

目錄

序一	I
序二	III
第1章 電腦對局研究概論	1
1.1 前言	1
1.2 智慧	2
1.2.1 Turing 測試	2
1.2.2 延伸思考	4
1.3 歷史	5
1.3.1 18世紀的第一個西洋棋機器人	5
1.3.2 西洋棋殘局自動機	6
1.3.3 東方的相關研究	6
1.4 學術研究	7
1.4.1 早期（1970年之前）	7
1.4.2 初期（1970～1980年）	8
1.4.3 中期（1980～1990年）	8
1.4.4 近期（1990年至今）	9
1.5 對局遊戲	10
1.5.1 對局分類	10
1.5.2 複雜度	11
1.5.3 研究新領域	12
1.6 結語和本書結構	13
1.7 練習題	14

第2章	單人對局之基礎搜尋演算法	15
2.1	前言	15
2.1.1	概述	16
2.1.2	本章常用名詞和定義	17
2.2	暴力搜尋	18
2.2.1	廣度優先搜尋	19
2.2.2	廣度優先搜尋之改良：利用硬碟儲存佇列	21
2.2.3	深度優先搜尋	24
2.2.4	深度優先搜尋之改良：運用兩個堆疊	26
2.2.5	深度優先搜尋之改良：限制搜尋的深度	27
2.2.6	深度優先搜尋之改良：逐層加深	28
2.2.7	深度優先搜尋之改良：深度限制及方向選擇	30
2.2.8	雙向搜尋	32
2.3	啟發式搜尋	33
2.3.1	A* 搜尋	34
2.3.2	考量總花費門檻值之深度優先搜尋	35
2.3.3	如何擇出良好著手	35
2.3.4	逐層加深之深度優先及 A* 演算法的結合	37
2.3.5	IDA* 之應用	39
2.4	結語	39
2.5	練習題	39
第3章	單人對局之進階搜尋演算法	41
3.1	前言	41
3.2	$(n^2 - 1)$ -puzzle 問題	42
3.3	15-puzzle 之狀態空間	43
3.3.1	基本性質	43
3.3.2	盤面奇偶性不因移動改變	44
3.3.3	延伸思考	45

3.4	15-puzzle 之解法	46
3.5	樣式資料庫	46
3.5.1	邊緣	47
3.5.2	改良邊緣數	48
3.6	24-puzzle 之解法	51
3.7	其他啟發式函數之設計	51
3.8	結語	52
3.9	練習題	52
第4章	雙人對局概論	55
4.1	前言	55
4.2	本章常用名詞和定義	56
4.3	1990 年對局程式棋力估測	60
4.4	雙人對局分類	61
4.4.1	收斂型對局	62
4.4.2	發散型對局	63
4.4.3	連接型對局	65
4.5	10 或 11 路六貫棋	68
4.5.1	基本性質	69
4.5.2	策略盜用論點	71
4.5.3	延伸思考	73
4.6	其他相關議題	73
4.6.1	對局複雜度	74
4.6.2	先手優勢	75
4.6.3	2000 年對局程式棋力估測	77
4.7	結語	78
4.8	練習題	79

第 5 章	由西洋棋論雙人對局程式之設計	81
5.1	前言	81
5.1.1	西洋棋棋規及相關知識	81
5.1.2	西洋棋之對局複雜度	83
5.2	審局函數	85
5.2.1	完美審局函數	86
5.2.2	近似審局函數	86
5.2.3	審局函數之設計	91
5.3	基於審局函數之搜尋策略	92
5.3.1	A 型策略	94
5.3.2	B 型策略	97
5.4	對弈、棋風及策略之變化	99
5.5	結語	99
5.6	練習題	100
第 6 章	Alpha-Beta 切捨演算法與分析	103
6.1	前言	103
6.1.1	位置與搜尋樹	103
6.1.2	樹節點編號法	104
6.2	最小最大化搜尋演算法	105
6.3	正反最大演算法	107
6.4	Alpha-Beta 切捨演算法	110
6.4.1	改進的契機	111
6.4.2	Alpha 剪枝	112
6.4.3	Beta 剪枝	114
6.4.4	深層 Alpha-Beta 切捨	115
6.4.5	Alpha-Beta 切捨演算法的實作	117
6.4.6	搜尋順序與切捨之關係	120
6.5	效能分析	120

6.5.1	最佳可預期之狀況	121
6.5.2	節點分類與節點間之關係	123
6.5.3	最佳可預期狀況之效率分析	129
6.5.4	平均狀況之效率分析	131
6.5.5	完美排序與最佳排序	133
6.6	Alpha-Beta 搜尋的變形	135
6.6.1	硬式失敗版	135
6.6.2	軟式失敗版	137
6.6.3	演算法 F2 與 F3 的比較	139
6.7	結語	140
6.8	練習題	141

