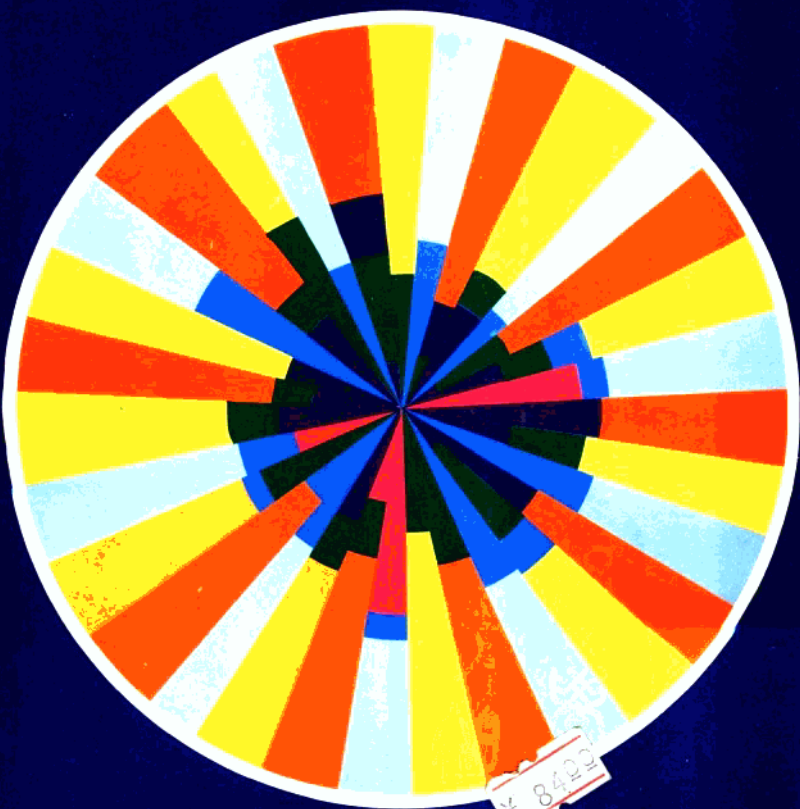


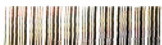
離散數學與計算機 科學之應用

陳永佳、編譯



全華科技圖書股份有限公司 印行

9411261



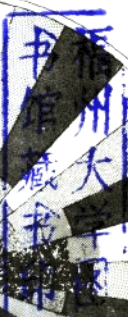
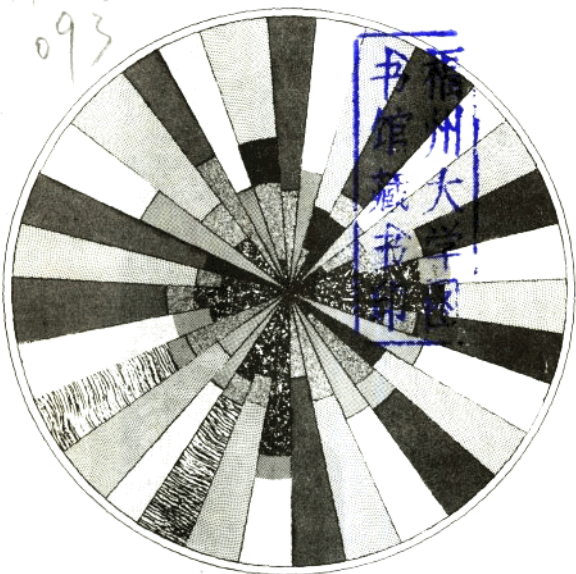
9411261

