

## 象棋實用殘局知識庫系統之設計與製作

陳世和

台灣大學資訊工程學系  
city@ails1.csie.ntu.edu.tw

許舜欽

台灣大學資訊工程學系  
schsu@csie.ntu.edu.tw

### Design and Implementation of a Practical Endgame Database for Chinese Chess

Shih-Ho Chen

Department of Computer Science and  
Information Engineering  
National Taiwan University

Shun-Chin Hsu

Department of Computer Science and  
Information Engineering  
National Taiwan University

#### *Abstract*

*Computer Chinese Chess has been studied for more than ten years. In the past, the research was focused on middle-game search and open-game knowledge database design. However, in the endgame stage, the overall performance is not good enough since searching techniques usually do not work well in limited time.*

*We design a Chinese Chess Endgame Database Management System which can be used to maintain common endgames for analyzing the quality of each ply. This system allows one to find out the best moves for all endgames stored in the database. It not only provides endgame knowledge for Chinese Chess Programs but also can be used as a reference for Chinese Chess research.*

*Keywords : Computer Chinese Chess , Endgame Database*

#### 摘 要

電腦象棋發展至今，已有十幾年的歷史。以往著重於中局對局搜尋技巧的研究與開局知識庫的設計。但在殘局部份，由於某些棋局須要十餘回合的推行，方能判斷適當的著手，以致棋力無法提升。

本文設計殘局知識庫管理系統，將一般對奕中常見的殘局，建構於知識庫中，並對著手的優劣做比較分析。藉此對於知識庫中有記載的殘局，都能明確的知道其正確的勝負狀態與最佳著手。這個系統可以提供電腦程式在實際對戰時的殘局知識，也可以供象棋研究者參考使用。

關鍵字：電腦象棋、殘局資料庫

## 1. 引言

象棋是中國古老的傳統民族藝術，也是中國文化特有的遺產。它是一種富有戰鬥性的遊戲，不僅可以鍛鍊人們的智力，陶冶人們的性情，同時對培養人們定力與深思熟慮的思考也有重大的作用。因此，長時期以來，象棋一直為人們所喜愛。

象棋的規則簡單，雖然只有十六顆棋子，但在盤面上的變化卻有千萬種。象棋全局可分為佈局、中變、殘局三項過程，而殘局更是決勝的最主要階段。在開局、中變時子力眾多，形勢較繁，一時未易判定誰方佔優，而殘局形勢簡單，勝負多能在子力強弱或局面優劣判別無遺。殘局雖寥寥數子，但其變化無窮，一著之失，可能使開局中變的優劣改觀，導致結果應勝反和或應和反負。故如何運用強大之子力以求必勝，微弱之子力以求成和，此即研究「實用殘局」之目的。

在科技發達的今日，我們可以利用電腦強大的運算與儲存能力，藉由專家及棋譜的分析，建構出正確且實用的殘局知識庫，以供初學者在象棋殘局方便地學習與研究，更可將殘局知識庫運用在電腦象棋的人工智慧上，提昇電腦象棋的棋力。

## 2. 基礎理論

電腦象棋較電腦西洋棋的發展晚了三十幾年，但由於兩者的性質相似，所以電腦西洋棋所運用的搜尋技巧、審局函數與知識庫都可以作為電腦象棋的參考。

### 2.1 電腦西洋棋的殘局研究

在電腦西洋棋的殘局研究中，依照殘局的型式分類可分成：

1. 搜尋演算法：使用傳統的搜尋演算法，只能用於基本的殘局類型。
2. 知識表示法：使用特殊的知識解決殘局問題，完全不用搜尋，不過只能針對某些殘局【1】。

3. 忠告語言法：此法結合殘局知識與搜尋技巧，將殘局分成各種類型，形成許多 if-then 判斷式的忠告表 (advice table)，再由系統選取適合的忠告表，依此表建立一攻取樹 (forcing tree)，根據此樹的結果來下棋【2, 3】。

