

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文

以限制規劃構建運動排程模式

—以中華職棒大聯盟賽程表排程為例

Constraint Programming Models for Sports Scheduling Problem :

A Case of Chinese Professional Baseball League

研究生：張文助

指導教授：韓復華 教授

中華民國九十四年六月

以限制規劃構建運動排程模式-以中華職棒大聯盟賽程表排程為例

Constraint Programming Models for Sports Scheduling Problem:  
A Case of Chinese Professional Baseball League

研究生：張文助

Student：Wen-Chu Chang

指導教授：韓復華

Advisor：Anthony Fu-Wha Han

國立交通大學

運輸科技與管理學系

碩士論文



Submitted to Institute of Transportation Technology & Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Engineering

in Traffic and Transportation

June 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十四 年 六 月

# 以限制規劃構建運動排程模式-以中華職棒大聯盟賽程表排程為例

研究生：張文助

指導教授：韓復華

國立交通大學運輸科技與管理學系碩士班

## 摘要

運動賽程的安排對於各種運動的賽程規劃者而言，是件費時且費力的工作。排程人員必須將有限的對戰組合做有效的安排以滿足每天的對戰需求，並考慮符合聯盟及球團相關規定。臺灣職棒運動是近幾年相當受歡迎的運動項目，至今已正式邁入第十六年，職棒賽程表排程問題屬於組合最佳化問題，還需考量實務上中華職棒大聯盟賽程規章之相關規定為其限制條件，在模式規劃及求解上具有其難度。

本研究將賽程表排程列式為限制滿足問題求解 (CSP)，應用限制規劃 (CP) 方法，經由問題變數、對戰組合與比賽日時段之設計，將本研究中所考量各項限制模式化求解，當球隊數改變時也有探討。同時為提升求解效率，本研究以三階段指派求解，於產生每週對戰組合、時段表後，再依球隊主場票房需求及聯盟政策來指派球場。

本研究以中華職棒大聯盟 2005 年賽程表作為比較實例，包含 6 個球隊一年共 300 場賽事的安排。測試環境為 Windows XP 作業系統、2.8G Hz 中央處理器速度，以 OPL Studio 3.0 執行求解，三個階段總求解時間約為 30 分鐘。與 2005 年賽程表及做過此類問題的文獻相比，本研究針對職棒賽程的特性，排出符合中華職棒大聯盟規定、各球團均滿意且符合實際賽程、賽制的賽程表，期望以公平性、效率性且符合賽制之賽程表解決傳統人工作業費時費力之缺點，提升賽程表的彈性與機動性，有助強化中華職棒大聯盟正面形象，並幫助中華職棒大聯盟建立排賽程之決策支援系統，將來亦可提供作為各類運動排賽程人員排程決策之參考。

關鍵詞：運動排程、賽程排程、限制滿足問題、限制規劃、中華職棒大聯盟

# Constraint Programming Models for Sports Scheduling Problem: A Case of Chinese Professional Baseball League

Student : Wen-Chu Chang

Advisor : Anthony Fu-Wah Han

Institute of Transportation Technology and Management  
National Chiao Tung University

## Abstract

The arrangement of sports scheduling for each sport scheduling planner is a time consuming and strenuous work. To meet the daily team pairing needs, a schedule planner must make efficient arrangements for the constraint team pairing, and also considers how to comply with the relevant rules for the league and baseball teams. The sport of Taiwan Professional Baseball League is very popular in recent years; up today it formally marches to its 16<sup>th</sup> anniversary, and the Professional Baseball sports scheduling problem is a pairing optimization problem, in practice, the constraints are that the relevant rules for the regulations of Chinese Professional Baseball League are also need to be considered, and for this reason it is of difficulty on both the model planning and the resolution.

In this research the sports scheduling is formulated as a constraint satisfaction problem (CSP), it applies the method of constraint programming (CP), by the design of problem variables、competition pairing and the time frame in the contest day to develop models for each constraint to solve the problem. In the same time, in order to promote the efficiency of solution, this research designates three phases for the solution, and after the generation of weekly competition pairing、time frame charts, the fields will be allocated according to the demand of tickets office of the main baseball field and the policy of the league.

This research applies the contests scheduling of year 2005 for Chinese Professional Baseball League as a comparative case. The testing environment includes Windows XP Operation System、2.8G Hz Central Process Unit, and running the OPL Studio 3.0 for the solution; to get the solution after three phases takes 30 minutes. Comparing the contests scheduling chart of year 2005 with the literature which resolved this kind of problems, this research focuses on the features of Professional Baseball contests scheduling, arranges the contests scheduling which complies with the rules of Chinese Professional Baseball League, satisfies each baseball team and conforms to the real contests and the contest system. It helps strengthen the positive image of Chinese Professional Baseball League, and assists establishing its decision making support system for contests scheduling, it could also provide as a reference for the sports scheduling planners for various sports.

Keywords : Sports Scheduling, Sports Timetabling, Constraint Satisfaction Problem, Constraint Programming, Chinese Professional Baseball League

## 誌 謝

兩年的研究所生涯使我獲益匪淺，所獲得的不只是書本上的知識，更珍貴的是研究的精神與思考邏輯的精進，經過一年的努力，碩士論文總算得以順利完成。首先要感謝恩師 韓復華教授兩年來之悉心指導與教誨，無論在研究方法論之啟迪、研究方向之指引以及嚴謹之治學態度，均讓學生受益良多，師恩浩蕩、永銘在心！希望在經過老師嚴格的訓練之後，將來自己在社會上能有不錯的表現以及貢獻。

論文口試期間，承蒙 中華大學 張靖 教授、系上黃寬丞 教授不吝指教與斧正，提供諸多寶貴意見使本論文更臻完善，在此特別感謝。感謝系上 謝尚行 教授與黃寬丞 教授在論文期中審查時撥冗閱讀給予指導。此外，感謝論文寫作期間，政威學長與佳貝學長所給予的指導與建議，使我的論文能夠順利進行。此外，在資料的取得上，特別感謝中華職業棒球聯盟 票務組組長涂明仁先生及記錄組張先生的幫助，使得這本論文能順利的完成。

即將離開待了兩年的交大，雖然時間不長，但是當中經歷的點點滴滴卻會永遠留在腦中。感謝系上師長們的諄諄教誨，學長姐與學弟妹的諸多照顧，感謝實驗室 政威及佳貝學長在論文期間所給予的指導與關心，同窗的佳貝學長、俊德及昆諭，謝謝你們陪我經歷 AOC 與 CS 的快樂時光。也謝謝同窗思好及韻竹於 AOC 的熱情參與；還有謝 Lab 阿界、承正、欣怡、任 Lab 的又菁、許 Lab 的剛伯美好夫婦及上海交大的陳娟，感謝這一路上一直有著你們的陪伴。謝謝學弟妹 裕智、育廷、淑詩、俐諭、俊吟、錦昌、輝鵬、彥宏，煩悶的研究生活多了你們，增添了許多的樂趣。我親愛的室友，剛伯、阿龍、阿界及俊德，在生活上的協助真是有勞你們了。最後，當然不忘網路實驗室的大家，珍惜我們共甘苦共患難建立的革命情感，一路走來感謝有你們的陪伴，祝福大家未來都一片光明。

最後，我要將此論文獻給我最摯愛的雙親、哥哥、姊姊與女朋友孟紋，感謝你們在我求學過程中持續不斷的給予支持與鼓勵，使我能克服種種困難並完成碩士學位。未來我將持續地向前邁進，希望能不辜負你們對我的期望。

碩士論文的完成，要感謝的人太多了，僅將這份榮耀，與你們分享！

張文助 謹誌

于 網路實驗室 2005.6

# 目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
致謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的與範圍.....	2
1.3 研究流程與步驟.....	3
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 排程問題.....	5
2.1.1 運動排程問題.....	5
2.1.2 排程問題之解法.....	8
2.2 限制規劃.....	11
2.2.1 限制滿足問題之定義.....	13
2.2.2 限制規劃簡介.....	14
2.2.3 限制規劃空間搜尋技巧.....	16
2.2.4 模式化語言 OPL 之簡介.....	20
2.2.5 數學規劃與限制規劃之比較.....	22
第三章 個案背景與問題描述.....	24
3.1 中華職棒大聯盟簡介.....	24
3.2 中華職棒大聯盟之球隊與球場現況.....	26
3.3 中華職棒大聯盟賽程表排程之問題概述與運作流程.....	31
3.3.1 問題描述.....	31
3.3.2 系統限制與參數設定.....	34
3.3.3 簡化限制的處理.....	38

第四章 限制滿足問題模式構建.....	40
4.1 第一階段 CSP <sub>1</sub> 模式：四連戰對戰組合問題模式.....	41
4.2 第二階段 CSP <sub>2</sub> 模式：三連戰對戰組合問題模式.....	43
4.3 第三階段 CSP <sub>3</sub> 模式：球場分派問題模式.....	44
第五章 CP 結果與指標分析.....	48
5.1 各階段求解結果.....	48
5.2 績效評估分析.....	60
5.3 球隊增減因素討論.....	65
第六章 結論與建議.....	67
6.1 結論.....	67
6.2 建議.....	68
參考文獻.....	69
附錄一：2004 年賽程表.....	73
附錄二：2005 年賽程表.....	77
附錄三：中華職棒大聯盟近年來各項觀眾人數統計資料.....	81



## 表目錄

表 2.1 循環賽賽程表 .....	5
表 2.2 賽程表問題文獻比較 .....	7
表 2.3 分枝定限法求解步驟 .....	8
表 2.4 OR 與 CP 方法所適用之問題類型 .....	15
表 3.1 中華職棒大聯盟各球隊、球場、賽制資料表 .....	31
表 3.2 2004、2005 年中華職棒大聯盟各球隊與球場使用對照表 .....	31
表 3.3 球場代碼資料 .....	35
表 3.4 球隊代碼資料與可安排之球場 .....	36
表 3.5 對戰組合與四連戰相關代碼資料 .....	36
表 3.6 對戰組合與三連戰相關代碼資料 .....	37
表 3.7 比賽日組合型態表 .....	38
表 3.8 限制處理對應表 .....	38
表 4.1 本研究 CSP 模式各階段說明 .....	41
表 4.2 A 型四連戰示意表 .....	41
表 4.3 比賽日組合型態表 .....	42
表 4.4 B、C 型三連戰示意表 .....	43
表 4.5 前二階段所求得週次與主場球隊一覽表 .....	44
表 4.6 對戰時段分群 .....	45
表 4.7 比賽日時段分群 .....	46
表 4.8 本研究 CSP 模式各階段考慮限制說明 .....	47
表 5.1 第一、二階段對戰組合模式之限制條件表 .....	49
表 5.2 各個對戰組合所對應之下週出賽組合表 .....	49
表 5.3 第一階段之對戰組合與週次表 .....	50
表 5.4 確定四連戰對戰組合下三連戰之安排表 .....	50



表 5.5 固定四連戰下之一組對戰賽程安排 .....	51
表 5.6 第二階段求出的對戰組合安排表 .....	51
表 5.7 第三階段球場分派模式之限制條件表 .....	52
表 5.8 比賽日時段分群示意圖 .....	53
表 5.9 本研究求出之一週賽程表 .....	53
表 5.10 每週之對戰組合與球場安排表(上半季) .....	54
表 5.11 每週之對戰組合與球場安排表(下半季) .....	54
表 5.12 本研究所排出之全年賽程表 .....	55
表 5.13 排賽程模式求解效率分析表 .....	59
表 5.14 2005 年各對戰組合之主場數比較表 .....	60
表 5.15 本研究各對戰組合之主場數比較表 .....	60
表 5.16 2005 年各隊之主場分配表 .....	61
表 5.17 本研究所排出各隊之主場分配表 .....	62
表 5.18 滿足賽制之週數比較表 .....	62
表 5.19 各項指標之分析總表 .....	63
表 5.20 與國內相關研究比較表 .....	64



## 圖目錄

圖 1.1	本研究求解流程圖 .....	4
圖 2.1	Node Coloring Problem 示意圖 .....	9
圖 2.2	Edge Coloring Problem 示意圖 .....	9
圖 2.3	Arc Consistency 範例 .....	16
圖 2.4	BT、FC 與 MAC 三種演算法的對照圖 .....	17
圖 2.5	BT 搜尋法-以 4-queens 為例 .....	18
圖 2.6	FC 搜尋法-以 4-queens 為例 .....	19
圖 2.7	MAC 搜尋法-以 4-queens 為例 .....	20
圖 2.8	數學規劃與限制規劃解題架構之比較圖 .....	23
圖 3.1	實際排賽程作業現況 .....	33
圖 3.2	模式建立及求解之程序 .....	39
圖 4.1	模式求解架構流程圖 .....	40
圖 5.1	第一、二階段模式求解架構圖 .....	48
圖 5.2	第三階段模式求解架構圖 .....	52
圖 5.3	各項指標之雷達圖分析 .....	64

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

運動賽程的安排對於各種運動的賽程規劃者而言，是件費時且費力的工作。在國外的職業比賽，如：NBA、NHL、NFL、MLB 等都會面臨這樣的問題，因為運動排程問題是一種有限資源的組合分配情況，所要達成的目標很多，容易造成問題的複雜化與求解時間冗長，可想而知要在短時間內規劃出一整個球季的賽程表非屬易事。排程人員必須將有限的對戰組合做有效的安排以滿足每天的對戰需求，並考慮符合聯盟及球團相關規定，如每個球隊一星期比賽的場數、球場分配是否公平、在連續下雨天時補賽的安排情形等，如此複雜之限制條件下，使得賽程表排程需花費極長的時間。

臺灣職棒運動是近幾年相當受歡迎的運動項目，至今已正式邁入第十六年，期間經歷職棒簽賭案、兩聯盟分立等事件而導致球團解散、球迷失望不願再觀看棒球等困境，讓職棒跌入球團經營慘淡、票房冷清而負債累累。經過 2002 年世棒賽奪得季軍、兩聯盟合併成一個聯盟以及參加雅典奧運等因素影響，職棒運動隨著這股熱潮，又受到社會大眾的喜愛與支持。而從前年開始，兩聯盟合併後，職棒球隊由原先中華職棒的四隊增加到現今的六隊。由於球隊數目增加，使得賽程的安排較原先舊聯盟時複雜許多。因此，如何公平地將各種球隊的比賽組合安排在適當時間、適當地點比賽，曾引起許多球迷相當大的爭議，此即是本研究主要研究的課題。若以中華職棒大聯盟為例，每年的賽程表排程是由記錄組之排賽人員安排，採用的方法為傳統人工作業的方式，經過各球團與各縣市球場之協調，才能排出一組被各球團接受的賽程表，不但欠缺效率，且各球場的使用次數也分配不均。

排程問題 (Scheduling Problem) 是日常生活中最常碰到的問題之一，其問題型態是屬於一限制滿足問題 (Constraints Satisfaction Problem)，且其限制條件大多無法利用線性式子表示。傳統排賽程表的作業方式是以人工之方式安排，其過程既浪費時間也無效率；球賽的排程主要是將一定場次的球隊安排在某些時間、某幾個地點之球場進行比賽，目前中華職棒大聯盟因球隊間對於地區與球迷之支持意向屬性不同，若賽程表安排的不好，會導致各個球隊的主場使用率不佳，而直接影響到各球團之收益，票房以及球隊的支持度也會因此受影響。

由人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 發展而來的限制規劃 (Constraint Programming)，其最大的好處在於能求解限制滿足問題，且可處理之限制條件較有彈性。相較傳統以人工方式安排賽程，使用限制規劃可迅速地提供多組可行解供賽程安排人員參考，重視球場之適當分配與各球隊滿意度。由於賽程的安排不像一般課程安排只需將一週多少時數之課程、教師、班級等安排到某個時段及某個適當教室上課，適當的排定主場及客場對於球隊的收益而言更顯得重要。在限制條件方面，除須考慮中華職棒大聯盟本身對於賽程的規定、各球團政策外，也須考慮球迷的支持意向與票

房收益，種種複雜的限制條件使得賽程排程需花費極長的時間，但目前賽程表仍以傳統人工方式處理排程問題，若可應用適當的方法建立良好的排賽程模式，配合現今快速的電腦科技，除可節省相當多的排賽程時間成本與人力投入，也能排出較佳的賽程表。

由於國內職棒賽程表安排的考量與國外不盡相同，由以往三連戰賽制增加了四連戰賽制的賽程，以及較無明顯主客場限制等；排程問題是屬於 NP-hard 高複雜度之組合問題，傳統文獻大多以最佳化模式 (Optimization model) 求解[1, 6, 14, 21, 22, 26]，在實際應用上不易處理各種限制條件，故在模式規劃以及求解上有其難度。本研究之目的在於採用限制規劃 (Constraint Programming) 模式的方法，針對本國職棒賽程的特性，建立一套排賽程模式，並輔以 ILOG OPL Studio 套裝軟體[18]進行求解。期望能建立符合中華職棒大聯盟規定及各球團均滿意的賽程表，以公平性、效率性且符合賽制之賽程表來解決傳統人工作業費時且費力之缺點，提升賽程表的彈性與機動性，並讓球迷對棒球的支持度有直接影響，有助強化中華職棒大聯盟正面形象，進而提升台灣棒球運動之發展及未來可看性。

## 1.2 研究目的與範圍

本研究之目的為探討中華職棒大聯盟賽程表排程問題，期利用現今電腦的快速運算，以限制規劃方法建立良好的排賽程機制，一方面可減少賽程表排程人員排程工作的負擔，並可產生賽程表之相關統計報表以供中華職棒大聯盟管理者參考；另一方面亦可增加球團及球迷對賽程表的滿意度，進而提昇球迷觀看棒球比賽的意願，使棒球運動提升整體形象。

本研究討論的對象是運動排程的賽程表，通常以運動比賽為主；所研究的範圍乃屬於運動排程問題。運動排程問題為「在考慮複雜的運動聯盟排賽程規則、符合球團與球迷觀眾偏好下，產生每支隊伍於某段期間（上下半季）中的賽程表，而此賽程表必須完全符合嚴格的運動聯盟排賽程規則 (Hard Constraints) 並盡量滿足每個球團與球迷觀眾偏好 (Soft Constraints)」。此問題為一種多目標的運動排程問題，必須同時考慮最小化資源成本及時間成本與最大化球團與球迷觀眾對賽程表之滿意度。

本研究擬將運動排程問題定義為一限制滿足問題(Constraint Satisfaction Problem, CSP)，並利用限制規劃(Constraint Programming, CP)方法可彈性處理各類限制式之特性，構建有效率且符合賽制之賽程表。本研究在各項法規、聯盟政策及對戰需求已知的條件下，將以中華職棒大聯盟賽程表排程為例，在收集相關文獻後，對此個案進行資料蒐集及深入研究，而後建立賽程表排程之限制規劃模式，並整理賽程表之相關統計分析報表，最後在進行結果評估與指標分析，期望能幫助中華職棒大聯盟建立排賽程之決策支援系統，將來亦可提供作為各類運動排賽程人員排程決策之參考。

### 1.3 研究流程與步驟

本研究之研究流程與執行步驟，如下圖 1.1 所示，說明如下：

#### (1) 相關文獻之蒐集與回顧

需先蒐集、回顧排程問題相關文獻，了解排程問題的定義與過去應用之解決方法；瞭解中華職棒大聯盟的運作、回顧過去中華職棒大聯盟的發展，及國外運動賽程表排程之相關文獻；並回顧限制規劃、限制滿足問題相關文獻，了解限制規劃之適用性。

#### (2) 運動排程規則整理與相關資料收集

以中華職棒大聯盟賽程表排程為研究對象，實際拜訪聯盟的排賽人員，瞭解其對於賽程排程作業之規定並整理列表，取得相關球團、場地、球迷觀眾人數等統計資料，並瞭解各個球團與球迷觀眾的偏好意向。

#### (3) 運動賽程排程模式之建立

取得排賽相關資料後，利用限制規劃之方法，根據職棒聯盟之賽程排程規定與球場分配公平、效率原則，構建運動賽程排程問題之限制規劃模式。

#### (4) 運動賽程排程模式之求解

將本研究建構出之限制規劃排程模式以 OPL (Optimization Programming Language) 語法寫成一模式檔，利用 ILOG OPL Studio 套裝軟體[18]進行求解。

