

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

六子棋詰棋及開局定石之自動產生系統之研究與設計

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-009 -126 -MY3

執行期間：97年 8月 1日至 100年 7月 31日

計畫主持人：吳毅成

共同主持人：

計畫參與人員：林秉宏、孫德中、林宏軒、陳柏廷、鄒忻芸、王智功

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學資訊工程學系

中華民國九十九年五月二十五日

中文摘要

自我們發表全世界第一篇六子棋論文至今僅四年多，六子棋的歷史與其他棋種如象棋、圍棋、西洋棋有數百年、甚至上千年歷史相比，仍屬相當年輕的，因此專家的詰棋題目與開局定石的數量仍相對較為缺乏。

為了加速六子棋的推廣與普及，本計畫（目前正在執行中）除了持續研發新的六子棋搜尋技術外，我們已發展出開局定石自動產生之系統與技術，此系統提供 GUI 介面供棋士便於建立開局庫，並可用來大量產生開局定石，提供六子棋高段棋士研究更深入的各種開局下法。由於開局定石產生系統相當耗時，我們使用平行處理技術來加快處理速度，並計劃將原本的 Proof Number Search 演算法改進成適用於平行化的架構上。

關鍵字詞：六子棋、詰棋、開局定石、詰棋產生器、開局定石產生器、搜尋技術、迫著策略。

英文摘要

When compared with other games such as Go, Chinese Chess, Chess, the game Connect6 has still been young since we presented the first article about Connect6 four years ago. Therefore, puzzles and openings offered by experts are relatively insufficient.

In order to expedite the promotion of Connect6, this project has developed automatic opening generators, in addition to the search technology for Connect6. Also this project provides GUI interface for Connect6 players to help building the opening. The automatic opening generator generates a large number of openings that players can learn how to play in the openings. Since it takes a huge amount of time in automatic opening generator, we also developed parallel techniques to speed it up. We are planning modifying Proof Number Search to fit the parallel structure.

Keywords: Connect6, puzzles, puzzle generator, openings, opening generator, threat-based proof search

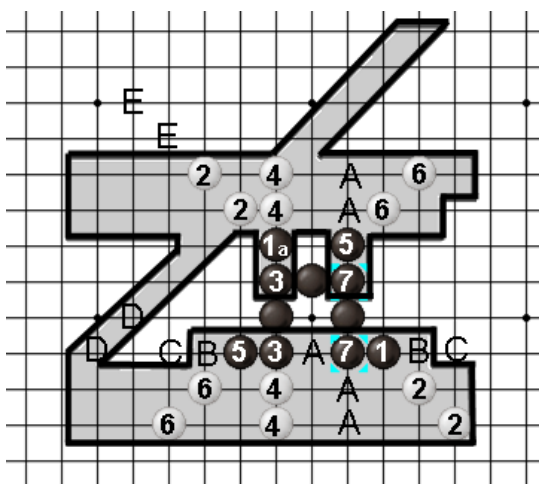
一、計畫說明

本計畫主持人除了第一個正式提出六子棋下法，並研發許多新的六子棋搜尋技術，及棋力強大的六子棋程式「交大六號」。除了獲得國際奧林匹亞六子棋組賽局競賽的冠軍外，最近亦曾有擊敗某次六子棋公開賽冠軍棋士的記錄。

然而自我們發表全世界第一篇六子棋論文至今僅四年多，六子棋的歷史與其他棋種如象棋、圍棋、西洋棋有數百年、甚至上千年歷史相比，仍屬相當年輕的，因此專家的詰棋題目與開局定石的數量仍相對較為缺乏。

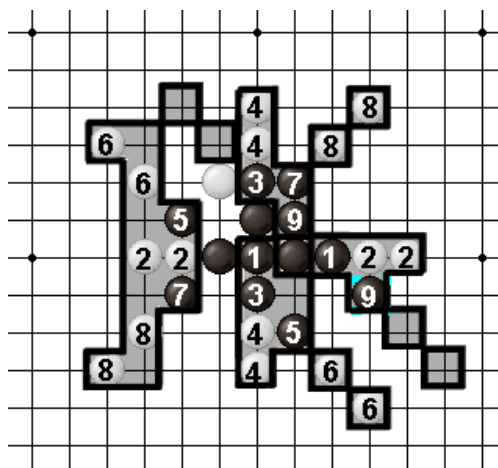
為了加速六子棋的推廣與普及，此計畫（三年期計畫，目前是第二年）除了持續研發新的六子棋搜尋技術外，我們已發展出開局定石自動產生之系統與技術，此系統提供 GUI 介面供棋士便於建立開局庫，並可用來大量產生開局定石，提供六子棋高段棋士研究更深入的各種開局下法。由於開局定石產生系統相當耗時，我們使用平行處理技術來加快處理速度，並計劃將原本的 Proof Number Search 演算法改進成適用於平行化的架構上。

