

資料結構與問題解法

吳正己·張炎良 編譯



 **全華圖書**

法律顧問：陳培豪律師

資料結構與問題解法

吳正己・張炎良 編譯

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5811300 (總機)

郵撥帳號 / 0100836-1 號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3612532 • 3612534

定 價 新臺幣 290 元

二版 / 76年 8 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 0221227

原 序

本書主要是供電腦科學的中級課程——問題解決(problem solving)使用。我們打算涵蓋ACM 指引中這類課程(CS-2)的所有主題，然而，目前大學電腦教育潮流中有關課程之變動非常大，我們在書中提供足夠的內容使其能適合各種不同主題之需要，其中包括：高級的程式設計、問題解決、軟體工程及基本的資料結構課程。

根據我們的看法，在中級課程中最重要的是，幫助學生學得整合問題解決與程式設計的能力。我們也強調電腦科學家運用的思考過程與方法。讓學生學習電腦科學家如何發展，分析並實際運作一種方法，這和學習該方法的有關知識一樣重要，一個主修電腦科學的學生，不能僅學些如何操作的材料。

本書共分四部分：結構化程式設計與問題解決、遞迴、資料抽象化以及資料管理之高級技巧等。這種安排使各種課程可依需要而加以取捨。大部分的情況下，第二及第三部分可構成一學期課程之核心。致於第一及第四部分的內容，則可視這門課在各位整個課程中可扮演的角色而加以選擇。對一門強調結構化程式設計及軟體工程技術的課而言，它必須強調第一部分；而著重資料結構者而言，須加強第三部分後段及整個第四部分。稍後將提出在各種不同課程中使用之建議。

涵蓋的主題

本書包含基本的電腦科學主題及ACM於1984年對CS-2課程中推薦之範疇。此外，第三部分的後段及第四部分包含了傳統資料結構課程中所需之教材。

我們嘗試在發展解題法的過程中一併介紹分析之工具。由上而下的設計、演算法的逐步發展及資料結構（以資料抽象化

觀念)皆應用在全書的問題中，其中包括了兩個大型的個案研究。我們不斷地強調遞迴思考的價值及各解題法間之利弊，並發展及確認演算法所需之迴圈不變性。此外，良好的文件編製，協助除錯的工具等都是我們解決問題的重要部分。

我們首先介紹鏈結串列的處理程序並應用它為資料結構的技巧，這使得循序及鏈結資料結構二者利弊之考慮成為問題解決的中心議題之一。此種得失之考慮先是非正式的提及而再逐漸地加重其份量。

傳統的應用領域亦為本書的主題之一。例如，搜尋與排序在遞迴及 ADT 表格中都加以探討；二元搜尋、快速排序、合併排序以及遞迴演算法都在第二部分提及。在 ADT 表格中（第三及第四部分），我們還介紹了二元搜尋樹、2-3 樹、雜湊及檔案索引等。在外部檔案中再次討論排序問題，並且在最後一章中對它進行大小等級（order-of-magnitude）分析。

確認及計算算術表示式的演算法首先在第二部分的遞迴文法中介紹，在第三部分又用於堆疊的應用上；圖形搜尋及巡行是另兩種重要的堆疊應用，事件驅動模擬則當作一種佇列應用來介紹。

組 織

本書第一部分的標題是：“結構化程式設計與問題解決”。我們將第一部份視為“複習”，主要乃在強調程式設計的一些基本觀念及技巧，對於問題解決則較少涉及。因此第一部分的內容中，許多是導論課程之延伸。複習的主題包括：PASCAL 的程式設計，PASCAL 檔案，指標變數及鏈結串列。關於指標變數及鏈結串列的介紹，都假設讀者未曾學過。第一部分也包含了一個個案研究，此個案研究製作了一個交談式的存貨系統。