#### (5) 求解結果分析

針對求解出的賽程表，進行求解效率與指標分析，將其與 2005 年之賽程表做比較，探討本研究模式之可行性與優劣，作為模式調整之依據。

#### (6) 模式修正

檢驗求解結果，若與實際規定不符或者無法產生可行解，則重新調整限制式並修正模式，進行求解。

#### (7) 結論與建議

根據前述各步驟所得結果，提出具體之結論與建議，並研擬未來後續研究之方向與重點項目。

本研究求解架構流程圖，如下圖 1.1 所示：

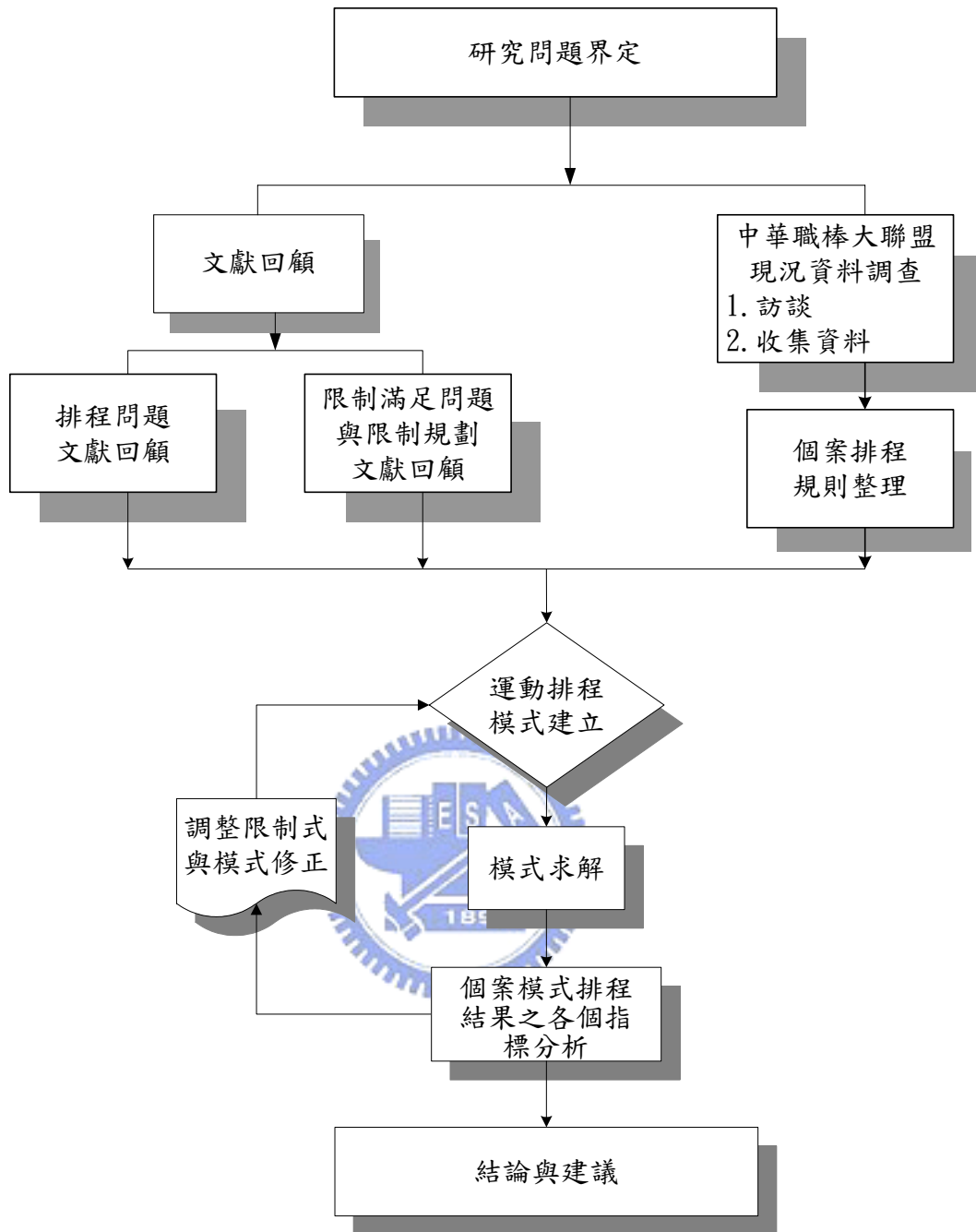


圖 1.1 本研究求解流程圖

## 第二章 文獻回顧

排程問題屬於 NP-hard 高複雜度之組合問題，傳統文獻大多以最佳化模式 (Optimization model) 方式求解，但在應用上不易處理實際面臨的各種限制條件。本研究從 Constraint Satisfaction Problems 的觀點來看待排程問題，將對排程問題與限制規劃這兩大主題進行回顧，藉由這些回顧來探討目前排程問題與限制規劃的發展現況。

### 2.1 排程問題

排程問題有很多形式，最常被使用在學校排課程以及人員排班當中，排程問題之所以引起眾多學者的興趣，其中一項原因就是因為它具備排列組合的特性 (Combinatorial)，許多文獻均將此類問題歸類為具有 NP-Complete 的性質[7]。運動賽程也是屬於一種排程問題，在求解問題的方法上是一種資源分配問題，即在受限於各種限制條件之下，如何安排它的資源，如時間區段、球場、球隊、裁判等等，以進行各類球賽。

以下先就排程問題之型態及其分類型態等作一介紹，其後再逐一介紹排程問題之各種解法，最後再將各種解法作比較。

#### 2.1.1 運動排程問題 (Sports Scheduling Problem)

許多運動聯盟 (如：棒球、足球、籃球等等) 在循環賽時會面臨賽程表安排的問題[29]，此問題是一支隊伍與另一支隊伍對戰，在某一個隊伍的主場，且要求在一定期間內比賽幾場的賽事，表 2.1 是循環賽賽程表之示意圖。循環賽最重要的限制是 (1) 在賽程表的每一列中各個隊伍都出現一次，也就是說以六個隊伍一星期比賽五場賽事來看，一週內每個隊伍都會與其他隊伍比賽 (2) 每一行是一組一組的對戰組合，如第一天是 AB、CE、DF 比賽。

表 2.1 循環賽賽程表

隊伍	一週比賽五場，每隊與每隊各交戰一次				
	1	2	3	4	5
A	B	D	F	C	E
B	A	C	E	F	D
C	E	B	D	A	F
D	F	A	C	E	B
E	C	F	B	D	A
F	D	E	A	B	C

資料來源：[16]

國外的職業運動發展蓬勃，由於其土地遼闊、人民參與度很高，因此主客場制十分明顯。國外學者有使用整數規劃方式替大西洋海岸籃球聯盟（ACC, Atlantic Coast Conference）排定整個賽季的賽程表[22]，其將此類型的問題歸類為循環賽（Round Robin tournament），將賽程排班的過程分成三個階段來處理：第一階段先將主場（Home）、客場（Away）、休息（Bye），三種情況分配在賽程表上，如此即可完成一個包含休息情況的主客場序列 HAB（Home-Away-Bye）；第二階段再把出賽的配對組合分派到 HAB，集合所有 HAB 便可組合成一個賽程 HAT（Home-Away Timetable）。第三階段每支隊伍在配對一個 HAB 後，即可構成一完整賽程表。根據不同運動類型會有不同的演算步驟和程序等求解方式。McAloon [21] 以 ILOG 軟體求解美國職棒大聯盟的賽程表問題，模式化聯盟的賽程限制，在此有不錯的成果。

由於賽程排程的難度與隊伍數目的多寡十分相關且國外的聯盟隊伍通常都多達十多隊以上，使問題的複雜度提高很多，大部分學者都會發展啟發式演算法來求解，期望在合理的時間內獲得一個符合賽程的解。Costa[6]針對基因演算法(Genetic Algorithm, GA)與禁忌搜尋法（Tabu Search, TS）兩種啟發式解法加以修改結合，發展一套新的啟發式演算法應用在冰上曲棍球的賽程表制定，在有效時間內求出一個合理且滿足規定的賽程表，減少所有球隊在整個球季出戰全部客場時的總旅行距離大約 8 萬多英里，替所有球隊節省了很多旅行成本。國內較少人去研究此課題，蔡正誠[39]首先在民國八十一年應用網路圖形與圖形著色理論的方法發展一個兩階段的啟發式演算法來對國內職業棒球聯盟作賽程排程，他以隨機的方式製作一個初始賽程表來盡量滿足職棒賽程運動中的規則、場地與出賽次數的限制。第二階段再套用啟發式演算法作調整使其不合理或衝突的狀況消失，讓賽程表符合球場平均分配的原則；但是現今的職棒比賽無法讓每個球場都平均分配給每個隊伍比賽，楊大輝、朱政威等人[38]藉由傳統作業研究領域中的目標規劃（Goal Programming）方法，針對職棒賽程的特性，建構數學模式，並輔以數學規劃軟體 CPLEX 進行求解，增加了排賽程表的彈性與機動性。

球隊在進行比賽的過程最耗費的就是體力與金錢，規劃一個良好的賽程表讓各球隊比賽的總旅行距離最小是很重要的，不僅節省球隊旅費支出，也減少球員在旅途中疲累，使球員出賽時能保持最佳狀況。Bean 及 Birge[1]這兩位學者以一個獨立球隊最少旅行成本路線為觀點，應用多元旅行銷售員問題（Multiple-Travel Salesman Problem）的思考模式來作為求解 NBA 聯盟賽程表的概念。球隊在一個旅次中最多只能連續出賽五場，亦即為一個最多只能拜訪五個城市的多元銷售員問題，當找出一個最小成本比賽路線的賽程表之後，再以此賽程表來去驗證是否符合 NBA 聯盟的相關限制要求，反覆不斷進行此演算流程直到找出合理的賽程表為止。此法約可替球隊節省了大約 20%左右的旅行成本，而 NBA 聯盟也將此賽程運用在 1980-1981 與 1981-1982 兩個球季。

Russell 及 Leung[26]在 1994 年發展一個以“總旅行成本”最小的兩階段數學規劃方法來替整個職棒球季的賽程安排。第一階段先產生一組符合賽程限制與需求的主客場



分配樣本序列，再使用交換啟發式演算法(Exchange heuristic)來組合 HAP(Home-Away Pattern，包含主場、客場，兩種情況組合的序列)以產生不同的 HAT；接著第二階段則是以第一階段所產生的 HAT 表格中每一欄的 HAP 為依據，再把每支球隊分派到 HAP，藉由把不同隊伍分派給 HAP 來組合成一個完整的賽程表。表 2.2 乃是有關賽程表問題的文獻比較。

表 2.2 賽程表問題文獻比較

問題型態	學者(年份)	考量因素	求解方法	敘述與結果分析
賽程表排程問題	Bean and Bridge [1] (1980)	以最少旅行成本路線為觀點，應用多元旅行銷售員問題的思考模式	旅行銷售員問題	找出路線後再去驗證是否符合聯盟限制，往往會與聯盟的規定互相衝突
	蔡正誠 [39] (1992)	球場分配公平	以 GCP 發展兩階段的啟發式演算法	與目前中華職棒大聯盟的賽制不同，場地分配也不符合實際
	Russell [26] (1994)	以”總旅行成本”最小為考量因素	數學規劃	主、客場兩種情況組合不符合目前中華職棒大聯盟的賽制
	Costa [6] (1995)	將 GA 與 TS 修改結合，發展一套新的啟發式演算法	基因演算法 禁制搜尋法	替所有球隊節省了許多旅行成本
	McAloon [21] (1997)	模式化聯盟的賽程限制	限制規劃	以 ILOG 軟體求解美國職棒大聯盟的賽程表問題
	Nemhauser [22] (1998)	主場、客場、休息	整數規劃	將賽程排班過程分為三階段來處理，不符合目前中華職棒大聯盟的賽制
	Henz [16] (2004)	循環賽比賽規則、隊伍數	整數規劃	循環賽的賽制不符合目前中華職棒大聯盟的賽制
	楊大輝等人 [38] (2004)	針對職棒賽程的特性以數學規劃軟體 CPLEX 進行求解	目標規劃	符合目前中華職棒大聯盟的賽制，但四連戰的賽程無法全部安排出來；且求解時間過長

國外的文獻[14,22,28]有使用整數規劃 (Integer Programming) 安排循環賽，而在近年來處理實際的問題，有用限制規劃 (Constraint Programming) [16,21,31]方法來處理。比較傳統 OR 方法與限制規劃方法在不同類型問題上之適用性，Brailsford 等人[3]

的研究成果即發現，限制規劃在執行的方便性與模式構建的彈性方面，都明顯優於傳統 OR 的方法；在計算時間及求解品質的部分，則會根據不同之問題型態產生不同的效果。除此之外，許多研究限制滿足問題求解方法的學者[2]相繼在研究中發現：對於大部分之限制滿足問題而言，限制規劃乃是最佳之求解方法。Simonisimonis [30]指出，限制規劃方法應用在排班(Scheduling)、設施佈置(Allocation)、運輸(Transportation)、組員派遣(Crew Rostering)等問題時，容易根據實際的問題去求解。Puget[24]的研究顯示，對於排程及班表設計的問題，利用限制規劃的方法，根據其問題之限制與特性去設計，可在短時間內得到符合各種限制的班表。

### 2.1.2 排程問題之解法

關於排程問題，在國內外均被廣泛地討論，其相關文獻很多，在學術領域被定義為一組合最佳化問題。在過去國內外學者的研究下，已發展出許多種求解概念與方法，基本上求解方式可簡單分為兩派，一為最佳化演算法(Optimal Solution Algorithm)，另一為啟發式演算法(Heuristic Algorithm)。本研究的問題型態與排課程等時間表問題較相關，因此在排程問題之解法上將回顧時間表設計(Timetabling)問題居多。

最佳化演算法是在求解條件與限制式已知條件下，對於問題的目標求取其可行解空間內最佳的一個解，然而此法最主要面臨的瓶頸為演算時間較長，對於大型排程問題往往需要耗費過多的求解時間，甚至解不出可行解。在處理 0-1 整數規劃的問題上，可以分支定限法(Branch and Bound Method)代表，如表 2.3 所示。

表 2.3 分枝定限法求解步驟

節點選擇 (Node Selection)	在分枝限定法過程中，可能有許多未能求得整數之分枝端點，如何從這些未選節點當中擇一繼續進行求解工作即為節點選擇，節點選擇機制有最佳目標搜尋 (Best-Bound Search)、深度搜尋 (Depth-First Search)、廣度搜尋 (Breadth-First Search)、隨機搜尋 (Random Search) 等方式。
分枝 (Branch)	當處理二元變數時，最簡單的方式就是將合理解集合固定一個變數值 $x$ ，將原本問題分割為 $x_1 = 0$ 及 $x_1 = 1$ 的兩個子問題，以分枝樹來看，即針對 $x_1$ 變數產生了兩個分枝。
定限 (Bound)	對每一個子問題，找出其線性放鬆後之最佳解即為該子問題之鬆弛解。對於整數規劃而言，通常鬆弛解即為放鬆掉整數限制後之最佳解。
解決 (Fathoming)	當一個子問題被解決之後即可不再考慮，而分枝限定法即是透過解決所有分枝端點找到問題最佳解，其有三種方式可以被解決： 1. 子問題為最佳解為整數解、2. 子問題為不可行解、3. 子問題之最佳解較目前暫時最佳解 (Incumbent) 差。

資料來源：[33]

基於最佳演算法無法在特定時間內求得可行解的原因下，一般對於實際或大型排程問題的處理會選擇設計適合的啟發式演算法，以尋求一可行解，雖然不盡然為最佳解，但其以縮短時間所換取的求解效率往往更符合實務所需，對於排程問題常見的啟發式解法有禁制搜尋法 (Tabu Search, TS) [6,15]、模擬退火法(Simulated Annealing, SA)、基因演算法(Genetic Algorithm, GA)[11]等。

本研究的問題型態與排課程相關，以下詳細介紹解決方法的分類：

### 1. 作業研究 (Operation Research, OR)

作業研究主要是利用數學做為工具來解決排程或是決策等問題。首先找出適合用來描述問題的模型，再藉著求解數學來解決問題，有關於使用 OR 方法來解決排課程問題的研究可分為很多類。在作業研究領域的相關學者最常使用圖形著色問題 (Graph Coloring Problem, GCP) 來描述排課問題，分為 nodes coloring problem 與 edge coloring problem，並藉由解決 GCP 來處理排課問題[33]。GCP 是圖形中的每個節點 (node) 或邊 (edge) 著上顏色，GCP 中的基本限制是相鄰的節點不可以著上相同的顏色。排課問題中的課程就像是圖形中的節點，將課程的資料經過彙整後，讓互斥的課程成為圖形中相鄰的節點。在 GCP 中，節點著色就相當於為每門課程安排上課時段，每一個顏色就表示一個時段，顏色的數目會因為上課時段而受到限制，在有限制的顏色數目之下，為每個節點著上顏色，而相鄰的節點不可以是相同的顏色，同理邊也是，分別如圖 2.1 與圖 2.2 所示。

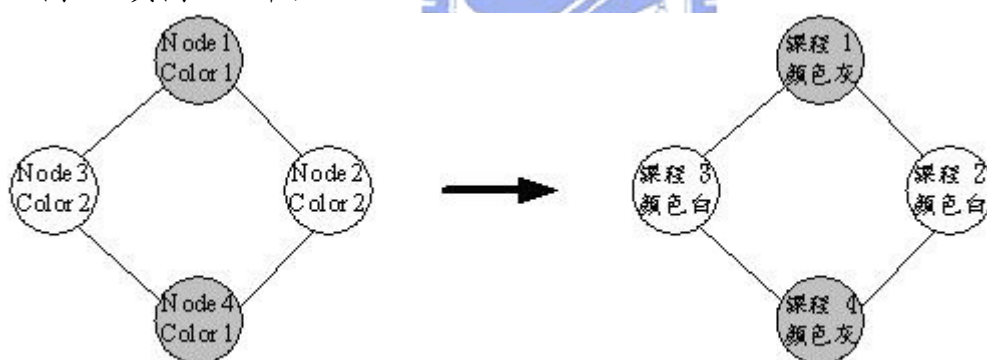


圖 2.1 Node Coloring Problem 示意圖

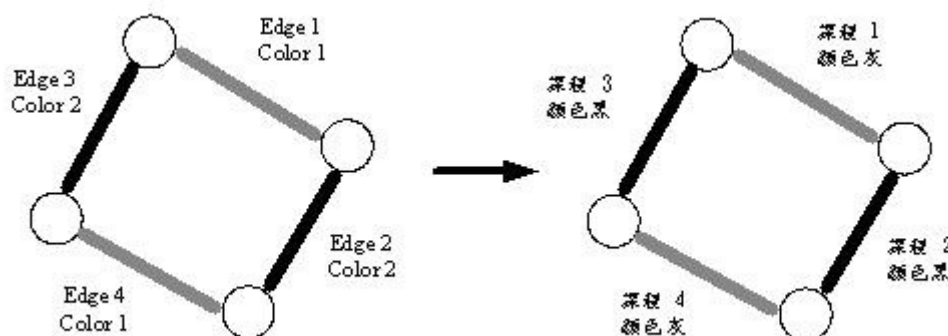


圖 2.2 Edge Coloring Problem 示意圖

## 2. 分群法 (Cluster Methods)

Arabinda Tripathy 利用分群的觀念，將修同一門課程的學生歸為一群，藉由減少排課過程中的變數來簡化 GCP，再利用 Integer Linear Programming 的方式求解 GCP。一般而言，分群的方法呈現了一種分解問題的形式，首先將課程先分配到不同的群集，之後再將不同群集的課程循序指派到時間區段中，以滿足某些限制條件或最小化矛盾限制[8]。先將課程分群後再進行演算法求解雖然使求解的搜尋空間減小許多，但分群限制的課程亦將導致求解品質的低落[4]。

## 3. 啟發式演算法 (Heuristic Algorithm)

過去二十年來許多啟發式演算法的發展已漸漸成熟，包括模擬退火法(Simulated Annealing, SA)、禁制搜尋法(Tabu Search, TA)、基因演算法(Genetic Algorithm, GA)與 Hybrid Approaches 都已被應用於許多排程問題中，這些方法是以一個或多個起始解作為求解的開始，採取搜尋策略避免落入區域的最佳解中。這些求解的演算法都可以獲得不錯的結果，但可能花費不少計算的時間成本。基於最佳演算法無法在特定時間內求得可行解的原因下，一般對於實際或大型排程問題的處理會選擇設計適合的啟發式演算法，以尋求一合理可行解，雖然不必然為最佳解，但以縮短時間所換取的求解效率往往更符合實務所需。Safaai Deris[11]等學者便利用 GA 結合 CSP 來求得接近最佳解的課表，在 Safaai Deris 等人在研究當中利用 GA 仿效自然界中適者生存的原理，透過類似物競天擇的過程以產生很接近最佳解的課表，並且在 GA 的過程中利用 CSP 來做限制控管 (constraint handling) 的工作，以確保每一個由 GA 所產生的可能解均符合限制。

