

# 國立交通大學

資訊科學與工程研究所



The system of puzzle generating automatically on Connect6

研 究 生：李榮欽

指 導 教 授：吳毅成 教授

中 華 民 國 九 十 七 年 八 月

六子棋上的自動詰棋產生系統

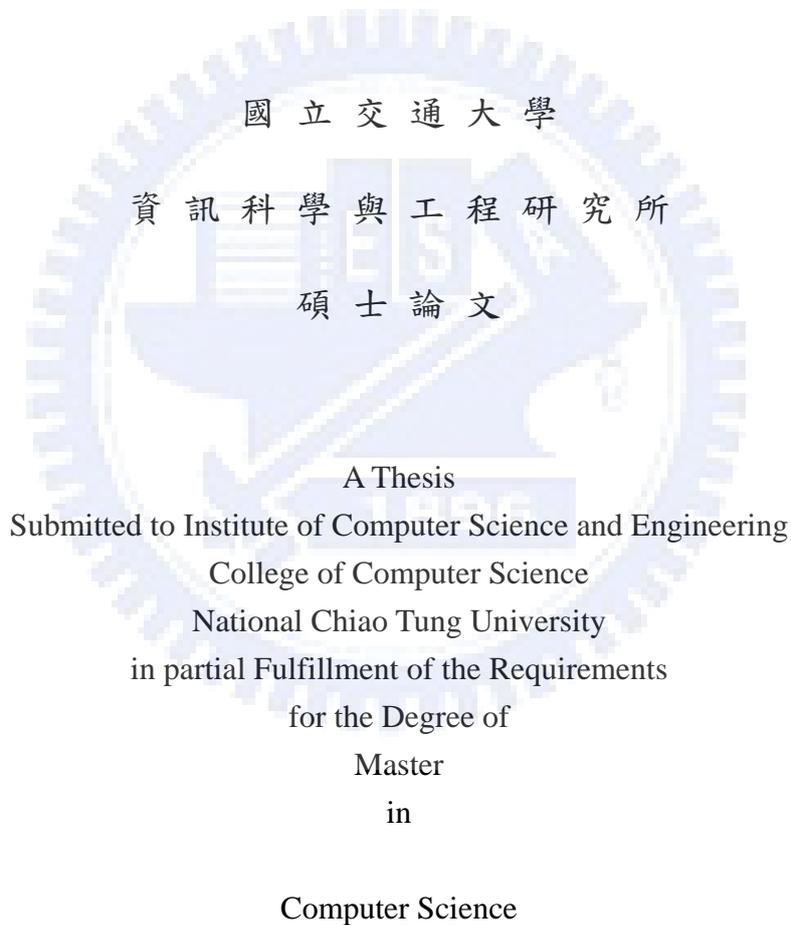
The system of puzzle generating automatically on Connect6

研 究 生：李榮欽

Student : Rong-Chin Lee

指 導 教 授：吳毅成

Advisor : I-Chen Wu



August 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年八月

# 六子棋上的自動詰棋產生系統

研究生：李榮欽

指導教授：吳毅成

國立交通大學 資訊科學與工程研究所

## 摘要

許多棋類發展了一些題目，供玩家練習學習之用。如象棋的殘局，圍棋的詰棋，五子棋的詰棋等。而這些棋類的問題，是在幫助玩家們能從中學習下法並思考，增進玩家們的棋力為主要的目的。可說是對推廣一項棋類活動，佔了很重要的一個角色。

在 2005 年所新發表的六子棋，由於是新發展的棋類，所以在詰棋上的數量不多。而此次所開發設計的系統，就是想由此大量的自動產生詰棋題目並驗證，進一步建立出題庫供棋士們參考及鑑定棋力。從而達到推廣此新興棋類，並對棋士們的棋力及未來這個棋類的發展有所貢獻。

# The system of puzzle generating automatically on Connect6

Student: Rong-Chin, Lee

Advisor: I-Chen, Wu

Institute of Computer Science and Engineering  
National Chiao Tung University

## Abstract

Many chess game had developed lots of question for players to practice and learn, such as endgames in Chinese-Chess, puzzles in Go and Renju. The main purpose of these questions is to help players to enhance the strength for games from the procedures of solving these questions. It plays an important role for promotion these games.

Connect6 is a new chess game introduced in 2005. Therefore, it had questions in small quantities. We design this automatically generating system to build up the puzzles for Connect6, and we hope it can have contributed to promote this new chess game in the future.

## 誌謝

這篇論文得以完成，首先要感謝我的指導教授吳毅成教授，沒有老師的建議及指導，絕對無法順利的完成論文。也感謝口試委員許舜欽教授、林順喜教授，及王豐堅教授所提出寶貴的意見指教，讓我發現自己論文不足的地方並加以改進。

在此次系統的實作過程中，很感謝林秉宏學長，幫助我順利解決了很多困難和複雜的步驟，謝謝孫德中學長，在某些過程中陷入迷惘時提供我許多寶貴的意見，還有方炯珽學長對我系統的技術細節部分的幫助指點，以及冠翬在實驗室機器管理調配上的大力支援和幫忙。

感謝實驗室 95 級的各位同學：偉傑，try，典餘，汶傑，哲毅，鼎量，秉儒。我會永遠記得最後這段時期，大家一起水深火熱，共同奮鬥的這段革命情感。謝謝實驗室的各位學弟們，在平時的幫忙，還有口試前的張羅，讓我得以心無旁騖的準備口試。還有遠在台北、台大各自奮鬥的：阿瑋，阿婷，阿純。大家雖然都各自在自己的崗位上為了自己的夢想而努力，但交情仍然一樣的深厚絲毫不變，每次大家見面總是讓我很自然的就把壓力抒解開來，謝謝你們。

最後僅以這篇論文，獻給所有在我求學路程上曾幫助過我、關心我的人，還有我摯愛的家人，謝謝他們在我最困難的時候，為我的關懷祈禱和加油照顧。家人的支持是我完成此論文及學業最大的助力，謝謝你們。

民國九十七年八月 於 新竹交大工三館 CYC-511 實驗室

# 目錄

摘要 .....	i
Abstract .....	ii
誌謝 .....	iii
目錄 .....	iv
圖表目錄 .....	vi
<b>第一章、緒論</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究背景 .....	1
1.1.1 六子棋的起源 .....	1
1.1.2 六子棋的規則 .....	1
1.1.3 六子棋的特性 .....	2
1.1.4 六子棋的發展 .....	3
1.2 六子棋人工智慧程式 .....	4
1.3 贏棋策略 .....	5
1.3.1 單迫著 .....	5
1.3.2 雙迫著 .....	6
1.3.3 三迫著 .....	7
1.4 六子棋上的詰棋 .....	8
1.5 研究動機和目標 .....	14
1.5.1 研究動機 .....	14
1.5.2 研究目標 .....	15
1.6 本文大綱 .....	15
<b>第二章、研究方法</b> .....	<b>16</b>
2.1 詰棋的分類考量因素 .....	16
2.1.1 單迫著進攻 .....	16
2.1.2 死四活三的進攻 .....	17
2.1.3 反手 .....	17
2.1.4 以三個單迫著取勝 .....	17
2.2 詰棋的品質 .....	19
2.2.1 最快迫勝手數 .....	19
2.2.2 是否為唯一解 .....	19
2.3 詰棋產生 .....	20
<b>第三章、系統流程</b> .....	<b>22</b>
3.1 系統棋局盤面來源 .....	22
3.1.1 網路棋譜擷取 .....	23

3.1.2 人工輸入棋譜.....	23
3.2 詰棋過濾系統.....	23
3.2.1 整合棋譜.....	24
3.2.2 驗證最快追勝手數.....	24
3.2.3 驗證是否為唯一解.....	25
3.3 詰棋題庫分類與網頁呈現.....	26
<b>第四章、實驗數據與實作結果.....</b>	<b>29</b>
4.1 LG棋局盤面與數據分析.....	29
4.2 級位棋力鑑定系統.....	31
<b>第五章、結論與未來研究方向.....</b>	<b>36</b>
<b>附錄A：詰棋分類整理表.....</b>	<b>37</b>
<b>附錄B：節錄級位棋力鑑定系統之題庫.....</b>	<b>46</b>
<b>參考文獻.....</b>	<b>53</b>



## 圖表目錄

圖表 1:五子棋與六子棋相關比較表 .....	2
圖表 2:各種棋類複雜度比較表.....	3
圖表 3:單迫著範例.....	6
圖表 4:雙迫著範例.....	7
圖表 5:三迫著範例.....	8
圖表 6:一手勝詰棋範例題目 .....	9
圖表 7:一手勝詰棋範例答案 .....	9
圖表 8:兩手勝詰棋範例問題 .....	10
圖表 9:兩手勝詰棋範例答案 .....	11
圖表 10:三手勝詰棋範例題目 .....	12
圖表 11:三手勝詰棋範例題目 .....	12
圖表 12:最長十二手勝詰棋題目 .....	13
圖表 13:最長十二手勝詰棋參考答案 .....	14
圖表 14:詰棋分類因素範例題目 .....	18
圖表 15:詰棋分類因素範例答案.....	18
圖表 16:自動詰棋產生系統之流程圖 .....	22
圖表 17:SGF格式範例.....	23
圖表 18:驗證最快追勝手數流程圖 .....	24
圖表 19:驗證唯一解流程圖 .....	26
圖表 20:Joomla平台選擇詰棋分類呈現 .....	27
圖表 21:分類詰棋系列問題呈現.....	27
圖表 22:分類詰棋系列解答呈現.....	28
圖表 23:最快幾手追勝的題目個數分佈 .....	30
圖表 24:最快幾手追勝且第一手為唯一的題目個數分佈 .....	31
圖表 25:棋力鑑定系統：輸入玩家姓名 .....	31
圖表 26:棋力鑑定系統：測驗狀況 .....	33
圖表 27:棋力鑑定系統：確認下子狀況.....	33
圖表 28:棋力鑑定系統：玩家作答即時回饋.....	34

圖表 29:棋力鑑定系統：最終測驗結果.....35



# 第一章、緒論

本章首先會在 1.1 節介紹此論文相關的研究背景，敘述六子棋這個新興的棋類遊戲。1.2 節則介紹在六子棋的下棋過程中，所著重的贏棋策略。1.3 節將說明六子棋上的詰棋為何。1.4 節，將簡介目前世界上持續開發的六子棋人工智慧程式。1.5 節則是此篇論文的研究動機及目標。並在最後 1.6 節簡介本論文的內容大綱。

## 1.1 研究背景

六子棋是在 2005 年，由交大資工吳毅成、黃德彥所發表的一個新棋類遊戲。以下介紹關於六子棋的起源、規則、特性，以及目前的發展。

### 1.1.1 六子棋的起源

在一談到六子棋，許多人都會問說，這和大家所熟知的五子棋，有什麼關聯，或是差別。而實際上，六子棋的構想的確由五子棋轉變而來。

五子棋的規則，是雙方各持黑白子，輪流每次下一子。而在吳毅成教授一次與女兒的下棋中，女兒一句「我們一次下兩子好不好」無意中激起了吳教授的靈感。並從中得到發明六子棋的概念。

### 1.1.2 六子棋的規則

六子棋的規則，先攻方持黑，後攻方持白，而在黑方下了第一手、只有一子後，此後每手棋各下兩子。而在直、橫、或斜上斜下共四個任一方向上，誰能先連成六子(或更多子)一線者即為勝利者。

