

數值方法與程式

章 目 錄

1. 非線性方程式的解法	1
2. 數值積分法	31
3. 聯立線性方程式	61
4. 大型稀疏矩陣之分解	103
5. 矩陣之儲存方法	127
6. 對稱矩陣之特徵值問題	153
7. 一般矩陣之特徵值問題	185
8. 函數插值法	223
9. 曲線近似法	263
10. 多項式之根	275
11. 誤差分析	305
12. 常微分方程之數值解法	321
13. 偏微分方程之數值解法	353
14. 線性規劃問題	379
15. 整數線性規劃問題	409
16. 零壹規劃問題	431
17. 快速富利葉轉換法	453
18. 資料排序法	495
19. 減少矩陣帶寬之結點排序法	521
20. 隨機亂數之產生法	545
21. 函數的極值問題	565
22. 結構系統參數識別	617
23. 管網獨立迴路之建立	641

數值方法與程式

目 錄

1. 非線性方程式的解法	1
1.1 前言	1
1.2 直接代入法	1
1.3 牛頓-瑞福生法	4
1.4 半區間法	5
1.5 割線法與假位法	8
1.6 重根之處理	10
1.7 黑箱作業程式	11
1.8 多元聯立非線性方程式之解法	15
1.9 多元直接代入法	15
1.10 多元牛頓-瑞福生法	16
1.11 遞迴運算法	18
1.12 反覆試算法	20
1.13 牛頓-瑞福生法之幾何意義	22
1.14 弧長控制法	23
1.15 奇異勁度矩陣之處理	26
2. 數值積分法	31
2.1 前言	31
2.2 梯形面積法	31
2.3 辛蒲生法	32
2.4 倫伯格積分法	32
2.5 倫伯格積分法之副程式 <i>ROMBRG</i>	35
2.6 高斯積分法	37
2.7 常用正交函數	40
2.8 奇異值之積分	47
2.9 無限區間之積分	50
2.10 自動布點積分法-倫伯格積分樹	51

3.	聯立線性方程式	61
3.1	前言	61
3.2	聯立方程式之求解	62
3.3	高斯消去法與矩陣分解法	63
3.4	對稱矩陣之特殊處理與克雷斯基分解法	67
3.5	帶狀矩陣之考慮	68
3.6	變寬帶矩陣之考慮	69
3.7	對角線為零之處理	70
3.8	矩陣分解對列或行變換之處理	71
3.9	副程式 <i>CUDECP</i> -不對稱帶狀矩陣	75
3.10	副程式 <i>CBDECP</i> -對稱帶狀矩陣	79
3.11	副程式 <i>VBDECP</i> -對稱變寬帶矩陣	83
3.12	副程式 <i>LUPPDC</i> -不對稱滿矩陣部分樞紐	87
3.13	副程式 <i>LUFPPDC</i> -不對稱滿矩陣徹底樞紐	89
3.14	一般矩陣之分解與求解用例	96
3.15	副程式 <i>CVPPDC</i> -不對稱帶狀矩陣部分樞紐	98
4.	大型稀疏矩陣之分解	103
4.1	前言	103
4.2	簡介	103
4.3	原理及方法	105
4.4	p 值之決定	106
4.5	程式之處理	106
4.6	對稱變寬帶矩陣之分解與求解程式	109
4.7	不對稱變寬帶矩陣之分解與求解程式	117
5.	矩陣之儲存方法	127
5.1	前言	127
5.2	矩陣程式設計的幾個問題	127
5.3	帶狀矩陣之儲存法	133
5.4	變寬帶矩陣之儲存法	135
5.5	資料長度不等之處理	136
5.6	副程式 <i>CUDECP</i> 用於濃縮帶狀矩陣之用例	137
5.7	結構分析應用-勁度矩陣以帶狀矩陣儲存	141
5.8	結構分析應用-勁度矩陣以變寬帶矩陣儲存	149