## 4. 限制規劃法

許多相關研究使用 Constraint Satisfaction Programming 來處理排課或排程這一類的問題[11,19]。Constraint Satisfaction Programming 主要的特色是可以將排程問題中的各種限制分成硬性限制與軟性限制。所謂硬性限制是一定要遵守的限制，而軟性限制則是盡量遵守的限制，在必要的時候可以違背軟性限制。CSP 這一類的問題通常都具有 NP-complete 的特性，此特性也與排程問題的特性相符，因此 CSP 很適合來解決排程問題。由於近年來電腦資訊科技快速發展，有許多在過去僅止於紙上談兵的 Constraint Satisfaction Programming 相關研究，現今都可以逐步達成。近幾年更有許多軟體廠商發展出 CSP 觀念的應用軟體 (Ex: ILOG OPL Studio)，讓利用 CSP 來求解排課及排程等資源分配問題成為一個新的趨勢。

## 2.2 限制規劃

限制規劃 (Constraint Programming) 為一種結合 OR 與 Computer Science 兩大領域，專門用來解決 Constraints 的語言。也是最近十年在程式語言領域當中最令人興奮的一項發展。由於它背後有著強大的理論基礎在運作著，使得其商業應用價值非常高，並且也開始廣泛應用在組合最佳化的問題模式建構上。

到底是什麼原因使得限制規劃如此熱門呢？主要的原因是傳統的程式語言 (C、Pascal、Basic)，以及包括目前的物件導向語言都是屬於『命令式語言 (Imperative Language)』，所以它們對於程式撰寫者 (Programmer) 所定義出來物件跟物件或變數跟變數之間的關係 (relationship) 或限制 (constraints)，提供非常弱的資訊。傳統的程式語言，撰寫程式者必須要很清楚的規範每個變數和其他變數間的關係，於 1960 年代，在程式語言的領域當中，有人就開始想說可不可以發展一種語言來讓撰寫程式者可以很簡單的敘述物件跟物件或變數跟變數之間的關係或限制，這樣的語言發展至今日即為現在的限制規劃語言 (Constraint Programming Language, CPL)，CPL 在目前程式語言的領域中屬於『宣告式語言 (Declarative Language)』。

宣告式與命令式最大的差別在於，命令式語言通常是跟電腦說一連串指令，命令電腦先做那個動作再做那個動作屬於告訴電腦『how』的語言，相對的，宣告式語言是屬於告訴電腦『what』的語言，各有各的特色，各有各的其適用的領域與價值，然而對於『限制問題』處理，宣告式語言是最好的選擇，而目前的宣告式語言最常見的有邏輯語言 (logical programming language) 如 Prolog，還有 Haskell, ML 這類函數語言都是屬於宣告式語言。

限制規劃最大的特色在於它的跨領域性 (multi-disciplinary)，它包含了傳統數學理論、OR 理論、人工智慧 (AI) 技術，而其限制式求解演算法 (constraint solving algorithm) 包含了傳統數學理論中的演算法，以及 OR 理論中的演算法。除此之外，最重要的是，限制規劃在求解限制滿足問題 (CSP) 問題時運用了 AI 領域中 Consistency 的技術，並與上述的演算法相結合，以增加其求解的效率。

CP 是一種空間搜尋技術，緣起主要來自電腦科學 (Computer Science) 在人工智慧領域 (Artificial Intelligence, AI) 的發展，根據學者 Brailsford 等人[3]對限制規劃的定義「運用電腦程式發展的模式化語言，讓使用者能簡單輕易地描述限制滿足問題，並透過精緻的電腦演算法有效率地求解限制滿足問題」。從限制規劃的定義看來，很明顯具有兩項特性：空間搜尋能力與限制條件之處理，這是因為限制規劃為一種二層式的求解架構，一層為描述限制滿足問題的限制式元件，另一層為求解限制滿足問題的程式求解元件，兩者特性介紹如下：

## 1. 限制式元件 (Constraint Component)

提供一套親切易懂之模式化語言，讓使用者能輕易地宣告變數與限制式，對於實務問題上多種限制式（如：logical constraint、arithmetic constraint、cardinality constraint、all-different constraint、atmost constraint 等）皆有其對應的限制式元件，以供使用者針對問題進行模式化動作，對於問題描述的功能較以往數學規劃更強大。

## 2. 程式求解元件 (Programming Component)

包含了限制式系統邏輯推理元件及空間搜尋元件。CP 中用以推理限制滿足問題所構成的限制式系統，主要是針對變數值域與限制式之間的一致性檢驗技術 (Consistency Checking Techniques) 與限制式推衍機制 (Constraint Propagation)。另一方面，搜尋元件最基本的演算法為回溯法 (Backtracking, BT)，基於 BT 而發展出來更具效率的搜尋演算法有 Forward Checking、Maintaining Arc Consistency (MAC) 等。

簡單而言，限制規劃就是應用電腦演算法之執行來求解限制滿足問題，這些電腦演算法最早是在邏輯語言（如：Prolog）中所設計，但是傳統語言中的邏輯程序並不能有效率地處理限制的關係，因此，便逐漸發展出一些針對求解限制滿足問題的限制式邏輯語言 (Constraint Logical Programming)，像是 CHIP 語言 (Constraint Handling in PROLOG) 便是由 Prolog 修改而來，利用限制式與限制式之間的關係來加速求解效率。近年來隨著電腦科技為解決實務問題而發展的物件導向概念日漸盛行，限制式邏輯語言也開發出具有物件導向式的限制規劃程式庫，常見的有 ILOG 公司的 Sover(C++)、Scheduler (C++)、Jsolver (Java) 以及 COSYTECH 的 CHIPv5 (C++)。

限制規劃在人工智慧領域中已被廣泛討論，但是對於大部分作業研究領域學者來說相當陌生，傳統作業研究方法多針對最佳化問題發展出許多有效數學規劃方法，但是實務上許多問題並不是刻意追求最佳化的答案，而是以滿足所有的限制條件為目標，像是一些組合化問題便是如此。有鑑於此，限制規劃方法也逐漸受到作業研究領域學者的注意，近年來有愈來愈多研究應用限制規劃方法求解，並且都有不錯的成效，這些問題包括：設備位置[12]、生產排程[9]、汽車生產線管理、商品分割、路線規劃問題、班表設計以及排班[10]等相關問題。

一般而言，限制式可以分為以下五類：

### A、Real arithmetic equation constraints

例如： $(1+X=2Y+Z) \wedge (Z-X=3) \wedge (X+Y=5+Z)$ 。這類限制式的求解方法，在傳統數學理論中，最著名的就是 Gauss-Jordan Elimination Algorithm，此方法相信大家都在線性代數中學過。

### B、Tree constraints

這類型的限制式，就是我們常在程式語言當中宣佈的資料結構。它的重要性在於能夠將問題的資訊，包裝在同一個資料結構中，使得我們在資料的擷取上更為方便。

### C、Boolean constraints

所謂的 Boolean constraints 就是表示限制式當中，變數的值域 (Domain) 都是屬於 Boolean 的形式，亦即變數只有真假二值。而運用 Boolean Constraints 的最大的領域是資工、資料的邏輯設計 (Logic Circuit Modeling)。

### D、Sequence constraints

Sequence constraints 最大的應用就是在 DNA 的排序上。

### E、Block world constraints

Block world constraints 是從人工智慧 (AI) 當中發展出來的限制式，以解決實際生活當中，物體和物體間的限制關係，這種限制式運用最廣的領域是在區域位置規劃 (Configuration) 上，如機場場站設備的佈置、機場大廳內的佈置規劃。

此外，若限制式依其所含變數的多寡來區分，則可分為：

A、uniary constraint (一元限制式)：如  $X \leq 4$

B、binary constraints (二元限制式)：如  $X \neq Y$  或  $X + Y \leq 5$

C、n-ary constraints (多元限制式)：如  $X + Y + Z \leq 10$

以下就限制滿足問題與限制規劃之搜尋技巧做一詳細的說明，首先會定義限制滿足問題，其後介紹限制規劃的緣起，最後說明限制規劃的空間搜尋技巧。

#### 2.2.1 限制滿足問題之定義

所謂限制滿足問題 (Constraint Satisfaction Problem, CSP) 已成為人工智慧領域的研究主題之一，於 1970 年代逐漸萌芽，Tsang[33]將限制滿足問題正式定義如下：

一個滿足限制問題由三個部分所組成  $(Z, D, C)$ ：

- (1)  $Z$  代表所有的變數 (Variables)，是有限的變數集合  $Z = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。
- (2) 值域 (Domain,  $D$ )，CSP 中每個變數都有其可能值  $d_1, d_2, \dots, d_k$ ，每一個變數的可能值所構成的集合稱為為該變數的值域  $D_i = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ ，值域中的值不一定是數值型態，也可以是其他型態，如：文字與符號。
- (3) 限制 (Constraints,  $C$ )，CSP 中的限制是用來描述變數之間的關係，其限制可以影響任何一個變數。若某個限制式剛好影響所有的變數，稱該限制式具有 arity 的性質，若 CSP 中的限制都只影響兩個變數，稱之為「binary constraint」。

在 CSP 中，所謂的可行解 (feasible solution) 即是每個變數  $x_i$  從其所屬的值域  $D_i$  中挑選出一個值  $d_i$ ，以滿足所有限制。每個變數的值所構成的組合

$\{d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_n\}$  即為可行的解。Brailford 等學者[3]指出在 CSP 中，通常會尋找幾種不同的解答：

- (1) 在 CSP 中只須尋找任一可行解，對於可行解並不進行比較。
- (2) 搜尋出所有的可行解。
- (3) 依據問題設定目標函數以尋求最佳解或最符合需求的解。

在問題本質上，限制滿足問題不同於最佳化 (Optimization) 問題，其求解目的乃在於尋得一組或多組可行解，而非最佳化問題所要求之最佳解。這類問題中，最著名的有地圖塗色問題 (Map Coloring Problem) 和 n-皇后問題 (N-queens Problem)，然而許多實務問題之特性亦屬於限制滿足問題，例如：班表設計問題 (Timetabling Problem)、勤務組合產生問題 (Crew Pairing Generation Problem)、組員派遣 (Crew Rostering Problem) 等問題。

回顧限制滿足問題的發展，在 1970 年代，人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 領域的電腦科學家開始投入大量之研究與心思在建構限制滿足理論之研究上，不巧的是，由於此一時期的電腦運算能力相當差，使得當時之電腦科學家尚無法有效地運用限制滿足理論來求解各種實務問題，並因而停滯了限制滿足理論之相關研究。直至 1990 年代，由於電腦的運算能力越來越強，使得限制滿足理論再度受到電腦科學家之重視，因而促使停滯已久的限制滿足理論再度被廣泛地研究。發展至今，文獻上已存在許多極具效率的電腦演算法被用來求解限制滿足問題。

## 2.2.2 限制規劃簡介

傳統 OR 領域所探討的大多屬於有明確目標式的最佳化 (Optimization) 問題，但對於許多諸如排班 (scheduling)、班表 (timetabling)、派遣 (rostering) 的組合性 (combinatorial) 問題，因其牽涉許多複雜與多變的限制條件，最佳化模式的應用效率有限。從 1999 年首度舉行跨領域的 CP-AI-OR 國際研討會[44]以來，許多的文獻均肯定限制規劃有助於班表、組員或路線的組合問題。

限制規劃主要緣起於人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 在電腦程式語言方面的發展，一般而言，「限制規劃」指的是應用電腦演算法之執行來求解限制滿足問題。主要目的乃在於簡化理論與實務問題解決的差距，讓一般對於程式語言不熟悉的使用者，亦能很快的發展其問題模式並進行求解。

限制規劃較適合限制程度高的組合最佳化問題 (如：含時間窗限制的車輛排程問題、含容量限制的車輛排程問題等) 與限制滿足問題 (如：排課問題、班表設計問題、勤務組合產生問題、排程問題等)，在求解此類型問題時，限制規劃之求解效率通常較傳統作業研究來的好；然而，對於限制程度低的組合最佳化問題而言，由於作業研究有其紮實之數學理論基礎，在求解此類型問題時，作業研究之求解效率通常較限制規劃來的佳。根據此分析，將作業研究與數學規劃之適用問題類型整理成下表 2.4 所示。



表 2.4 OR 與 CP 方法所適用之問題類型

問題特性	求解方法	可行解空間特性
限制程度高的問題 (Fully-constrained Problem)	CP	可行解空間為斷斷 續續的(fragment)
限制程度中的問題 (median-constrained Problem)	CP + OR	介於上、下兩者之間
限制程度低的問題 (less-constrained Problem)	OR	可行解空間相當 大且非常連續

資料來源：[36]

綜合歸納應用限制規劃方法來求解限制滿足問題之優越特性，可發現限制規劃包含下列三項優點[3]：

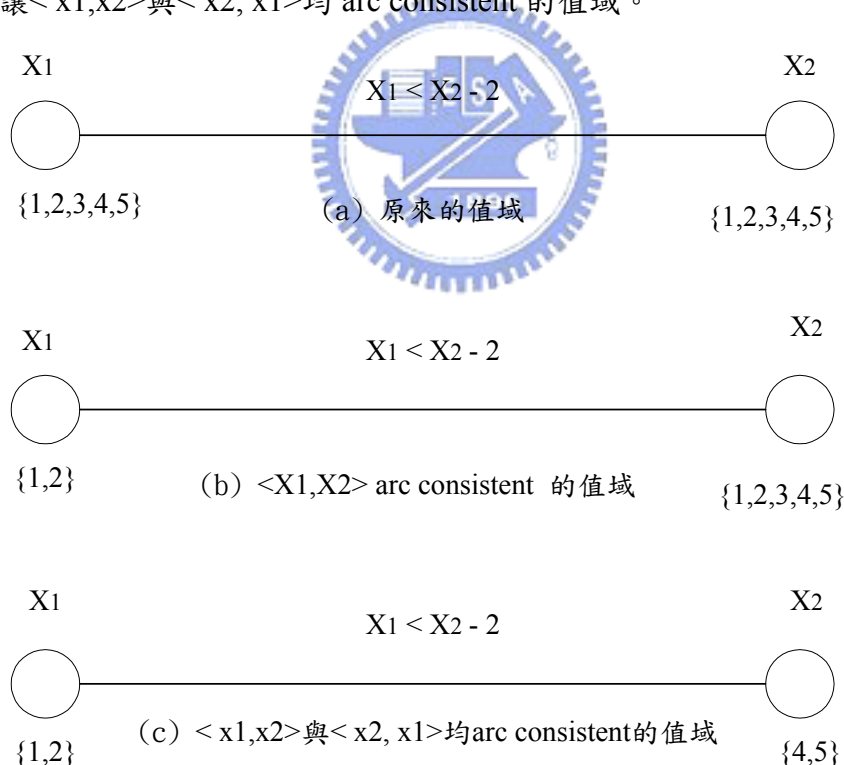
1. 有效率之求解機制：由於在限制規劃的求解機制中，充分地結合了一致性檢驗技術(Consistency Checking Techniques)、限制式遺傳機制(Constraint Propagation)與智慧型的搜尋演算法，使得限制規劃的求解效率相當高。
2. 模式建立之方便性：由於限制規劃語言屬於程式語言中之「宣告式語言(Declarative Language)」，使得使用者可以很容易地運用限制規劃語言來建構其限制滿足問題模式。
3. 可處理多樣之限制式：限制規劃可以處理各種實務問題之限制式類型而其中有許多是數學規劃所無法直接使用的，如：布林限制式(Boolean Constraints)、邏輯限制式(Logical Constraints)、序列限制式(Sequence Constraints)等，所以對於不熟悉數學規劃理論的使用者，仍然可很容易地運用限制規劃來就構其限制滿足問題或組合最佳化問題。

### 2.2.3 限制規劃空間搜尋技巧

限制規劃中的求解搜尋技巧主要是由一致性檢驗技術及空間搜尋演算法所構成，其運作機制是在每個分支節點利用一致性檢驗技術減少可行解搜尋空間。所謂一致性檢驗技術是指，假設有兩個變數  $X_i$  與  $X_j$ ，對所有  $a \in D_i$  ( $X_i$  之值域) 及  $b \in D_j$  ( $X_j$  之值域) 而言，若  $X_i = a$  時， $X_j$  均能從其值域中找到一個  $b$  值，使其滿足所有限制式，則稱一條具有方向性的節線  $\langle X_i, X_j \rangle$  一致 (Consistent)，否則稱做不一致 (Inconsistent)。一致性檢驗技術的目的在於盡可能地刪減變數之值域，使其最後剩下的值域能夠具備一致性。

一致性檢驗技術包括：節點一致性 (Node Consistency)、節線一致性 (Arc Consistency)、界限一致性 (Bounds Consistency)、一般化一致性 (Generalized Consistency) 四種技術，不同的一致性檢驗技術複雜度皆不同，愈簡單的一致性檢驗技術所需花費的運算時間愈短，每一種一致性檢驗技術有其優點及應用時機。本研究以一二元限制式 (Binary Constraint) 之 Arc Consistency 技術為範例介紹如下：

圖 2.3 中，(a) 表示  $x_1$  與  $x_2$  原來的值域，(b) 表示讓  $\langle x_1, x_2 \rangle$  arc consistent 的值域，(c) 表示讓  $\langle x_1, x_2 \rangle$  與  $\langle x_2, x_1 \rangle$  均 arc consistent 的值域。



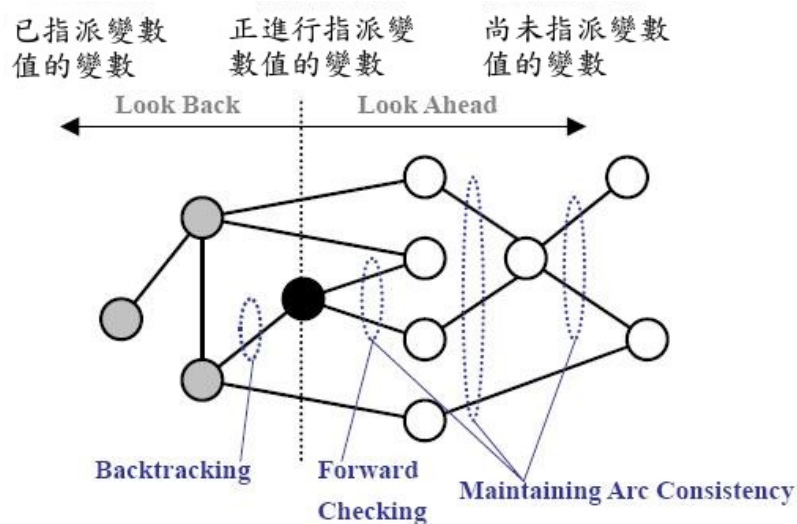
資料來源：[3]

圖 2.3 Arc Consistency 範例

限制規劃之搜尋演算法主要有三：回溯法 (Backtracking)、前向查核法 (Forward Checking) 以及 MAC 演算法。回溯法之搜尋概念很簡單，但是因為回溯法的效率很差，故實際上應用並不多，前向查核法與 MAC 演算法均使用一致性檢驗技術作為搜

尋機制核心。

此三種演算法均是以樹狀結構 (Tree) 表示目前搜尋狀態，樹狀結構的每一節點可視為解的一部份 (partial solution)，每個節點中，若有些變數的值已經決定 (由上一層父節點而決定)，這些變數稱做「過去變數」(past variable)，相對於過去變數是未來變數 (future variable)，未來變數是節點中尚未選定變數值的變數，這些變數的值可以在後來選定。另外，現在變數 (current variable) 是目前正在考慮的變數。樹狀結構中的分支 (branch) 代表變數其他可能值，在搜尋過程中選定分支決定變數的值之後，演算法會從未來變數值域中刪減掉與目前變數值域不一致的值，當未來變數值域中的值被刪減成空 (empty) 時，該節點的狀態稱之為死巷節點 (deadend node)，不得再進行分支。以上三種演算法主要差異在於其處理未來變數的方式，如圖 2.4 所示，以下將以一個 4-queens 的限制滿足問題說明回溯法、前向查核法與 MAC 演算法空間搜尋推行之過程，如下圖 2.5 至圖 2.7 所示。



資料來源：[5]

圖 2.4 BT、FC 與 MAC 三種演算法的對照圖

4-queens 為 N-queens 問題之一種例子，N-queens 是一種棋盤遊戲像西洋棋裡皇后能走的規定，在  $N \times N$  的棋盤中必須放入  $N$  個 queens，擺棋規則必須符合：