4. 殘局知識庫：以回溯分析法 (retrograde analysis) 來建構殘局知識庫【5, 6】。回溯分析法乃利用已知的殘局資料，採用反向窮舉搜尋，倒推所有欲知之殘局盘面，並將所有新增的殘局資訊記錄於知識庫中，在時間與記憶體充裕的條件下，能夠得到完全資訊 (perfect knowledge)【4】。

### 2.2 殘局知識庫與搜尋策略

1990 年交大資料所詹杰文學長，利用專家知識所製成之忠告表 (advice table)，嘗試以目標導向搜尋來發現最佳著手。忠告表由目標、棋規兩部份組成，提供當時盘面應該採取步驟的建議【7】。

1997 年方浩任學長研製殘局知識庫系統。採用回溯方式，先建構最子力最少基本的殘局資料，再依序建構子力較多、複雜度較高的殘局知識庫【8】。

## 3. 資料結構

### 3.1 樹狀結構

殘局知識庫的資料結構，為一種森林 (Forest) 的樹狀結構。在知識庫中的每個節點記錄棋譜的盘面狀態、輪紅走子與輪黑走子時的盘面之勝、負、和與相對應的著手數。其架構上，在殘局知識庫中有許多的起始盘面節點，此類節點無輪紅與輪黑的上一著手，只有輪紅或輪黑的下一著手，依照下一著手的走步向下延長，形成有向的森林樹狀結構。

### 3.2 知識庫檔案結構

殘局知識庫中每一節點的大小為 128 byte，以檔名為 EgBook15.dat 的檔案型式存放，且利用雜湊函數

(hash function) 的方式，存取每一個節點。殘局知識庫中分成兩個區域，說明見表 3.1 所示。

表 3.1 殘局知識庫區域說明

名稱	空間大小	說明
雜湊區	4MB	依照雜湊函數 (hash function) 所算出的位址存放於此區，可容納 32768 個節點。
溢流區	無限擴增	當不同的盤面對應到相同的雜湊位置時，盤面節點所記錄於此區。

### 3.3 棋盤位置表示方式與雜湊函數

為了記錄棋子在棋盤上的位置，利用一個陣列 PceBrd[0..31] 表示，並將棋子編碼，其中棋子的編碼方式如表 3.2 所示，棋盤位置編碼則如圖 3.4 所示。

表 3.2 棋子編碼表

棋子(紅方)	砲		馬		炮		兵	
編碼	0	1	2	3	4	5	6	7
棋子(紅方)	兵		相		仕		帥	
編碼	8	9	10	11	12	13	14	15
棋子(黑方)	車		馬		包		卒	
編碼	16	17	18	19	20	21	22	23
棋子(黑方)	卒		象		士		將	
編碼	24	25	26	27	28	29	30	31

雜湊函數的運算方法，是將還活著的棋子，依所在之棋盤位置，取得對應之設定位元，進行 XO 運算。所得結果，依第幾手棋對應至雜湊區之特定區塊。

輸入：棋子位置 pcebrd[32]

輸出：知識庫雜湊區，對應節點位址 (15 bit)