而在五子棋上，先下的一方擁有著較大的優勢，因此而有著禁手、長連的限制。但在六子棋上，則完全沒有這方面的限制。

五子棋	六子棋
連成五子一線者贏	連成六子一線者贏
每手一子	除第一手外，每手兩子
先下者有明顯優勢	先下者無明顯優勢
先下者有禁手	沒有任何禁手

圖表 1:五子棋與六子棋相關比較表

### 1.1.3 六子棋的特性

六子棋具有三大特性，分別為規則簡單，變化複雜，及遊戲公平。

1. 規則簡單：可參考 1.1.2 六子棋的規則。
2. 變化複雜：由於每手可下兩子，組合變化數很高，經過計算後，大約介於日本將棋和象棋之間。(圖表 2) [1]
3. 遊戲公平：根據六子棋的規則，而每次下子完的一方將會比另一方多一顆子。而不像五子棋後手者最多只能和先手者子數持平，也因此五子棋的先手者較為有利。但六子棋就沒有這種狀況。

State-space complexities and game-tree complexities of various games

Id.	Game	State-space compl.	Game-tree compl.	Reference
1	Awari	$10^{12}$	$10^{32}$	[3,7]
2	Checkers	$10^{21}$	$10^{31}$	[7,94]
3	Chess	$10^{46}$	$10^{123}$	[7,29]
4	Chinese Chess	$10^{48}$	$10^{150}$	[7,113]
5	Connect-Four	$10^{14}$	$10^{21}$	[2,7]
6	Dakon-6	$10^{15}$	$10^{33}$	[62]
7	Domineering (8 × 8)	$10^{15}$	$10^{27}$	[20]
8	Draughts	$10^{30}$	$10^{54}$	[7]
9	Go (19 × 19)	$10^{172}$	$10^{360}$	[7]
10	Go-Moku (15 × 15)	$10^{105}$	$10^{70}$	[7]
11	Hex (11 × 11)	$10^{57}$	$10^{98}$	[90]
12	Kalah(6,4)	$10^{13}$	$10^{18}$	[62]
13	Nine Men's Morris	$10^{10}$	$10^{50}$	[7,44]
14	Othello	$10^{28}$	$10^{58}$	[7]
15	Pentominoes	$10^{12}$	$10^{18}$	[85]
16	Qubic	$10^{30}$	$10^{34}$	[7]
17	Renju (15 × 15)	$10^{105}$	$10^{70}$	[7]
18	Shogi	$10^{71}$	$10^{226}$	[76]

圖表 2:各種棋類複雜度比較表  
(摘錄自[7])

#### 1.1.4 六子棋的發展

自 2005 年吳毅成教授發表了六子棋這個遊戲後，各方反應熱烈，於 2006 年成為第十一屆奧林匹亞電腦賽局競賽項目之一。在網路上也有六子棋論壇[14]，百度六子棋吧[15]供玩家們互相討論。同時，國外也有英文網站 Little Golem[9]，Pente[10]，西班牙文網站 Ludoteka[11]提供遊戲來讓玩家們線上對局。這些網站都對於六子棋的發展有著相當大的幫助。

國內也於 2006 年籌組了台灣六子棋協會[16]，並定期舉辦六子棋公開賽（交通大學盃六子棋公開賽，群想盃六子棋公開賽），六子棋晉段賽（台北晉段賽，高雄晉段賽，彰化晉段賽），並將在今年八月二十四日舉辦第一屆人腦對電腦六子棋大賽。相信在多方努力下，未來六子棋將會更加蓬勃發展。

## 1.2 六子棋人工智慧程式

自 2005 年發表六子棋以來，陸續在世界各地引起熱烈的討論。而到現今 2008 年，目前有持續投入六子棋程式開發並參與今年八月、在北京與辦的第十三屆奧林匹亞電腦競賽[13]，約有 15 個團隊。而這個參賽隊伍人數，在 32 項比賽項目中，排名為第 7 名，並和歷史悠久的五子棋參賽人數相仿（16 個團隊報名）。可見六子棋這一個新興的棋類，的確引起許多人的關注及興趣。

下面將介紹一些參與過去兩屆奧林匹亞六子棋競賽，且有得名的開發團隊：

1. NCTU6：由發明人交通大學吳毅成教授團隊所開發，第十一屆奧林匹亞競賽金牌。另外曾兩次和紅面棋王周俊勳人機對奕皆勝出。並於第二屆交大盃時舉辦人機挑戰賽[17]，所有甲組選手 35 名皆與交大六號對戰，只有四位選手戰勝交大六號，其餘皆由交大六號獲勝。在第一屆人腦對電腦公開賽[18]時，更是締造五勝一和的佳績。
2. X6：由東華大學顏士淨教授團隊所開發，第十一屆奧林匹亞競賽銀牌，第十二屆競賽金牌。
3. EVG：由長榮大學許舜欽教授團隊所開發，第十一屆奧林匹亞競賽銅牌。
4. MeinStein：由荷蘭 Theo van der Storm 團隊所開發，第十二屆奧林匹亞競賽銀牌。
5. Kavalan：由東華大學顏士淨教授及另一研究生所開發，第十二屆奧林匹亞競賽銅牌。

6. NTNU C6：台灣師範大學林順喜教授及研究生黃士傑所開發，第十二屆奧林匹亞競賽第四名。

上述幾個開發團隊，大多也持續參加今年的第十三屆奧林匹亞競賽，相信到時候必定會讓大會的比賽更為精彩刺激。

## 1.3 贏棋策略

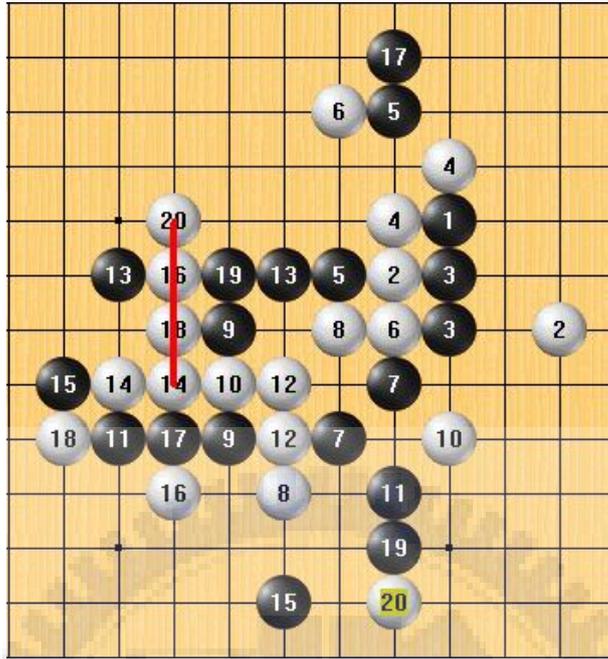
在六子棋上，我們多採取運用迫著的進攻來取得勝利。我們在此定義迫著為何。

*定義 1.1 迫著：在一個六子棋的棋局盤面上，一旦存在著  $N$  個迫著，則另一方在下一手，至少要花  $N$  顆子來阻擋迫著，否則就會輸掉。*

以運用迫著的觀念下，在六子棋進行的過程中，會出現單迫著，雙迫著，及三迫著三種情形。

### 1.3.1 單迫著

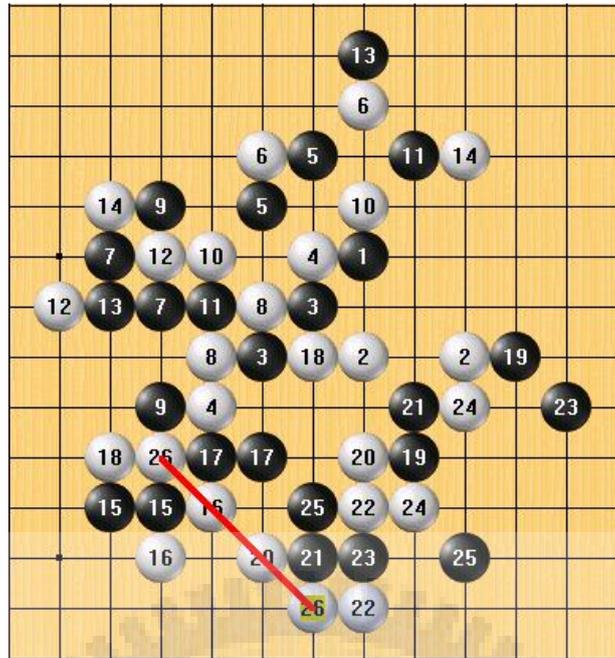
以圖表 3 為例，圖中白方第 20 手，形成了一個死四（紅線所在四顆子的地方），而在六子棋的規則中，每一手可下兩子。也就是說，如果黑方下一手不阻擋的話，白方再下一手的兩子即可達成六子一線並獲勝。因此白方此處的死四，就形成了一個迫著，我們稱為單迫著。



圖表 3:單迫著範例

### 1.3.2 雙迫著

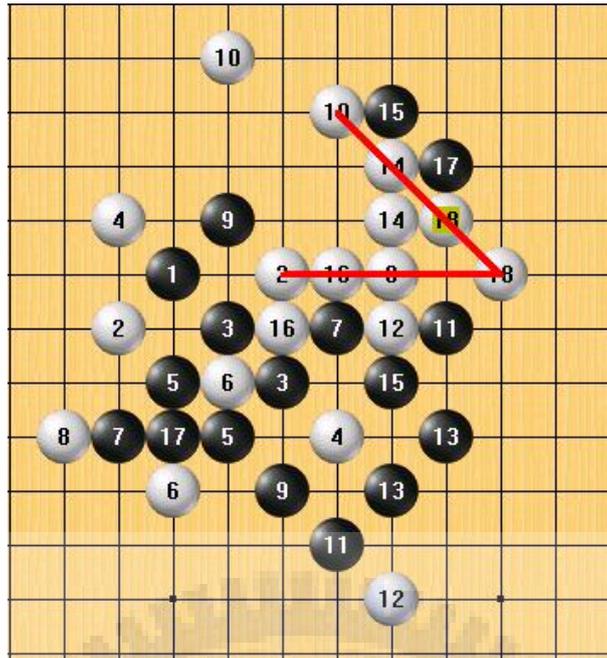
以圖表 4 為例，圖中白方第 26 手，形成了一個活四（紅線所在四顆子的地方），如果黑方下一手不阻擋活四兩頭的話，白方再下一手的兩子即可達成六子一線並獲勝。因此白方此處的活四，就形成了兩個迫著，我們稱為雙迫著。



圖表 4:雙迫著範例

### 1.3.3 三迫著

以圖表 5 為例，圖中白方第 18 手，形成了一個活四（斜向紅線所在四顆子的地方）和一個死四（橫向紅線所在四顆子的地方），由於此時黑方要阻擋的迫著已達到三個。但一次下子只有兩顆子，因此黑方此時已無法阻擋白方獲得勝利。此情形我們稱為三迫著，一般在獲勝時，大多是形成三迫著取勝（佈局巧妙也有可能為三迫著以上）。