規則 (限制式) 1：同一行不能出現兩個 queens

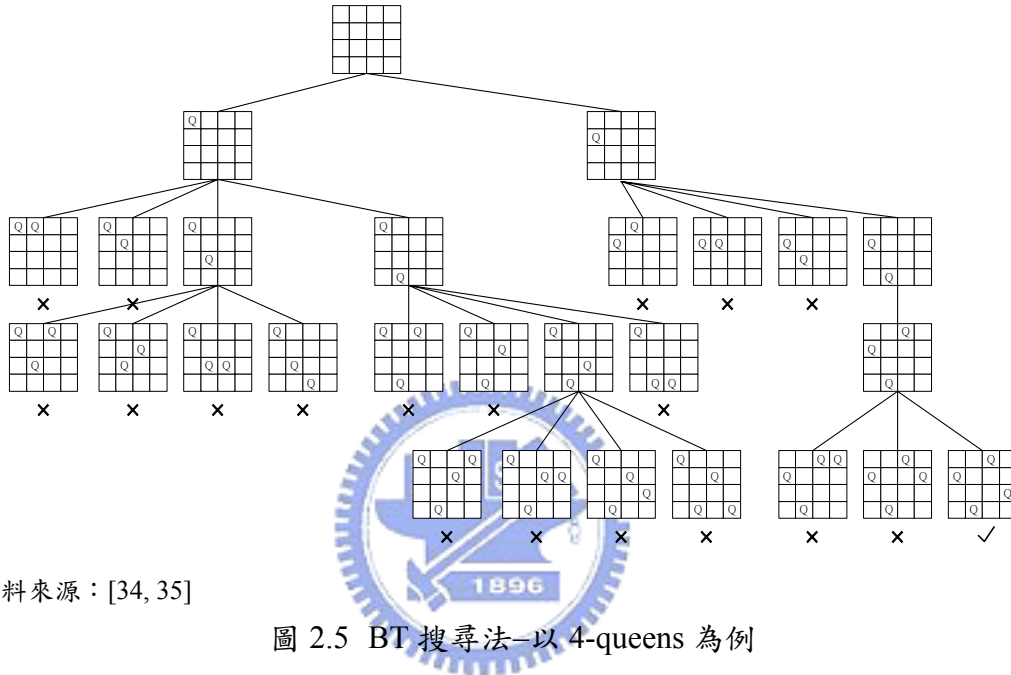
規則 (限制式) 2：同一列不能出現兩個 queens

規則 (限制式) 3：任一對角線不能出現兩個 queens

三種方法詳細說明如下：

(1) 回溯法 (Backtracking, BT)

回溯法之搜尋架構類似於數學規劃中分支定限法(Branch and Bound Method)，在搜尋過程中，一次固定一變數之值，如此層層搜尋下去，直至所有變數皆被指派有數值。在回溯法當中，目前變數所指定之值會與目前的部分解 (current partial solution) 進行比對，若有不一致之情形會使得問題無解，則必須回到上一個狀態重新搜尋而不必再進行分支，如圖 2.5 所示。

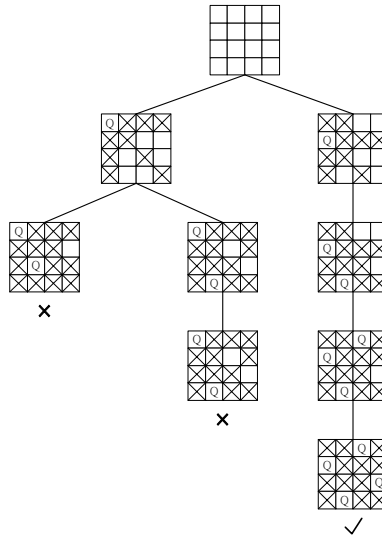


資料來源：[34, 35]

圖 2.5 BT 搜尋法—以 4-queens 為例

(2) 前向查核法 (Forward Checking, FC)

由 Haralick 與 Elliott 兩位學者於 1980 年[16]所發展出來的演算法。為智慧型空間搜尋演算法中最基本、最常使用之演算法，其運作概念與 BT 大致相同，差異性在於 FC 演算法是運用一致性檢驗技術於新初始化變數與未初始化變數間而不是運用在新初始化變數與已初始化變數間，藉此差異使得 FC 演算法能透過事先地刪除未初始化變數值域中與目前部分解具有不一致性的值域值(Domain Values)，來避免目前部分解將面臨的衝突，進而大大縮減搜尋樹空間與搜尋過程中可能產生之分枝檢驗次數，大幅地提升傳統 BT 演算法之執行效率，成為一種智慧型空間搜尋演算法。同樣地，運用 FC 演算法於求解 4-queens 問題為例，便可更清楚地瞭解之 FC 演算法之實際運作流程，其實際運作流程即如圖 2.6 所示：



資料來源：[34, 35]

圖 2.6 FC 搜尋法-以 4-queens 為例

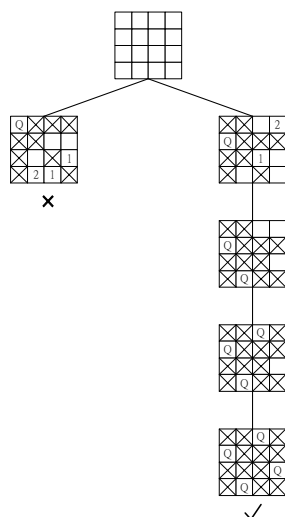
詳細比較 FC 與 BT 演算法之搜尋樹空間(searching tree space)(圖 2.5、圖 2.6)，可明顯地發現，FC 之分枝節點數(Branch Node)較 BT 少很多，且 FC 的分枝深度(Depth of Branch)亦較 BT 短，由此可知，FC 演算法之執行效率較 BT 演算法好很多。

### (3) MAC 演算法 (Maintaining Arc Consistency)

由 Sabin 與 Freuder 兩位學者於 1994 年[28]所發展出來 MAC(Maintaining Arc Consistency)一致性檢驗技術為目前文獻上最常使用在未初始化變數與未初始化變數間之一致性檢驗技術，其運作方式乃「以節線一致性檢驗技術為基礎、以未初始化變數與其對應之值域所構成的子限制滿足問題(sub-CSP)為一致性檢驗之對象」，當 MAC 偵測到某個未初始化變數之所有值域與目前之 sub-CSP 呈現不一致的現象時，即表示目前之 sub-CSP 不存在任何可行解，所以無須再從目前之分枝節點進行分枝。

以 4-queens 為例，運用 MAC 求解此問題之運作方式如圖 2.7 所示，其中有數字的格子表示「未初始化變數中與目前 sub-CSP 呈現不一致之值域值」，而數字的標示順序乃表示「當標示數字為  $i$  之未初始化變數值域值因與目前之 sub-CSP 不一致而被刪除時，便會進一步促使標示數字為  $i+1$  之未初始化變數值域值與目前 sub-CSP 產生不一致之現象，其中  $i \geq 1$ 」，由此可知，標示數字為 1 的個格字表示，最開始與 sub-CSP 產生不一致之未初始化變數值域值，而標示數字為 2 的格子表示，當標示數字為 1 的值域值從其相對應之未初始化變數值域中移除之後，標示數字為 2 的未初始化變數值域值也必須因而從其對應之值域中移除，而其他的標示數字則依此類推。從圖 2.7 之左分枝來分析，由於經過 MAC 之一致性檢驗之後，發現最後一列之目前 queen 變數值域值完全與目前 sub-CSP 不一致，使得此演算法能提早判定此分枝完全不可能存在任何可行解而停止分枝和進行換枝檢驗，藉此減少空間搜尋之分枝數與提高整體空間搜尋演算法的執行效率。

雖然 MAC 比 Forward Checking 能更早發覺不一致的變數值域空間，Forward Checking 相對於 Backtracking 也是如此。但執行愈多的一致性驗算所需的運算工作自然愈繁重，要及早刪除較多的搜尋空間亦必須花費額外的運算時間。因此在某些情況下執行 MAC 反而得經過費時的運算，所以 Forward Checking 與 Backtracking 在應用上仍有存在的必要，彼此間可相互配合運用。



資料來源：[34, 35]

圖 2.7 MAC 搜尋法-以 4-queens 為例

## 2.2.4 模式化語言 OPL 之簡介

組合最佳化問題在現實世界的問題中到處存在，舉凡規劃(Planning)、排班排程(Scheduling)、排序(Sequencing)、資源規劃(Resource Allocation)等都是此類型的問題，而目前一些較強而穩健的求解系統雖然都能對大規模的線性規劃與各類型整數規劃問題提供效率不錯的求解演算法，但由於實際的實務問題規模非常大且複雜，往往使得 OR 人員在求解實務問題時，花費很多時間在模式化問題(Modeling Problem)並且轉換成這種求解系統可以讀的檔案格式與求解演算法，對於 OR 人員而言，若能擁有一套緊密連接「模式構建」與「求解演算法」的模式化語言，將使 OR 人員更快速地解決所面臨之實務問題，並大幅地提高他們的生產力與工作效率。

OPL(Optimization Programming Language)為一種專門求解組合最佳化問題的模式化語言(Modeling Language)，不同於一般命令式語言(Imperative Language)(如：C 語言、C++、VB 等)，OPL 為一種宣告式語言(Declarative Language)，由於繼承宣告式語言的特性，使得限制式在模式中的順序並不會影響模式之求解結果，所以使用者可以隨時地加入、修改、刪除與管理問題之限制式。模式化語言最大的貢獻在於，它拉近了「電腦程式語法」和「數學表示法」之距離，讓使用者能簡便地描述並解決問題。

所謂的模式化語言，其發展主要是為了利用電腦來解決數學規劃的問題，這樣的語言是利用一些資料型態 (data types) 如：陣列 (arrays)、集合 (sets) 來表達傳統的

數學表示法。例如我們想要表達  $\sum_{i=1}^m A_i \times \sum_{i=1}^m X_i$ ，則在 OPL 的語法中，可以用下列式

子來表示：

$$\text{sum (i in 1..m) A [i] * X [i]}$$

傳統模式化語言最大的貢獻在於，它使得『電腦程式語法』和『數學規劃語法』相似，讓使用者能夠方便地描述（stating）並解決（solving）傳統數學規劃問題。

而在 OPL 程式編寫的平台部分，OPL Studio 是專門設計讓使用者撰寫 OPL 語言的軟體。與 Visual C++ 或 Visual Basic 一樣，同樣地，OPL Studio 也提供使用者相當人性化的介面，讓程式設計者在程式編寫以至於程式編譯（Compile）時，能夠更方便地進行除錯（Debug）的動作。

除此之外，OPL Studio 在內部求解的過程，還提供了相當多對於解空間的搜尋策略，讓使用者在模式構建以及程式編寫完成後，能夠選擇最適合模式的搜尋方法，以便最有效地對模式進行求解工作。

OPL 與傳統模式化語言不同的功能可歸納成下列三項：

1. 支援限制規劃模式：支援限制規劃(Constraint Programming, CP)模式是 OPL 與傳統模式化語言最大的不同。
2. 使用者可以自訂搜尋演算法(Search Procedure)：OPL 允許使用者針對其面臨的組合最佳化問題(如：線性規劃問題、整數規劃問題、限制滿足問題)特性，自行訂定搜尋演算法；而傳統的模式化語言並不提供這個功能。
3. 提供更多種的限制式表達方式：針對我們實務問題最常見的排班排程問題(Scheduling Problem)與資源配置問題(Resource Allocation)，OPL 提供專門的語法來表示活動(Activity)與資源(Resource)之間的關係，使得使用者欲模式化這類問題時，能更容易上手；此外，OPL 提供比傳統模式化語言更多的限制式表達方式，如：Higher-Order Constraint、Logical Constraint 等。

## 2.2.5 數學規劃與限制規劃之比較

數學規劃與限制規劃皆為可用於求解組合搜尋問題的方法，但此兩種方法的求解架構思維模式卻不盡相同。數學規劃的方法是根據數學理論的角度來求解，方法論的重心在於「運用歸類組合最佳化問題的種類並研究各類型問題的特性，提出相關數學理論來求解各類型組合最佳化問題」，以組員派遣問題來說，通常以一般化集合分割數學規劃模式求解；相反地，限制規劃方法是從電腦求解與電腦演算法的角度出發，其方法論重心在於「運用電腦語言與電腦演算法，使電腦能瞭解並能系統化地、有效率地求解組合化問題」。

數學規劃方法是以求解最佳解為目標，其基本架構由目標式及限制式條件構成，根據不同問題型態以不同數學理論模式化問題 (MP Formulation)，設定成本函數  $C$ 、限制式矩陣  $A$  與可用 (需求) 資源  $B$ ，而當實際上求解規模過大時會加入啟發式解法於數學規劃求解當中，以便在可容忍的時間範圍內求得品質還不錯的可行解。作業研究領域自二次世界大戰以來的發展至今已有數十年的研究成果，對於各種結構性的問題的求解都有相當紮實的數學理論基礎，對於解空間大且連續的問題而言，作業研究方法大都能提供不錯的求解成效。

而限制規劃是求解限制滿足問題的一種方法，求解目標為找到滿足所有限制的可行解即可，和數學規劃不同的是，限制規劃並無具體的模式架構而必須依問題型態而定，限制規劃模式架構主要包含以下三個部分：

### 1. 定義變數結構

使用者必須根據解題的目的定義適當的變數結構，變數結構的設計會影響可行解搜尋空間的大小。

### 2. 限制式寫法

運用限制規劃語言建構出描述限制滿足問題之限制式寫法，限制寫法並沒有一定方式，建構好的限制寫法可幫助搜尋加快。

### 3. 搜尋策略

由於限制規劃方法目的並不是求得一個最佳解而是求出滿足使用者要求的可行解，限制規劃往往很快便能求出一個可行解，但是針對大規模問題而言，由於解空間相當大如果再加上嚴苛的限制式，就算只要找到一個可行解也相當不易容易，因此，為有效增加限制規劃的求解效率，使用者可透過自訂「搜尋策略」方式決定初始變數的順序以及初始變數給值的順序，針對不同問題特性訂定不同的搜尋策略，聰明的搜尋與給值方法不僅可以加速解空間搜尋時間也可以提升搜尋到之可行解品質。但對於最佳化問題而言，最佳解必須找尋過所有可行解空間後才能確定，訂定搜尋策略便無效果。



數學規劃方法與限制規劃方法各有其適用的問題型態，對於可行解空間大且連續限制程度低的問題而言，文獻上建議以傳統作業研究數學規劃之方法較佳，而對於可行解空間斷斷續續限制程度高的問題（排課問題、班表設計問題、排班問題...）而言，以限制規劃方法求解通常會有較佳成效。圖 2.8 為數學規劃與限制規劃解題架構之比較圖。

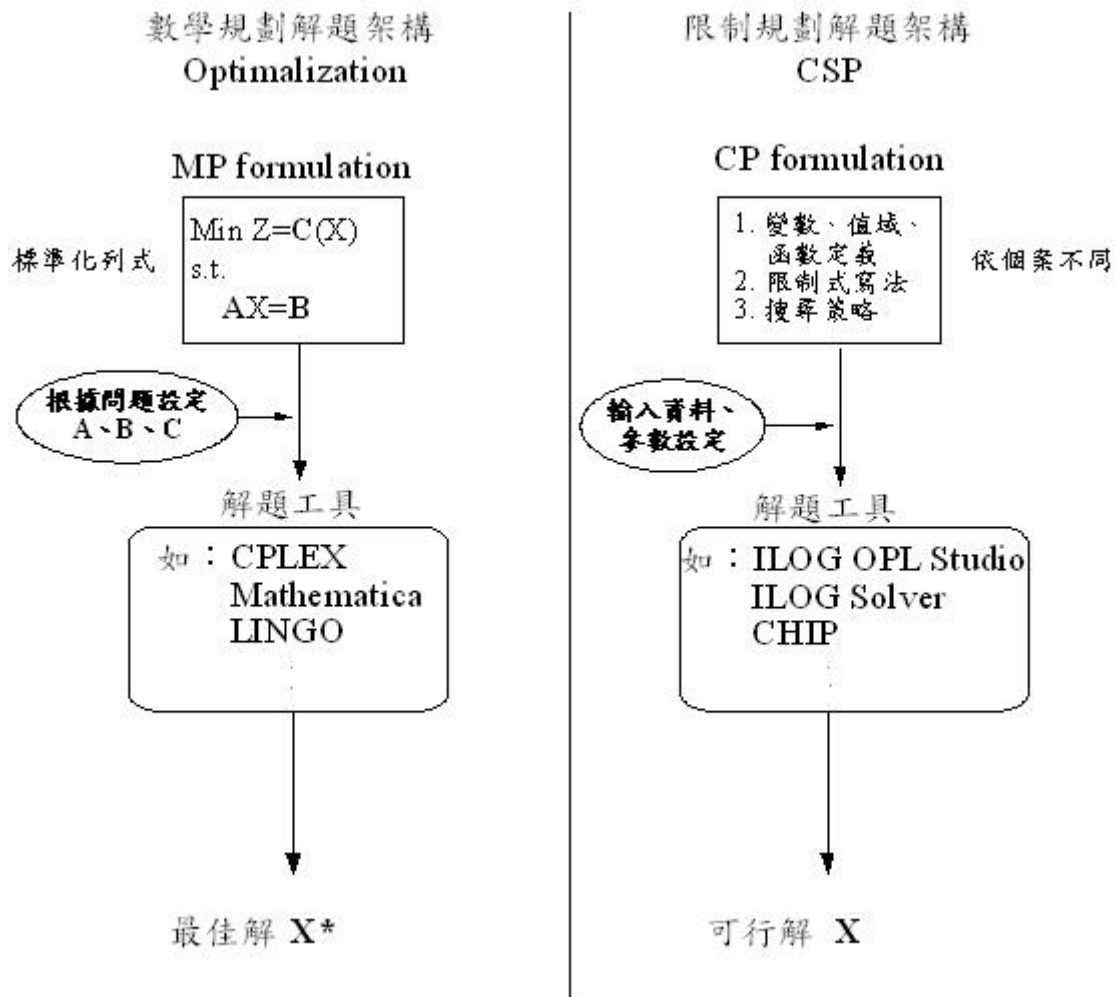


圖 2.8 數學規劃與限制規劃解題架構之比較圖

## 第三章 個案背景與問題描述

### 3.1 中華職棒大聯盟簡介

中華職棒大聯盟聯盟目前的架構是由各球團共同組成，各球團們對職棒事務的推動有絕對的自主參與權，且保有各自企業體的特色，在比賽上彼此競爭全力爭勝，以呈現球迷一個真正的職業競賽。目前推動發展的「責任場制」，將賦予各球團更多的責任，包括票房的推廣、球迷的經營，強調地域屬性，與母企業體結合，將企業文化融合呈現於球賽之中，未來將朝向「主客場制」的目標邁進。聯盟的角色，是以辦理比賽相關業務為主，站在推廣棒球運動的立場而言，「職業棒球」的蓬勃發展，將成為所有業餘球員努力奮鬥的目標，且亦將帶動學生棒球的穩定成長。聯盟秘書長亦時時地強調：「中華職業棒球聯盟，因肩負著身為棒球發展火車頭的重大責任，所以更應努力地辦妥每一場比賽，以便將場場精彩且細緻的職業競賽，呈現給所有的球迷共賞。」

從職棒元年到職棒十年之間，台灣的棒球呈現出一番完全不同的景象：棒球員的待遇大幅提高，不但生活獲得了改善，也增加了他們在球場上更上層樓的動力；球員的社會地位獲得提升，優秀的職棒選手更成了青年朋友崇拜的偶像，受歡迎的程度媲美演藝明星；大批的球迷湧進球場欣賞職業球賽，棒球熱潮再度蔓延全台灣，至民國八十六年時觀眾人數已經突破千萬人次，引起政府當局的高度重視，總統、行政院長及各階層的民意代表都曾走進球場，除了允諾興建「巨蛋」棒球場外，各地或已閒置、或已老舊的球場亦在地方政府的推動之下獲得整建，從職棒元年僅五座比賽球場，到現在已經有至少十座以上的球場可供職棒比賽。

而中華職棒聯盟也由創始的四隊，後又陸續增加了時報、俊國（後改由興農接手經營）、和信（後改名中信）等隊，同時也因棒球風氣興盛，各級棒球隊的數目也不斷增加，棒、壘球運動大為流行，各企業行號亦以慢速壘球作為員工聯誼、運動的主要項目。球迷透過每年各地超過百場的職棒聯賽，和媒體、雜誌專業報的報導之下，對棒球技藝、棒球文化、歷史傳承等能有更深入的認識，棒球已不只是「出國比賽、拿冠軍」的代表，而已經完全融入台灣人民的生活當中。