第二部份係探討“遞迴”。運用遞迴思考的能力是電腦科學家所須具備的。以遞迴洞察一個觀念，問題或演算法常能協助我們了解其本質。

我們對遞迴之處理強調直觀甚於強調其運作原理。我們相信對遞迴的真正了解係一再地接觸問題及觀念的遞迴定義。我們希

望各位在看完本書之後，能將遞迴當作個人處理問題技巧中的一部分。

第三部分介紹“以資料抽象化爲解題工具”。我們強調資料抽象化在問題解決過程中所扮演的角色並輔以逐步發展完整的演算法。我們介紹基本的抽象資料型態（ADT）並製作這些 ADT 的資料結構，同時強調針對特定問題選擇適當資料結構時權衡利弊得失的重要，資料結構的選擇常在於循序結構與鏈結結構的取捨。

抽象資料形態分爲兩大類：以位置組織資料及以其值組織資料。屬於前者的如：堆疊、隊列及有序串列。屬於後者的如：表格、優先隊列等。對 ADT 表格之探討，是本書中重要的一部分。表格必須有效率地支援傳統的資料儲存與查索操作；如，依資料之值插入，刪除及搜尋。我們對各種不同表格結構的探討，將使我們考慮其效率的問題，因此，我們非正式的介紹了大小等級分析的觀念。並以對表格線性結構的分析引發探討二元搜尋樹結構的動機。

第四部介紹“資料管理之高級技巧”——更高級的資料結構與演算法。我們發展 2-3 樹及雜湊表格結構，並分析各結構可有效地支援那些操作。然後，我們考慮外部隨機存取檔案內資料之排序與索引問題。我們介紹合併排序法在外部檔案上之運用，以及如何將內部的雜湊架構及 2-3 樹分別衍生成外部檔案的雜湊及 B-樹索引。最後一章介紹“Big-O”之表示法，並用它來比較四種排序演算法。

在各種課程中之使用建議

藉著適當地選擇強調的重點，教師能輕易地將本書用於各種不同的課程中。以下是我們的建議。

用於 ACM 中 CS-2 的課程：如果在介紹 PASCAL 的課程中，強調過結構化程式設計並談及第二章中高級的 PASCAL 主題，則讓學生自行溫習本書的前兩章。反之，若在介紹 PASCAL 的課程中僅涉及基本的 PASCAL 語言，則必須投入一些時間在第一及第二章。不論是上述的何種狀況，第三章鏈結串列的發展都須在課堂上強調。第三章的個案研究必須用

來強化第一、二章所討論的觀念。即使早已學過類似教材的學生亦不可略過。

在課程中至少要涵蓋到第十章為止的教材。第十一至十三章之內容則可視時間而取捨。關於 2-3 樹、雜湊、外部搜尋，及演算法的比較等，都可依順序介紹，亦可予以全部略過。

CS-2

第一部分：一半以上。

第二部分：全部。

第三部分：全部。

第四部分：一半以下。

用於初級的資料結構課程：有些學校，大學部中的資料結構課程排得較早。在這種課程中可優先強調第六章至第十三章的內容。也就是說，儘量少費時間於第一、二兩章，而且可以略去遞迴中的某些題材。可選擇類似第十一章中的專題加以練習，運用 2-3 樹及雜湊法去發展程式。

初級的資料結構

第一部分：少部份範圍。

第二部分：一半以下。

第三部分：全部。

第四部分：全部。

用於第二、三學季的課程：

本書亦可用於採學季制的學校。如果第一學季有介紹 PASCAL 的課程，則第一、二部分及第三部分的前半內容適宜在第二學季中講授，第三學季則介紹第三部分的後半內容及第四部分的全部。

第二學季

第一部分：全部。

第二部分：全部。

第三部分：前半部。

第三學季

第三部分：後半部。

第四部分：全部。

本書特色

■個案研究

■習題

■關於檔案之程式設計

■教師手冊

■每章要旨

■軟體支援

■每章摘要

■經過試用

■注意事項

爲解說“真實世界的程式設計”，我們發展並一再改良一個交談式的存貨管理程式。其目的在示範由上而下設計與模組化在發展及修改大程式時能提供無價的協助。爲了使存貨管理程式及其他的問題更切合實際的應用，我們需要應用外部檔案，故而書中的許多程式應用到PASCAL的檔案，而在第十二章中，亦考慮了隨機存取檔案。