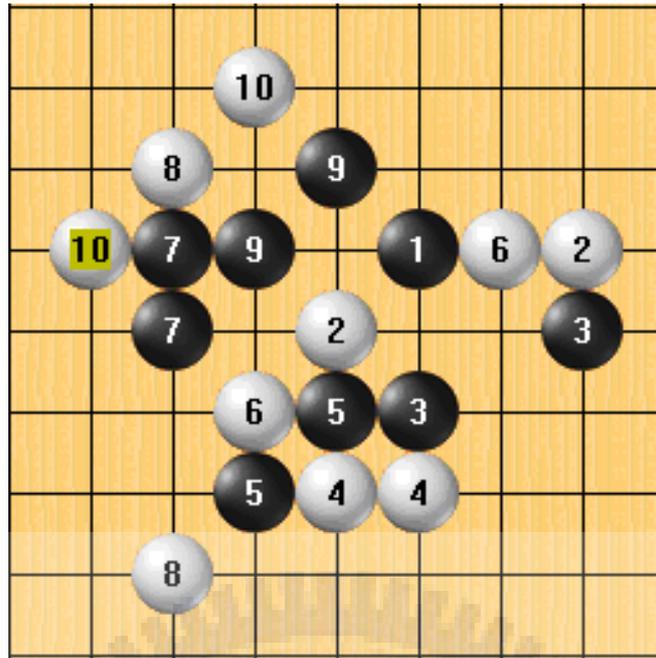
圖表 5:三迫著範例

## 1.4 六子棋上的詰棋

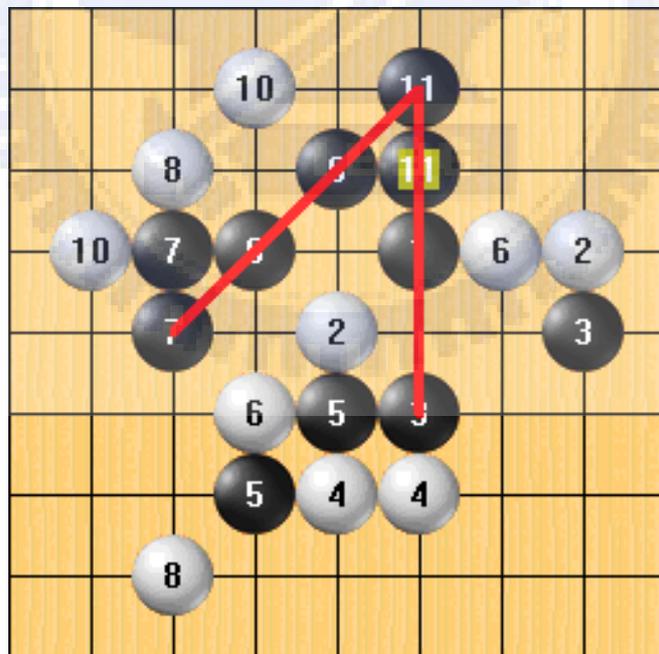
所謂詰棋，是指由提供者精心挑選或設計出來的棋局問題。而凡是棋類遊戲，大多有屬於自己的詰棋。例如：象棋上的解殘局，圍棋上的官子，五子棋的詰棋等。同時詰棋也是學習一個棋類最有效的方法。玩者可以透過解詰棋的過程中，學習如何進攻，如何防守等策略，來讓自己的棋力更進一步。

而六子棋是由五子棋延伸而來，在此名稱也延用五子棋的詰棋。一般來說，詰棋大多問的是“如何必勝”及“如何阻擋”這兩大方向。此篇論文將著重在“如何必勝”這個方向上，也就是如何追勝，如何從當前的棋局中，找出那條必勝的道路出來。

以圖表 6 為例，是一個一手勝的題目，也就是黑下一手兩子後，立即可以達成三迫著。答案在圖表 7，黑 11 手形成了斜向活四的雙迫著以及縱向的死四單迫著，黑先勝。



圖表 6:一手勝詰棋範例題目

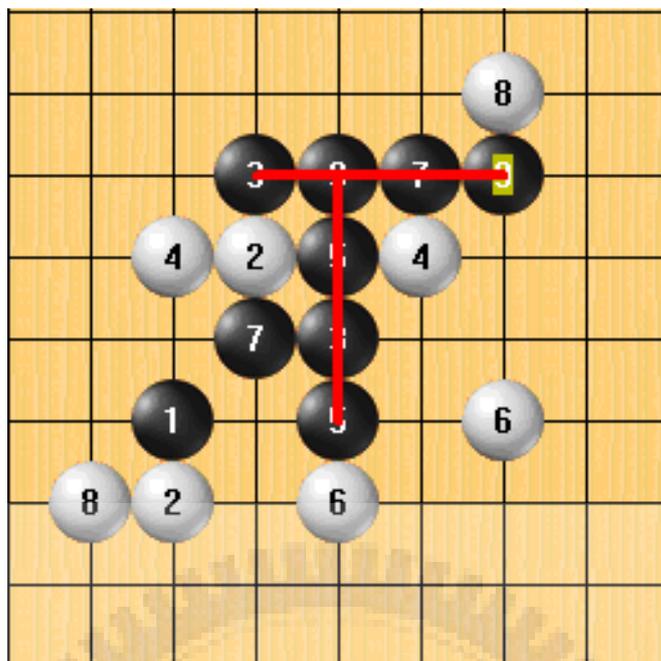


圖表 7:一手勝詰棋範例答案

再來是一個二手勝的問題(見圖表 8)。黑先下一手，白阻擋一手，黑再下一手即可獲勝。而此題的答案，黑先於第 7 手做出斜向活四雙迫著逼白阻擋，再於第 9 手做出橫向雙迫著與縱向的死四單迫著，形成三迫著獲勝(見圖表 9)。



圖表 8:兩手勝詰棋範例問題



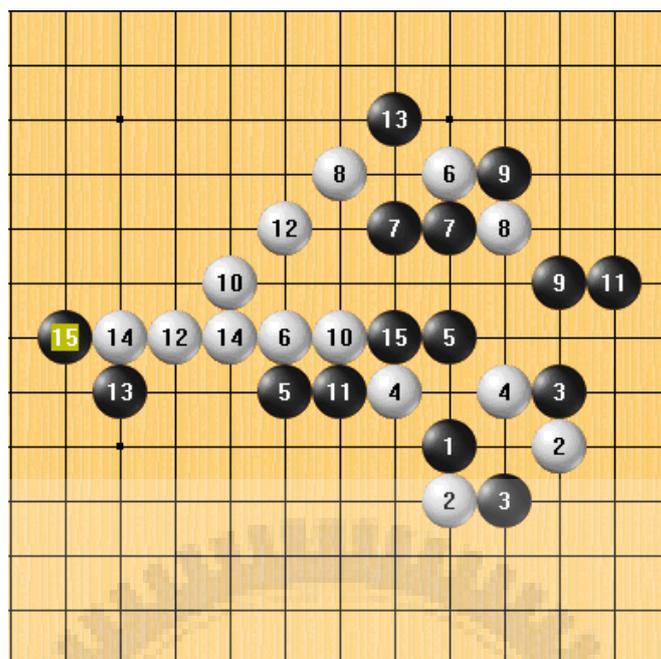
圖表 9:兩手勝詰棋範例答案

最後我們看一個三手追勝的題目（圖表 10）。在此題中，白方在第 16 手先做出縱向的活四雙迫著，讓黑擋了一手。在第 18 手又做出了斜向活四雙迫著，讓黑再擋了一手，但此時黑以縱向的死四反手回應。反手的定義是：

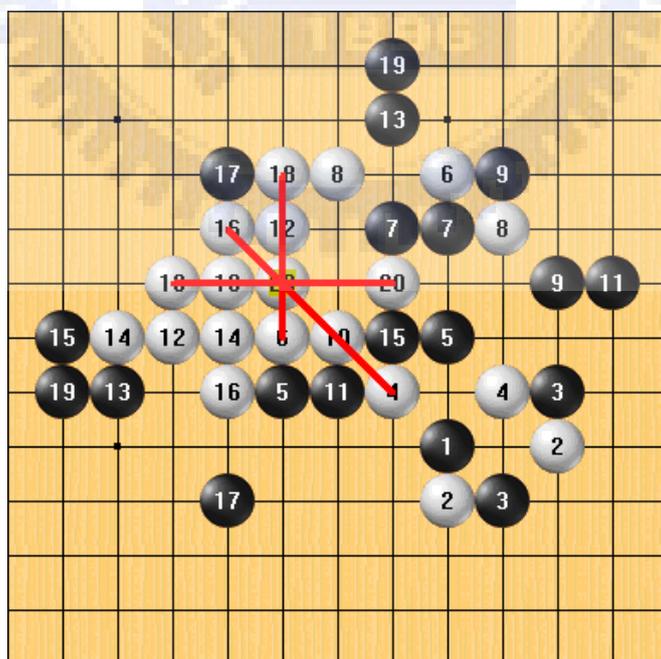
**定義 1.2 反手：**在某一方因為迫著而被迫防守時，其下子的防守點除了能夠有效阻擋迫著外，還可以連帶形成自己的迫著，反過來逼對方至少要防守一子，稱該子下法為反手。

但即便黑方下了反手回應後，白方仍下出了決勝步，第 20 手立即形成了縱、橫、斜三方向的單迫著死四，贏了此局（圖表 11）。

由上述三題，我們可以很清楚的發現，對一個詰棋題目而言，追勝的手數越多，代表著佈局的越遠，想的越深，難度也就會越高。因此追勝的手數將會是詰棋題目在分類上的一個重要的指標。此外還有其它因素會影響到分類，我們會在研究方法的部分詳述之。



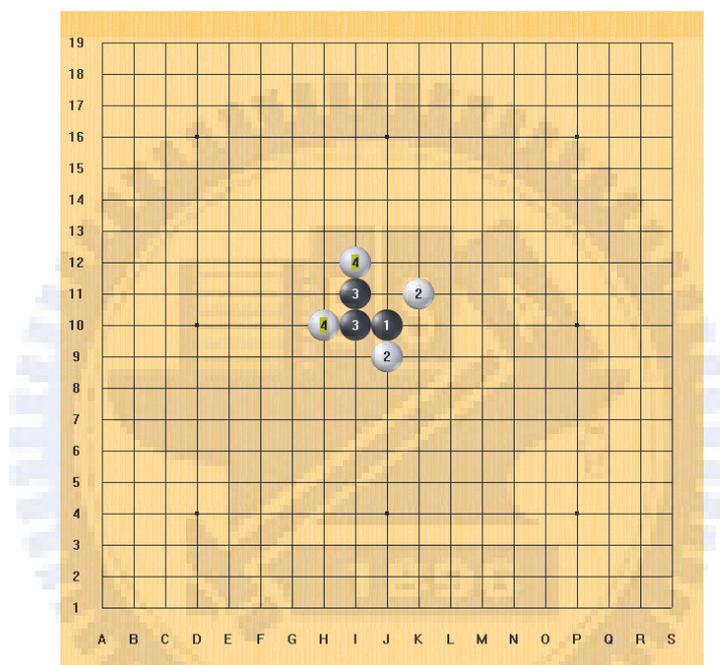
圖表 10:三手勝詰棋範例題目



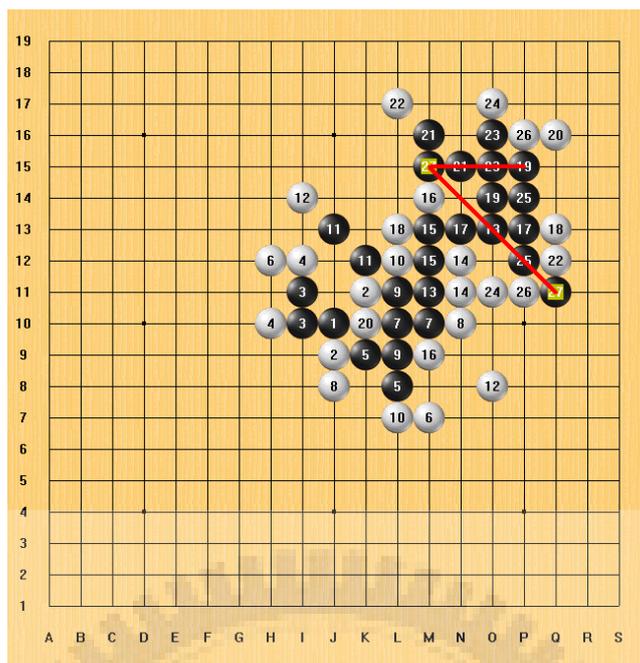
圖表 11:三手勝詰棋範例題目

而在這次的所有實驗中，我們所找出的最長詰棋，是要以十二手追勝的題目（圖表 12）。此題目相當的難，是目前已知六子棋詰棋裡最長的一題，答案可參考圖表 13

我們也相信未來持續研究下去，將會有更多更難更有變化的詰棋題目不斷的產生。



圖表 12:最長十二手勝詰棋題目



圖表 13:最長十二手勝詰棋參考答案

## 1.5 研究動機和目標

### 1.5.1 研究動機

現今六子棋仍屬於一個新興的棋類，目前在發展上所面臨了幾個問題：

1. 不像象棋圍棋等歷史悠久的棋類擁有眾多詰棋，六子棋上的詰棋數量至今並不多。
2. 目前許多六子棋高手大多在網路上和人對戰，但對於分享心得及教學則不太容易或不見得願意的心態。使得整體大環境的進步有限。
3. 對一些棋士而言，累積實力進步到一定程度後，想知道自己的棋力成長為何，但尚未有一個明確的機制可供人參考。