有了職棒後，不但是棒球運動活了起來，連帶著社會各階層也隨之動了起來。原本職棒就是希望在棒運發展的過程中，能扮演火車頭的角色，結果不但這個目標很快地達成，更意想不到地也帶動了其他各項運動的職業化(包含籃球、排球、冰球等)，加速台灣走向一個全民運動化的社會。棒球迷在球場上加油的道具和手法，也形成了另一股獨特的造勢文化，不論是加油棒、戰歌、彩帶、仙女棒、波浪舞，都是現在各種運動、各類聚會時的必然造勢方式，棒球儼然已成為台灣熱情、活潑的休閒文化中最重要的一部份。而在民國八十一年，中華成棒代表隊更是一舉拿下第一屆奧運正式比賽的銀牌，再顯示出棒球運動在台灣所享有被高度肯定的地位。

中華職棒自民國八十一年起即積極回饋業餘棒球，八十三年起，每年均撥出 2.5% 的門票收入給棒球協會，作為推展棒運的基金，多年來捐贈總金額已達三千餘萬元，

同時在民國八十五年底決議捐贈三年一千萬元回饋金給少棒聯盟為簡易球場催生，對國內棒球的推展貢獻出最實際的力量。

自從職棒成立起，中華職棒聯盟的統一獅隊即極積推動「屬地主義」，以台南在地的球隊為號召，民國八十二年俊國熊隊以台中為根據地，後球隊轉手興農，對於台中地區的紮根工作更為落實，八十七年起中華職棒全面實施責任主場制，期望用長期經營的方式將棒球的種籽廣播到台灣各角落。每年例行賽比賽總場數也從原本的 180 場成長為 300 場，而觀眾人數在持續穩定的成長中，更在 1997 年一舉突破一千萬人的里程碑。值得欣慰的是這兩年，由於中華職棒四支球團不畏艱難，在堅苦的逆境中努力經營，積極辦理新人選拔活動，舉辦業餘盃賽協助推動三級棒球發展並結合全省中小學辦理樂樂棒球校園巡迴推廣活動。

民國九十年第三十四屆世界盃棒球賽在台灣舉行，中華國家代表隊向中華職棒聯盟徵召十五位優秀職棒球員參賽，贏得亞洲第一，世界第三名（銅牌）的殊榮，台灣的球迷深植於心中的棒球熱潮自此一發不可收拾，民國九十一年（職棒十三年）的觀眾人數和票房收入，皆有大幅成長，和去年相比，民國九十一年上半球季觀眾數增加 67%，而票房則成長 186%，因此，可以預見在不久的將來，在中華職棒的帶動之下棒運將重振雄風。

民國九十二年一月十三日兩職棒聯盟代表六人：中華職棒聯盟陳河東會長、統一棒球隊林蒼生董事長、兄弟象棒球隊洪瑞河董事長、興農集團楊天發總裁、中信鯨棒球隊林博義董事長、那魯灣公司陳盛油董事長暨體育主管單位行政院體委會林德福主委，在陳水扁總統見證下，簽署兩聯盟合併協議書，那魯灣公司同意解散「台灣職業棒球大聯盟」，並應允其所屬四支球隊，精減為兩支球隊，其中一支球隊應於九十二年一月三十一日前完成出讓與第三人公司，另一支球隊則應於九十二年底前完成轉讓與另一第三人公司之手續。兩職棒聯盟合併後更名為「中華職業棒球大聯盟」。

在賽制方面，目前中華職棒共有六支球隊，每年球季約自三月至十月間，賽程進行三十週，每隊每球季各打一百場，全年共計三百場的例行賽，賽程採上、下半球季，如果是同一隊包辦上、下半季冠軍，該隊先取得總冠軍賽資格；年度勝率第二和第三名隊伍，則進行第一輪五戰三勝，勝隊取得總冠軍賽另一資格；每年上、下半球季中並舉辦一場紅白明星對抗賽，如此的賽制勢將帶給球迷們一整年精采刺激的比賽。聯盟目前在全台共使用天母、新莊、新竹、台中、斗六、嘉義市、嘉義縣、台南、高雄市、高雄縣、屏東、花蓮、宜蘭等十三座比賽場地。十三座場地均為天然草皮球場，容量自七千五百人至二萬人不等。天母棒球場為台灣目前設備最新穎的球場，另外備受球迷關切的台北松菸巨蛋球場目前也在積極規劃興建中。

### 3.2 中華職棒大聯盟之球隊與球場現況

1990 年聯盟創立時有兄弟象、味全龍、三商虎、統一獅四支球團；1993 年加入時報鷹、俊國熊（後改由興農牛接手經營）兩支球團後，共有六支球團，1997 年和信鯨（後更名為中信鯨）加盟成為第七支球團。1998 年時報鷹宣佈解散，1999 年三商虎、味全龍先後宣佈解散，成為四個球團的型態。2003 年中華職棒四球團與那魯灣公司簽訂合併協議書，誠泰 Cobras 與 LaNew 熊隊後來加入中華職棒大聯盟，以下簡介現有之六支球團：



1990 年四支創始球隊之一，母企業為統一企業。在台灣南部擁有龐大的支持者，並且在所有球團中率先投下鉅資認養台南球場，成為台灣職棒球團經營球場的最佳典範。獅隊曾經在 1991、1995、1996 及 2000 年四度奪得年度總冠軍，是台灣棒壇所認同的傳統勁旅。



1990 年四支創始球隊之一，母企業為兄弟大飯店。兄弟象隊在台灣擁有深厚的球迷基礎，同時在 1992 年至 1994 年間創下連續三年總冠軍的傲人成績。象隊在 2001 年奪得隊史上的第四度年度總冠軍，此後並在 2002、2003 年連續奪得總冠軍，成為中華職棒史上唯一兩度締造三連霸紀錄的球團。



1993 年俊國熊隊加入中華職棒，1995 年由興農企業接手經營權，完成台灣職棒史上第一宗球團買賣案例。絕大多數的 1992 年奧運銀牌代表隊主力球員皆在陣中。1997 年與洛杉磯道奇隊展開空前規模的訓練合作計劃，1998 年及 2000 年皆打入總冠軍賽，但都在第七場決定性的比賽中敗北。2003 年牛隊以上半季冠軍身份再度闖入總冠軍賽，但在第六場中敗給兄弟象隊，與年度總冠軍擦身而過。



1997 年加入中華職棒聯盟，母企業為中國信託。在加盟職棒前的業餘聯賽中，曾一舉蟬聯 1994 年春、秋兩季冠軍，更於秋季聯賽中以十六連勝打破兄弟象業餘時代十

五連勝紀錄。1996 年春、秋聯賽中，再度拿走冠軍盃，同時創下四連霸紀錄。鯨隊在加入中華職棒第三年，即於 1999 年奪得球季排名第一的頭銜，但在季後賽中遭味全龍隊淘汰。2002 年曾再度進入總冠軍賽，但以零勝四敗不敵對手兄弟象隊。

### 誠泰 COBRAS



誠泰銀行在持續以贊助方式投入棒球運動數年後，終於在 2003 年正式取得球隊的完全經營權，以「誠泰 COBRAS」的隊名加入中華職棒的行列。延續過去誠泰太陽隊的班底，誠泰球團聘請前日本西武隊名將郭泰源擔任總教練、巨人隊好手呂明賜擔任打擊教練，並且積極完成三芝棒球練習場的整建，同時也協助轉檯選手再度回到中華職棒貢獻心力。累計過去贊助誠泰太陽隊的經驗，誠泰 COBRAS 勢必在新局面中往高峰邁進。

### LaNew 熊



2003 年初第一職棒公司將球隊轉手至聲寶公司旗下達盛公司，國內著名製鞋企業 La New 不但出資認養高雄縣澄清湖棒球場，也循贊助模式經營球隊，並將球隊名稱改為「La New 熊」隊。熊隊在 2003 年延攬前日本職棒名將大田卓司為總教練，並組成日系風味濃厚的教練團。La New 企業積極投入棒球事業的形象已經儼然樹立，預料將以中華職棒新兵的身份一鳴驚人。

中華職棒目前在全台共使用天母、新莊、新竹、台中、斗六(94 年 9 月 11 日首戰)、嘉義市、嘉義縣、台南、高雄市、高雄縣、屏東、羅東、花蓮等十三座比賽場地。十三座場地均為天然草皮球場，容量自五千五百人至二萬人不等。天母棒球場為台灣目前設備最新穎的球場，另外備受球迷關切的台北松菸巨蛋球場目前也在積極規劃興建中。以下是球場的簡介：

#### 天母球場：

天母棒球場位於天母地區忠誠路與士東路口，是天母運動公園的一部份。天母棒球場的工程自 1997 年開始，原設計為可以容納二萬席的職業用球場，但是在當地居民的反對與斡旋下，變更設計為六千人的社區型球場，球場於 1999 年落成啟用。2001 年台北市成為第 34 屆世界盃棒球賽主辦城市，為達到國際賽事場地標準，特別在內野外緣兩側增建四千席，成為一萬席的場地。中華代表隊在十一月十八日擊敗日本隊勇奪世界盃銅牌，天母棒球場的歷史意義在這一天建立。經過職棒聯盟與台北市政府及當地居民的多次協調後，職棒終於在睽違了六百餘多天後在 2003 年 5 月 11 日再度回到台北市，職棒從此正式在天母開打。配有大螢幕與電子看板的的天母棒球場目前仍為台灣最新、最舒適的球場，在與天母商圈的結合下，迅速成為球迷看球的新天地。球團為了疏導當地交通，在捷運淡水線芝山站都備有接駁公車，以減輕天母商圈的交通

壓力，值得一提的是，天母球場只能安排在一個星期的週末兩天比賽，可容納觀眾數為 10000 人。

#### 新莊球場：

1997 年中華職棒總冠軍賽第二戰在新莊球場舉行，從此這個位於台北縣的新球場就成為球迷經常造訪的棒球新天地。1997 年以來連續五年成為總冠軍賽的場地，其重要性可見一般，尤其是當台北市立棒球場在 2000 年年底功成身退後，新莊球場更成為台北地區最重要的棒球聖地。觀眾席後方寬大的廊區提供了觀眾廣闊的活動空間，成為新莊球場的特色之一。台北縣政府特別在 2003 年完成外野座席的整建工程，將整個新莊球場的座席數提到到一萬席。擴建工程同時包括了大螢幕的安裝，成為台灣第三個擁有大螢幕的棒球場，可容納觀眾數為 10500 人，新莊球場同時也是全台灣使用率最多的球場。

#### 新竹球場：

新竹球場在台灣的各個球場來說，算是相當大的一個場地，因此要在新竹棒球場擊出全壘打，著實是一件比較不容易的事。除了場地大以外，新竹地區特有的「風」在棒球場的威力則是毫不遜色，怪風的產生多多少少會影響球員的表現，讓在新竹棒球場舉行的比賽更增添了幾分不確定性。新竹棒球場週邊高樓林立，比賽期間可見高樓的住戶在陽台鳥瞰欣賞比賽，成為球場景觀的特色，同時也是週邊住戶的特有福利。原位於新竹球場旁的民富夜市雖已遷移，但是棒球場的週邊仍是熱鬧的商圈，飲食、住宿等均極為便利；不過新竹球場因為直接位於要道旁，在街道狹窄、腹地也小的情況下經常形成交通壅塞的現象，是美中不足的憾事，可容納觀眾數為 11000 人。

#### 台中球場：

氣候溫暖，地居中部的台中球場，是中部地區民眾觀賞職棒比賽的重鎮。台中球場緊鄰省立體育專校區，但是要進入台中球場僅有行走球場的小門(如內、外野入口處)，而無球場大門，遇上比賽結束散場之際，球場附近交通立陷癱瘓狀態，往往需要經過一段時間才得以疏解，這是台中球場較易人詬病之處。除球場較為擁擠外，台中球場因位於台灣中部地區，氣候相當溫和，相當適宜觀賞職棒比賽，是中部地區民眾假日休閒的好去處。不過台中球場因位於市區內，不僅交通擁塞疏散不易，球場當初在興建之時也因腹地不大而略嫌簡陋，外野的全壘打牆是原來六個職棒場地中最低矮的，因此台中球場也被戲稱為「全壘打最多的球場」，不過相對地，在台中球場看球也最有機會得以欣賞到外野手們精湛接殺技巧。除場地較小外，台中球場不失為一個風景優美、場地平坦的好球場，在此看球絕對能讓球迷們深刻感受到觀球的樂趣，可容納觀眾數為 9900 人。

#### 斗六球場：

斥資 16 億興建的斗六棒球場是個全新的棒球場，除迎接今年 10 月底的全運會外，

期待中華職棒安排幾場球賽在斗六舉行。斗六球場是國內腹地最大的球場，可容納觀眾數為 15000 人。

#### 嘉義縣球場：

因承辦八十六年區運而建造的嘉義縣棒球場，一共花費了新台幣四億五千萬元的經費建造，整體設備均在水準之上。嘉義縣球場擁有現代化的電子計分看板，同時球場也為球員出入做了特別的設計，都是嘉義縣棒球場相當特別的優點。位在朴子與太保兩城市間得嘉義縣棒球場，在職棒七年成為第七個職棒所使用的場地，也為這個棒球風氣鼎盛的地區帶來職業棒球的活力，可容納觀眾數為 9000 人。

#### 嘉義市球場：

嘉義球場是南台灣最閃耀最美麗的星斗。球場區域占地共兩千五百坪，位於嘉義市東邊的坡地，屬於文教休閒區，嘉義公園和球場比鄰而居，後有省立嘉義中學，是嘉義市民最常去的綠色休閒地帶，忠烈祠、大成殿、射日塔皆成為嘉義市區的重要景點。球場外的停車場共可停五百八十八部小型車、一百輛遊覽車及一千零五十部機車，是全台灣停車最便利的球場。球場內野看台共有九千三百個座位，仿羅馬競技場配置，前緣視野可平視競技者，環抱型座席居高臨下，視野無障礙；外野看台現正規劃第四期工程，球季結束後再行發包動工，可容納觀眾數為 10000 人。

#### 台南球場：

唯一可以稱得上最有主場特性的球場就是台南球場。府城自從前便一直是台灣棒球發展的重鎮，許多好手都是出身於台南，所以府城球迷一向與棒球運動相當投緣。位於市區內的台南球場交通便利，可供停車與用參之處很多，每逢職棒比賽，就會呈現出一副熱鬧的景象。台南球場曾於民國 59、67、84 年多次進行整修，使得台南球場在職棒比賽中，所扮演的角色也愈來愈重要。從愈來愈多的比賽場次，與台南幾乎時常爆滿的情形看來，台南球場未來遠景可期，值得職棒聯盟多付出心力，為開發台南地區的球迷而努力，可容納觀眾數為 13000 人。

#### 澄清湖球場：

澄清湖棒球場耗資 12 億、歷時三年完工，是國內少有的大型棒球場，1999 年 IBA 世界青棒賽、2001 年世界盃棒球賽預賽，都曾以澄清湖棒球場做為比賽場地，球場建築物地上四層觀眾席、地下一層停車場。2001 年世界盃棒球賽預賽中華隊出戰美國隊之戰，球場湧進 2 萬 5 千名觀眾，寫下我國棒球場史上單場比賽觀眾人數最多記錄，可容納觀眾數為 20000 人。

#### 高雄市球場：

位於台灣南部知名小吃街一六合夜市附近的高雄立德球場，是高雄地區棒球比賽時的主角。高雄球場是全省職棒比賽場地中唯一在內野全部邊線架設鐵網的球場，不過除了鐵網影響內野觀眾看球時的視線外，高雄球場特殊的低看台設計，也讓球迷與

球員能夠更加親近，球迷甚至可以與心儀的選手面對面交談接觸，為其特色之一。高雄球場的交通便利，看球時少有難以尋找球場的困擾，但是高雄球場四周可供停車之處不多，加上攤販樹立，人群出入流量大，球場附近的環境顯得有些髒亂，這是高雄球場比較待改進之處。高雄球場是南部舉行各項棒球比賽時不可或缺的主場地，如果未來有機會，高雄球場適宜再加以改建，增強其功能，或是在原球場附近，另謀適當的場所興建新式的大型球場，以因應更多的活動，可容納觀眾數為 9500 人。

#### 屏東球場：

與鷹、熊兩支球隊同時加入中華職棒行列的，就是位於最南端的職棒球場——屏東球場。屏東球場可由屏東搭車即可抵達，球場附近可供停車的車位也相當多，交通雖非十分四通八達，但尚稱便利。屏東球場佔地寬廣，尤其是球場的全壘打線距離很長，左、右外野是三百八十八呎，邊線為三百二十五呎，中外野更深達四百一十五呎，如此遙遠的全壘打線，也讓選手們在此球場打擊時易添困難度，相對地，對投手而言，屏東球場則是不可多得的自然保護場地。屏東球場雖有夜間照明設備，但是因為燈光所架設的位置並非十分恰當，在進行夜間比賽時，常會發生球員打出的球溶入燈光中的情形，讓守備球員防守時產生錯覺，這是屏東球場的缺點。總括來說，屏東球場仍是一座相當適宜進行職棒比賽的場地，可容納觀眾數為 11000 人。

#### 宜蘭球場：

羅東運動公園棒球場於 1992 年區運時落成，是羅東鎮設備最完善的棒球比賽場地。秉持羅東運動公園「休憩為主、競賽為輔」的主軸，羅東棒球場先前一直沒有外野圍牆，是一個簡單大方的場地。中華職棒曾於 1993 年及 1997 年於該球場舉辦熱身賽，吸引了大量球迷觀賞。鑒於蘭陽地區球迷不斷地向聯盟反映，希望職棒在宜蘭地區舉行正式比賽，宜蘭縣政府也在 2004 年完成棒球場外野圍牆整建工程、電子計分板增建工程以及夜間照明設備，羅東棒球場遂成為符合職棒正式比賽的場地，在 2004 年 3 月 27 日正式開打，可容納觀眾數為 4000 人。

#### 花蓮球場：

花蓮棒球場的前身為德興棒壘球場，於民國 88 年拆除後重建，並於 90 年完工啟用，位於美崙溪畔、中央山脈旁的豐富景觀，是花蓮球場的最大特色。花蓮棒球場佔地達 2800 平方公尺，並附有夜間照明設備，中華職棒象、牛兩隊並於 91 年 5 月 3 日在此舉辦第一場比賽，可容納觀眾數為 5000 人。



### 3.3 中華職棒大聯盟賽程表排程之問題概述與運作流程

#### 3.3.1 問題描述

運動排程問題是一種有限資源的組合分配情況，所要達成的目標很多，容易造成問題的複雜化與求解時間冗長，可想而知要在短時間內規劃出一整個球季的賽程表非屬易事。在兩聯盟合併後，中華職棒大聯盟目前現有的球隊有六隊；使用 13 個球場；全年度 300 場例行賽，一年分為上、下兩半季，一季十五週，150 場比賽；每週有一組四連戰，兩組三連戰，共十場比賽。所有球隊於上下半季皆要面對 50 場賽事。

球隊、球場、賽制等相關資料整理如下表 3.1 所示；另外，若是以對戰組合（6 支隊伍所配對而成）的觀點來考量，可以劃分為 15 個對戰組合，每個對戰組合全年度總共要面對 20 次的賽事，全部共 300 場比賽，而各球隊其所安排出賽的場地是以其主場（本國職棒以票房較佳的場地為其主場，該場的票房收入歸主場球隊所有）為優先，主客場較無明確的代表場地，主場球隊可自行選擇比賽在哪個球場舉行，目前是採全國主場制，13 個球場都可以讓各球團使用，2004、2005 年各球隊與球場使用對照表大略整理如表 3.2 所示：

表 3.1 中華職棒大聯盟各球隊、球場、賽制資料表

球隊	兄弟象		興農牛		統一獅		誠泰 Cobras		LaNew 熊			中信鯨	
球場	天母	新莊	新竹	台中	斗六	嘉義市	嘉義縣	台南	屏東	花蓮	宜蘭	高雄市	高雄縣
賽制	每週一組四連戰，兩組三連戰，共十場比賽												

資料來源：中華職棒大聯盟網頁[42]

表 3.2 2004、2005 年中華職棒大聯盟各球隊與球場使用對照表

各球隊 主要球場	兄弟	興農	統一	誠泰	LaNew	中信
	新莊 天母	台中 新莊	台南 新莊	新莊 天母	澄清湖 屏東	新莊 天母
2004 年 使用數	25	42	43	31	50	24
2005 年 使用數	31	31	44	28	50	26