6.	對稱矩陣之特徵值問題	153
6.1	前言	153
6.2	相似轉換	154
6.3	對角矩陣之特徵值及特徵向量	155
6.4	賈柯比法	156
6.5	一般特徵值問題	158
6.6	芮萊法	162
6.7	芮萊瑞茲法	162
6.8	乘冪法	164
6.9	次空間法	164
6.10	副程式 <i>JACOBI</i>	166
6.11	副程式 <i>AVEXBV</i>	170
6.12	副程式 <i>SUBSPC</i>	177
7.	一般矩陣之特徵值問題	185
7.1	前言	185
7.2	複數係數矩陣之處理	186
7.3	解標準特徵值問題之二階段	187
7.4	相似轉換	188
7.5	相似轉換之探討	191
7.6	對角元素之大小順序與非對角元素之收斂	193
7.7	特徵值推移法	195
7.8	特徵值雙推移法	196
7.9	帶矩陣之處理	197
7.10	準三角矩陣之特徵值與特徵向量	198
7.11	一般特徵值問題之解法	200
7.12	矩陣係數之平衡	203
7.13	由特性方程式計算特徵值	204
7.14	一般特徵值問題之直接解法	205
7.15	程式	207
8.	函數插值法	223
8.1	前言	223
8.2	拉格蘭治多項式	224
8.3	拉格蘭治插值法	225

8.4	除式差分表	227	
8.5	牛頓插值公式	228	
8.6	副程式 <i>DIFINT</i>	232	
8.7	副程式 <i>NEWTON</i>	234	
8.8	葉特肯插值公式	236	
8.9	副程式 <i>AITINT</i>	238	
8.10	有理函數之紀雷插值公式	240	
8.11	副程式 <i>THIINT</i> 與 <i>THIELE</i>	242	
8.12	楔曲線近似法	246	
8.13	副程式 <i>SPLINE</i> , <i>SPLINF</i> 與 <i>SPLING</i>	250	
8.14	副程式 <i>SPLINO</i> , <i>SPLIN2</i> 與 <i>SPLIN3</i>	254	
9.	曲線近似法		263
9.1	前言	263	
9.2	最小二乘法	264	
9.3	$[Q][U]$ 分解法	265	
9.4	曲線近似法	267	
9.5	指數函數之近似	268	
9.6	副程式 <i>QUSOL</i>	269	
9.7	主程式 <i>CURMN</i>	272	
10.	多項式之根		275
10.1	前言	275	
10.2	葛雷非法	278	
10.3	複數根之幅角之求法	280	
10.4	貝爾斯脫法	283	
10.5	牛頓法	286	
10.6	複數係數多項式	288	
10.7	求多項式根之程式	288	
11.	誤差分析		305
11.1	前言	305	
11.2	誤差來源	306	
11.3	誤差之表示法	307	
11.4	誤差傳播	308	
11.5	誤差過大之範例	310	

12. 常微分方程之數值解法	321
12.1 前言	321
12.2 高階轉化為一階之方法	322
12.3 各種數值解法簡介與特性比較	323
12.4 各種數值解法之推導	324
12.5 穩定條件之分析	329
12.6 二階常係數微分方程之數值解法	331
12.7 步長之決定與誤差控制	334
12.8 巴利希史特爾法	336
12.9 邊界值問題	337
12.10 以聯立差分式解邊界值問題	339
12.11 副程式 <i>RUNGEC</i>	342
12.12 副程式 <i>ADAMSC</i>	346
13. 偏微分方程之數值解法	353
13.1 前言	353
13.2 二階偏微分方程式之分類	354
13.3 拋物線型方程式之數值解法	356
13.4 穩定條件之分析	358
13.5 橢圓型方程式之數值解法	359
13.6 不規則邊界之處理	362
13.7 雙曲線型方程式之數值解法	354
13.8 雙曲線型方程式之解析解	365
13.9 雙曲線型方程式之特性曲線法	367
14. 線性規劃問題	379
14.1 前言	379
14.2 線性規劃問題之標準型	379
14.3 線性規劃問題的幾何圖解	380
14.4 單一法	381
14.5 無初始合理解之處理-虛設變數	384
14.6 基元向量之省略	388
14.7 線性規劃問題的對偶性	391
14.8 上限限制	394
14.9 線性規劃副程式與試用程式	396