## 1.5.2 研究目標

因此，我們希望透過這個自動詰棋產生系統，由程式來自動大量的產生詰棋題目，再進一步加以分析歸類，再運用於六子棋的教學及發展推廣上，能讓更多的人認識六子棋並對它產生興趣。並再從中選出較為艱深的題目，來作為六子棋級位棋力鑑定的標準。

## 1.6 本文大綱

本論文第一章介紹六子棋及詰棋的相關背景知識。並提出研究動機與期望達成的目標。在第二章裡會介紹研究的方法，及如何針對詰棋進一步分類做詳細的說明。在第三章裡則詳述在此研究方法下，此系統如何產生詰棋的流程經過。在第四章有實驗數據及後續的實作結果。最後在第五章提出總結，並進一步探討未來的研究發展方向。



## 第二章、研究方法

詰棋對於棋士而言，是一個訓練、挑戰自己的好工具，也是最快最有效的學習方法。但所有棋士的程度不一，有的人是初學者，需要入門的詰棋來熟悉這個棋類，增進棋感；有的人卻已經是高段棋士，太簡易的詰棋反而對他沒有幫助，需要進一步的難度才能對他有所啟發。所以我們大量產生的詰棋，首先必須要有分類的動作，讓每個棋士能找到適合自己的詰棋，我們在 2.1 節介紹詰棋的分類因素。而在 2.2 節討論關於詰棋的品質。最後在 2.3 節，介紹我們如何改良利用交大六號的功能來產生詰棋。

### 2.1 詰棋的分類考量因素

詰棋在分類上，除了在 1.3 節的部分我們已知詰棋追勝的手數長度，是一個很重要的指標外，我們藉由眾多棋會棋士的建議及自身經驗，我們選出下列另外幾項常見的考慮因素，來做為分類上的依據並在本節中介紹。

#### 2.1.1 單迫著進攻

在詰棋的答案裡，不斷的以雙迫著進攻，每一手都逼對方只能防守，從而至最後形成三迫著獲勝。但這是最理想的追勝，實際上在許多棋局裡，如果對手的防守嚴密，並不是那麼容易能夠輕易的形成雙迫著進攻的。

此時，我們必須會試著採用單迫著的進攻，不斷的進逼對手（使其下一手兩子中有一子必須採阻擋）並趁機展開佈局，以取得主動權。也因此，除了產生迫著的一子外，另一子的下法則影響後續是否能持續的展開攻擊。總而言之，利用單迫著的攻擊，相當重要但也相

對複雜很多，因此若一個詰棋的答案裡單迫著越多，其難度也相對的越高。

### 2.1.2 死四活三的進攻

已知一方有著單迫著進攻的前提下、若除了該單迫著的死四外，仍存在一個活三，再接下來輪到該方，則至少還能做出一次單迫著攻擊（在對方阻擋完迫著後，提前阻擋活三），甚至可做出雙迫著的攻擊。

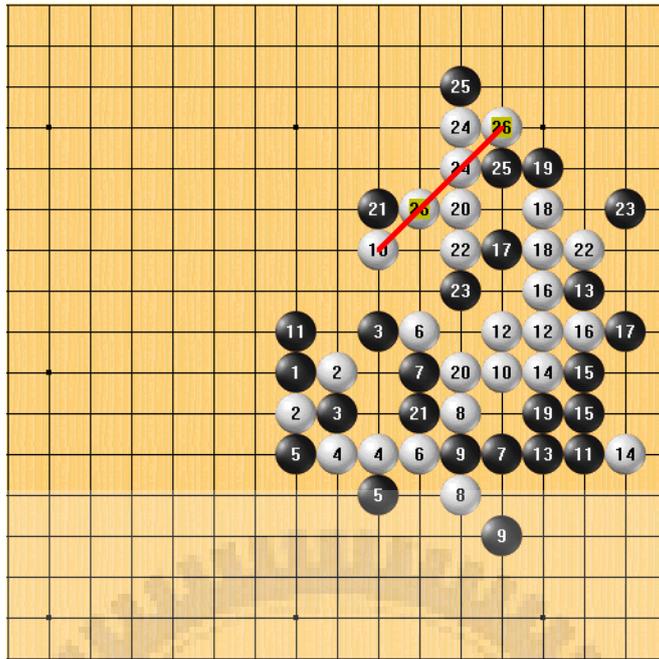
我們可以認為，在詰棋過程中出現死四活三的棋形狀況，代表著這個盤面的佈局不錯，也可以做為一項分類的指標。在附錄 A 的詰棋分類整理，我們簡稱死四活三為“四三”。

### 2.1.3 反手

考慮在詰棋迫勝的過程中，反手的出現代表著對方將不是一味的防守，也有反擊的機會，同時反手出現越多次，代表著整個迫勝的過程中越驚險，雙方你來我往，一手下錯就化主動為被動，勝負就在這幾次攻守中改變了。因此，我們選了反手作為一項分類上的依據。

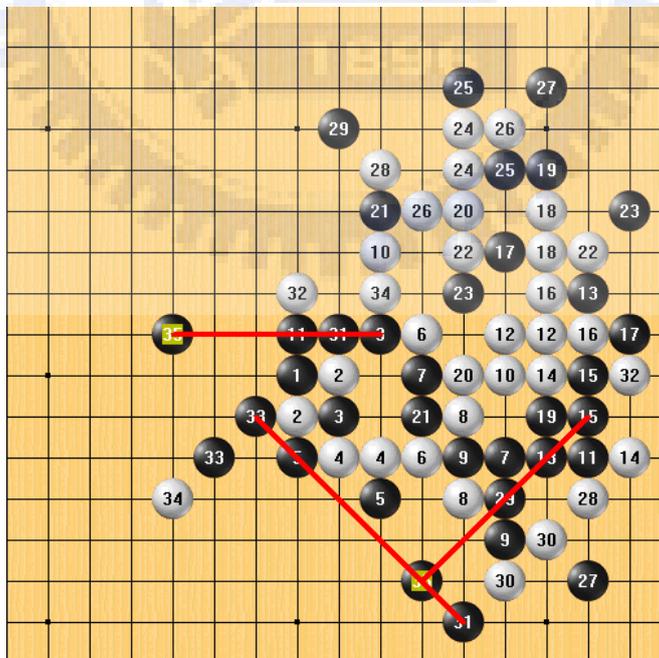
### 2.1.4 以三個單迫著取勝

雖然某方形成三迫著（或更多迫著）的狀況時，就已經獲勝了。但是形成三迫著的方式仍然可分成兩種，以“雙迫著+單迫著”，或是“三個單迫著”這兩種方式。而大部份的詰棋迫勝到最後都是以“雙迫著+單迫著”的方式勝利的。要能以“三個單迫著”方式來取勝的，通常在佈局的前後連貫上，較為優異。因此我們也將以三個單迫著取勝列為一項可以用來分類的因素。



圖表 14:詰棋分類因素範例題目

五手追勝、單迫著、死四活三、反手、以三個單迫著勝



圖表 15:詰棋分類因素範例答案

五手追勝、單迫著、死四活三、反手、以三個單迫著勝

依上圖 2-1 的詰棋題目，黑白兩方不斷以單迫著攻擊。糾纏四手攻擊後，黑方第 31 手單迫著攻完，白方第 32 手已無法進攻，隨即黑方第 33 手以活四雙迫著，進而在第 35 手形成三迫著取勝。而中間的反手能防守住並持續以單迫著進攻則是整題關鍵所在。

## 2.2 詰棋的品質

以一個詰棋而言，我們會從題目和答案兩個方面來判斷這個詰棋的品質。對答案來看，它的最快迫勝手數為何？對題目來看，此題目的解答是否存在為唯一解？我們分別於 2.2.1 及 2.2.2 節討論之。

### 2.2.1 最快迫勝手數

對詰棋而言，在解答的過程中，每一步的下法都是極有意義的。很多時候勝負輸贏就在這細微的差異上，因為慢了一手而輸，快了一手而贏。所以我們對詰棋的答案，會希望是最快獲勝，也就是最快手數迫勝的最佳解。

### 2.2.2 是否為唯一解

在這個詰棋自動產生系統中，我們對“唯一解”這個名詞，有另外的定義。

**定義 2.1 唯一解：**針對一個詰棋題目，我們只對其解答的第一手做考慮，而不論後面幾手的變化。

如果這個詰棋題目，以系統驗證出來在<sup>1</sup>第一手就只有這一個下法才能獲勝，那我們稱這個詰棋題目具有唯一解。若第一手有多種下法皆可獲勝，那這題目就不具唯一解。

所以，一個詰棋問題若具有唯一解，我們認為這樣的詰棋題目難度較高，反之則較低。此外，在驗證唯一解並搭配追勝手數限制，我們又可以分成以下兩個情形：

1. 所有下法的唯一解：也就是不限追勝手數，而且只有此下法才能解出此題，這樣的詰棋題目品質最好。
2. 在一定追勝手數下的唯一解：已知存在一最快追勝手數  $D$ ，而只有一種下法可在  $D$  手獲勝，存在其餘可獲勝方式皆要  $>D$  手才可獲勝，則我們認為這樣的詰棋題目品質尚可。

另外，若詰棋題目在最快追勝步數  $D$  的限制下，存在多個下法皆可在  $D$  步獲勝，則我們認為這樣的詰棋題目品質不良，會予以淘汰。我們會在第三章，做進一步的詳細說明。

## 2.3 詰棋產生

此次的自動詰棋產生系統，我們主要藉助交大六號並改良而完成此自動產生系統。

而參考過去交大六號的戰績（1.2 節）相當優越，故此，我們相信以交大六號為基礎來產生的詰棋，在難度和準確度上都具備相當高的程度。而交大六號除了下棋對奕的功能外，還有以下兩個功能：