本書每章前都有要旨，章末亦附摘要，要旨在導引學生進入該章之學習主題，而摘要則在釐清學生之正確觀念並糾正學生在觀念及技巧上可能的錯誤。課後的習題在強化課文中可提之重點，有些僅是供學生自我考核的題目，但大部分都是思考性的問題及程式設計的專題，最富挑戰性的題目都標上星號以資識別。

隨書還附有教師手冊，其中包含習題及程式專題之解答以及其他專題之建議，同時亦提供書中所有程式之軟體以資利用。

謝 誌

首先感謝我們的總編輯 Alan Apt。它促使我們開始了這個計劃，也由於他的信賴，使我們持續下去。Alan 同時提供我們寶貴的指導與協助。我們也要感謝勤奮而能幹的助理，Mary Ann Telatnik。我們的出版編輯，Larry Olsen，對本書之完稿提供卓越的貢獻。

在本書出版過程中，以下諸位使用過我們的原稿，並提出許多具體的建議與貢獻，謹向他們致謝：Sto Bell、Uris Jensen、Sue Medeiros、Clever Moler、John Rowe 以及所有新墨西哥大學中使用較早手稿的學生們。我們亦要特別感謝繪製書中插圖的 Stephanie Horoschak；及 Philip Carrigan 及其在東北大學中實際使用本書的學生們。最後，感謝我們的諸位評閱者：

Finally, we would like to thank our reviewers:

Richard Botting, California State University, San Bernardino

Philip Carrigan, Northeastern University

Michael Clancy, University of California, Berkeley

Shaun Cooper, University of New Mexico

Ken Lord, Queens College, New York

Andrew Oldroyd, Washington University, St. Louis

David Radford, University of Illinois, Chicago

Richard Snodgrass, University of North Carolina

Paul Spirakis, New York University

Clinton Staley, University of California, Santa Barbara

Brad Wilson, Western Kentucky University

Paul Helman

Robert Veroff

譯者序

資料結構是計算機科學中最基本的學科之一，其探討的論題都是實際運用計算機解決問題時必須面對的。原作者 Paul Helman 及 Robert Veroff 針對者資料結構與解題策略間的密切關係，以最深入淺出的方式將資料結構做了極完整的介紹與剖析，極適合於初學者研讀，亦可提供進階者寶貴的參考。