大 專 用 書

離散數學與計算機 科學之應用

陳永佳 編譯

TP301.6
093



全華科技圖書股份有限公司 印行

國立中央圖書館出版品預行編目資料

離散數學與計算機科學之應用 / 陳永佳編譯。

-- 初版。-- 臺北市：全華，民79

面；公分

譯自：Discrete mathematics with
computer science applications

ISBN 957-21-0070-X (平裝)：新臺
幣 310 元

1. 離散數學 2. 電腦

314.9

79000321

法律顧問：陳培受律師

離散數學與計算機科學之應用

陳永佳 編譯

定價新台幣 310 元

初版 / 79年10月

圖書編號 0111985

出版者 / 全華科技圖書股份有限公司

地址：台北市麗江路76巷20-2號2樓

電話：5071300(總機) FAX:5062993

郵政帳號：0100836-1 號

發行人 / 陳 本 源

印刷者 / 宏懋打字印刷股份有限公司

版權所有·翻印必究

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

我們的宗旨：

提供種類完備的教科書 為科技中文化再創新猷

資訊蓬勃發展的今日
全華本著「全是精華」的出版理念
以專業化精神
提供優良科技圖書
滿足您求知的權利
更期以精益求精的完美品質
為科技領域更奉獻一份心力！

... 為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

**DISCRETE MATHEMATICS
WITH
COMPUTER SCIENCE APPLICATIONS**

Romualdas Skvarcius
Boston University

William B. Robinson
The Foxboro Company

原 序

本書之目的在介紹離散數學及它在計算機科學上之應用，俾使攻讀計算機科學的學生有一套適切的數學工具以解決他們在更高級課程中的問題。本書適用於大一與大二主修電腦課程之學生。在此我們假設閱讀本書的讀者，均已在高中修習過代數。

在本書中，我們選擇的題材，對初學者而言應是必需的，而且也是可完全瞭解的。內容的主題是離散數學，提供了一套頗有用的工具用以將計算機科學中的問題模式化，就如同微積分與連續數學提供了一套工具用以將物理學與工程學模式化。

此書完全符合 ACM（美國計算機協會）與 IEEE 電腦協會所推薦的離散結構課程標準。它同時也滿足 MAA 大學數學課程委員會所制定的應用代數第四集課程標準的需求。

章節教授法

我們嘗試使本書以最平實，最友善的型態呈現給讀者，本書設計有幾個特色，俾利學生能以自學的方式去確立各種觀念與技術。

例題與自我評量

在本書中所介紹的各種主要觀念，每一節中均有一組自我評量的問題。學生在閱讀本書時應盡量嘗試去回答這些自我評量的問題集，而自我評量問題的解答均附在每一章後面，以提供學生作立即的回饋。

章節習題

在每一節之後均附有內容豐富的習題，而在每一章之後也有完整的複習題，可用以補足各節的習題。而每一節習題與複習題的奇數題解答均附在本書之後。另在複習題中有些是真正的程式問題，可在程式課程中做為作業或做為選修計劃。在較困難的複習題前均冠以*號。

計算機科學應用

從第2至第10章，我們也討論了各章中提到的觀念在計算機科學中最主要的應用領域，這些應用章節是供選修用的教材，也可作為課後之閱讀資料。我們希望這些應用章節能使學生相信各章所涵蓋之課題並不只是無用的數學，而是每天實際使用以解決計算機科學上的各種問題。本書有關應用及其相關數學理論陳列如下：

應 用	數 學 主 題	章
專家系統	邏輯與集合	2
相關式資料庫	關係與函數	3
排序演算法最差狀況分析	組 合	4
語言與剖析	無向圖形	5
通訊網路的線路演算法	有向圖形	6
電路設計	布林代數	7
編碼理論	群 論	8
問題解決	有限狀態自動機	9
排序演算法之平均情況分析	機 率	10

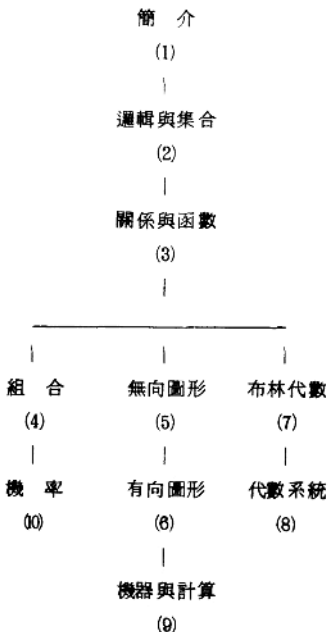
辭彙解釋

本書所使用的主要術語辭彙均收錄在本書最後之辭彙解釋中，以方便讀者更容易查閱。

如何使用本書

章節架構

我們已儘可能使各章能各自獨立，以便各個不同課程的教師能依需要從本書中取材，各章之關係我們以下面樹狀表示之。



假如一教師決定不要將有限狀態自動機表為有向圖形，則在機器與計算中的教材可以與有向圖形分開討論，將不會造成太大的困難。

我們已成功的在一個學期中使用前7章加上第10章的教材。在應用代數課程中，從第8章開始的教材可用以替代第10章。

如果課程是以語言理論或計算理論為主導，則第 9 章應涵蓋在內。

涵蓋主題

基本 第一章中介绍離散數學與模式化之觀念，演算法的觀念與用以表示演算法的簡單語言。第 2 章涵蓋邏輯與集合的基本理論，它們在本書的其餘各章中均被使用到。同時，頗具重要性的數學歸納法原則在此也被提及。本章中也包含一個選修的章節，討論演算法的正確性。在應用章節中討論邏輯的使用與專家系統中使用的集合。第 3 章介紹關係與函數的觀念及它們的許多性質。在應用章節中我們檢視了 n 元關係的運算，它們被用在資料庫管理系統中。當學生在基本數學已有一些基礎時，前 3 章可以很快的教過。