在六子棋搜尋技術方面，我們持續改良我們的六子棋程式「交大六號」，其中一項是，提出一種是以關連區域(Relevance Zones)為主的搜尋技術，這是利用對手下出的空著(Null Move)或半空著(Semi-Null Move)所獲勝後的關連區域，來去做迫著空間搜尋(Threat Space Search)。



圖一 Null move 的關連區域

例如：盤面有黑三子如上圖圖一，很明顯是黑勝，但由於整個棋盤我們假設是非常大或甚至是無窮大，我們無法一一搜尋來證明。於是我們需要先假設對方不下(也就是所謂 null-move)，我們先找到一個活四追四勝(或簡稱追四勝)如上圖，在這下法中找出一個區域(叫做 Relevance-Zone 或簡稱 R-Zone)是對手可能有機會擋住的位置；如在上圖棋譜中，陰影部份是指白若要阻擋黑的追四勝，二子之其中一子必下的 R-Zone，詳見(Wu and Huang, 2005)。

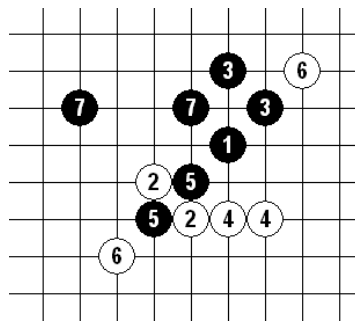


圖二 Semi-null move 的關連區域

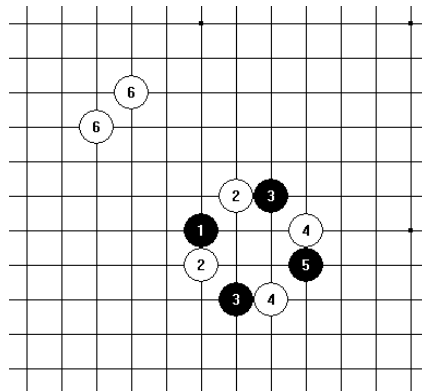
設若白之一子下於棋譜一中 1a 的位置，則再假設其另一個子不下 (semi-null-move)，從我們追四勝的下法中找出一個 R-Zone 是對手可能有機會擋住的位置，如圖二，陰影部份是指白若要阻擋黑勝，另一子必下的 R-Zone。

然後檢視所有擋法後，全為黑勝。這麼一來，我們可以證明出原始黑三子的盤面，為黑必勝。這就是我們所謂的以關連區域(Relevance Zones)為主的搜尋技術。

在圖一及圖二中，所有阻擋的位置，如白 2、白 4 等，我們都用保守下法(一手下四子)；但有些棋型，若不是保守下法才能獲勝，關連區域會更為複雜。甚至更複雜的是：若需要利用到死四(或稱單迫著)或無四(或稱無迫著)的追四勝的話，則證明會是更為複雜。