15. 整數線性規劃問題	409
15.1 前言	409
15.2 整數線性規劃問題	410
15.3 分支與限值法	411
15.4 節點之資料表示法	413
15.5 變數類型與離散數之儲存方式	414
15.6 切面法	415
15.7 p 個條件至少滿足 q 個之束制式	418
15.8 目標函數在某條件時加一固定值	419
15.9 由0或1變數決定某條件須否滿足之束制式	419
15.10 由某條件產生0或1變數值之束制式	420
15.11 離散數線性規劃程式	421
16. 零壹規劃問題	431
16.1 前言	431
16.2 零壹線性規劃問題	432
16.3 可由視察法求解之零壹線性規劃問題	432
16.4 變數值組合之層次及網路	434
16.5 巴拉斯法之評估路線	435
16.6 以堆疊控制評估路線	436
16.7 巴拉斯法之評估方法	438
16.8 範例	439
16.9 整數線性或非線性規劃問題	443
16.10 零壹非線性規劃問題	443
16.11 有條件之束制式	444
16.12 排除部分變數之組合解之束制式	446
17. 快速富利葉轉換法	453
17.1 前言	453
17.2 頻率域分析法	454
17.3 富利葉級數的複數表示法	455
17.4 富利葉級數之數值計算式-離散富利葉轉換	456
17.5 非週期性函數之富利葉積分	457
17.6 富利葉級數與富利葉積分之異同	459
17.7 利用 FFT 解動力反應之注意事項	462

17.8	暫態反應之計算	464
17.9	無阻尼系統之反應	465
17.10	利用富利葉轉換求拉卜拉斯轉換及反轉換	465
17.11	快速富利葉轉換之原理	466
17.12	程式之考慮	470
17.13	實數及共軛複數之轉換	472
17.14	正弦及餘弦轉換	473
17.15	半正弦及半餘弦轉換	473
17.16	二維轉換	476
17.17	其他注意事項	477
18.	資料排序法	495
18.1	前言	495
18.2	氣泡排序法	495
18.3	震動排序法	497
18.4	堆積排序法	498
18.5	快速排序法	502
18.6	指標排序	505
18.7	與關鍵值之資料類型無關的排序副程式	508
18.8	穩定排序	517
18.9	快速排序法與堆積排序法運算量之比較	517
19.	減少矩陣帶寬之結點排序法	521
19.1	前言	521
19.2	結點號碼與矩陣元素排列之關係	522
19.3	圖形之資料表示法	523
19.4	矩陣之帶寬與包圍量	525
19.5	RCM(Reverse Cuthill-McKee)法	525
19.6	反向排列之道理與包圍量之求法	528
19.7	多根頂層之考慮	530
19.8	有限元素網之結點排序法	531
19.9	副程式 <i>GRAPHS</i> 與 <i>GENRCM</i>	532
19.10	副程式 <i>FEMRCM</i>	537
19.11	有限元素分析程式之修改範例	543

20.	隨機亂數之產生法	545
20.1	前言	545
20.2	均勻分布隨機亂數之產生	545
20.3	產生均勻分布隨機亂數之副程式	547
20.4	均勻分布隨機亂數之其他求法	549
20.5	其他分布之隨機亂數之求法	549
20.6	常態分布之隨機亂數之求法	555
21.	函數的極值問題	565
21.1	前言	565
21.2	單變數函數之極值	566
21.3	多變數函數之極值-直線搜尋	570
21.4	多變數函數之極值-曲線搜尋	577
21.5	共軛方向之推導	580
21.6	有限制條件之最佳化問題	583
21.7	拉格蘭治乘數法	584
21.8	機動調整拉格蘭治函數法	588
21.9	懲罰函數法	593
21.10	比例問題	598
21.11	系列線性規劃法	599
21.12	準牛頓法之推導	605
22.	結構系統參數識別	617
22.1	前言	617
22.2	系統參數識別法	618
22.3	模態最小化法	618
22.4	結構動力分析	619
22.5	單一模態之識別	621
22.6	線性模態參數之計算	623
22.7	系統識別分析步驟	625
22.8	結構系統參數識別程式	626
23.	管網獨立迴路之建立	641
23.1	前言	641
23.2	建立獨立迴路之原理	643
23.3	建立獨立迴路之技巧	644
23.4	範例	645
23.5	建立獨立迴路之程式	647