組合 第 4 章，組合涵蓋了有限集合基本的計數法則，包括排列與組合。一個選修的章節說明這些如何被使用在演算法的分析中。應用章節則涵括分析排序演算法的課題。

圖形 第 5 章介紹無向圖形，包括路徑與線路，連通與樹。應用章節則說明圖形在形式語言語法上之應用。第 6 章專注於有向圖形，也完成對圖形的研究。特別的，拓撲排序法與各種路徑問題均以演算法解答，而應用章節則說明在通訊網路中路線問題如何模式化及如何使用有向圖形解決。

布林代數 第 7 章，布林代數，以標準的布林陳式理論上的結果為開始，涵蓋了經由卡諾圖使陳式極小化，以開關理論做為例證，最後以應用章節作為結論。說明布林邏輯如何被使用作為設計 2 位元加法器。

抽象代數 第 8 章向學生介紹抽象代數系統，且經由例題說明代數如何被用以整合本書中所介紹的許多題材。考慮的結構有半群 (semigroup)、單群 (monoids) 與群 (group)，以及從已存的各種結構中經由乘積與商的運算建立新結構的各種方法。而

最後應用章節則以討論群碼的錯誤偵測與更正，作為本章之結束。

計算模型 第9章所關注的是抽象化的計算模型，在頻譜兩端的計算能量被定義為：有限狀態自動機與杜林機器。每一種型態的機器均以語言辨識機與函數計算機的角色被討論。而應用章節則說明有限狀態自動機如何被用來作為解決問題的模型。

機率 最後一章在介紹離散機率理論。僅涵蓋最基本的題材，包括均勻機率空間，條件機率與貝氏定理（Bayes' Theorem）二項式分配，及期望值。應用章節則處理兩個排序演算法的平均情況分析。

感 謝

我們感謝波士頓大學的學生，在沒有其他適當的教科書使用時，使用本書早期的草本，幫助我們找出本書許多錯誤之處。同時也感謝其他的校對者，他們在本書的架構與內容上提供了許多寶貴的建議。

Michael Townsend, Columbia
University

Margaret Cozzens, Northeastern
University

Douglas Campbell, Brigham
Young University

Udi Manber, University of
Wisconsin

Anthony Evans, Wright State
University

Peter Linz, University of California
at Davis

David Cantor, University of
California at Los Angeles

Richard Pollock, New York
University
Andreas Blass, University of
Michigan
Anthony Ralston, State
University of New York at Buffalo
Chris Brown, University of Rochester
Jim Calhoun, University of Iowa
Fred S. Roberts, Rutgers
University
Kirby Baker, University of California at LA
Donald Friesen, Texas A&M
University

Romualdas Skvaricus
William B. Robinson

譯 序

倘若您是個新鮮人或者是初入計算機科學領域的人，則必然的，離散數學是您必修的課程之一。筆者在大學時期是主修數學的，但在赴美學習計算機科學時（在Univ. of Indiana, Bloomington），系中之學生顧問却硬是不准免修離散數學這一科目，其理由是離散數學並非純粹之數學理論，而是進入計算機科學領域的入門科目，任何數學系畢業的學生均非修不可。

什麼是離散數學呢？為何離散數學在計算機科學的學習是如此重要呢？當您讀完本書之後，相信您會有更深刻的瞭解。同時本書可讓您更深信理論絕對是實務的基礎，我想熟知計算機應用的先進們應可印證這一點吧！畢竟像Dr. Knuth（The Art of Computer Programming之作者），這種有“金頭腦”的人並不多見，而經由這些演算法的研究與歸納，使得現在不只是解決問題，而是解決得更有效率。同學們見賢思齊，亦當勉力為之！

國內各大學及研究所大部份均採用C.L. Liu所著之兩部有關離散數學的著作。全華圖書自國外引進這本已被國外各著名大學所廣泛採用的離散數學教科書。我們希望藉由國內教材的多元化能更快速提升國內教學的水準，亦希望教育界先進能多予採用，不吝指正。