圖三 TX-d21 開局



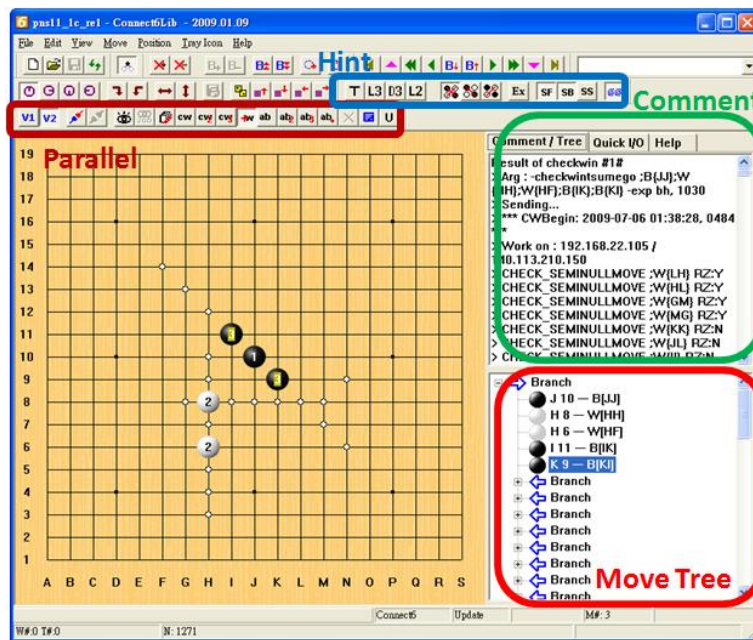
圖四 Semi-null move 的關連區域

例如對上圖圖三，在處理 Semi-null-move 時，若白下一子於白 4 的右方一格，此時黑無法用雙迫著追四勝，必須用單迫著追四勝才能獲勝。甚至，如圖四中的棋型（註：此棋型是在討論若黑 5 只下一子時的狀況），若黑下於白 6 右上及右下一格時，白連單迫著都無法獲勝，必須是無迫著才能得勝。然而單迫著追四勝及無迫著追四勝的關連區域，並不容易找出。

本計畫發展出一套新的演算法稱為 Threat Proof Search (TPS)，算出這個關連區域。此 TPS 演算法對關連區域，會依照不下的子數來發展出不同的區域。例如，若一子不下的關連區域稱為 Z1；若二子不下的關連區域稱為 Z2；若三子不下的關連區域稱為 Z3。利用這些區域，我們可以證明出圖三及圖四的棋型是黑必勝。

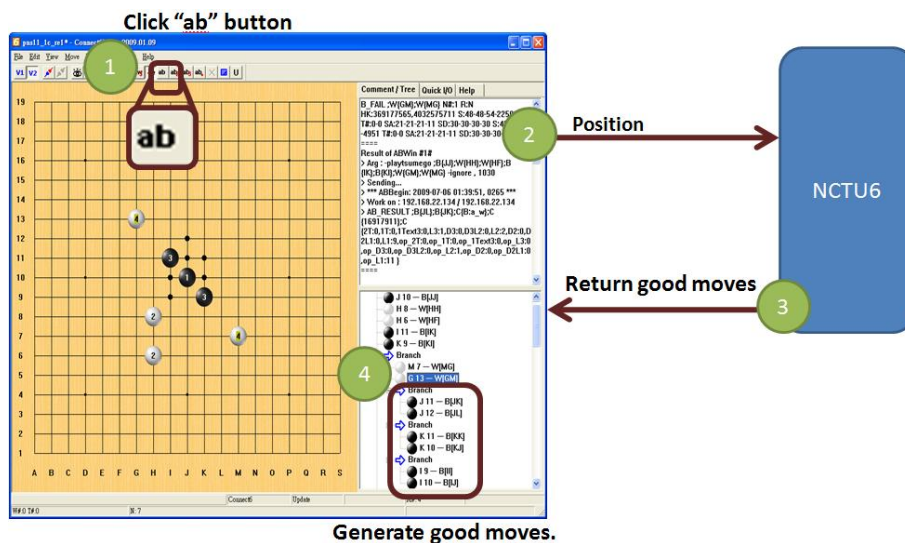
在開局定石產生系統方面，我們除了利用 TPS 的搜尋技術外，我們亦使用 Proof Number Search (PNS) 技巧來加速開局的驗證。由於我們無法預期各個盤面是必勝或必敗或和，便使用 PNS 技巧找出如何搜尋能最快達成目標。此目標可能是驗證出必勝，也可能是驗證出必敗，甚至是某種程度上證明黑白雙方已經接近和局。目前正在發展中，並已有初步成果。

為了配合開局定石產生系統，我們的 AI 設計出了兩個功能：alpha-beta 搜尋與 Verifier 驗證。在 alpha-beta 搜尋中會利用 AI 找出一個最佳著手，而 Verifier 則是會列出此盤面的所有可能擋法。