程式目錄

ADAMSC	346	亞當氏法求解常微分方程-步長自動調整
ADMAS	346	亞當氏法求解常微分方程
AITINT	239	葉特肯插值公式計算函數內插值
AUEXBU	210	一般特徵值問題-對稱矩陣(Householder法)
AVEXBV	170	一般特徵值問題-對稱矩陣(JACOBI法)
AZEXBZ	218	一般特徵值問題-不對稱矩陣
BAIRST	297	Bairstow法求多項式之根
BFGS	573	BFGS法修訂黑森矩陣或其逆矩陣
BI3D1	626	結構系統識別
BUBBLE	496	氣泡排序法
BVEXAV	170	一般特徵值問題-對稱矩陣(JACOBI法)
CBAND	145	計算結構勁度矩陣之帶寬
CBDECP	79	矩陣分解-對稱帶狀矩陣
CBSOLX	79	矩陣求解-對稱帶狀矩陣
CMPY	127	矩陣相乘-說明例
COLID	150	計算結構勁度矩陣行位置指標
CUDECP	75	矩陣分解-不對稱帶狀矩陣
CURMN	272	曲線近似
CUSOLX	75	矩陣求解-不對稱帶狀矩陣
CVPPDC	98	矩陣分解-不對稱帶狀矩陣-部分樞紐
CVPPSB	98	矩陣求解-不對稱帶狀矩陣-部分樞紐
DFP	573	DFP法修訂黑森矩陣或其逆矩陣
DIFINT	232	牛頓插值公式計算函數內插值
DLP	421	離散數(整數)線性規劃問題
DSM	599	系列線性規劃-雙割線法
ELLIPS	371	求解橢圓型偏微分方程式-直接解法
ELLIPT	371	求解橢圓型偏微分方程式-高斯賽德法
EQNO	543	結點重排後結點自由度號碼之編排
FDGRAD	588	計算梯度向量-用差分法
FDHESS	588	計算黑森矩陣-用差分法

FEMRCM	538	有限元素網結點編號程式
FFT2D	490	二維FFT轉換
FFT2SC	490	二維半正餘弦轉換
FFTA	477	複數FFT-任意數-簡潔版
FFTA	478	複數FFT-任意數-實用版
FFTA	481	複數FFT-任意數-省時版
FFTCH	484	半餘弦正逆轉換
FFTCS	484	正餘弦轉換
FFTC	484	共軛複數FFT
FFTR	484	實數FFT
FFTSC	484	半正餘弦轉換
FFTTRR	491	以FFT求動力反應之暫態解
FORMEQ	146	結構分析-建立方程式
FROOTN	19	求多變數函數之根
FROOT	13	求單變數函數之根-利用XZERO
FR	572	共軛梯度法求極值-FR法
GAG	170	矩陣相乘-配合AUExBU
GAUSS	555	常態分布隨機亂數
GENRCM	534	一般圖形網點之編號程式
GFMLAG	588	機動調整拉格蘭治函數
GFNLG	588	一般拉格蘭治函數
GFNPEN	588	雙曲線懲罰函數
GFNPNO	588	雙曲線懲罰函數-計算梯度用
GFNPNI	588	雙曲線懲罰函數-計算梯度用
GRAEFF	290	Graeffe法求多項式之根
GRAPHI	541	圖形網點編號程式之資料輸入
GRAPHO	541	圖形網點編號程式之結果輸出
GRAPHS	532	由有限元素網建立圖形網點
GROOT	13	直接代入法求根-利用XZERO
GSITER	21	反覆試算法之求根程式-多變數
HEAPG	508	堆積排序法-與資料類型無關
HEAPL	506	堆積排序法-指標排序
HEAP	500	堆積排序法-排關鍵值