定義： $P_i = \text{mask}[\text{bitmap}[\text{pcebrd}[i]]]$

函式： $\text{hash}(\text{pcebrd}) = P_0 \otimes P_1 \otimes \dots \otimes P_{31}$

## 4. 殘局知識庫系統實作

本系統的系統畫面如圖 4.1 所示。工具列中查詢、加入與統計選單，分別包括殘局盤面查詢、新增棋局、

棋譜編修與統計知識庫的功能。

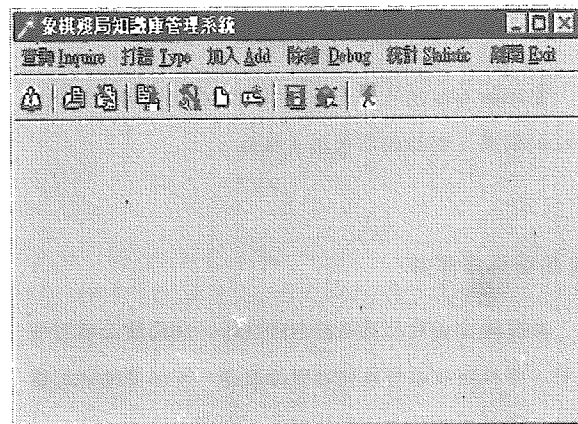


圖 4.1 象棋殘局知識庫管理系統起始畫面

### 4.1 共用資源模組

共用資源模組包括：殘局知識庫系統的所有共用變數、類別，存取知識庫運算與所有模組之一般性做法。盤面排列可供打譜與殘局查詢時使用，殘局查詢、盤面排列、棋譜編修與新增棋局結合，提供排列盤面與快速打譜至加入知識庫的功能。

### 4.2 殘局盤面查詢模組

本模組分成兩部份，先排列殘局盤面，再查詢該盤面是否有儲存於知識庫中，若存在於知識庫中，則顯示該盤面的所有走步，並依照走步的優劣順序排列以及相關的資料：節點位址、勝負和、相同兵種的盤面數、剩餘著手數。當使用者單擊上一手或下一手走步時，會顯示此走步的勝負與統計資料。當雙擊時，則會顯示下此棋步後的盤面狀態。其走步的順序是當輪紅走子時取其走步後之子盤面分數，由高至低排列，輪黑時取其走步後子盤面分數，由低至高排列。

### 4.3 新增棋局模組

使用者可從主選單的加入，選擇整局選項，進入本模組。將欲加入的棋局，轉換為本系統之棋盤表示法，儲存在 gStdSrc (起點)、gStdDest (終點) 陣列中。接著，

若是正確棋局（前後走步關係無誤），則將走步寫入 gGameList。然後，利用審局函數，計算出此棋局結束盤面之電腦評分。最後，藉由比較盤面技巧，將 gGameList 加入知識庫中，再將結束盤面以向上 DFS 更新。

當欲加入知棋局不是正確棋局，或使用者不將棋局加入知識庫，則離開新增棋局模組。

#### 4.4 棋譜編修模組

本模組分成殘局盤面排列與打譜。殘局盤面排列模組中，可以將目前所排列的盤面儲存，可供查詢時的盤面輸入與本棋局的分支棋譜編修時使用。

本模組和查詢知識庫、新增棋局結合，藉由知識庫和棋譜走步的對應，使用者只需針對知識庫尚未蒐集的走步進行編修。在查詢棋局階段，從殘局起始盤面開始，列出知識庫以記錄之走步，使用者選擇走步後，系統將每一手走步記錄於 gDataNode 陣列、gPly 變數中。當使用者按下打譜按鈕，系統會依據目前殘局盤面，進入打譜階段，編修知識庫未記錄之走步。

在打譜階段，系統針對使用者輸入之所有走步，檢查是否為有效走步 (Validate)，並以 (起點、終點、吃子) 格式加以記錄。新增棋局階段，使用者可選擇存檔，決定存檔留待以後加入知識庫時使用。本系統提供之打譜棋局檔格式如圖 4.2 所示。

### 5. 殘局知識庫系統分析

對於一個殘局的難度，可以用其勝、負、和之比率與最佳著手數等觀之。本知識庫系統，是將殘局棋譜所記錄的棋局，除了分成例勝、例和、巧勝與巧和四種，

另外再加上紅勝、和棋與黑勝三種結果，於棋譜編修時將這些棋局結果記錄，並在加入整局時，依照此結果給定分數，加入殘局知識庫中。

在實用性方面，為了承接中局搜尋，必須要計算出何時須運用本殘局知識庫，所以將存在知識庫中的合法盤面數與各種子力組合下的盤面勝負統計，並記錄於知識庫中，做為中局與殘局知識庫銜接的指標。

為了對知識庫的結構有進一步了解，我們有必要對知識庫的空間使用效率，以及各層走步的節點分佈情形，進行統計。表 5.1 是加入殘局例典第一集中的單兵局、雙兵局、三兵局、單炮局、單僞局與單局共 597 局後，知識庫中的盤面節點統計表。