圖五 開局定石系統的 GUI 介面

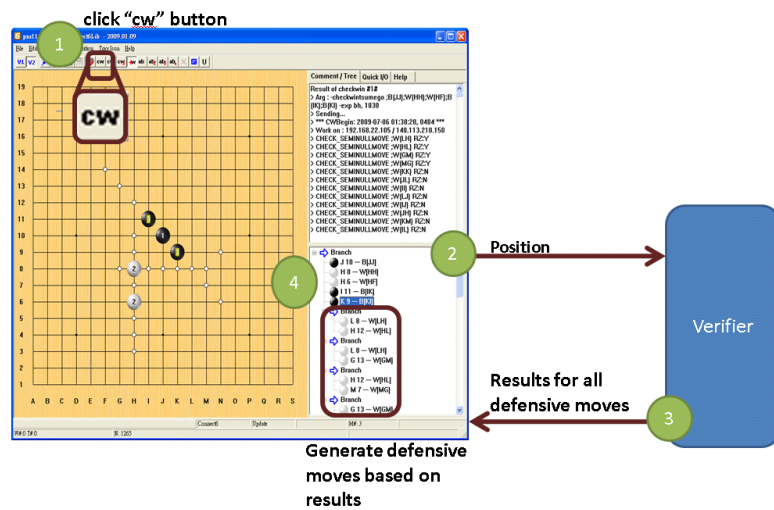
圖五是我們開局系統的 GUI 介面，此介面程式改良自 Connect6Lib，此介面有許多基本下棋功能，如：盤面展現、記錄下棋的樹狀結構、使用者的註解欄位與迫著的提示等等。利用此介面我們還可連結後端的 AI 程式，啟用 AI 程式的許多功能。



圖六 呼叫 NCTU6 的 AI 搜尋

在開局庫系統中最常使用到的 AI 功能之一即是 AI 搜尋。當我們在建立開局庫的過程中遇到困難的盤面，不知道如何著手時，可以呼叫後端的 NCTU6

程式做運算，如圖六中按下 ab 按鈕，此時開局庫系統會將盤面丟到 NCTU6 並啟動 NCTU6 的 alpha-beta 搜尋，當 NCTU6 搜尋完之後會將結果傳回前端並即時地在 GUI 介面中呈現 AI 搜尋的最佳著手(如圖六的第 4 步驟，搜尋結果會以樹狀方式展現)。



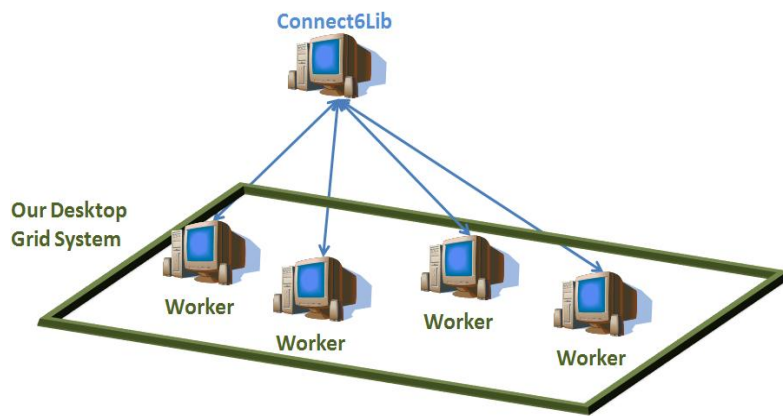
圖七 呼叫 Verifier 做驗證

而當我們走到一個盤面，希望驗證此盤面是否已經必勝時(如圖七，黑 3 剛下完，我們希望能驗證此盤面是否是黑必勝)，則可以啟動 Verifier 功能。Verifier 會列出下一步白的所有可能擋法，若白存在有一個以上擋法則代表此盤面黑方仍未必勝，必須繼續深入做驗證。反之，若 Verifier 驗證完沒有顯示任何擋法，則代表此盤面所有白色著手都擋不住，也就是此棋局黑必勝。

因此我們的自動化開局定石產生系統則是利用這兩個功能，當我們需要建立黑方開局庫時，就利用 ab 的功能找出一手黑方最佳著手，在使用 Verifier 驗證白方所有可能的擋法，黑方再針對這些所有可能的擋法，利用 ab 功能找出最佳的一個攻擊著手。如此反覆循環，當任何白方可能的走法黑都可以必勝時，一個黑方的開局庫已建立完成，此開局庫同時也包含了各種黑的必勝下法。