全書計分四大部分：

第一部分綜論結構化程式設計與解題策略。

第二部分介紹重要的遞迴觀念。

第三部分著重資料抽象化觀念及堆疊、隊列、串列等基本結構。

第四部分探討進階之資料結構及資料管理方面的重要論題。學習者可依自身之背景與需求，斟酌研讀其章節。作者在原序中已有詳細的介紹，於此不再贅述。

本書之編譯雖在盡求完美之要求下進行。但是，或由於才疏學淺，或由於掛一漏萬，難免有誤謬及待改進之處，還請諸先進、學者不吝指教。

本書之得以順利出版，除感謝全華科技圖書公司全體同仁之鼎力協助之外，更要對不斷支持與鼓勵的許書務兄致上最高的謝意。

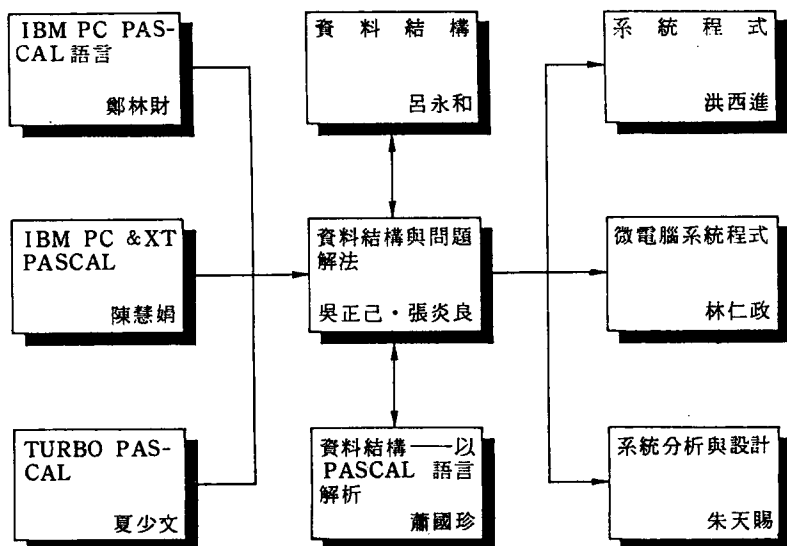
吳正己 謹識于 台北
張炎良

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

目前市面上講資料結構的書，大部份僅是以很死板的方式介紹，本書則是為初學者而寫，在章節的編排上作了精心的設計，我們在每章前都有要旨來導引讀者進入學習主題，在章末則有摘要來釐清讀者的正確觀念並糾正讀者在觀念及技巧上可能的錯誤，是大專電子、資訊科系資料結構的最佳教科書。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習電腦方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。





錄

第

一

部 份

結構化程式設計與問題解決

第 1 章 結構化程式設計複習	2
1.1 問題解決與程式設計	3
1.1-1 何謂問題解決	3
1.1-2 解決問題的工具	4
1.1-3 何謂好的解題法	5
1.2 程式設計問題摘要	7
1.2-1 透過由上而下設計的模組化	8
1.2-2 易修改性	11
1.2-3 使用者介面	14
1.2-4 防錯的程式設計	15
1.2-5 格 局	23
1.2-6 除 錯	30
1.3 摘 要	33
1.4 注意事項	33
習 題	34
專 題	35
第 2 章 高階PASCAL複習	38
2.1 檔 案	39
2.1-1 一般檔案	42
2.1-2 文字檔案	53

2.2	指 標	61
2.3	有關PASCAL的一些補充說明	75
2.4	注意事項	77
2.5	摘 要	78
	習 題	79
	專 題	82
第 3 章	鏈結串列	83
3.1	鏈結串列之程式設計	84
3.1-1	從鏈結串列中刪除一個特定節點	85
3.1-2	將節點插入特定位置	87
3.1-3	有序鏈結列之插入與刪除程序	89
3.1-4	虛擬首節點	99
3.1-5	記憶體管理	101
3.1-6	自檔案中存取鏈結串列	105
3.2	個案研究：存貨管理	110
3.2-1	存貨問題之描述	110
3.2-2	存貨問題的解題法	111
3.2-3	解題法之由上而下設計	112
3.2-4	由下而上地發展程式	129
3.2-5	程式之最後改良	132
3.3	摘 要	155
3.4	注意事項	156
	習 題	156
	專 題	158

第 4 章	遞迴簡介	162
4.1	遞迴解題法	163
	重要概念	165

4.1-1	階 乘	165
4.1-2	字串反向印出	172
4.2	計 算	184
4.2-1	整數的乘冪	184
4.2-2	兔子的繁殖	188
4.3	排列組合	191
4.3-1	史波克先生的難題	191
4.3-2	瘋狂的科學家	193
4.4	搜 尋	195
4.4-1	尋找陣列中最大的元素	195
4.4-2	二元搜尋	196
4.4-3	尋找陣列中第 k 小的元素	202
4.5	遞迴與效率	205
4.6	注意事項	207
4.7	摘 要	207
	習 題	207

第 5 章 以遞迴當解題工具 212

5.1	問題處理	213
5.1-1	漢諾塔	213
5.1-2	排 序	219
5.2	定 義	235
5.2-1	基本文法	236
5.2-2	兩種簡單的語言	238
5.2-3	算術表示式	240
5.2-4	更複雜的算術表示式	252
5.3	遞迴與數學歸納法之關係	260
5.3-1	遞迴階乘函數之正確性	261
5.3-2	漢諾塔的解題代價	262
5.4	摘 要	264
5.5	注意事項	265
	習 題	265