1. 檢查追勝：針對想檢查的盤面，去找是否存在追勝的方式。但不保證會是唯一解，或是最快獲勝的最佳解。
2. 驗證必勝：針對要驗證的盤面，驗證是否已經必勝。

此外，交大六號還可動態的調整參數，例如針對追勝步數，或是

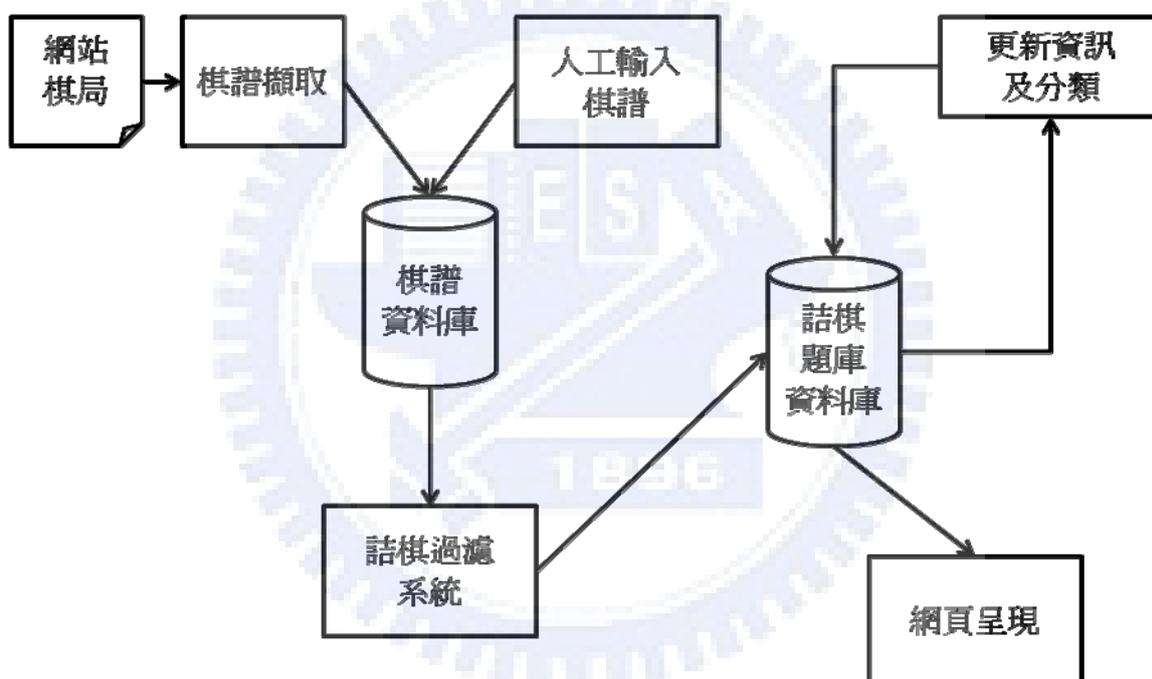
搜尋節點的個數去加以限制。

我們利用以上功能，和不同狀況下做參數的調整，來建構此自動詰棋系統。詳細的系統執行流程，我們將在第三章做介紹。



## 第三章、系統流程

本章將會詳細說明，在此詰棋自動產生系統上，各步驟進行的流程。系統流程圖可參考圖表 16。首先 3.1 節說明整個系統的棋局盤面來源。3.2 節介紹將棋局產生詰棋後，根據其品質好壞來篩選的過濾系統。3.3 節則是說明將通過篩選後的，存放於詰棋題庫裡的資料，由我們先前所提的考慮因素來做出詰棋的分類並以網頁呈現。



圖表 16:自動詰棋產生系統之流程圖

### 3.1 系統棋局盤面來源

因為六子棋下子的每一手棋變化很多，排列組合計算後，複雜度太大，我們不能毫無目標的從開局就直接去窮舉所有盤面來驗證。這樣不但效率極差，而且會不知從何著手開始。故我們選擇由已存在的對戰棋局中來找尋適合的盤面做為驗證來源。可分為由網路棋譜擷取而來，或是由人工自行輸入這兩種方式輸入系統。

### 3.1.1 網路棋譜擷取

現今在網路上，已有一些網站提供六子棋線上對戰。(見 1.1.4 節) 我們的作法，就是從這些提供六子棋線上對局的網站，從中挑選具有一定棋力程度的棋士，再針對這些棋士而把他們下過的所有棋局全部利用網頁擷取的技術擷取下來。再由這些棋局來作進一步的分析。這樣的好處是可以從中學習這些棋士們的下棋策略，另外這樣擷取棋局後，一般棋士常用的下法及棋形也可以從中獲知了。

### 3.1.2 人工輸入棋譜

另外，除了藉由網路棋局外，我們也可以用人工輸入的方式，將棋譜直接輸入進系統供驗證。只要輸入的格式符合標準的 SGF 格式即可。(如圖表 17 格式)

```
;B[JJ];W[II];W[LJ];B[KI];B[IK];W[LH];W[HL];B[K  
K];B[LL];W[JK];W[KM];B[MM];B[NL]
```

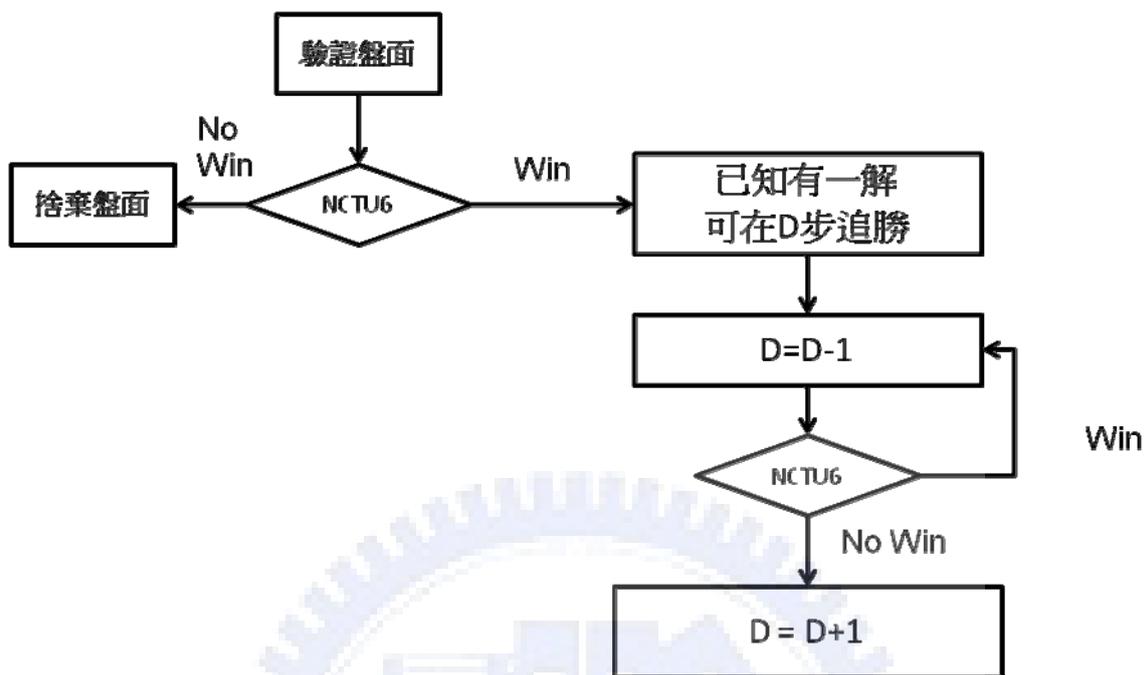
;B[]：黑子、;W[]：白子

[]：內為下子座標，從A~S，先X座標再Y座標

圖表 17:SGF 格式範例

## 3.2 詰棋過濾系統

過濾系統會由棋譜資料庫取出棋局盤面並開始做分析，該棋局盤面是否合適做為詰棋，品質如何？若適合者則會將之存回詰棋題庫資料庫。我們在 3.2.1 節會先介紹如何整合棋譜以利於驗證上的效率。3.2.2 節則會介紹關於詰棋品質裡最快追勝手數的驗證。3.2.3 節則是關於詰棋品質裡是否為唯一解的驗證。



圖表 18:驗證最快追勝手數流程圖

### 3.2.1 整合棋譜

考慮到驗證上的效率及盤面重複的問題，我們先對所有棋譜資料庫中的棋局做整合的步驟。並參考依循六子棋論壇[14]的 DIF 開局命名法，藉以旋轉、對稱、鏡射這三種方式，將棋局的前兩手先轉換至棋盤左下方八分之一（南南西方位）的棋盤內，如此一來可將雖然下法手順不同，但棋形卻相同的盤面給整合起來，而不會有重複驗證的情形發生。

### 3.2.2 驗證最快追勝手數

針對每個要驗證的棋局盤面，我們會先以交大六號作追勝的檢查，確認此盤面是否為必勝。如果該盤面不存在必勝的方式，則無法作為詰棋的題目，就過濾掉這個盤面。

一旦該盤面存在著必勝的下法後，我們則反覆驗證該下法，是否為最快追勝的下法。假如該下法可於  $D$  步勝獲，我們會對所有  $D-1$  步的盤面變化全部展開，去尋找是否有必勝的下法，並遞迴處理直到找出此題目的最快追勝下法後，我們再對此下法驗證是否為該題目的唯一解（3.2.3 節）。驗證最快追勝手數過程可參考圖表 18。

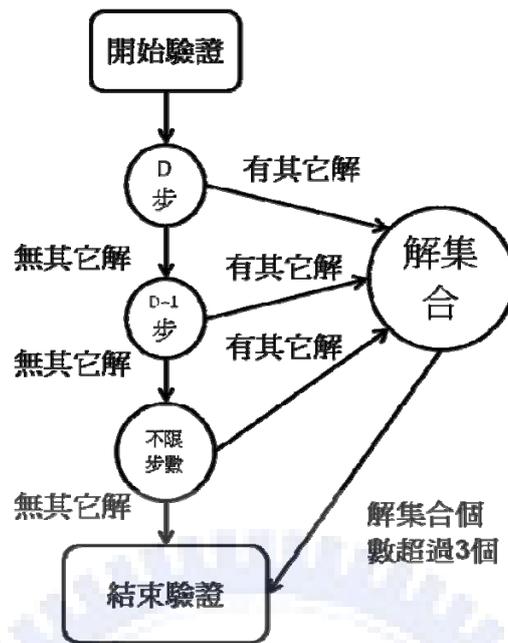
### 3.2.3 驗證是否為唯一解

在已驗證過最短追勝步數後，我們可知道此詰棋題目已存在至少一個解可在  $D$  步追勝成功。接下來我們會驗證此題目是否為唯一解，即是否不存在其它的解。

另外，我們對於一個詰棋題目，認為如果它存在超過三個解，就代表這個題目太容易而不適合讓棋士們來增進實力了。

所以我們先以追勝步數限定在  $D$  步的情況下，去找是否有其它的解存在，如果沒有，則會將追勝步數限制放大一步成  $(D+1)$ ，再重新尋找是否有解。如果再沒有，則會將追勝步數的限制取消，在不限步數的情況下，去找尋是否有其它解的存在。而在整個過程中，一旦找到解的個數一超過三個，馬上就停止驗證，並將這題詰棋題目給過濾捨棄掉了。

驗證唯一解的過程可參考圖表 19 的示意圖。在找不到其它的解存在或其它存在的解個數超過三個時，會停止驗證。



圖表 19:驗證唯一解流程圖

### 3.3 詰棋題庫分類與網頁呈現

經過詰棋過濾系統的過濾後，所剩下來的詰棋題目都是具有一定的品質可供我們使用。我們會先對這些詰棋問題的解答，做分析的動作並得到相關的資訊。再依 2.1 節所提到的因素，來對每個詰棋做分類的動作，以方便我們後續的使用。

網頁呈現的部分，我們選用了 Joomla 這套系統平台並藉此發佈詰棋。並提供一個生成網頁，可以根據不同的需求，輸入所需要的條件來動態產生不同的詰棋系列。以圖表 20 為例，我們可以選擇要讓系統自動產生具備三步追勝，一次單迫著攻擊，有反手，這樣的詰棋分類系列。

我們最後一共產生出了 422 個詰棋分類，而詳細的數據和題數分布狀況將於第四章詳述之。

問題和答案一起發佈
  只發佈問題
  評論置頂

系列名稱的流水號碼:

一系列要幾題(Limit):

幾步勝的問題(Depth):

限定幾次單迫著(Level):

出現幾次死四活三(D4L3):

有無反手(Reverse):

用三個單迫著勝(3ST to win):

Joomla! is Free Software released under the GNU/GPL License.  
 Joomla! 1.0.10 Stable [ Sundown ] 28 June 2006 00:00 UTC  
[檢查是否有新版本](#)

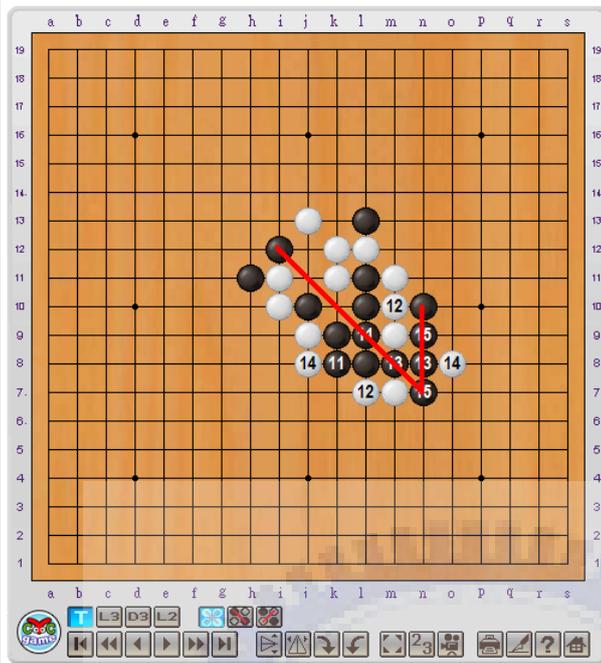
圖表 20: Joomla 平台選擇詰棋分類呈現

級位棋力鑑定之詰棋系列 7-54(3手迫勝，1次單迫著，反手)

詰棋題目 7-54-1: (1~10)黑先勝，3手迫勝(1次單迫著)...(解答)

The screenshot shows a Go board with a grid labeled a-s and 1-19. A cluster of stones is positioned in the center-right area. The stones are numbered 1 through 10, indicating a sequence of moves. Black stones are numbered 1, 3, 5, 7, 9, and white stones are numbered 2, 4, 6, 8, 10. The board is otherwise empty. Below the board is a toolbar with various icons for board manipulation.