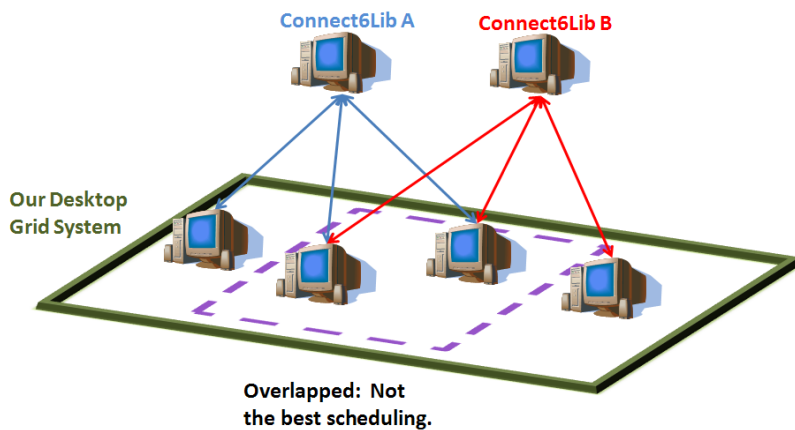
由於建立開局系統非常費時，許多棋局需要花費數十天甚至數個月或數年之久，因此我們使用平行化系統來加速運算。在原本的 GUI 介面上，只要資源充足，我們可以呼叫數個以上的 NCTU6 或 Verifier 程式來做運算。比如說圖七的盤面在經過 Verifier 驗證之後產生了數個白方的擋法，我們可以在同時間呼叫多台電腦執行 NCTU6 替每種擋法都產生一個黑方的最佳著手，以達成平行化運算的目的。

為了平行化的順利，我們初期使用的架構圖如下圖圖八所示，每當 GUI 介面(圖八中的 Connect6Lib)需要做運算時，將工作分配給後端的電腦(圖八中的 Workers)，Work 運算完之後會將結果傳回 Connect6Lib 由 Connect6Lib 做整合。



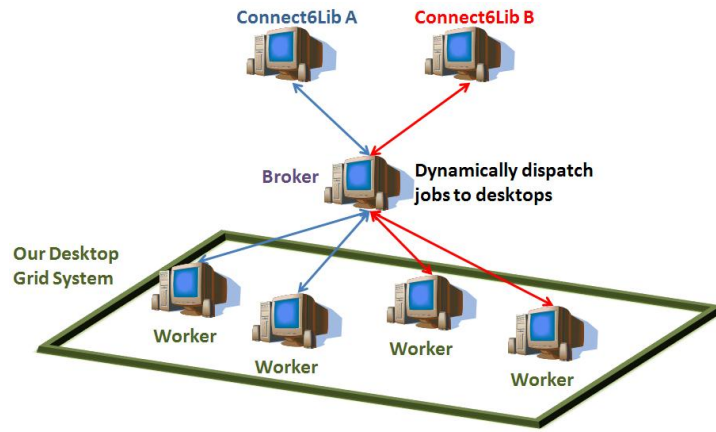
圖八 Desktop grid 架構圖

但是這個架構會產生一個問題，當我們有多個 Connect6Lib 時，會產生如下圖圖 9 的現象，多個 Connect6Lib 會呼叫到同樣的 Worker，也就是資源使用不均的狀況發生。這情形當 Connect6Lib 越多時越嚴重，最慘的狀況是全部 Connect6Lib 都使用到少數同樣的 Workers，而有些 Workers 則完全閒置，這樣會嚴重影響平行化的效率。



圖九 使用到同樣的 Workers

因此最後我們的架構圖如圖十所示，在 Connect6Lib 與 Workers 之間加入 Broker 做協調，Broker 會妥善分配工作，將工作平均分配給每個 Worker 運算，這樣可以解決資源使用不均的狀況。



圖十 使用 Broker 做協調

除了預設由 Broker 自動分配之外，每個 Connect6Lib 可以透過 Broker 看到目前 Worker 的使用情形，也可以透過 Broker 設定自己希望使用幾台電腦做運算，或設定希望固定用哪幾台 Worker 等等。這些設定及運作都會由 Broker 做協調，避免錯誤的發生。

由於原本的 Proof Number Search 只適用在單一台電腦的運算上面，不適用於平行化系統，因此接下來我們要研究的是如何開平行化的架構上發展出一個類似 Proof Number Search 的演算法，來加快我們的平行化效率。

而在詰棋搜尋方面，我們首先利用我們六子棋程式「交大六號」找出大部分必勝棋型的必勝下法。進而利用一般的 Iterative deepening 技巧找出最短的必勝下法。此計畫亦研究分析詰棋的品質，及難易度。例如：即使可以找出某個棋型的必勝法則，然而還需要找出最短必勝下法；即使可以找出最短的必勝下法，還需要找對棋友最感到艱困的必勝下法。此外，若這個棋型可能有很多必勝下法，這樣個棋型，也不一定適合成為詰棋，必須過濾，以確保詰棋品質。

二、研究成果

如上所述，我們發展一套新的演算法稱為 Threat Proof Search (TPS)。此 TPS 演算法被用於提升了「交大六號」的搜尋能力，這同時也大幅提升了「交大六號」棋力，戰績如下。