HQRIDS	212	上赫氏轉為準上三角矩陣-隱式雙推移法
ICMPIJ	512	排序比較函數-用於排關鍵值
ICMPIJ	514	排序比較函數-用於指標排序
INPUT	146	結構分析之資料輸入
JACOBI	166	標準特徵值問題-實數對稱矩陣(JACOBI法)
LAGRAG	225	拉格蘭治插值公式計算函數內插值
LINEAR	396	線性規劃問題-有上限限制
LINSCH	578	線性搜尋求極值
LSQMN	270	最小二乘法求聯立式之近似解
LUFPBS	90	矩陣反代-不對稱滿矩陣-徹底樞紐
LUFPDC	89	矩陣分解-不對稱滿矩陣-徹底樞紐
LUFPSB	89	矩陣求解-不對稱滿矩陣-徹底樞紐
LUFPSG	90	求奇異解-不對稱滿矩陣-徹底樞紐
LUPPDC	87	矩陣分解-不對稱滿矩陣-部分樞紐
LUPPSB	87	矩陣求解-不對稱滿矩陣-部分樞紐
MAV	170	矩陣相乘-配合AVEXBV
MKLOOP	650	網路獨立迴路之建立
NEWTON	235	牛頓插值公式計算多項式函數之係數
NROOTN	17	牛頓-瑞福生法求多變數函數之根
ORTHEG	211	不對稱矩陣正交相似轉換為上赫申伯格矩陣
OUTPUT	146	結構分析之結果輸出
PARABE	368	求解拋物線型偏微分方程式
PD	595	雙曲線懲罰函數-微分值
PE	595	雙曲線懲罰函數-函數值
PF	595	雙曲線懲罰函數-副函數
POLFUN	235	由插值多項式函數計算函數值
POLYCT	302	求複數係數多項式之根
POLYFT	299	求實數係數多項式之根-利用FFT
POLYRT	293	求實數係數多項式之根
PRINTA	78	矩陣列印-一般矩陣
PRINTT	170	矩陣列印-對稱矩陣
PRINTV	146	矩陣列印-變寬帶矩陣
PR	572	共軛梯度法求極值-PR法

QUICKG	508	快速排序法-與關鍵值無關
QUICK	503	快速排序法-排關鍵值
QUSOL	269	QU分解非方形矩陣
QUTEVE	216	準上三角矩陣之特徵向量
QUTGEN	219	相似轉換為標準特徵值問題-配合 AZEXBZ
RANDOM	548	產生均勻分布之隨機亂數
RANFUN	553	產生常態分布之隨機亂數
RATFUN	243	由有理函數計算內插函數值
ROMBRG	35	以倫柏格積分表計算積分
ROMQ	54	以倫柏格積分樹計算積分-自動分段布點
ROMR	44	積分函數之轉換
RUNGEC	342	郎吉庫達法求解常微分方程-步長自動調整
RUNGE	342	郎吉庫達法求解常微分方程
SEARCH	9	求根程式
SHAKEL	506	震動排序法-指標排序
SHAKER	497	震動排序法-排關鍵值
SLPDSM	599	系列線性規劃-主程式
SLP	599	系列線性規劃-主導程式
SORTAL	232	震動排序法-指標排序
SPLINE	250	楔曲線近似之一
SPLINO	254	楔曲線近似之二
SPT	579	沿比吉爾曲線搜尋
SROOT	13	求根程式-利用 XZERO
STCOND	220	靜態濃縮計算-轉為標準特徵值問題
STRACB	145	結構分析-勁度矩陣存為帶狀矩陣
STRAVB	150	結構分析-勁度矩陣存為變寬帶矩陣
THIELE	243	紀雷插值公式計算有理函數係數
THIINT	242	紀雷插值公式計算有理函數內插值
TRIDIG	207	對稱矩陣相似轉換為三對角矩陣
TRIQLI	208	三對角矩陣之特徵值-QL (隱式推移法)
USBKSB	122	反向代入-不對稱矩陣
USDECP	118	矩陣分解-不對稱矩陣
USSNGX	122	求奇異解-不對稱矩陣