資料來源：中華職棒大聯盟網頁[42]

中華職棒大聯盟的排賽程人員實際在安排賽程表時，是收集歷史各對戰組合的票房收入，接下來再分析票房收入、對戰組合、球場三者之關係、並詢問各球隊想以哪些球場當作主場，以確認各球場是否可供球隊使用來進行比賽。並根據排賽程的一些限制條件去安排賽事，本研究於2004年12月8日訪談中華職棒大聯盟排賽程人員，將他們在安排賽程時所考慮的因素整理如下：

1. 滿足對戰次數需求

每個隊伍與其他五隊在上半季各對戰十場，每一季有150場賽事。

2. 前後週之賽事，兩隊不得重覆

聯盟賽制在一週有兩組三連戰，除了這兩組三連戰不能是同一球隊外，前後兩週內也不能是同一組對戰組合，就球迷觀看棒球的角度來說，不希望看到同樣的對戰組合進行六連戰比賽。因此在安排三連戰時，前後兩週的隊伍不能相同。在每週一組四連戰的情形同樣也是如此，同一球隊不可連續四連戰，會造成球隊投手體力無法負荷的情況。

3. 每週一不出賽

中華職棒大聯盟目前的賽制是安排賽事於週二至週日，週一不安排比賽，除非遇到下雨或其他不可抗拒之天災，才於週一進行補賽。

4. 每支隊伍在一天當中只能出賽一場

即使球場能配合比賽，每支隊伍在一天中也只能出賽一場。

5. 星期四、五、六、日，同一天不能安排超過兩場賽事

依照中華職棒大聯盟之賽制，星期四、五、六、日這四天會各有兩場比賽進行，若安排到同一天內有三場比賽，主審與裁判無法配合，兩球場間之距離也是考慮因素之一，因此這四天當中的每一天都不得安排超過兩場賽事。

6. 一天當中，同一個球場只能有一組對戰組合比賽

一個球場在比賽之後，必須有場地之整理，不能有超過一個對戰組合在同一個球場比賽，因此在事先安排賽程時，就必須要把類似的情形避開。

7. 天母球場只能安排在一星期的星期六、星期日比賽，其餘不能

天母球場因週邊有住宅圍繞，因此附近居民希望若要舉辦球賽，就只能安排在週末的星期六、星期日来舉行，以免在平常時段影響附近居民的作息。

8. 針對球隊票房收益的多寡，彈性安排各縣市球場的使用次數

球隊都是以票房的收益為主要考量，因此他們會針對球隊票房收益的多寡，彈性安排各縣市球場的使用次數。

9. 球隊、裁判、工作人員等移動的距離，考量交通成本與住宿費用

球隊移動的距離一天不可太長，若今日在台北比賽，明日最遠只能到台中，不可到台中以南的球場比賽，這主要是考量到球隊、主審與裁判的移動成本與體能。以往人工作業方式排賽程表，常會因球團為票房著想而硬排出「跳躍式的賽程」，使得裁判南奔

北走和球團南征北討的狀況因而造成裁判疲於奔命、注意力不集中導致誤判的發生；球員因往返球場與下榻飯店旅途漫長加上長時間比賽，會出現過度疲勞、降低比賽可看性等缺點。

#### 10. 較偏遠的球場也應使用，講求棒球的推廣性

以台灣發展棒球運動的角度來分析，一些比較偏遠的球場（如宜蘭、花蓮球場等）應該要分配幾場比賽，以推廣全民的棒球運動。

#### 11. 以聯盟的角度來分析，希望各球隊的票房收益最大

各球隊都是以票房收益為考量，主場球隊在選擇比賽的球場時，會想盡量安排在觀眾人數多的球場；而以整個聯盟的角度來看，希望各球隊的票房收益都能最大。

經由上述幾項考慮因素安排賽程，完成整年度的賽程表後，可由排賽程人員加以調整，最後將賽程表與聯盟開會討論後，再送交賽務組備檔，實際排賽程作業現況如圖 3.1 所示。

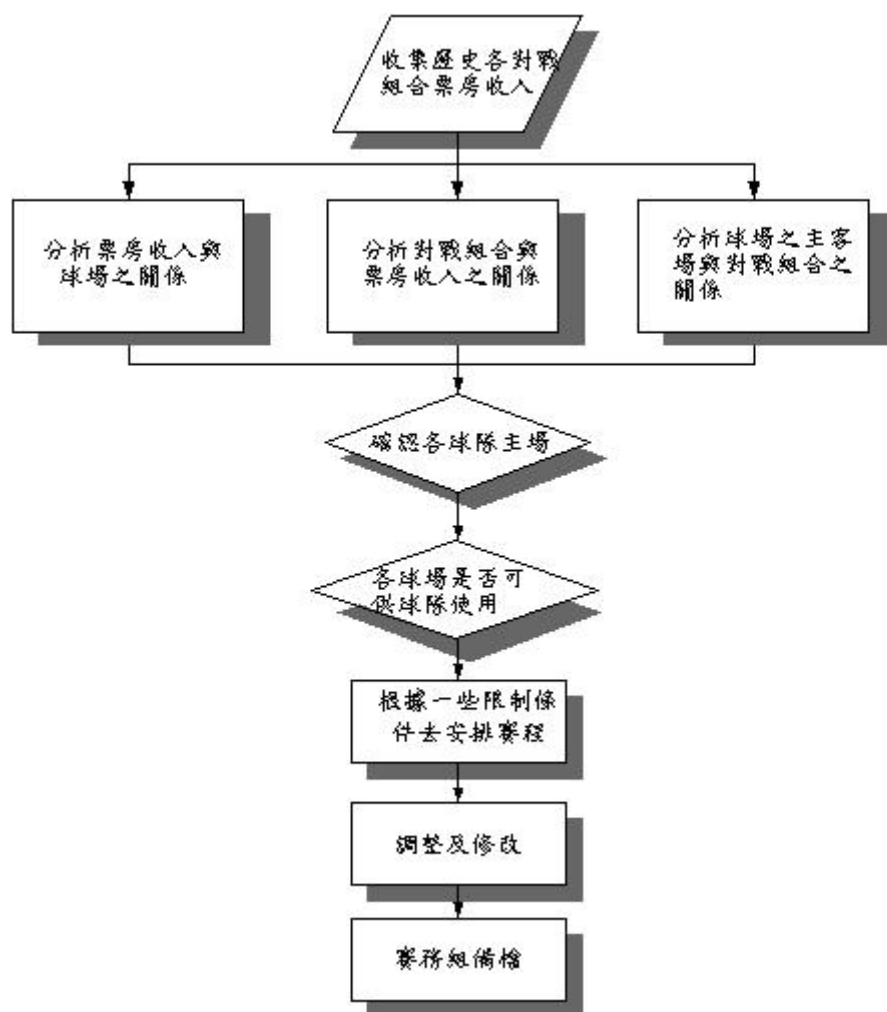


圖 3.1 實際排賽程作業現況

### 3.3.2 系統限制與參數設定

根據上一節的個案問題概述，及一些考慮的限制條件，本研究根據上節十一項聯盟排程人員所考慮的因素，再經由分析考慮後，針對滿足賽制、對戰安排、球場指派等方面，將所有硬、軟性限制整理如下：

#### (一) 硬性限制式 (Hard Constraints)

賽制：

H1. 需滿足半球季 15 週，一週 10 場賽事，包括一組四連戰與兩組三連戰球隊：

H2. 每個球隊與其他五隊在每一季對戰十次

H3. 前後週之賽事，任兩隊不得重覆對戰

H4. 每週各隊伍的出賽次數限制為三次或四次

時間：

H5. 每週一不安排賽事

H6. 每個隊伍在一天當中只能出賽一場

H7. 星期四、五、六、日，同一天不能安排超過兩場比賽

球場：

H8. 同一天一個球場只能有一場比賽

H9. 同一天若有 2 場賽事，其使用的球場不得相同

特殊情形：遇到下雨天或突發狀況補賽之情形

#### (二) 軟性限制式 (Soft Constraints)

隊伍：

S1. 每個對戰組合在每季之主場次數為 10 次，應為 (4, 6) 或 (6, 4)

場地：

S2. 為推廣職棒運動，所有球場盡量要予以使用

S3. 球隊次日比賽移動的距離不可超過 200 公里

S4. 天母球場只能安排在每週六、日比賽

針對上述 13 項限制，因中華職棒大聯盟賽程表排程問題複雜且求解規模龐大，乃屬於 NP-hard 高複雜度之組合問題，本研究在模式構建之前，為簡化其限制條件，定義對戰組合、比賽日組合格態（四連戰與三連戰之 pattern）、對戰時段的方式來滿足部分的限制，茲將介紹如下：本研究調查中華職棒大聯盟，定義了 6 個隊伍、15 種對戰組合、3 種比賽日組合格態（型態 A、B、C，包括 1 組四連戰及 2 組三連戰之賽事）、一季賽程 15 週及 13 座球場（天母、新莊、新竹、台中、斗六、嘉義市、嘉義縣、台南、高雄市、高雄縣、屏東、花蓮、宜蘭）。可供各球隊使用之球場代碼如表 3.3 所示；由於目前主客場較無明確的代表球場，本研究參考 2004 年及 2005 年各球隊使用的球場，及觀眾人數等相關資料，列出可做為主要收入球場之球隊，由表可看出新莊球場是各球隊做為主要收入的球場之一，使用次數也最多。根據中華職棒大聯盟網頁

[42]所調查 2004、2005 年的球場分配次數統計，再加上本研究所推估之球場使用次數，本研究將球場設定分配次數的範圍整理如表所列；6 個球隊的兩個主要收入球場是集中在以下六個球場中：天母、新莊、台中、台南、澄清湖、屏東，2004 年這六個球場一共使用了 254 次，佔了整年 300 場賽事的 84.7%，2005 年則是 245 次，佔了 81.7%，乃因各球隊針對票房收入的多寡，將比賽的主場分配在這六個球場。

表 3.3 球場代碼資料

球場名稱	球場代碼 (S)	2004年整年 使用次數	2005年整年 使用次數	本研究	
				$s_{\min}$	$s_{\max}$
天母	1	28	28	24	30
新莊	2	70	71	70	73
新竹	3	17	21	15	30
台中	4	50	35	35	45
斗六	5	—	2	1	3
嘉義市	6	16	6	6	12
嘉義縣	7	2	5	2	6
台南	8	41	46	40	48
高雄市	9	2	8	2	10
高雄縣	10	56	58	50	60
屏東	11	9	7	6	10
花蓮	12	5	9	5	10
宜蘭	13	4	4	3	5
總計		300	300	259	342

$s_{\min}$ ：每座球場最少被使用的次數

$s_{\max}$ ：每座球場最多被使用的次數

資料來源：中華職棒大聯盟網頁[42]與本研究擬定

本研究根據前2年各個球隊所使用過的球場當作參考資料，當某兩個球隊在進行比賽時，當主場為以下某球隊時，可選擇要安排的球場，如表3.4所示。職棒球隊都有其簡稱，以下介紹球隊時，會以球隊簡稱來代表，如：兄弟象-象，興農牛-牛，統一獅-獅，誠泰Cobras-誠，LaNew熊-熊，中信鯨-鯨。以象、誠、鯨這三隊來說，台北的新莊及天母球場是它們主要會的使用球場；牛隊是台中球場；獅隊是台南球場；熊隊是澄清湖球場。身為主場的球隊可以得到該場次全部的票房收入，因此各個球隊在安排球場時，會考量本身的球迷人數、以及對手的球迷人數等因素做安排。

表3.4 球隊代碼資料與可安排之球場

球隊代碼 ( $t$ )	球隊名稱	球隊標誌	主場球隊( $t$ )的球場集合( $s^t$ )
1	兄弟象		{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13}
2	興農牛		{1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 13}
3	統一獅		{1, 2, 4, 8, 9, 10}
4	誠泰 Cobras		{1, 2, 3, 5, 7, 11, 12}
5	LaNew 熊		{10, 11}
6	中信鯨		{1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13}

對戰組合是由球隊間互相比賽所產生的對戰情形，6個球隊有15種對戰組合。目前聯盟的賽制，是一整年分為上、下兩季，一季十五週，一週4-3-3共十場的賽事，也就是說一週的賽事必須使用6個球隊、3個對戰組合來完成，因此本研究著重對戰組合的設定與使用。表3.5是對戰組合與四連戰相關代碼資料，對戰組合由1, 2, 3, ..., 15分別對應球隊{1, 2}, {3, 1}, {1, 4}, ..., {5, 6}，後面代表本週進行四連戰時下週可能的對戰代碼，15個對戰組合到下週會只剩下6個對戰組合，乃由於同一球隊不可連續四連戰，會造成球隊投手體力無法負荷的情況。

表 3.5 對戰組合與四連戰相關代碼資料

對戰組合代碼 ( $m$ )	出賽隊伍( $i, j$ ) (客場 $i$ , 主場 $j$ )	比賽球隊		若本週進行四連戰則 下週可能的對戰代碼 ( $F_m$ )
		客場 球隊 $i$	主場球隊 (收入球 隊) $j$	
1	(1, 2)	象	牛	{10, 11, 12, 13, 14, 15}
2	(3, 1)	獅	象	{7, 8, 9, 13, 14, 15}
3	(1, 4)	象	誠	{6, 8, 9, 11, 12, 15}
4	(5, 1)	熊	象	{6, 7, 9, 10, 12, 14}
5	(1, 6)	象	鯨	{6, 7, 8, 10, 11, 13}
6	(3, 2)	獅	牛	{3, 4, 5, 13, 14, 15}
7	(2, 4)	牛	誠	{2, 4, 5, 11, 12, 15}
8	(5, 2)	熊	牛	{2, 3, 5, 10, 12, 14}

9	(2, 6)	牛	鯨	{2, 3, 4, 10, 11, 13}
10	(4, 3)	誠	獅	{1, 4, 5, 8, 9, 15}
11	(3, 5)	獅	熊	{1, 3, 5, 7, 9, 14}
12	(6, 3)	鯨	獅	{1, 3, 4, 7, 8, 13}
13	(4, 5)	誠	熊	{1, 2, 5, 6, 9, 12}
14	(6, 4)	鯨	誠	{1, 2, 4, 6, 8, 11}
15	(5, 6)	熊	鯨	{1, 2, 3, 6, 7, 10}

表 3.6 是對戰組合與三連戰相關代碼資料，對戰組合由 1, 2, 3, ..., 15 分別對應球隊代碼 {1, 2}, {3, 1}, {1, 4}, ..., {5, 6}，後面的代碼表示兩隊進行四連戰則其他 2 組三連戰可能的對戰代碼，當  $m=1$  時，代表象牛進行四連戰，而該週的 2 組三連戰可能的組合有 {10, 15}、{11, 14}、{12, 13}，其順序可以互相調換。

如：{四連戰, 三連戰, 三連戰}={1, 10, 15}、{1, 15, 10}、.....、{1, 12, 13}。

表 3.6 對戰組合與三連戰相關代碼資料

對戰組合代碼 ( $m$ )	出賽隊伍( $i, j$ ) (客場 $i$ , 主場 $j$ )	比賽球隊		兩隊進行四連戰則其他2組三連戰可能的對戰代碼 ( $H_m$ )
		客場 球隊 $i$	主場球隊 (收入球 隊) $j$	
1	(1, 2)	象	牛	{(10, 15)、(11, 14)、(12, 13)}
2	(3, 1)	獅	象	{(7, 15)、(8, 14)、(9, 13)}
3	(1, 4)	象	誠	{(6, 15)、(8, 12)、(9, 11)}
4	(5, 1)	熊	象	{(6, 14)、(7, 12)、(9, 10)}
5	(1, 6)	象	鯨	{(6, 13)、(7, 11)、(8, 10)}
6	(3, 2)	獅	牛	{(3, 15)、(4, 14)、(5, 13)}
7	(2, 4)	牛	誠	{(2, 15)、(4, 12)、(5, 11)}
8	(5, 2)	熊	牛	{(2, 14)、(3, 12)、(5, 10)}
9	(2, 6)	牛	鯨	{(2, 13)、(3, 11)、(4, 10)}
10	(4, 3)	誠	獅	{(1, 15)、(4, 9)、(5, 8)}
11	(3, 5)	獅	熊	{(1, 14)、(3, 9)、(5, 7)}
12	(6, 3)	鯨	獅	{(1, 13)、(3, 8)、(4, 7)}
13	(4, 5)	誠	熊	{(1, 12)、(2, 9)、(5, 6)}
14	(6, 4)	鯨	誠	{(1, 11)、(2, 8)、(4, 6)}
15	(5, 6)	熊	鯨	{(1, 10)、(2, 7)、(3, 6)}

所有比賽日之組合型態如表3.7所示，一週舉行10場賽事，星期四、五、六、日各有2場比賽，這四天中任何一天的比賽球場不能相同，否則會造成四個球隊在同一球場比賽的情形。對於硬限制 (H2)，每個隊伍與其他五隊在每一季各對戰十場，本研究在設

定對戰組合時，與比賽日組合型態搭配，自動就滿足該限制。在主場數方面，本研究設計對戰組合時，根據軟限制S1的要求，配合比賽日組合型態，擬將主場 ( $j$ ) 分派給上半季的型態A與下半季的型態B、C，而上半季的型態B、C及下半季的型態A以 ( $i$ ) 為主場，如此的話可讓每個球隊與其他五隊在上、下半季比賽的主場數為四或六場 (滿足S1)。每個對戰組合都會對應一組出賽隊伍，以15種對戰組合來看，恰安排在每一週1個型態A四連戰，2個型態B三連戰，每一週剛好10場賽事。

表 3.7 比賽日組合型態表

(一週)	一	二	三	四	五	六	日
型態A (四連戰)	補 賽 用	A	A		A	A	
型態B (三連戰)				B	B		B
型態C (三連戰)				C		C	C

A型四連戰代表四連戰的星期二、三、五、六。

B型三連戰代表三連戰的星期四、五、日。

C型三連戰代表三連戰的星期四、六、日。

### 3.3.3 簡化限制的處理

本研究設計比賽日組合型態，一週10場賽事包括3種組合型態 (A型、B型、C型)，此3種組合型態能滿足H4、H5、H6、H7等限制。由表3.7比賽日的設定，讓每週各隊伍的出賽次數限制為三次或四次 (滿足H4)，比賽時間也由星期二到星期日，即每週一不出賽 (滿足H5)。由一週的對戰組合搭配比賽日，讓每個球隊在一天當中只能出賽一場 (滿足H6)，且星期四、五、六、日，同一天沒有安排超過兩場比賽 (滿足H7)。本研究設定對戰組合與比賽日組合型態搭配時，在安排賽程的硬、軟性限制方面，已經滿足H2、H4、H5、H6、H7，表3.8是本研究目前所滿足的限制對應一覽表。在設計對戰組合 ( $M$ ) 時，已滿足限制H2、S1；設計比賽日組合型態 ( $P$ )，已滿足了限制H2、H4、H5、H6、H7。

表3.8 限制處理對應表

原問題之限制條件	H1~H9、S1~S4，共13條限制
設計對戰組合 ( $m$ )	滿足H2、S1
設計比賽日組合型態 ( $P$ )	滿足H2、H4、H5、H6、H7
剩餘之限制條件 (留待CSP模式處理)	H1、H3、H8、H9、S2、S3、S4

本研究即根據剩餘的限制條件，包括4個硬限制與3個軟限制，來建立一條 (或多條) 線性限制式，構成一完整模式。整個求解過程之流程如下圖3.2所示。以單季來進行三階段賽程表安排，首先是第一階段賽程四連戰的安排，在CSP<sub>1</sub>中依對戰組合的性質去建立限制；第二階段賽程三連戰CSP<sub>2</sub>考量1個硬限制去構建，同樣依對戰組合的性質去建立限制。第三階段球場分派模式CSP<sub>3</sub>則是在由第二階段後所得的對戰組合，依據主場的球隊去分派球場，考慮的限制包括4個硬限制與3個軟限制；排出上半季的賽程表後，下半季賽程的考慮因素是與上半季相同的，唯有在第二階段CSP<sub>2</sub>決定時，將上半季的主場球