第7章 斥候與正反斥候 143

7.1	前言	143
7.2	斥候演算法	144
7.2.1	基本概念	144
7.2.2	如何 TEST	144
7.2.3	斥候演算法之結構	149
7.3	斥候演算法的效能分析	149
7.3.1	TEST 成功與失敗對搜尋節點數的影響	149
7.3.2	TEST 演算法拜訪之節點數	152
7.3.3	完美排序樹中斥候演算法所拜訪之節點數	155
7.3.4	與 Alpha-Beta 切捨演算法之比較	156
7.3.5	斥候演算法之效能分析	157
7.4	斥候演算法之實作	158
7.4.1	回顧 Alpha-Beta 切捨搜尋演算法	159
7.4.2	正反斥候演算法：最小最大版	160
7.4.3	正反斥候演算法	163
7.4.4	延伸思考	166
7.5	結語	167

7.6 練習題	167
第8章 同形表和其他的改進方法	169
8.1 前言	169
8.2 同形表	171
8.2.1 同形表之更新規則	173
8.2.2 加入同形表之正反斥候演算法	173
8.3 Zobrist 雜湊函數	173
8.3.1 理論基礎	174
8.3.2 雜湊函數之設計	175
8.3.3 錯誤叢集	177
8.3.4 使用時之參數設定	177
8.4 動態調整搜尋區間大小	179
8.5 著手排序之改進	182
8.5.1 知識捷思法	182
8.5.2 利用歷史資訊找出好的著手次序	182
8.5.3 主要變化路徑	183
8.5.4 否議表	184
8.5.5 殺手捷思法	186
8.5.6 歷史捷思法	187
8.6 實驗數據	191
8.7 動態調整搜尋深度	191
8.7.1 虛手切捨	192
8.7.2 較晚考慮著手之搜尋裁減	193
8.8 動態搜尋延伸	196
8.8.1 動態深度延伸	196
8.8.2 寧靜搜尋	198
8.9 結語	204
8.10 練習題	205

第9章	蒙地卡羅樹搜尋演算法	207
9.1	前言	207
9.2	簡易圍棋規則	208
9.3	最初的演算法： MCS_{pure}	212
9.4	MCS_{pure} 之首要問題	213
9.4.1	K 臂吃角子老虎問題	214
9.4.2	信賴上界	215
9.4.3	以標準差修正信賴上界值	218
9.5	MCS_{pure} 的第二個問題	219
9.5.1	優先樹擴展	219
9.5.2	蒙地卡羅最小最大化樹搜尋	220
9.6	信賴上界的樹搜尋	223
9.7	程式實作時之技巧	226
9.8	結語	227
9.9	練習題	228
第10章	蒙地卡羅搜尋演算法的改進	229
10.1	前言	229
10.2	線上知識	229
10.2.1	漸進式剪枝	230
10.2.2	手順不羈法	232
10.2.3	模擬數值快速估計法	234
10.2.4	節點展開策略	235
10.2.5	模擬退火法	236
10.2.6	固定深度全展開	237
10.2.7	各種方法的整合	237
10.3	離線學習	239
10.3.1	MM 法與模擬平衡法	244
10.3.2	擴展階段：類神經網路與深度學習	250

10.4 結語	258
10.5 練習題	259
第11章 平行化對局樹搜尋	261
11.1 前言	261
11.2 平行化之評估	262
11.2.1 Amdahl 定律	263
11.2.2 超線性加速	264
11.3 共有記憶體之使用和管理	265
11.4 平行化 Alpha-Beta 切捨設計	269
11.4.1 主變化分割	270
11.4.2 弟節點等候	271
11.4.3 動態樹分割	272
11.5 平行化蒙地卡羅樹搜尋設計法	274
11.5.1 葉節點平行化	275
11.5.2 根節點平行化	275
11.5.3 整體同步之樹平行法	276
11.5.4 局部同步之樹平行法	277
11.5.5 延伸思考	278
11.6 結語	278
11.7 練習題	279
第12章 開局和殘局知識庫	281
12.1 前言	281
12.2 開局庫	281
12.2.1 開局庫之需求	282
12.2.2 開局庫製作	282
12.2.3 開局庫之建構方式	285
12.3 中局使用之布局	286

12.4 建構大型殘局庫	287
12.5 只使用主記憶體之回溯分析演算法	294
12.5.1 反覆前向檢查	296
12.5.2 分層反向傳遞與前向檢查	297
12.5.3 反向傳遞與未知子節點計數法	299
12.5.4 分層反向傳遞與未知子節點計數法	301
12.6 使用主記憶體和磁碟之回溯分析演算法	302
12.7 結語	304
12.8 練習題	305
第 13 章 進階研究課題	307
13.1 前言	307
13.2 圖形歷史交互作用	307
13.3 對手模型	310
13.4 隨機行為節點搜尋	311
13.5 證明數搜尋	314
13.5.1 二元值對局樹	314
13.5.2 證明數與反證數	316
13.5.3 多元值對局樹	321
13.5.4 延伸思考	325
13.6 結語	325
13.7 練習題	326
第 14 章 對局系統實作考量	327
14.1 前言	327
14.2 對局程式系統之研製	327
14.2.1 資源使用技巧	328
14.2.2 對局系統之製作	328
14.3 實戰驗證分析	329

14.4 結語	332
14.5 練習題	333
參考文獻	335
中文索引	353
英文索引	371