USSOLX	118	矩陣求解-不對稱矩陣
VBDECP	83	矩陣分解-對稱正定矩陣
VBSOLX	83	矩陣求解-對稱正定矩陣
VSBKSB	114	反向代入-對稱矩陣
VSDECP	111	矩陣分解-對稱矩陣
VSSNGX	114	求奇異解-對稱矩陣
VSSOLX	111	矩陣求解-對稱矩陣
XMIN	567	求單變數函數之極值
XZERO	11	求單變數函數之根
ZERONE	446	零壹線性規劃問題
ZTAZ	221	矩陣相乘-配合 AZEXBZ

各程式名稱

- 1 SEARCH, XZERO, FROOT, GROOT, SROOT, NROOTN
FROOTN, GSITER
- 2 ROMBRG, ROMR, ROMQ
- 3 CUDECP, CUSOLX, PRINTA, CBDECP, CBSOLX, VBDECP
VBSOLX, LUPPDC, LUPPSB, LUFPCD, LUFPSB, LUFPBS
LUFPSG, CVPPDC, CVPPSB
- 4 VSDECP, VSSOLX, VSBKSB, VSSNGX, USDECP, USSOLX
USBKSB, USSNGX
- 5 CMPY, CBAND, STRACB, FORMEQ, INPUT, OUTPUT
PRINTV, COLID, STRAVB
- 6 JACOBI, AVEXBV, BVEXAV, GAG, MAV, PRINTT
- 7 TRIDIG, TRIQLI, AUEXBU, ORTHEG, HQRIDS, QUTEVE
AZEXBZ, QUTGEN, STCOND, ZTAZ
- 8 LAGRAG, DIFINT, SORTAL, NEWTON, POLFUN, AITINT
THIINT, RATFUN, THIELE, SPLINE, SPLINO
- 9 QUSOL, LSQMN, CURMN
- 10 GRAEFF, POLYRT, BAIRST, POLYFT, POLYCT
- 12 RUNGE, RUNGEC, ADAMSC, ADMAS
- 13 PARABE, ELLIPS, ELLIPT
- 14 LINEAR
- 15 DLP
- 16 ZERONE
- 17 FFTA, FFTA, FFTA, FFTC, FFTCH, FFTCS, FFTR
FFTSC, FFT2D, FFT2SC, FFTTRR
- 18 BUBBLE, SHAKER, HEAP, QUICK, HEAPL, SHAKEL
HEAPG, QUICKG, ICMPIJ, ICMPIJ
- 19 GRAPHS, GENRCM, FEMRCM, GRAPHI, GRAPHO, EQNO
- 20 RANDOM, RANFUN, GAUSS
- 21 XMIN, FR, PR, BFGS, DFP, LINSCH, SPT, FDGRAD
HDHESS, GFMLAG, GFNLG, GFNPEN, GFNPN0, GFNPN1
PD, PE, PF, DSM, SLP, SLPDSM
- 22 BI3D1
- 23 MKLOOP

序

本書撰寫之目的有二：(1) 大學或研究所之教學教材或自習參考，(2) 科學分析或工程設計之工具書。

做為教科書時，可依照學生背景或上課時程選擇六至八章做為教材。例如對初學者，可選擇下列章節：(1.1-1.8)，(2.1-2.6)，(3.1-3.6)，(4.1-4.3)，(5.1-5.6)，(6.1-6.9)，(8.1-8.5)，(18.1-18.5)。至於第二學期或第三學期，可選擇下列章節：(9.1-9.6)，(11.1-11.5)，(12.1-12.3)，(13.1-13.6)，(14.1-14.4)，(15.1-15.3)，(16.1-16.8)，(17.1-17.11)，(18.1-18.5)，(20.1-20.3) 及 (21.1-21.3，21.6-21.7，21.9)。又如做為研究所選修課程教材而學生人數較少時，亦可依研究生之專長選擇數章做較完整之介紹，因為本書有許多單章之主題，其本身即為研究所之一門課程，或某一整本書之標題。另外為方便有心深入學習的學生或自習讀者，大部分章節篇後都附有習題，供讀者模擬練習。