	可存放節點數	現存節點數	空節點數	使用比率
雜湊區	32768	4114	28654	12.55 %
溢流區	2312	2312	0	100 %
合計	35080	6426	28654	18.32 %

表 5.1 知識庫節點統計表

知識庫之樹根節點個數 = 18 個

知識庫之終端節點個數 = 33 個

### 6. 結論與未來發展

本文針對使用者與研究者所設計的實用殘局知識庫系統，應用在電腦象棋實際對戰時的殘局知識，並提供人工智慧與教學研究的參考。目前所發展的殘局知識庫系統，具備下列優點：具有實用性、易於查詢檢索、具有正確性、提供一個良好的打譜工具。

殘局棋書 名稱	Header				Step									
	頁數	局數	結果	備註	gPly	src	dest	eat	...	src	dest	eat	...	
	32	4	4	1	59	1	1	1	1	1	1	1	1	byte

圖 4.2 打譜棋局檔格式

在未來，本系統主要改進之處與研究發展的方向如下：減少人工輸入的錯誤、提昇知識庫棋局資料的完整性、與回溯法窮舉所建構的知識庫結合、提昇電腦象棋能力。

圖 6.1 顯示實用殘局知識庫與完整殘局知識庫及中局搜尋程式結合應用的大體架構。

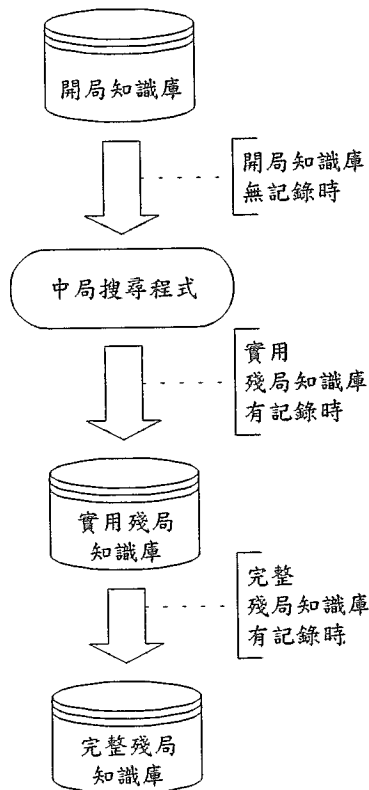


圖 6.1 實用殘局知識庫之應用

## 參考文獻

- 【1】 Beal, D.F. and Clarke, M.R.B . “ The Construction of Economical and Correct Algorithms for King and Pawn against King” Clarke, M.R.B. Ed.,Advances in Computer Chess 2, Edinburgh University Press,1980, pp.1-30.
- 【2】 Brakto, I “Knowledg -Based Problem-Solving in AL3” Miche, D.,Eds., Machine Intelligence 10, Ellis Horwood, 1982, pp.73-100.
- 【3】 Brakto, I. and Michie, D. “A Representation for Pattern-Knowledge in Chess Endgames” Clarke, M.R.B., Ed., Advances in Computer Chess 2, Edinburgh University Press, 1980, pp.31-56.
- 【4】 Dekker, S.T., Herik, H.J. and Jerschberg, I.S. “Perfect Knowledge and Beyond” Beal, D.F., Ed., Advances in Computer Chess 5, Elsevier Science Publishers, 1989, pp. 295-312.
- 【5】 Stiller, L. “Some Results from a Massively Parallel Retrograde Analysis” ICCA Journal,Vol 14, No. 3, 1991, pp. 91-93.
- 【6】 Thompson, K. “Retrograde Analysis of Certain Endgames” ICCA Journal, Vol. 9, No. 3, 1986, pp. 131-139.
- 【7】 詹杰文 “一個基於知識的象棋殘局系統之研製 交通大學資訊科學研究所，碩士論文，1991
- 【8】 方浩任 “電腦象棋殘局知識庫系統之製作與應用” 台灣大學資訊工程研究所，碩士論文，1997