換排序法	39
2.2.4	縮減間隔式之插入排序法	41
2.2.5	樹式排序法	42
2.2.6	畫分排序法	46
2.2.7	找中間值	48
2.2.8	陣列排序法之比較	50
2.3	連續性檔案之排序法	51
2.3.1	直接合併	51
2.3.2	自然合併法	54
2.3.3	平衡多路合併法	57
2.3.4	多相排序法	62
2.3.5	起始串的分佈	70

第三章 循環式解題方法

3.1	介紹	77
3.2	什麼時候不需用循環	79
3.3	循環程式的兩個例子	82
3.4	折返解題方法	89
3.5	八個皇后的例題	94
3.6	穩定婚姻的例題	99
3.7	最佳選擇例題	106

第四章 動態資料結構

4.1	循環式資料型式	113
4.2	指標或參數變數	115
4.3	線性表	120
4.3.1	基本運算	120

4.3.2	有序列表及重組列表	124
4.3.3	應用：拓撲分類	132
4.4	樹系結構	136
4.4.1	基本觀念及定義	136
4.4.2	二元樹系之基本運算	147
4.4.3	樹之搜尋及插入	151
4.4.4	樹系的刪除	160
4.4.5	分析樹系的搜尋及插入	162
4.4.6	平面樹系	165
4.4.7	平衡樹系之插入	166
4.4.8	平衡樹系之刪除	172
4.4.9	最佳搜尋樹系	176
4.4.10	樹結構的顯示	181
4.5	多元樹系	190
4.5.1	B-樹系	192
4.5.2	二元B樹系	204
4.6	鍵轉換化法（混雜化法）	211
4.6.1	鍵轉換函數（H）之選擇	212
4.6.2	碰撞處理	212
4.6.3	鍵轉換法分析	217

第五章 電腦語言之結構和其編譯程式

5.1	語言定義及其結構	227
5.2	語句分析	231
5.3	語法圖形之建立	238
5.4	語法剖析程式建立	243
5.5	表格驅動式剖析程式之建立	248
5.6	將BNF 轉為剖析驅動式資料結構之轉換程式	253
5.7	PL 10 語言之程式撰寫	261

8 處理程序 + 資料結構 = 程式

5.8	PL 10 語言之剖析程式	265
5.9	語法錯誤之復元處理	274
5.10	PL 10 處理機	286
5.11	機器碼 (CODF) 之產生	288

索引

圖、表、程式目錄

圖之部份

第一章

圖 1.1	Row 之陣列圖示	7
圖 1.2	陣列和儲存設備之對應關係圖	15
圖 1.3	使用“填塞”之記錄圖示	15

第二章

圖 2.1	兩個KEY 間之重覆選擇	42
圖 2.2	最小KEY 之選擇	43
圖 2.33	回填最小KEY 之空間	43
圖 2.4	用陣列方式所表之二分樹系	44
圖 2.5	具有七個元素之堆積圖示	44
圖 2.6	KEY 44 在堆積中移動之圖示	44
圖 2.7	標準值太小之圖示	49
圖 2.8	標準值太大之圖示	49
圖 2.9	正確之標值之圖示	49
圖 2.10	直接合併排序法之處理圖示	52
圖 2.11	自然合併排序法之處理圖示	54
圖 2.12	使用 3 個磁帶來處理 21 個串的資料多相排序法圖示	62
圖 2.13	使用 6 個磁帶處理 65 串資料的多相排序法圖示	63
圖 2.14	水平分佈法	65
圖 2.15	在堆積中移動一個KEY 之處理圖示	71