圖表 21: 分類詰棋系列問題呈現



解答(11~15)  
說明：參考答案

圖表 22:分類詰棋系列解答呈現



## 第四章、實驗數據與實作結果

本章將會介紹，由此詰棋自動產生系統所產生出來的詰棋問題，並加上由第二章所提過的因素來做出詰棋的分類並以網頁呈現，並進一步藉由這些詰棋問題，來建構出級位棋力鑑定系統。首先在 4.1 節，我們會先描述由 LG(Little Golem)網站[9]統整而來的相關棋局盤面並加以運用。並在 4.2 節介紹我們於第三屆交大盃所正式啟用的級位棋力鑑定系統。

### 4.1 LG棋局盤面與數據分析

本次實驗，我們選擇了 LG 網站來做為擷取棋譜的來源。經過整合所有棋譜後，一共得到 302000 個棋局盤面。而經過驗證，我們得到 52702 個棋局盤面，是存在著必勝的追勝方式。

而以一個必勝的盤面而言，是有著包含的關係。也就是說，假設存在一個五步追勝的詰棋題目存在，則以此題而言，扣除自己下的一手，和對方回應的一手後，就會變成一個四步追勝的詰棋問題。

因此，對我們驗證而言，只需要將有包含關係的題目，選擇以最長追勝的詰棋盤面問題來驗證即可，並不需要重覆檢證。而以 LG 的 52702 個棋局盤面來分析，我們最後可得出有 25314 個棋局盤面是需要我們一一驗證的。

而這 25314 個盤面，我們先驗證其最快追勝手數，而分佈情形如圖表 23。可由此看出，四手、五手、六手追勝的題目個數佔了大部分的比例。

在得到最快追勝手數後，我們再進一步檢查是否為唯一解的情形，最後得出有 6550 個盤面具唯一解。再去除一手勝的題目外，我

們對兩手以上勝利的題目檢查唯一解的驗證，而分佈情形如圖表 24。

針對此 6550 個盤面，再搭配先前的分類因素，我們統計數據於附錄 A。(一手勝並不適用第二章所提的分類因素)

最快幾手追勝	盤面個數
1	2300
2	2125
3	3741
4	4701
5	4476
6	4045
7	2507
8	1046
9	308
10	51
11	12
12	2
總計	25314

圖表 23:最快幾手追勝的題目個數分佈

最快幾手追勝且第一手為唯一	盤面個數
1	731
2	592
3	981
4	567
5	796
6	1039

7	966
8	585
9	234
10	46
11	11
12	2
總計	6550

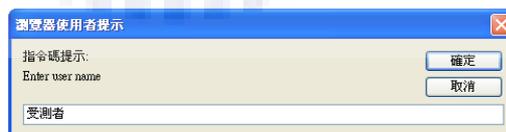
圖表 24:最快幾手追勝且第一手為唯一的題目個數分佈

## 4.2 級位棋力鑑定系統

在此鑑定系統裡，我們定義一手勝的題目為十級，兩手勝的題目為九級，以此類推至七手勝的題目為四級的鑑定題目。並從前述所產生的詰棋分類系列中，每個級位的題目各自從適合的分類裡選出三十題，一共兩百一十題來做為棋力鑑定系統的題庫。並亂數選擇去挑選出詰棋題目讓玩家來接受鑑定測驗。

首先，玩家需輸入姓名，如圖表 25。

定石譜 > 詰棋譜 > 六子棋棋力鑑定



圖表 25:棋力鑑定系統：輸入玩家姓名

輸入完姓名後，隨即開始進行測驗，目前的鑑定系統，並沒有做限時作答的考量，可讓玩家有充分的時間思考。另外，在每題一開始，在題目的旁邊皆有作答的提示（此題誰先勝）及系統的說明，以及目前在該測驗中已答對的題數。可參考圖表 26。

在作答的部分，我們在網頁上提供了一個動態棋譜的模式，受測者可在思考完該詰棋題目後，直接在棋盤上由滑鼠點選想要下子的地方，並在玩家每次下完一手棋後，會進一步確認該手棋是否有下錯或者需要重下。(圖表 27)

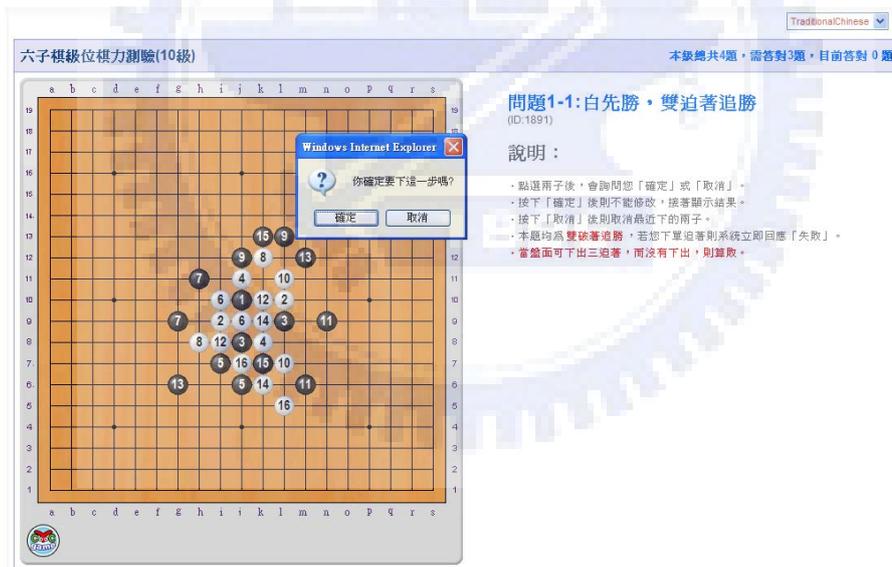
針對鑑定系統的題庫，我們已建立與其相關的後續變化詰棋譜。也就是說，如果玩家下子的位置是正確答案的話，我們則會參考這些詰棋譜，並回應一個在當前盤面下最好的擋法。讓玩家再繼續下下去，並試著獲得勝利，並在獲勝時告知玩家。另外，一旦玩家下到了無法必勝的位置，則我們會告知玩家此題詰棋已答錯了。(圖表 28)

整個級位鑑定的過程，採由簡至難、達到標準就晉級的方式來評定棋力。一開始先由十級的題目作答。在一個系列中，鑑定系統會產生出符合當前難易度的四題詰棋問題來讓玩家回答，以八級至十級的題目而言，玩家需要答對三題以上才可以繼續晉級至下一個級位。而四級至七級的題目，則系統會每次產生出三題，而玩家需要答對兩題以上才可繼續晉級。換言之，玩家在每一次系列題目的測驗中，都允許有一次答錯的機會。而目前透過此系統鑑定，玩家最高可認定為具有四級的棋力。

而在一個系列的測驗中，如果玩家答錯題數達到兩題的數量時，測驗也就宣告結束，系統會告訴玩家此次棋力鑑定的結果為何，並提示這次測驗中，玩家所作答錯誤的題目是哪兩題，可供玩家在日後進一步自己作驗證參考之用。(圖表 29)



圖表 26:棋力鑑定系統：測驗狀況



圖表 27:棋力鑑定系統：確認下子狀況

六子棋級位棋力測驗(10級) 本級總共4題，需答對3題，目前答對 0 題

The screenshot shows a Go board with a complex position. A dialog box from Windows Internet Explorer is overlaid on the board, displaying a yellow warning icon and the text '恭喜您贏了' (Congratulations on your win) with a '確定' (OK) button.

**問題1-2: 黑先勝，雙迫著追勝**  
(ID:2083)

說明：

- 點選兩子後，會詢問您「確定」或「取消」。
- 按下「確定」後則不能修改，接著顯示結果。
- 按下「取消」後則取消最近下的兩子。
- 本題均為 **雙破著追勝**，若您下單迫著則系統立即回應「失敗」。
- **當盤面可下出三迫著，而沒有下出，則算敗。**

Traditional Chinese

六子棋級位棋力測驗(10級) 本級總共4題，需答對3題，目前答對 1 題

The screenshot shows a Go board with a complex position. A dialog box from Windows Internet Explorer is overlaid on the board, displaying a yellow warning icon and the text '您下錯了!' (Wrong move!) with a '確定' (OK) button.

**問題1-3: 白先勝，雙迫著追勝**  
(ID:2126)

說明：

- 點選兩子後，會詢問您「確定」或「取消」。
- 按下「確定」後則不能修改，接著顯示結果。
- 按下「取消」後則取消最近下的兩子。
- 本題均為 **雙破著追勝**，若您下單迫著則系統立即回應「失敗」。
- **當盤面可下出三迫著，而沒有下出，則算敗。**

圖表 28:棋力鑑定系統：玩家作答即時回饋



圖表 29:棋力鑑定系統：最終測驗結果



## 第五章、結論與未來研究方向

本次自動詰棋產生系統的實作，是為了能讓六子棋這個新興棋類在發展上更加順利。以目前產生的速度，約十分鐘可以驗證完並產生出一題詰棋，對於大量產生這個目標來說，這個速度可以達到我們所期望的目標。

此外，於第三屆交大盃當天，也正式啟用了級位棋力鑑定系統。在當天接受測驗的棋士也紛紛表示測驗的題目頗有難度，的確具有一定的鑑別度。並透過鑑定系統，有兩位棋士獲頒棋力七級的證書、一位棋士獲得九級級位，和一位棋士獲得十級。所以我們自動詰棋產生系統的成果，其正確性和難易度，相當受到棋士們的肯定與支持。

而此自動詰棋產生系統，也是世界上首創，第一套由程式自行去驗證產生詰棋問題的系統。未來在研究上，我們將進一步對於各個詰棋之解答的每一步下法，作更仔細、更精確的探討。也就是說在足夠的詰棋數量之下，我們的目標是將各個詰棋的品質作出更有區隔性的畫分，使得在後續的運用上，能夠更貼近各個玩家、棋士們的需求，來使得我們在推廣六子棋，能夠更加地有效及便利。

## 附錄A：詰棋分類整理表

### ● 兩手追勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		432	86	16	3
一次 單迫著	0次四三	20	4	1	1
	1次四三	23	2	4	0

### ● 三手追勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		615	110	58	9
一次 單迫著	0次四三	67	15	14	2
	1次四三	49	4	14	3
兩次 單迫著	0次四三	6	0	5	0
	1次四三	5	2	0	0
	2次四三	2	0	1	0

● 四手追勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		377	31	62	4
一次 單迫著	0次四三	12	0	4	2
	1次四三	20	4	21	3
兩次 單迫著	0次四三	3	0	9	1
	1次四三	2	1	7	2
	2次四三	0	0	2	0

● 五手追勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		347	28	94	4
一次 單迫著	0次四三	66	12	23	8
	1次四三	45	7	44	10
兩次 單迫著	0次四三	19	4	27	2
	1次四三	9	2	13	5
	2次四三	1	0	2	0