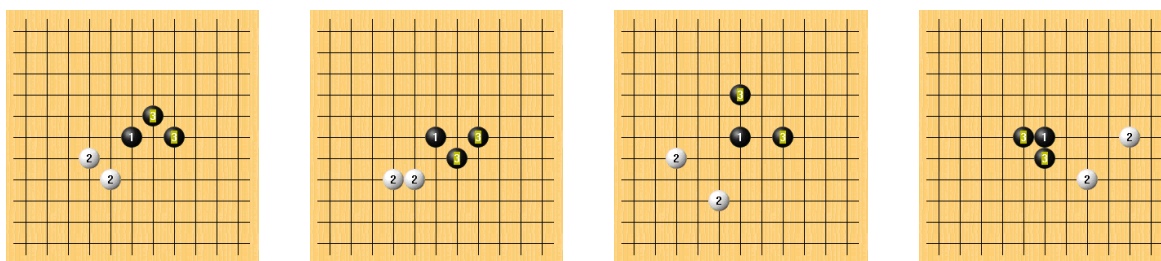
- 在 2008 年 10 月的國際奧林匹亞賽局競賽中的六子棋程式比賽中，在眾多隊伍中脫穎而出，獲得金牌。這為我國獲得唯一的一面金牌及獎牌。
- 在 2008 年第一屆人腦對電腦六子棋大賽中，以 11 勝 1 負，幾乎大獲全勝。

此比賽的棋士代表，均為國內一流高手，如下：

- 第三屆交通大學盃六子棋公開賽前三名：陳威翰、游智翔、林皇羽。
 - ~ CYC Online contest 第一名：林承毅。
 - ~ 國際 Littlegolem.net 網站上一屆總冠軍：黃于峻。
 - ~ 五子棋資深高段棋士（2003 年首屆五子棋亞洲杯大賽亞軍、擔任三屆交大盃裁判及裁判長）：張益豐。
- 在 2009 年第二屆人腦對電腦六子棋大賽中，以 8 勝 0 負，大獲國內高手如下：
- 第四屆交通大學盃六子棋公開賽第一、三、四名：許紋菁、陳鎮國、陳威翰。
 - 六子棋高段棋士：李士文（六子棋聯誼會會長、五子棋高段棋士）。

以上的戰績，顯示這項研究，獲得相當明確的成果。

另外，我們正在實作一套可以自動產生開局庫的平行化系統，此系統可調用 NCTU6 與 Verifier 做搜尋與驗證。透過此系統，我們已初步可證明出如圖十一所示的幾個盤面皆為黑必勝。也就是說當黑第一手下在天元之後，白色不能下在這幾個地方，否則黑靠第三手的下法就可以贏得棋局。這些都是過去棋士所不能證明出的，令目前高段棋士十分震驚的六子棋開局定石。



圖十一 黑必勝盤面

在詰棋搜尋方面，我們發展一套六子棋的詰棋自動產生系統。目前，此部份計畫仍在持續發展中，但已經收集相當多的題目約 30000 多題，並已初步過濾出 5000 多題。此計畫將持續進一步優化詰棋品質，如找出最短必勝下法、找出最艱困的必勝下法，並避免太多重複解。在 2008, 2009 年的第三、四屆交大盃六子棋公開賽大中，我們已經開始提出一些題庫試用。

三、結論

我們發展一套 TPS 演算法，這除了對程式的搜尋能力有大幅的提升外，亦可用於開局及詰棋自動產生系統。並設計了平行化開局庫自動產生系統，可自動建立開局庫。目前的研究成果顯示此計畫的可行性及效果。我們不僅提出全世界第一篇六子棋玩法的論文，本計畫亦對六子棋發展出許多重要的研究，如開局及詰棋。由於六子棋的規則簡單、遊戲公平、及玩法複雜，有機會成為一項由台灣研究發展出而普及全世界的遊戲。本計畫的成功將有助於六子棋的發展與推廣，及提升國家形象及知名度。

四、計畫成果自評部份

從上述的研究成果，我們可以了解此計畫有相當豐碩的成果，尤其是獲得第十三屆國際奧林匹亞賽局競賽冠軍，為我國獲得唯一的一面金牌及獎牌，同時也擊敗台灣許多六子棋高段棋士。此外，我們發展出許多令目前高段棋士十分震驚的六子棋開局定石（如圖十一），我們預期加上完全平行化的自動開局產生系統，將會有更多前所未見的開局定石。因此，我們很確信地自評：此計畫的執行成果相當優異。