第三章

圖 3.1	循環式圖型	77
-------	-------	----

圖 3.2	$n-5$ 時 $\text{Fib}(n)$ 之 15 次呼叫	81
圖 3.3	Hilbert 曲線	82
圖 3.4	畫面定義	83
圖 3.5	$H1 \sim H5$ 之 Hilbert 曲線	85
圖 3.6	1 階和 2 階之 Sierpinski 曲線	86
圖 3.7	$S1 \sim S4$ 之 Sierpinski 曲線	86
圖 3.8	騎士可能移動之八個位置圖	91
圖 3.9	八皇后問題之一解	96
圖 3.10	Hanoi 圖示	108
圖 3.11	1 至 4 階之 w 一曲線	111
第四章		
圖 4.1	循環記錄結構的貯存形式	115
圖 4.2	家譜結構	116
圖 4.3	由指標連接的結構	116
圖 4.4	變數 $p \uparrow$ 的動態分配	117
圖 4.5	含 nil 指標的結構	118
圖 4.6	列表例子	121
圖 4.7	在 $p \uparrow$ 之後列表的插入	122
圖 4.8	$p \uparrow$ 前之列表插入	123
圖 4.9	列表之刪除及再插入	123
圖 4.10	有序列表插入	127
圖 4.11	重排列前的列表	130
圖 4.12	重排列後的列表	130
圖 4.13	部分排列集合	132
圖 4.14	用線性排列方式來表圖 4.13	133
圖 4.15	由拓撲分類程式所產生的列表結構	135
圖 4.16	無前位者、領頭者的列表	136
圖 4.17	樹系結構之套組集合(b)套組括弧(c)抬頭式(d)圖形的表示法	139
圖 4.18	兩個不同的二元樹系	140

圖 4.19	以特殊結點擴充之三元樹系	141
圖 4.20	運算公式 $(a + b / c) * (d - e * f)$ 之樹系表示法	142
圖 4.21	樹系之資料結構表示	143
圖 4.22	完全平衡樹系 (perfectly balanced frees)	144
圖 4.23	由程式 4.3 產生的樹系	146
圖 4.24	二元樹系	146
圖 4.25	有崗哨之搜尋樹系	150
圖 4.26	有序二元樹系之插入	152
圖 4.27	由程式 4.4 產生之搜尋樹系	152
圖 4.28	樹系的刪除	161
圖 4.29	樹系結點之比重分配圖	162
圖 4.30	高為 2.3 及 4 之 Fibonacci 樹系	166
圖 4.31	平衡樹系	167
圖 4.32	由插入產生的不平衡	167
圖 4.33	重返平衡	168
圖 4.34	平衡樹系之插入	166
圖 4.35	平衡樹系之刪除	173
圖 4.36	三個結點之搜尋樹系	176
圖 4.37	標出有關或然率的搜尋樹系	178
圖 4.38	一個結點的最佳樹系	180
圖 4.39	由程式 4.6 得到的樹系	182
圖 4.40	完全平衡樹系	183
圖 4.41	最佳搜尋樹系	185
圖 4.42	僅考慮鍵的最佳樹系	185
圖 4.43	一多元樹系	191
圖 4.44	一分為許多頁的二元樹系	192
圖 4.45	二級元的 B 樹系	193
圖 4.46	m 個鍵的 B 樹系頁	193
圖 4.47	在 B 樹系中插入鍵 22	194

圖 4.48	二級 B 樹系之擴張	197
圖 4.49	二級 B 樹系之衰減	198
圖 4.50	B B 樹系結點之表示	204
圖 4.51	B B 樹系結點插入	206
圖 4.52	S B B 樹系之插入	207
圖 4.53	以 (4.85) 順序插入之樹籬樹系發展	208
圖 4.54	週期性列表	222
圖 4.55	雙方向列表	222
第五章		
圖 5.1	列題五之語法辨認圖形	241
圖 5.2	簡化後的語法辨認圖形	242
圖 5.3	圖 5-2 之資料結構表示圖	251
圖 5.4	PL/ ϕ 之語法圖形	262
圖 5.5	PL/0 之關係圖形	269
圖 5.6	修改後之複合程式指令語法	277
圖 5.7	PL/O 處理之資料堆 (stack) 安排方式	288
圖 5.8	指令碼之格式	289