做為工具書是本書的另一項重要目標，例如數學規劃法，結構最佳化設計，結構動力分析，富利葉分析，有限元素分析，統計分析等，都可以做為專門領域應用之參考，本書並附有相當完整且可供直接叫用之程式。所有程式亦均附於書後磁片中以方便讀者應用。然而，本書之程式雖經仔細測試，但讀者取用目的不同，使用者應對其應用之問題充分了解審慎選用，萬一造成各項損失，本書作者概不負責。

茲將本書各章之特色及所提供之重要程式概述如下：(1) 非線性方程式之解法：含一可靠而快速之求根程式，該程式不呼叫任何副程式或函數，故可方便由應用程式叫用。(2) 數值積分法：說明一種能自動分段調整積分點密度之有效方法。(3) 聯立線性方程式：含帶狀矩陣與變寬帶矩陣之分解與求解程式，不僅適用於大型有限元素之分析，亦可求得奇異矩陣之解。(4) 特徵值問題：說明次空間法，可求解大型對稱帶狀矩陣或變寬帶矩陣之特徵值問題。另亦包含對稱或不對稱矩陣之一般特徵值問題之獨特解法與程式。(5) 函數插值法：含多項式與有理函數之插值程式，及三維之楔曲線近似法與程式。(6) 多項式之根：說明獨特之圓交點法，亦含複數係數多項式之求根程式。(7) 常微分方程之數值解：含自動調整步長之郎吉庫達法與亞當氏法之程式。(8) 線性規劃法：含有上限限制之規劃程式，並以簡明公式探討對偶性。(9) 整數線性規劃法：本章程式因係配合有上限限制之線性規劃程

式，故頗簡潔且容易了解。(10)零壹規劃問題：以深入淺出之方式介紹並提供有關方法與程式。(11)隨機亂數之產生法：介紹一種通用之程式做法，可用以產生各種分布函數之隨機亂數。(12)快速富利葉轉換：以獨特之技巧用僅僅40行指令之簡短程式(主要運算僅11行)，即可做任意個數(即不限於2之次方)之資料之快速富利葉轉換，做法清晰易懂，程式好用。(13)資料排序法：含堆積排序法與快速排序法之程式，並討論穩定排序及與資料類型無關之排序方法。(14)減少矩陣帶寬之結點排序法：含二套有效之結點編碼程式，分別適用於一般圖形與有限元素之網點。對於由程式自動產生網點之有限元素分析而言，本程式為重要之後續處理程式。(15)函數之極值問題：除介紹各種方法外，亦介紹一些自創之方法，如雙曲線懲罰函數，機動調整拉格蘭治函數法，沿曲線之搜尋法，雙割線法等，並以簡易而直接之方式推導各種準牛頓法之修訂式。(16)系統參數識別：為實驗分析之重要方法，對簡單的系統參數可利用曲線近似法求得，對複雜的系統參數則須運用誤差函數之最小化法以函數之極值問題求解。本章以結構動力系統為例，說明以誤差函數之最小化識別系統參數之詳細過程。(17)網路獨立迴路之建立：介紹自來水或其他網路之迴路自動建立方法。

為求做為教科書用，本書儘量以簡單的文字做為方法與程式之介紹；但要做為工具書用，其涵蓋之內容則要求儘量廣泛，在篇幅限制原則下，以上二項任務實在很難兼顧。筆者認為光靠文字解說無法使讀者徹底了解應用理論，純靠程式運算過程又過於艱深，因此本書儘量在所附程式中加註相關之理論根據，希望使讀者由文字敘述了解理論根據的同時，一面由實作程式再深入了解理論之應用。期望讀者從中獲得分析能力並發揮及應用本書所提供之各項工具程式。

作者特別感謝國立海洋大學陳正宗教授，國立臺灣大學簡文郁博士，中興工程顧問社資訊中心王承順經理、陳國慶副理、林志偉、徐黎明與秦志中三位工程師，以及大晏資訊公司莊忠鵬總經理對初稿之費心校閱訂正並提供甚多寶貴之改進意見。此外，作者父女二人要對為妻為母的陳紫芬女士致上敬意，若非有她的鼓勵與愛心，我們無法在無憂無慮的環境中完成本書之撰寫。

林聰悟 林佳慧