三次 單迫著	0次四三	1	0	7	2
	1次四三	1	0	7	1
	2次四三	0	0	1	1
	3次四三	0	0	1	1
四次 單迫著	1次四三	0	0	1	0

● 六手迫勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		172	23	70	15
一次 單迫著	0次四三	170	7	73	6
	1次四三	44	10	44	12
兩次 單迫著	0次四三	53	12	101	12
	1次四三	18	8	33	5
	2次四三	4	0	8	4
三次 單迫著	0次四三	6	0	45	9
	1次四三	7	1	32	6
	2次四三	0	0	5	5

四次 單迫著	0次四三	0	0	7	2
	1次四三	1	0	7	0
	2次四三	0	0	1	0
五次 單迫著	2次四三	0	0	1	0

● 七手迫勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		59	4	67	6
一次 單迫著	0次四三	95	9	66	10
	1次四三	17	0	48	6
兩次 單迫著	0次四三	67	9	126	17
	1次四三	31	3	28	8
	2次四三	2	0	3	1
三次 單迫著	0次四三	21	3	103	10
	1次四三	8	1	46	3
	2次四三	1	0	15	1
	3次四三	0	0	1	0

四次 單迫著	0 次四三	2	0	23	6
	1 次四三	0	0	24	6
	2 次四三	1	0	4	0
	3 次四三	0	0	0	1
五次 單迫著	0 次四三	0	0	2	0
	1 次四三	0	0	1	0
	2 次四三	1	0	0	0

● 八手迫勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		21	7	24	4
一次 單迫著	0 次四三	32	6	23	4
	1 次四三	6	2	19	5
兩次 單迫著	0 次四三	41	9	54	4
	1 次四三	12	0	26	4
	2 次四三	2	0	7	0
三次 單迫著	0 次四三	16	3	86	14
	1 次四三	12	0	29	6

	2次四三	1	0	9	4
	3次四三	1	0	0	0
四次 單迫著	0次四三	4	0	33	6
	1次四三	4	2	28	3
	2次四三	0	0	4	0
五次 單迫著	0次四三	0	0	1	1
	1次四三	0	0	4	0
	2次四三	0	0	1	0
	3次四三	0	0	1	0

● 九手迫勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		8	1	15	2
一次 單迫著	0次四三	8	1	5	2
	1次四三	4	0	7	1
兩次 單迫著	0次四三	4	1	30	4
	1次四三	4	2	11	1
	2次四三	0	0	2	0

三次 單迫著	0 次四三	9	1	36	4
	1 次四三	2	0	19	0
	2 次四三	0	0	4	0
四次 單迫著	0 次四三	2	0	13	5
	1 次四三	0	0	10	2
	2 次四三	1	0	0	3
	3 次四三	0	0	1	0
五次 單迫著	0 次四三	0	0	0	2
	1 次四三	0	0	2	1
	2 次四三	1	1	0	0
六次 單迫著	0 次四三	0	0	2	0

● 十手迫勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		2	0	4	0
一次 單迫著	0 次四三	1	2	4	0
	1 次四三	0	0	2	0

兩次 單迫著	0 次四三	1	0	4	0
	1 次四三	0	0	4	0
	2 次四三	0	0	1	0
三次 單迫著	0 次四三	1	0	6	1
	1 次四三	1	0	3	0
	2 次四三	0	0	2	0
四次 單迫著	0 次四三	0	0	2	0
	1 次四三	0	0	3	0
五次 單迫著	0 次四三	0	0	1	0
	1 次四三	0	0	1	0

● 十一手迫勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
全雙迫著		0	0	0	1
一次 單迫著	0 次四三	1	0	0	0
	1 次四三	1	0	1	0
兩次 單迫著	1 次四三	0	0	1	0

三次 單迫著	0 次四三	0	0	1	0
	2 次四三	0	0	2	0
四次 單迫著	0 次四三	0	0	1	1
	2 次四三	0	0	1	0

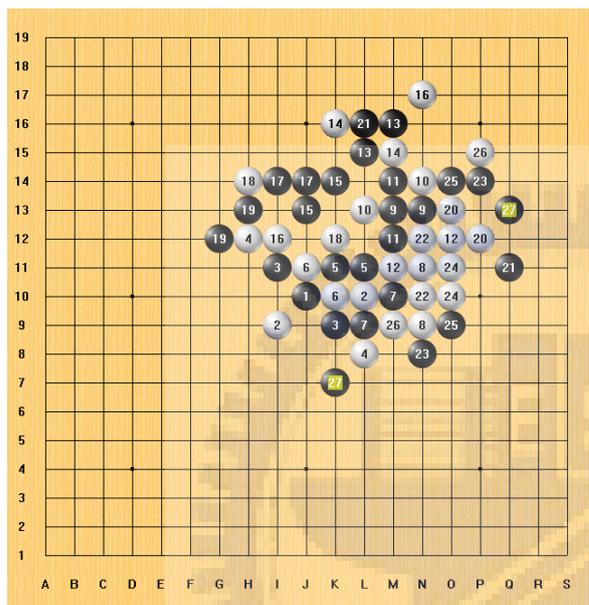
● 十二手迫勝之詰棋個數之統計

		無反手		有反手	
		非三單迫著勝	三單迫著勝	非三單迫著勝	三單迫著勝
一次 單迫著	1 次四三	0	0	1	0
兩次 單迫著	0 次四三	0	0	1	0

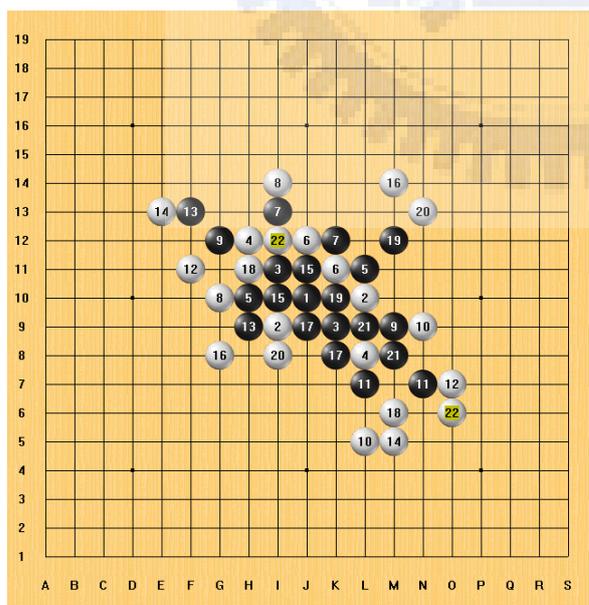
# 附錄B：節錄級位棋力鑑定系統之題庫

## ● 一手勝之題目

(白先勝，一手勝)

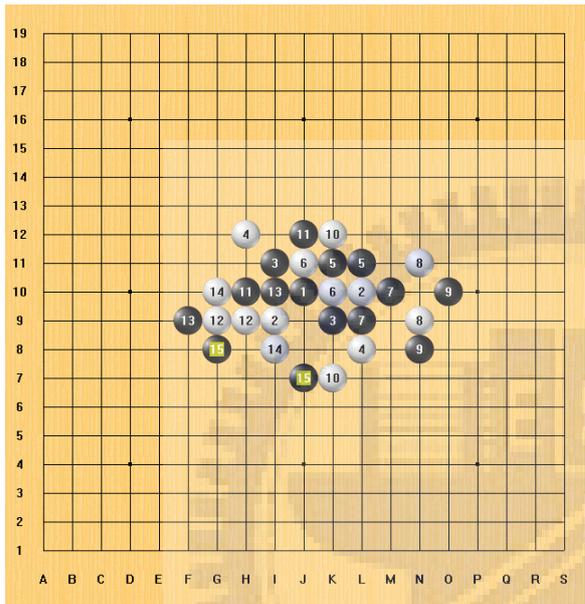


(黑先勝，一手勝)

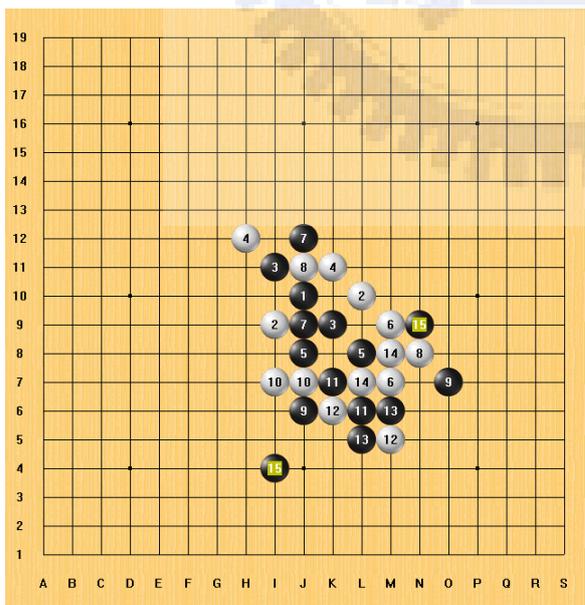


● 二手勝之題目

(白先勝，兩手勝)

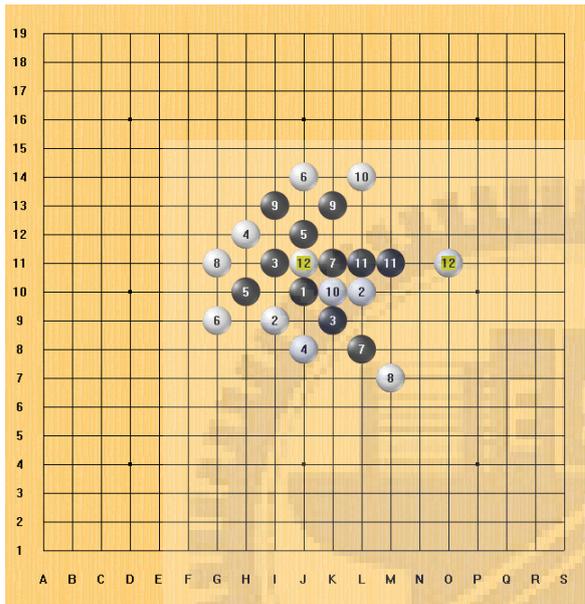


(白先勝，兩手勝)

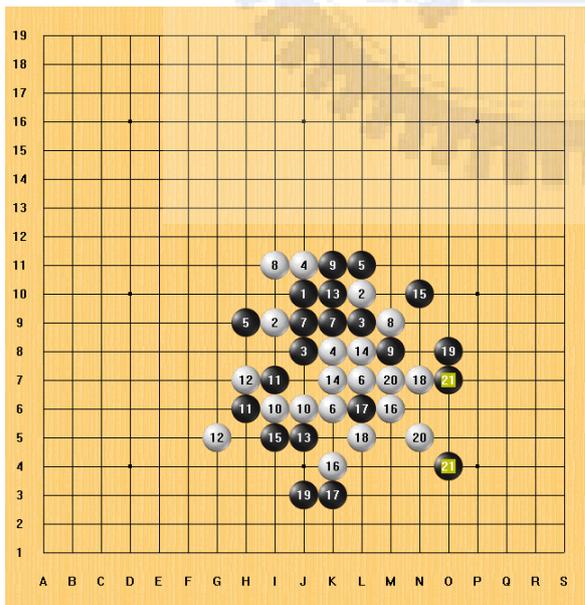


● 三手勝之題目

(黑先勝，三手勝)