表之部份

第一章

表 1.1	Boolean 運算表	5
-------	-------------	---

第二章

表 2.1	直接插入排序法之處理圖例	35
表 2.2	直接選擇排序法之處理圖例	37
表 2.3	氣泡式的排序法之處理圖例	39
表 2.4	搖動排序法之處理圖例	40
表 2.5	縮減間隔式之插入排序法之處理圖例	41
表 2.6	堆積之建造	45
表 2.7	堆積排序法的處理圖示	45

表 2.8	三種直接排序法的比較表	50
表 2.9	各種排序程式之執行時間比較表	50
表 2.10	自然合併排序法之實例	55
表 2.11	二個磁帶的最佳資料串之分配表	63
表 2.12	五個磁帶的最佳資料串之分配表	63

第三章

表 3.1	騎士漫遊的三個解	92
表 3.2	八皇后問題之12解	98
表 3.3	穩定婚姻問題之輸入資料	101
表 3.4	穩定婚姻問題之結果	106
表 3.5	最佳化選擇之輸出範例	108

第四章

表 4.1	程式及資料結構的對應關係	113
表 4.2	列表搜尋方法的比較	131
表 4.3	樹系由一列陣代表	144
表 4.4	程式 4.5 的樣品輸出	159
表 4.5	鏈及發生的次數	184
表 4.6	列出相對某一個負載因素 α 之平均探測 E	219
表 4.7	α E	220

第五章

表 5.1	BNF 和 EBNF 符號之對照表	254
表 5.2	PL/O 之起始和後繼符號集合	266
表 5.3	PL/O 編譯程式所產生之錯誤訊息對照表	277
表 5.4	後綴表示式及中間表示式之對照表	290

程式之部份

第一章

程式 1.1	計算 2 的負冪次方	9
程式 1.2	輸入一實數	22

程式 1.3	輸出一實數.....	24
--------	------------	----

第二章

程式 2.1	直接插入排序法之程式.....	35
程式 2.2	二分插入排序法.....	36
程式 2.3	直接選擇排序法程式.....	38
程式 2.4	氣泡式的排序法程式.....	39
程式 2.5	搖動排序法之程式.....	40
程式 2.6	雪兒排序法 (Shell sort).....	42
程式 2.7	堆積之移動.....	45
程式 2.8	堆積排序之程式.....	46
程式 2.9	陣列之劃分程式.....	47
程式 2.10	快速排序法之程式.....	48
程式 2.11	尋找第 K 個元素之程式.....	50
程式 2.12	直接合併排序法之程式.....	53
程式 2.13	自然合併排序法之程式.....	55
程式 2.14	平衡合併排序法之程式.....	59
程式 2.15	多相排序法程式.....	67
程式 2.16	堆積排序法之起始資料分配程式.....	72

第三章

程式 3.1	Hilbert 曲線.....	84
程式 3.2	Sierpinski 曲線.....	88
程式 3.3	四騎士漫遊.....	92
程式 3.4	八皇后之程式.....	97
程式 3.5	八皇后之程式.....	98
程式 3.6	穩定婚姻程式.....	104
程式 3.7	最佳化選擇程式.....	108

第四章

程式 4.1	程式及資料結構的對應關係.....	118
程式 4.2	拓撲分類程式.....	137

程式 4.3	架構完全平衡樹系·····	145
程式 4.4	樹系之搜尋及插入·····	153
程式 4.5	相互參考產生器·····	156
程式 4.6	尋找最佳搜尋樹系·····	166
程式 4.7	B 樹系搜尋、插入及刪除·····	189
程式 4.8	使用鍵轉換法之相互參考表之產生器·····	214

第五章

程式 5.1	例題 5 之文法剖析程式·····	246
程式 5.2	(5.13) 式之剖析程式·····	255
程式 5.3	(5.13) 式之編譯程式·····	258
程式 5.4	PL/0 之剖析程式·····	268
程式 5.5	具有錯誤復元之 PL/0 剖析程式·····	281
程式 5.6	PL/0 之編輯程式·····	292