第 6 章 資料抽象化	270
6.1 簡 介	271
6.2 抽象資料型態	275
6.3 ADT 的製作——資料結構	279
6.4 以 ADT 發展程式的實例	285
6.5 ADT 堆疊的製作	290
6.5-1 ADT 堆疊的循序結構	291
6.5-2 ADT 堆疊的鏈結結構	295
6.5-3 不同結構方式間的轉換	299
6.6 摘 要	301
6.7 注意事項	301
習 題	302
專 題	304
第 7 章 堆 疊	306
7.1 再談 ADT 堆疊	307
7.2 ADT 堆疊的兩種簡單應用	309
7.3 堆疊的複雜應用	312
7.3-1 算術表示式	312
7.3-2 圓形搜尋	326
7.4 堆疊與遞迴之關係	345
7.5 ADT 堆疊的衍化：可巡行堆疊	351
7.5-1 運用雙鏈結串列的結構	354
7.6 摘 要	361
7.7 注意事項	362
習 題	362
專 題	364

第 8 章 隊 列	366
8.1 ADT 隊列	367
8.2 ADT 隊列的製作	367
8.2-1 鏈結結構的 ADT 隊列	368
8.2-2 循序結構的 ADT 隊列	371
8.3 ADT 隊列的應用	376
8.4 位置導向的 ADT 總結	391
8.5 摘 要	393
8.6 注意事項	393
習 題	393
專 題	395
第 9 章 ADT 表格：線性與非線性結構	398
9.1 ADT 表格	400
9.2 保持整體觀念	404
9.3 線性結構：以資料串列製作 ADT 表格	405
9.3-1 情境 A：無特定順序地插入與巡行	407
9.3-2 情境 B：有序情況下巡行	408
9.3-3 情境 C：有序情況下巡行與查索	410
9.3-4 情境 D：有序情況下巡行、插入與刪除	412
9.4 二元樹	416
9.4-1 製 作	419
9.4-2 巡 行	420
9.4-3 滿樹與完全樹	426
9.5 非線性結構：以二元搜尋樹製作之 ADT 表格	432
9.6 二元樹的插入及刪除操作	437
9.7 二元搜尋樹演算法之效率	443
9.8 二元搜尋樹結構之細節	445
9.9 摘 要	459
9.10 注意事項	459
習 題	460

第10章 ADT表格的演變	465
10.1 ADT 優先隊列	466
10.1-1 完全樹的循序表示	469
10.1-2 錐 疊	470
10.1-3 以錐疊製作優先隊列	470
10.2 個案研究：錄影帶存貨管理系統之改良	478
10.2-1 修改先前的程式	480
10.2-2 增加新的功能	494
10.3 以多種結構管理資料	501
10.3-1 觀 念	501
10.3-2 雙鏈結串列	504
10.4 摘 要	508
10.5 注意事項	508
習 題	508
專 題	510

第四 部 份

資料管理之高級技巧

第11章 高階ADT表格結構	514
11.1 平衡搜尋樹	515
11.2 AVL 樹	517
11.3 2-3 樹	519
11.3-1 2-3 樹的插入操作	525
11.3-2 2-3 樹的刪除操作	530
11.4 雜 湊	538
11.5 優良雜湊函數的要件	545
11.6 注意事項	548
11.7 摘 要	548
習 題	548
專 題	551

第12章 外部記憶體資料的管理	552
12.1 外部記憶體概觀	553
12.2 外部檔案資料的排序	556
12.3 外部表格的搜尋	563
12.3-1 外部表格的索引	566
12.3-2 外部雜湊	569
12.3-3 B- 樹	573
12.3-4 巡 行	582
12.3-5 多重索引	584
12.4 摘 要	585
12.5 注意事項	585
習 題	586
專 題	588
第13章 排序演算法比較	589
13.1 如何分析演算法	590
13.1-1 大小等級分析	591
13.1-2 Big O的觀念	593
13.1-3 保持整體觀念	594
13.2 四種排序演算法之比較	595
13.2-1 插入排序	595
13.2-2 快速排序	596
13.2-3 合併排序	597
13.2-4 錐疊排序	598
13.3 摘 要	603
13.4 注意事項	603
習 題	604