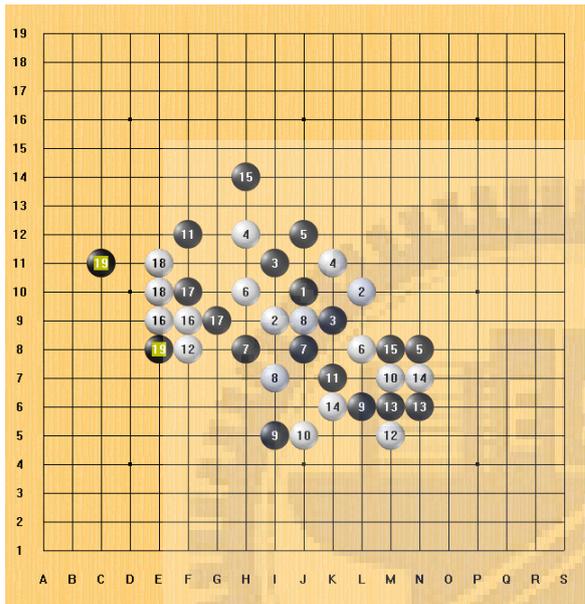


(白先勝，三手勝)

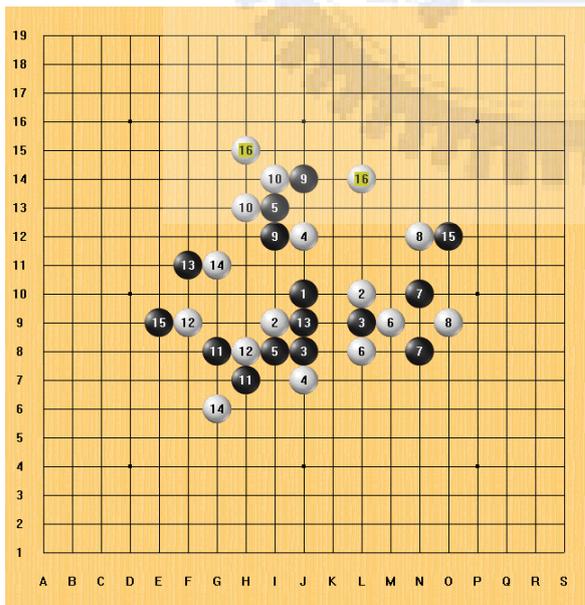


● 四手勝之題目

(白先勝，四手勝)

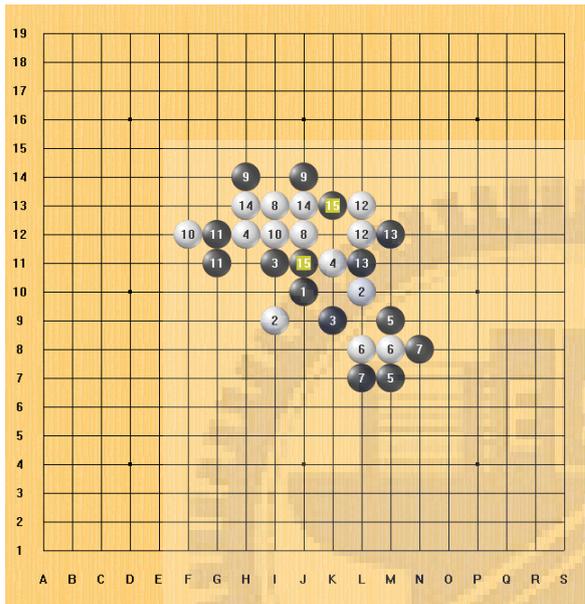


(黑先勝，四手勝)

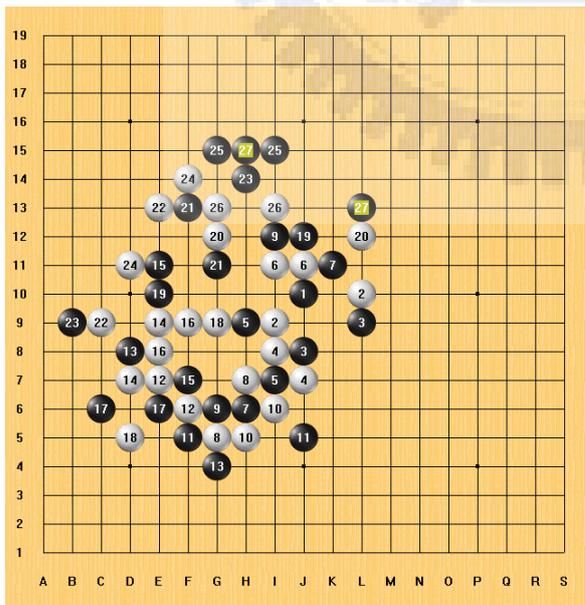


● 五手勝之題目

(白先勝，五手勝)

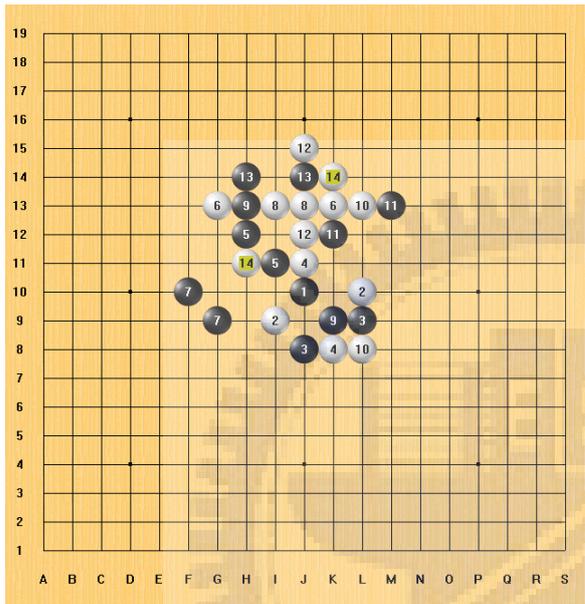


(白先勝，五手勝)

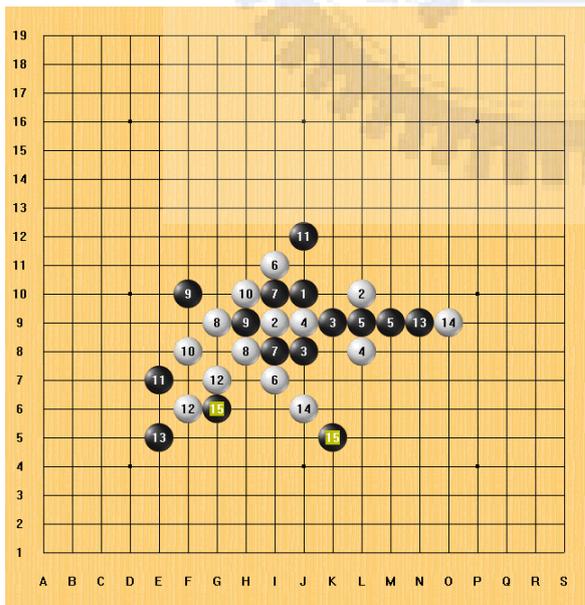


● 六手勝之題目

(黑先勝，六手勝)

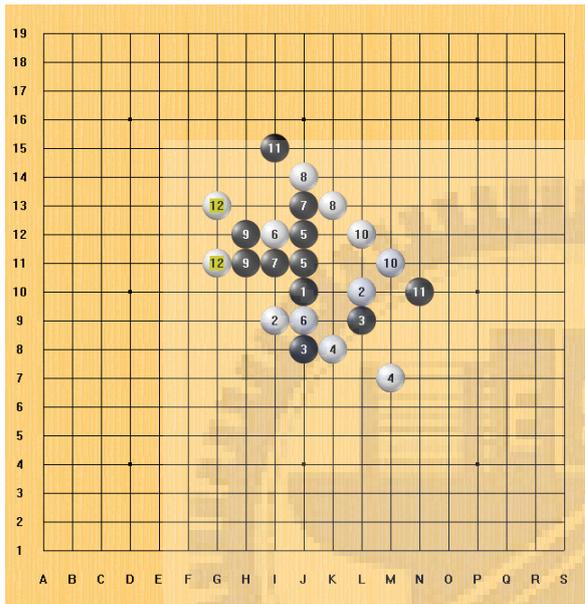


(白先勝，六手勝)

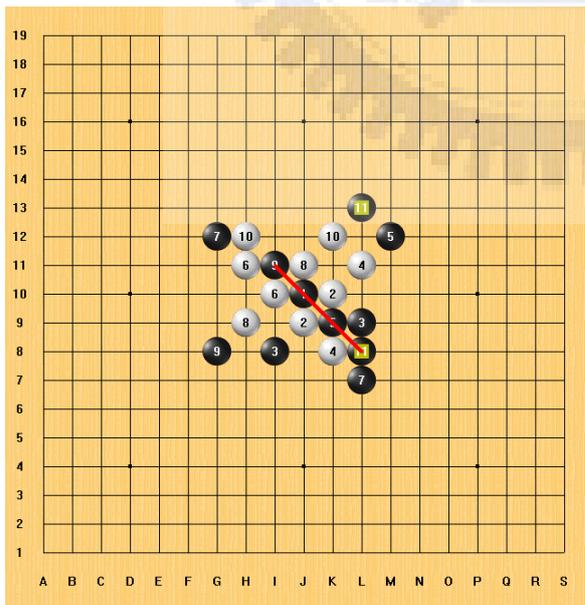


● 七手勝之題目

(黑先勝，七手勝)



(白先勝，七手勝)



## 參考文獻

- [1] Wu, I-C., Huang, D.-Y., and Chang, H.-C. (2005) "Connect6", ICGA Journal, Vol. 28, No. 4, pp. 234-241, December 2005.
- [2] Wu, I-C., Huang, D.-Y. (2005) A New Family of k-in-a-row Games. ACG11, September 2005.
- [3] Wu, I-C., Huang, D.-Y., "The Study of Artificial Intelligence Programming for Gobang-like Games", September 2005.
- [4] Allis, L. V. (1994). Searching for solutions in games and artificial intelligence, Ph.D. Thesis, University of Limburg, Maastricht, The Netherlands.
- [5] Allis, L. V., Herik, H. J. van den, and Huntjens, M. P. H. (1993). Go-Moku and Threat-Space Search. Report CS93-02, Department of Computer Science, Faculty of General Sciences, University of Limburg, Maastricht, The Netherlands. ISSN 0922-8721.
- [6] Allis, L. V., Herik, H. J. van den, and Huntjens, M. P. H. (1996). Go-Moku Solved by New Search Techniques. Computational Intelligence, Vol. 12, pp. 7-23.
- [7] Herik, H. J. van den, Uiterwijk, J.W.H.M., Rijswijk, J. V.(2002).Game solved: Now and in the future. Artificial Intelligence, Vol.134, pp. 277-311.
- [8] Pluhar, A. (1994). Generalization of the game k-in-a-row,

Rutcor Res. Rep. 15-94.

- [9] LittleGolem, homepage, available at <http://www.littlegolem.net/>
- [10]Pente, homepage, available at <http://pente.org/>
- [11]Ludoteka, main page of forum, available at <http://www.ludoteka.com/>
- [12]ICGA (International Computer Games Association), available at <http://www.cs.unimaas.nl/icga/>
- [13]ICGA, The 13<sup>th</sup> ICGA Tournaments, available at <http://www.grappa.univ-lille3.fr/icga/event.php?id=37>
- [14]MSN六子棋論壇, 六子棋論壇首頁, available at <http://groups.msn.com/connect6>
- [15]百度六子棋吧, 六子棋論壇首頁, available at <http://bbs.baidu.com/f?kw=%C1%F9%D7%D3%C6%E5>
- [16]台灣六子棋協會, 六子棋官方首頁, available at <http://www.connect6.org/>
- [17]台灣六子棋協會, 交大六號第二屆交大盃比賽結果, available at [http://www.connect6.org/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=104&Itemid=94](http://www.connect6.org/web/index.php?option=com_content&task=view&id=104&Itemid=94)
- [18]台灣六子棋協會, 交大六號第一屆人腦對電腦公開賽戰績, available at [http://www.connect6.org/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=146&Itemid=147](http://www.connect6.org/web/index.php?option=com_content&task=view&id=146&Itemid=147)