本書內容充實，有心的讀者如用心研讀，必將有所心得。最後要感謝全華圖書全體同仁的支持與幫忙及中科院諸位同仁之襄助，本書才得以出版。

陳永佳 謹識

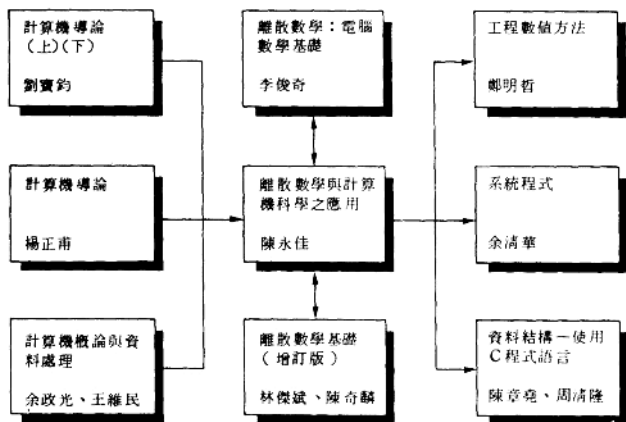
編輯部序

「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。

本書以最平實的方式介紹離散數學及其在計算機科學上之應用，使讀者瞭解本書的題材並非只是枯燥的數學理論，而是可以實際使用，以解決計算機科學上各種問題的一套有系統的工具。而本書最大的特色在於各章節中均提供例題、自我評量及詳解，使讀者能以自學的方式去確立各種觀念與技術。另章節內容的獨立性設計也可使教師視實際之教學情況自行取材，故本書除了可適用一般人自習離散數學之外，也非常適合做為大學低年級“計算機科學”與“應用數學”課之教材。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，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。

流 程 圖



目 錄

第1章 離散數學之導論	1
1.1 何謂離散數學？	2
1.2 工具、技術與方法論	3
1.3 演算語言	7
1.3.1 虛擬碼	8
1.3.2 指派敘述	9
1.3.3 控制敘述	10
1.3.4 有關演算法之註釋	17
1.4 總 結	18
1.5 複習問題	19
第2章 邏輯與集合	23
2.1 邏輯與命題	24
2.1.1 命 題	24
2.1.2 邏輯運算	25
2.2 述語邏輯	33
2.3 證 明	36
2.3.1 直接證法	37
2.3.2 對偶證法	37
2.3.3 矛盾證法	38
2.3.4 存在證法	38
2.3.5 反 例	39

2.4	數學歸納法	40
2.4.1	數學歸納法之原則	40
2.4.2	歸納式的定義	43
2.5	演算法之正確性(選修教材)	46
2.5.1	確 證	46
2.5.2	順序敘述	47
2.5.3	條件敘述	48
2.5.4	反 覆	51
2.6	集合之基本性質	55
2.6.1	集合之定義	55
2.6.2	一些特別的集合	56
2.6.3	集合的運算	57
2.6.4	性質與恆等式	60
2.7	再談集合	64
2.7.1	冪集合	64
2.7.2	積集合	65
2.7.3	集合之分割	68
2.8	應用：淺談以知識為基礎的系統	70
2.8.1	一個範例：有關家庭的事實	71
2.8.2	推論規則	71
2.8.3	查 詢	72
2.9	總 結	73
2.10	複習問題	76
2.11	自我評量解答	82
第3章	關係與函數	85
3.1	關 係	86
3.1.1	二元關係	86
3.1.2	關係之圖形表示法	87
3.1.3	關係之矩陣表示法	90

3.2	關係之性質	93
3.2.1	相等關係與分割	96
3.2.2	有序關係	99
3.2.3	遞移封閉	101
3.3	關係之合成	104
3.3.1	邏輯矩陣乘積	105
3.3.2	自等關係	108
3.3.3	相反關係	109
3.4	函數	111
3.4.1	單射與全射	113
3.4.2	函數與基數	114
3.4.3	可逆函數	116
3.4.4	二元運算	118
3.4.5	在電腦語言上之函數	119
3.5	應用：資料庫管理系統	122
3.5.1	n 元關係之運算	123
3.6	總 結	126
3.7	複習問題	128
3.8	自我評量解答	134
第4章	組合數學	139
4.1	自一集合中選擇元素	141
4.1.1	定 義	142
4.1.2	計數公式	144
4.2	型樣與分割	154
4.2.1	型 樣	155
4.2.2	分 割	157
4.3	演算法分析（選修教材）	161
4.3.1	次方的種類	162
4.3.2	常見的次方種類	164