隊變成下半季的客場球隊，達成每個球隊與其他五隊在上、下半季比賽的主場數為四或六場（滿足S1）。

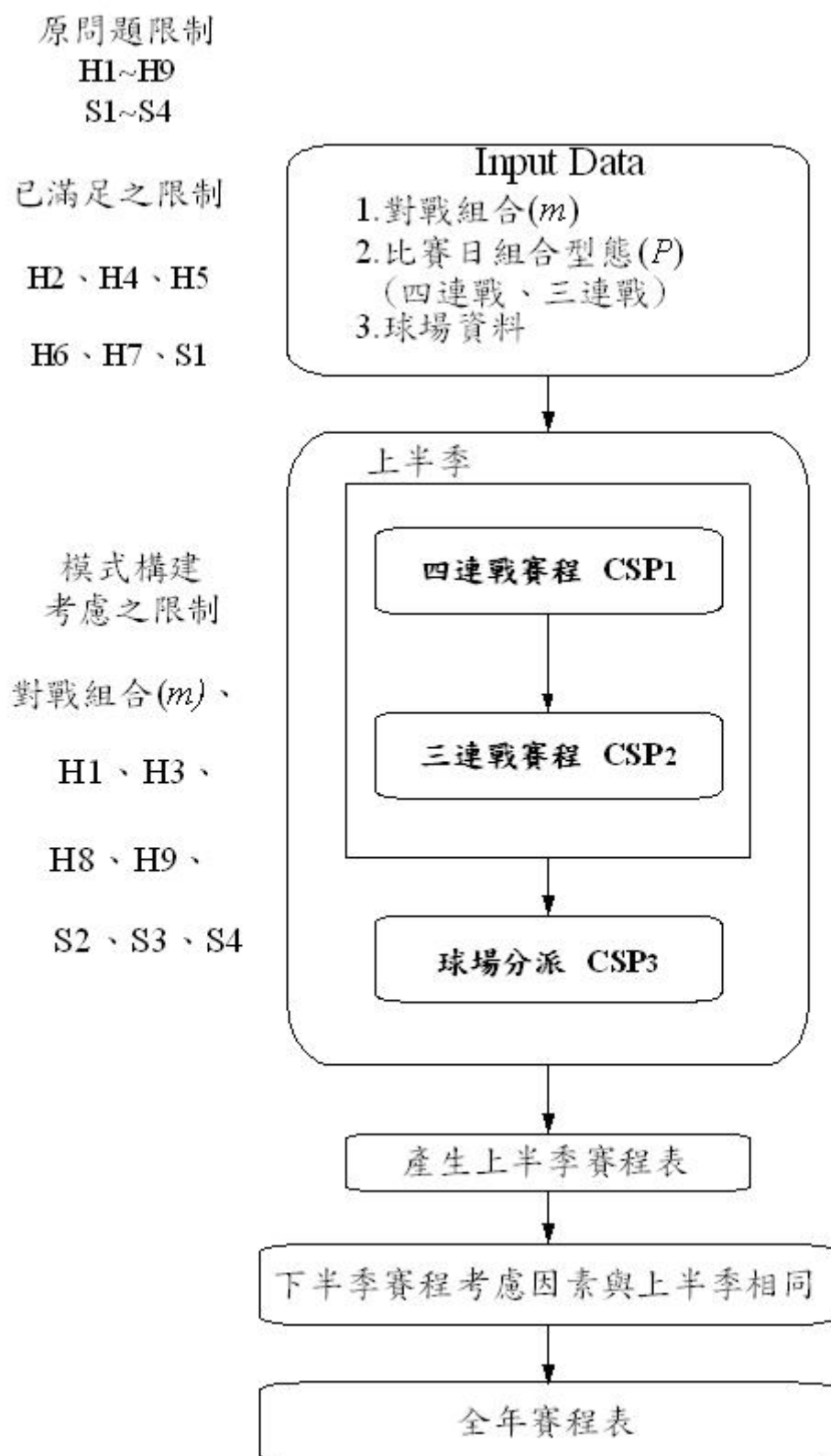


圖 3.2 模式建立及求解之程序

## 第四章 限制滿足問題模式構建

由上一章介紹問題描述與系統限制，可以得知本個案賽程表排程問題複雜且求解規模龐大，若以每一天的比賽來看，一整年有 300 場賽事、15 種對戰組合、13 個球場，再加上四連戰與三連戰的賽制限制，每天可選擇的組合就超過 150000 種。即使不考慮主客場之複雜性，6 支隊伍的賽程安排問題，即牽涉十萬個以上的決策變數。有鑑於此，本研究為加強解題的效率，特將問題分為三階段求解，模式求解架構如圖 4.1。

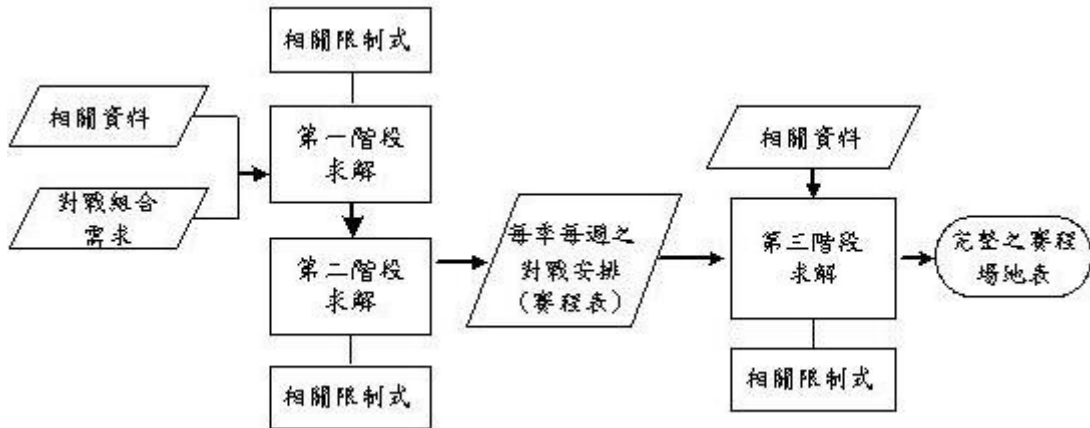


圖 4.1 模式求解架構流程圖

第一、二階段為「對戰組合」模式，即產生每週對戰組合、時段表。符合職棒大聯盟之賽程排程規定，滿足賽制分配公平、效率原則。

第三階段為「球場分派」模式，即將第一、二階段產生之賽程表指派給球場，除滿足各項法規、聯盟政策及對戰需求，本模式亦考慮球場分配之公平性，以及各個球隊有其主場優勢性。本研究所考慮之賽程表為盡量使各球隊的賽制公平，主場分配公平、讓每個球場都被使用，與當季盡量固定移動距離。

下表 4.1 為本研究 CSP 模式各階段概念說明，由於個案問題複雜，本研究擬將整個 CSP 問題分為三個子問題去求解。先求解 CSP<sub>1</sub> 滿足每週四連戰比賽需求之對戰組合，之後將 CSP<sub>1</sub> 所求出之結果作為 CSP<sub>2</sub> 的已知資料，再求出 CSP<sub>2</sub> 滿足三連戰比賽需求之對戰組合。最後在球場分派的 CSP<sub>3</sub> 模式裡，將 CSP<sub>2</sub> 的結果作為已知資料，搭配各個球隊之主場資料，依據各項限制指派球場到各個對戰時段。由表可看出各階段 CSP 模式的輸入資料、求解之變數設計。

表 4.1 本研究 CSP 模式各階段說明

階段	說明	Data
<b>CSP<sub>1</sub></b>	安排每週滿足四連戰比賽需求之對戰組合	已知隊伍數、比賽週數、對戰組合數、對戰 pattern 求解 $x_{Aw}$
<b>CSP<sub>2</sub></b>	安排每週滿足三連戰比賽需求之對戰組合	已知 $x_{Aw}$ 求解 $x_{Bw}$ 、 $x_{Cw}$
<b>CSP<sub>3</sub></b>	根據前兩階段求出之結果，搭配各個球隊之主場資料，依據各項限制指派球場到各個對戰時段	已知 $x_{Aw}$ 、 $x_{Bw}$ 、 $x_{Cw}$ 、主場球隊、對戰時段、球場數、球場資料 求解 $x_{dw}$

$x_{Aw}$ ：表示第  $w$  週 A 型四連戰之對戰組合

$x_{Bw}$ ：表示第  $w$  週 B 型三連戰之對戰組合

$x_{Cw}$ ：表示第  $w$  週 C 型三連戰之對戰組合

$x_{dw}$ ：表示在  $w$  週的  $d$  時段比賽的球場

#### 4.1 第一階段 CSP<sub>1</sub> 模式：四連戰對戰組合問題模式

第一階段主要是在嚴格遵守各項賽程限制下，將對戰組合安排做最有效率的整體應用，排出每週滿足各時段比賽需求之對戰組合。賽制是每一季每週有一組四連戰，兩組三連戰，共十場比賽，十五週共 150 場賽事。由於每一隊一週至少會有 3 場比賽，因此在三連戰的安排上較無限制；而在四連戰方面，由於是星期二、三、五、六的四場比賽，因此如果有其中一隊是連續二週的四連戰比賽，對該隊的投手們會產生無法負荷的情形，在安排對戰時段與組合上必須考量每一隊伍四連戰比賽的非連續性。

滿足四連戰需求方面，第一週在 6 隊任選 2 隊進行四連戰的賽事時，第二週必須是其他 4 隊任選 2 隊來進行第二週之四連戰，以此類推，第  $n$  週四連戰之隊伍只要不是第  $n-1$  週及  $n+1$  週的那二隊即可，表 4.2 是 A 型四連戰的示意表，與表 3.5 互相搭配可看出每週一組四連戰的對戰組合，皆非同一球隊。表 4.2 的代碼 7 表示牛隊與誠隊比賽，代碼 2 表示獅隊與象隊比賽。

構建四連戰賽程 CSP<sub>1</sub>：

表 4.2 A 型四連戰示意表

(一季)	第一週	第二週	第三週	.....	第十五週
A型四連戰	7	2	15	.....	5

下頁表 4.3 為上一章已設定之比賽日組成型態，在第一階段四連戰賽程的安排，求出第  $w$  週之 A 型四連戰的對戰組合，而後自動對應到星期二、三、五、六這 4 天。

表 4.3 比賽日組合型態表

(一週)	一	二	三	四	五	六	日
型態A (四連戰)	補 賽 用	A	A		A	A	
型態B (三連戰)				B	B		B
型態C (三連戰)				C		C	C

A型四連戰代表四連戰的星期二、三、五、六。

B型三連戰代表三連戰的星期四、五、日。

C型三連戰代表三連戰的星期四、六、日。

參數設定：

$t \in T, T = \{1, 2, \dots, T_n\}$ ：表示隊伍數。

$w \in W, W = \{1, 2, \dots, W_n\}$ ：表示一球季之週數。

$m \in M, M = \{1, 2, \dots, M_n\}$ ：表示  $t$  個隊伍之對戰組合 ( $M_n = C_2^t$ )。

$F_m \in M, M = \{1, 2, \dots, M_n\}$ ：本週進行四連戰則下週可能的對戰代碼，以  $F_m$  表示。由表3.5，當  $m=1$  時，代表  $\{1, 2\}$  的對戰組合：象與牛的比赛，主場球隊是牛隊。當  $m=2$  時，代表  $\{3, 1\}$  的對戰組合：獅與象的比赛，主場球隊是象隊。以此類推。

主要變數：

$x_{Aw} = m, w \in W, m \in M$

表示第  $w$  週之A型四連戰的對戰組合。

限制式：

$$(C1) \quad x_{Ai} \neq x_{Aj}, \text{ for all } i, j, i \neq j, i \in W, j \in W$$

C1 表示以對戰組合去安排第一階段四連戰賽程，每一週的對戰組合都不同。

$$(C2) \quad x_{Aw} = m \Rightarrow x_{A(w+1)} \in F_m, \forall w \in W, \forall m \in M$$

C2 指當某週的對戰組合為  $m$  時，則下一週的對戰組合只能為  $F_m$  集合， $F_m$  集合可參閱表 3.5，當已經決定該週四連戰時，下一週四連戰的對戰組合只有 6 種可選。

C1 與 C2 亦代表原問題 H1 條件中有關四連戰賽事的限制。

## 4.2 第二階段 CSP<sub>2</sub> 模式：三連戰對戰組合問題模式

表 4.4 是 B、C 型三連戰的示意表，與表 3.6 互相搭配可看出每週一組三連戰與下週的對戰組合皆非相同。表 4.4 的代碼 {7, 4, 12} 表示牛隊與誠隊進行 A 型四連戰比賽，熊隊與象隊進行 B 型三連戰比賽，鯨隊與獅隊進行 C 型三連戰比賽，求出第  $w$  週之 B、C 型三連戰的對戰組合，而後自動對應到星期四、五、日與四、六、日這幾天，可參閱上頁表 4.3 的比賽日組合型態表。

表 4.4 B、C 型三連戰示意表

(一季)	第一週	第二週	第三週	.....	第十五週
A型四連戰	7	2	15	.....	5
B型三連戰	4	8	10	.....	6
C型三連戰	12	14	1	.....	13

經構建 CP 程式求解 CSP<sub>1</sub> 問題後，可求得四連戰之對戰組合  $x_{Aw}$ ，即進入第二階段 CSP<sub>2</sub> 問題，目標在求解三連戰之對戰組合  $x_{Bw}$  與  $x_{Cw}$ ，CSP<sub>2</sub> 列式如下：

參數設定 (與 CSP<sub>1</sub> 相同)：

$t \in T, T = \{1, 2, \dots, T_n\}$ ：表示隊伍數。

$w \in W, W = \{1, 2, \dots, W_n\}$ ：表示一球季之週數。

$m \in M, M = \{1, 2, \dots, M_n\}$ ：表示  $t$  個隊伍之對戰組合 ( $M_n = C_2^t$ )。

$H_m \in M, M = \{1, 2, \dots, M_n\}$ ： $H_m$  為決定四連戰之對戰組合  $x_{Aw}$  後，剩下四隊可能的對戰組合之集合，表 3.6 是對戰組合與三連戰相關代碼資料。

主要變數：

$$x_{Bw} = m, w \in W, m \in H_m$$

表示第  $w$  週之 B 型三連戰的對戰組合。

$$x_{Cw} = m, w \in W, m \in H_m$$

表示第  $w$  週之 C 型三連戰的對戰組合。

限制式：

$$(C3) \quad x_{Bi} \neq x_{Bj}, \text{ for all } i, j, i \neq j, \forall i \in W, \forall j \in W$$

$$(C4) \quad x_{Ci} \neq x_{Cj}, \text{ for all } i, j, i \neq j, \forall i \in W, \forall j \in W$$

C3 與 C4 表示每週的三連戰組合均不得相同，亦代表原問題 H1 條件中有關三連戰賽事的限制。

$$(C5) \quad x_{Bw} = m \Rightarrow x_{B(w+1)} \neq m \wedge x_{C(w+1)} \neq m, \quad \forall w \in W, \forall m \in M$$

$$(C6) \quad x_{Cw} = m \Rightarrow x_{C(w+1)} \neq m \wedge x_{B(w+1)} \neq m, \quad \forall w \in W, \forall m \in M$$

C5 與 C6 表示前後週之賽事，兩隊不得重覆，表示在安排三連戰時，前後兩週內之三連戰不得是同一對戰組合，亦代表原問題 H3 條件中有關三連戰賽事的限制。

### 4.3 第三階段 CSP<sub>3</sub> 模式：球場分派模式

第三階段為「球場分派」，即將第一、二階段產生之賽程表指派給球場，除滿足各項法規、聯盟政策及對戰需求，本模式亦考慮球場分配之公平性，以及各個球隊有其主場優勢性。本研究所考慮之賽程表為盡量使各球隊的賽制公平，主場分配公平、讓每個球場都被使用，與當季盡量固定移動距離。

構建球場分派 CSP<sub>3</sub>：

已知整個半季的對戰組合，包括每週一個四連戰 ( $x_{Aw}$ )、兩個三連戰 ( $x_{Bw}$ 、 $x_{Cw}$ ) 比賽的球隊及主場球隊 ( $y_{dw}$ )，求解某時段分配的球場。本研究所設定的對戰組合為 15 種 (可參閱表 3.5)，每個對戰組合表示 2 個球隊之賽事，由後面的代碼  $j$  表示主場球隊，該場次的所有門票收入由主場球隊所有。本研究為了滿足軟限制 S1，在上一章已有介紹主場的安排，本研究設定將主場 ( $j$ ) 分派給上半季的型態 A 與下半季的型態 B、C，而上半季的型態 B、C 及下半季的型態 A 以 ( $i$ ) 為主場，如此的話可讓每個球隊與其他五隊在上、下半季比賽的主場數為四或六場。由前二個階段可求出週次與主場球隊的列表如表 4.5 所示，這些都是在進行第三階段前的已知資料。

表 4.5 前二階段所求得週次與主場球隊一覽表

(主場球隊)	第一週	第二週	第三週	.....	第十五週
A型四連戰	4 (誠)	1 (象)	6 (鯨)	.....	6 (鯨)
B型三連戰	5 (熊)	5 (熊)	4 (誠)	.....	3 (獅)
C型三連戰	6 (鯨)	6 (鯨)	1 (象)	.....	4 (誠)

原問題軟限制 S3 是希望球隊移動的距離不可超過 200 公里，其目的主要節省球隊差旅成本，本研究將對戰時段分群如表 4.6 所示，連續 2 天比賽的時間安排為 1 個時段，指派同一球場，解決移動距離一天不可超過 200 公里的問題（滿足 S3），而原本一週有 10 場賽事，最多可能會使用到 10 個球場，在如此安排之後，整個對戰時段會被指派的球場最多就只有 6 個。

表 4.6 對戰時段分群

$d$	二	三	四	五	六	日
A	$d=1$			$d=2$		
B			$d=3$			$d=4$
C			$d=5$		$d=6$	

$d=1$ ：表示 A 型四連戰之第 1、2 天（星期二、星期三）

$d=2$ ：表示 A 型四連戰之第 3、4 天（星期五、星期六）

$d=3$ ：表示 B 型三連戰之第 1、2 天（星期四、星期五）

$d=4$ ：表示 B 型三連戰之第 3 天（星期日）

$d=5$ ：表示 C 型三連戰之第 1 天（星期四）

$d=6$ ：表示 C 型三連戰之第 2、3 天（星期六、星期日）

參數設定如下：

$t \in T, T = \{1, 2, \dots, T_n\}$ ：表示隊伍數。

$w \in W, W = \{1, 2, \dots, W_n\}$ ：表示一球季之週數。

$m \in M, M = \{1, 2, \dots, M_n\}$ ：表示  $t$  個隊伍之對戰組合（ $M_n = C_2^t$ ）。

$s \in S, S = \{1, 2, \dots, S_n\}$ ：表示所有球場之個數。

$s^t \in S, S = \{1, \dots, S_n\}$ ：在  $t$  球隊設定的球場比賽。

$d \in D, D = \{1, 2, \dots, D_n\}$ ：表示一週可安排球場之時段。

$s_{\min}$ ：每座球場最少被使用的次數，由表 3.3 訂出。

$s_{\max}$ ：每座球場最多被使用的次數，由表 3.3 訂出。

$y_{dw} \in T, T = \{1, 2, \dots, T_n\}$ ：表示在  $w$  週  $d$  時段比賽的主場球隊。

主要變數：

$$x_{dw} = s, \quad d \in D, w \in W, s \in S^t$$

表示在  $w$  週的  $d$  時段比賽的球場

限制式：

$$(C7) \quad x_{3w} \neq x_{5w}, \quad \forall w \in W \quad (\text{週四兩場賽事的比賽球場不能是同一個})$$

(C8)  $x_{2w} \neq x_{3w}, \forall w \in W$  (週四兩場賽事的比賽球場不能是同一個)

(C9)  $x_{2w} \neq x_{6w}, \forall w \in W$  (週四兩場賽事的比賽球場不能是同一個)

(C10)  $x_{4w} \neq x_{6w}, \forall w \in W$  (週四兩場賽事的比賽球場不能是同一個)

由下表 4.7 可知一天當中，一個球場只有一組對戰組合比賽，滿足硬限制 H8；限制式可以用式 C7、C8、C9、C10 表示，一天有 2 場賽事時，這 2 場賽事所使用的球場不得相同 (滿足硬限制 H9)。

表 4.7 比賽日時段分群

$d$	二	三	四	五	六	日
A				□	※	
B			○	□		X
C			○		※	X

(C11)  $y_{dw} = t \Rightarrow x_{dw} \in s^t, \forall t \in T, \forall w \in W, \forall d \in D$

(C12) when  $x_{dw} = s, \forall s \in S, \forall w \in W, \forall d \in D$

$$s_{\min} \leq \sum_d \sum_w \ll x_{dw} = s \gg \leq s_{\max}$$

((.)) 代表邏輯計數器，((.))表示  $s$  球場在  $w$  週的  $d$  時段被使用一次，則 ((.))=1，否則為 0。

C12 為原問題職棒推廣性 S2 軟限制考慮，本研究考慮任一場地 ( $s$ ) 皆在合理的使用範圍內。

C11 與 C12 表示在安排球場上，考量 2004、2005 年各隊主場優勢去指派球場，本研究在表 3 整理出主場球隊可安排之球場，表 2 球場資料內有設定每個球場全年被使用的次數範圍，依各個球隊不同的球場偏好去安排場地 (滿足 S2)。

(C13)  $x_{1w} \neq 1, \forall w \in W$

C13 表示天母球場只能安排在每週六、日比賽 (滿足 S4)，週一到週五的賽事不安排天母球場。

在本章的最後，歸納本研究 CSP 模式各階段考慮限制，整理成表 4.8 所示，說明如下：本研究在 CSP<sub>1</sub> 中，根據對戰組合 (M) 的特性，列出針對四連戰安排的相關限制式 (C1)、(C2) 滿足原問題 H1 條件。在 CSP<sub>2</sub> 中，根據對戰組合 (M) 的特性及考慮實際限制，列出解決三連戰安排的四個限制式 (C3) ~ (C6)，(C3)、(C4) 滿足硬



限制 H1, (C5)、(C6) 滿足硬限制 H3。在最後一個階段 CSP3 中, 考慮實際限制, 列出 10 個限制 (C7) ~ (C13) 來解決球場指派模式, 其中 (C7) ~ (C10) 滿足硬限制 H8、H9, (C11)、(C12) 滿足軟限制 S2, (C13) 滿足軟限制 S4, 軟限制 S3 由定義時段  $d \in D$  滿足。

表 4.8 本研究 CSP 模式各階段考慮限制說明

階段	模式說明	子問題	問題限制	對應之子問題限制式
<b>CSP1</b>	安排每週滿足四連戰比賽需求之對戰組合	已知隊伍數、比賽週數、對戰組合數、對戰 pattern, 求解 $x_{Aw}$	H1	C1、C2
<b>CSP2</b>	安排每週滿足三連戰比賽需求之對戰組合	已知 $x_{Aw}$ 求解 $x_{Bw}$ 、 $x_{Cw}$	H1	C3、C4
			H3	C5、C6
<b>CSP3</b>	根據前兩階段求出之結果, 搭配各個球隊之主場資料, 依據各項限制指派球場到各個對戰時段	已知 $x_{Aw}$ 、 $x_{Bw}$ 、 $x_{Cw}$ 、主場球隊、對戰時段、球場數、球場資料 求解 $x_{dw}$	H8、H9	C7、C8、C9、C10
			S2	C11、C12
			S4	C13
			S3	$d \in D$ 時段定義

$x_{Aw}$  : 表示第  $w$  週 A 型四連戰之對戰組合

$x_{Bw}$  : 表示第  $w$  週 B 型三連戰之對戰組合

$x_{Cw}$  : 表示第  $w$  週 C 型三連戰之對戰組合

$x_{dw}$  : 表示在  $w$  週的  $d$  時段比賽的球場

下一章將介紹本章構建的模式分三階段去求解賽程表的過程, 並以一些指標來分析, 最後再與國內相關研究做比較、分析。

## 第五章 CP 結果與指標分析

### 5.1 各階段求解結果

本研究在取得排賽程相關資料後，利用限制規劃之方法，根據職棒聯盟之賽程排程規定與球場分配公平、效率原則，構建運動賽程排程問題之限制規劃模式，並將建構出之限制規劃模式以 OPL (Optimization Programming Language) 語法寫成一模式檔，利用 ILOG OPL Studio 套裝軟體進行求解。程式執行平台為 Microsoft Windows XP 作業系統、Pentium4 2.8G Hz 中央處理器及 1GB 記憶體。執行過程分為 (1) 賽程四連戰 CSP<sub>1</sub> (2) 賽程三連戰 CSP<sub>2</sub> (3) 球場分派 CSP<sub>3</sub> 等。

第一、二階段 CSP<sub>1</sub> 與 CSP<sub>2</sub> 模式的求解架構圖如圖 5.1 所示，其考慮之限制條件如表 5.1 所列。

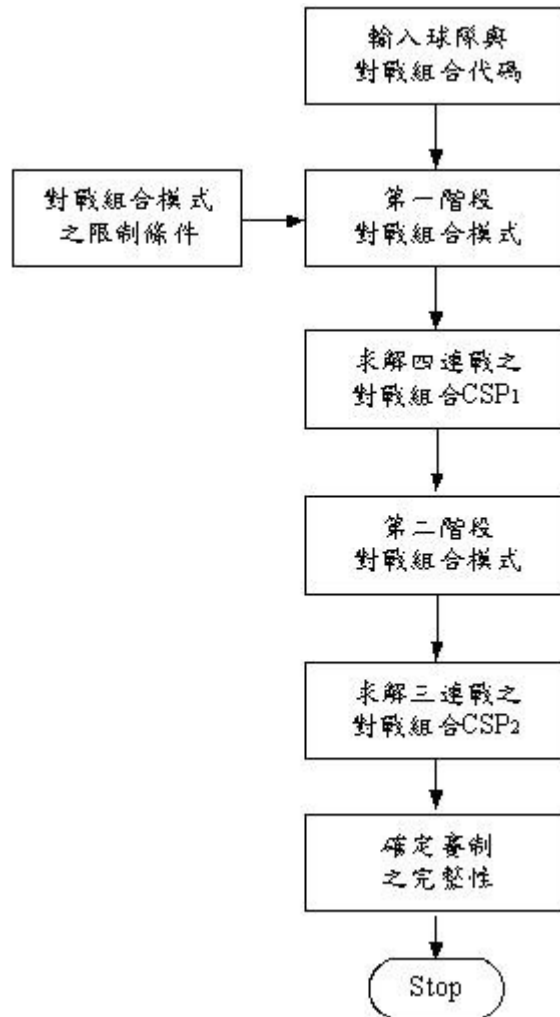


圖 5.1 第一、二階段模式求解架構圖

表 5.1 第一、二階段對戰組合模式之限制條件表

限制條件	內容
四連戰 (A)	連續兩週之四連戰不能是同一隊伍
三連戰 (B、C)	三連戰有 2 個時段，於每個對戰組合各出現一次
每對戰組合對戰次數	每個對戰組合有 10 場賽事，即 A、B、C 各一次共 10 場

先輸入球隊與對戰組合的代碼，以四連戰之賽制先考量，從表 3.5 可知對戰組合代碼有 15 種，若第一週選到第一個對戰組合（兄弟象 V.S.興農牛）進行比賽，則第二週的四連戰就不能選到兄弟象與興農牛這兩支隊伍，所以可供選擇的球隊剩下統一獅、誠泰 Cobras、LaNew 熊與中信鯨這四隊，各個對戰組合所對應之下週出賽組合如表 5.2 表示。接下來三連戰的賽事，由於三連戰有 2 個時段（星期四、五、日與四、六、日），在每個對戰組合各出現一次即可；每個對戰組合的對戰次數為 10 次，亦即滿足 A、B、C 三個時段之安排即可，下頁表 5.3 是第一階段四連戰經過 OPL Studio 出來之對戰組合與週次表。

表 5.2 各個對戰組合所對應之下週出賽組合表

本週比賽隊伍	代碼	次週比賽可選擇隊伍	下週可能之對戰代碼
象 牛	1	獅、誠、熊、鯨	10, 11, 12, 13, 14, 15
獅 象	2	牛、誠、熊、鯨	7, 8, 9, 13, 14, 15
象 誠	3	牛、獅、熊、鯨	6, 8, 9, 11, 12, 15
熊 象	4	牛、獅、誠、鯨	6, 7, 9, 10, 12, 14
象 鯨	5	牛、獅、誠、熊	6, 7, 8, 10, 11, 13
獅 牛	6	象、誠、熊、鯨	3, 4, 5, 13, 14, 15
牛 誠	7	象、獅、熊、鯨	2, 4, 5, 11, 12, 15
熊 牛	8	象、獅、誠、鯨	2, 3, 5, 10, 12, 14
牛 鯨	9	象、獅、誠、熊	2, 3, 4, 10, 11, 13
誠 獅	10	象、牛、熊、鯨	1, 4, 5, 8, 9, 15
獅 熊	11	象、牛、誠、鯨	1, 3, 5, 7, 9, 14
鯨 獅	12	象、牛、誠、熊	1, 3, 4, 7, 8, 13
誠 熊	13	象、牛、獅、鯨	1, 2, 5, 6, 9, 12
鯨 誠	14	象、牛、獅、熊	1, 2, 4, 6, 8, 11
熊 鯨	15	象、牛、獅、誠	1, 2, 3, 6, 7, 10

表 5.3 第一階段之對戰組合與週次表

週次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五
代碼	7	2	15	3	6	14	4	9	10	8	12	13	1	11	5
隊伍	牛誠	獅象	熊鯨	象誠	獅牛	鯨誠	熊象	牛鯨	誠獅	熊牛	鯨獅	誠熊	象牛	獅熊	象鯨

表 5.3 只是四連戰之其中一組解，根據求出的四連戰之對戰組合，要搭配 2 種三連戰之賽事去安排。由於目前職棒只有六支隊伍，當 2 支球隊在進行四連戰比賽時，剩下的 4 支隊伍將進行 B、C 之三連戰，表 5.4 乃是在確定四連戰的對戰組合之下，其他 4 隊可能之三連戰安排。例如：第一組 A 等於 7，B、C 等於 2、15 或 4、12 或 5、11 時，是表示當興農牛與誠泰 Cobras 在進行四連戰的同時，三連戰有三種組合可供選擇：

- I. 統一獅 V.S. 兄弟象、LaNew 熊 V.S. 中信鯨
- II. 兄弟象 V.S. LaNew 熊、統一獅 V.S. 中信鯨
- III. 兄弟象 V.S. 中信鯨、統一獅 V.S. LaNew 熊

其他情形以此類推可得知。



表 5.4 確定四連戰對戰組合下三連戰之安排表

A	1			2			3			4			5		
B	10	11	12	7	8	9	6	8	9	6	7	9	6	7	8
or	15	14	13	15	14	13	15	12	11	14	12	10	13	11	10
C	6			7			8			9			10		
B	3	4	5	2	4	5	2	3	5	2	3	4	1	4	5
or	15	14	13	15	12	11	14	12	10	13	11	10	15	9	8
C	11			12			13			14			15		
B	1	3	5	1	3	4	1	2	5	1	2	4	1	2	3
or	14	9	7	13	8	7	12	9	6	11	8	6	10	7	6
C															

本研究必須從四連戰 (A) 為 1...15 之情況下，從中各挑選一組代碼，滿足 (B)、(C) 這 2 種三連戰從 1...15 各出現一次的情形。表 5.5 是本研究根據對戰組合的一些限制，再經過程式撰寫之後所得出的其中一組結果，再搭配每個球隊三、四連戰不連續比賽的特性，最後第二階段的對戰組合如表 5.6 表示。

表 5.5 固定四連戰下之一組對戰賽程安排

A	7	2	15	3	6	14	4	9	10	8	12	13	1	11	5
B	4	8	10	9	13	2	12	11	1	14	7	5	15	3	6
C	12	14	1	11	5	8	7	3	15	2	4	6	10	9	13

表 5.6 第二階段求出的對戰組合安排表

週次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五
A	7	2	15	3	6	14	4	9	10	8	12	13	1	11	5
B	4	8	10	9	13	2	12	11	1	14	7	5	15	3	6
C	12	14	1	11	5	8	7	3	15	2	4	6	10	9	13
代碼轉成實際隊伍表示															
週次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五
A	牛 誠	象 獅	熊 鯨	象 誠	牛 獅	誠 鯨	象 熊	牛 鯨	獅 誠	牛 熊	獅 鯨	誠 熊	象 牛	獅 熊	象 鯨
B	象 熊	牛 熊	獅 誠	牛 鯨	誠 熊	象 獅	獅 鯨	獅 熊	象 牛	誠 鯨	牛 誠	象 鯨	熊 鯨	象 誠	牛 獅
C	獅 鯨	誠 鯨	象 牛	獅 熊	象 鯨	牛 熊	牛 誠	象 誠	熊 鯨	象 獅	象 熊	牛 獅	獅 誠	牛 鯨	誠 熊

A 表示 A 型四連戰，即兩支隊伍在一週之星期二、三、五、六互相對戰

B 表示 B 型三連戰，即兩支隊伍在一週之星期四、五、日互相對戰

C 表示 C 型三連戰，即兩支隊伍在一週之星期四、六、日互相對戰

第三階段球場分派模式考慮之限制條件如表 5.7 所示，之求解架構圖如圖 5.2 所示。首先是輸入第一、二階段所得出之對戰組合與週次，再考慮四連戰與三連戰之賽制，並搭配各個球隊之主場資料，依據各項限制指派球場到各個對戰時段（星期二、三、四、五、六、日等），得到每一週各個對戰組合在哪個球場進行比賽，即為本模式所得出之賽程表結果。

表 5.7 第三階段球場分派模式之限制條件表

限制條件	內容
滿足對戰需求	一季每隊有 50 場賽事，球場必須能提供比賽使用
球場與賽制時間之考慮	一週之中的星期四、五、六、日各有兩場比賽，同一天兩場比賽的球場不能為同一個
每隊之主場公平性	每一季每隊之主場數應為四或六場
各球場歷年使用數	參考各球場歷年使用次數來分派球場
各球場使用之推廣性	每個球場盡量都能被使用到，推廣全民棒球運動

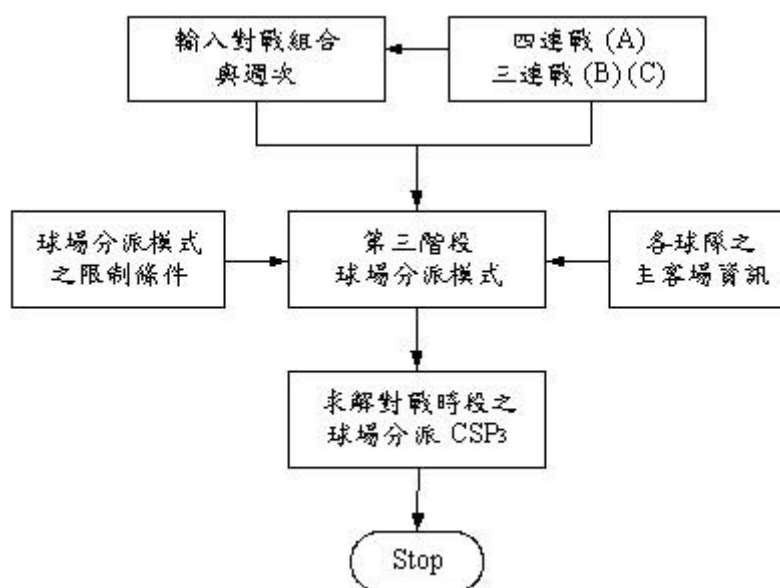


圖 5.2 第三階段模式求解架構圖

由表 3.7 之比賽日組合型態，可將一週之 10 場賽事細分為 6 個時段，如表 5.8 所示：

- (1)：表示四連戰 (A) 之第 1、2 天 (星期二、星期三)
- (2)：表示四連戰 (A) 之第 3、4 天 (星期五、星期六)
- (3)：表示三連戰 (B) 之第 1、2 天 (星期四、星期五)
- (4)：表示三連戰 (B) 之第 3 天 (星期日)
- (5)：表示三連戰 (C) 之第 1 天 (星期四)
- (6)：表示三連戰 (C) 之第 2、3 天 (星期六、星期日)

由於星期四、五、六、日各有 2 場賽事進行，因此時段代碼 (2) 的球場不能與時段代碼 (3)、(6) 的球場相同，時段代碼 (3) 的球場不能與時段代碼 (5)、(2) 的球場相同，時段代碼 (4) 的球場不能與時段代碼 (6) 的球場相同，以此類推。另外由於天母球場只能在週末進行比賽，因此只能選擇被安排在 (4) 或 (6) 這 2 個時段比賽。

表 5.8 比賽日時段分群示意圖

	一	二	三	四	五	六	日
A	補 賽 用	(1)	(1)		(2)	(2)	
B				(3)	(3)		(4)
C				(5)		(6)	(6)

以 A、B、C 三個時段分別代表四連戰與三連戰之時段。

A 代表 A 型四連戰的星期二、三、五、六。

B、C 代表 B、C 型三連戰的星期四、五、日及星期四、六、日。

表 3.5 列出 15 種對戰組合，每個對戰組合皆有其對應的球隊  $\{i, j\}$ ，每個對戰組合表示 2 個球隊之賽事，由後面的代碼  $j$  表示主場球隊，該場次的所有門票收入由主場球隊所有。本研究設定將主場 ( $j$ ) 分派給上半季的型態 A 與下半季的型態 B、C，而上半季的型態 B、C 及下半季的型態 A 以 ( $i$ ) 為主場，如此的話可讓每個球隊與其他五隊在上、下半季比賽的主場數為四或六場。

從表 5.6 第二階段的對戰組合安排來看，第一週是興農牛對誠泰 Cobras 舉行四連戰，LaNew 熊對兄弟象、中信鯨對統一獅舉行三連戰。考慮表 5.8 之比賽日時段分群後，可產生一週之賽程表如下表 5.9 所示。

表 5.9 本研究求出一週賽程表

	二	三	四	五	六	日
A	牛(莊)誠	牛(莊)誠		牛(屏)誠	牛(屏)誠	
B			象(澄)熊	象(澄)熊		象(澄)熊
C			獅(嘉縣)鯨		獅(母)鯨	獅(母)鯨

莊：新莊球場

母：天母球場

澄：澄清湖球場

屏：屏東球場

嘉縣：嘉義縣球場

由表 5.9 一週之賽程安排表可類推其他週次時之對戰組合與球場安排，以表 5.10 表示本研究所排出之上半季的對戰組合與球場安排，表 5.11 表示本研究所排出之下半季的對戰組合與球場安排，A 型四連戰包含 (1)、(2) 兩個時段，B 型三連戰包含 (3)、(4) 兩個時段，C 型三連戰包含 (5)、(6) 兩個時段。

表 5.10 每週之對戰組合與球場安排表(上半季)

週次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五
A	牛誠	獅象	熊鯨	象誠	獅牛	鯨誠	熊象	牛鯨	誠獅	熊牛	鯨獅	誠熊	象牛	獅熊	象鯨
(1)	2	4	2	2	4	9	2	2	8	3	8	10	4	10	2
(2)	11	2	6	12	4	2	3	3	8	4	8	10	2	10	3
B	象熊	牛熊	獅誠	鯨牛	熊誠	象獅	獅鯨	熊獅	牛象	誠鯨	誠牛	鯨象	鯨熊	誠象	牛獅
(3)	10	10	2	2	6	8	2	8	2	2	4	2	10	2	4
(4)	10	10	3	4	3	8	13	8	11	5	2	12	10	9	10
C	獅鯨	誠鯨	牛象	熊獅	鯨象	牛熊	誠牛	誠象	鯨熊	象獅	象熊	牛獅	獅誠	鯨牛	熊誠
(5)	7	3	13	8	2	10	6	11	10	9	10	8	12	4	3
(6)	1	4	1	8	1	10	4	1	10	8	10	8	1	2	1

表 5.11 每週之對戰組合與球場安排表(下半季)

週次	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五
A	牛熊	獅鯨	熊誠	牛象	誠鯨	熊獅	鯨象	誠牛	象獅	鯨熊	誠象	牛獅	象熊	鯨牛	獅誠
(1)	10	2	6	2	3	8	3	2	8	10	3	8	10	2	2
(2)	10	6	2	9	2	8	8	4	3	10	2	8	10	4	9
B	獅象	牛誠	獅牛	熊鯨	熊牛	牛鯨	誠熊	熊象	鯨誠	誠獅	獅熊	象鯨	鯨獅	象誠	象牛
(3)	2	2	4	2	4	2	10	2	13	4	10	4	8	2	2
(4)	1	3	3	4	11	1	10	1	7	8	10	11	8	1	1
C	鯨誠	熊象	象鯨	誠獅	獅象	象誠	獅牛	鯨獅	熊牛	象牛	牛鯨	誠熊	牛誠	獅熊	熊鯨
(5)	3	4	11	8	5	6	3	8	4	4	7	10	12	10	10
(6)	2	1	12	10	1	2	4	8	4	1	3	10	1	10	2



本研究先以 2005 年賽程表為比較對象，將表 5.10 與表 5.11 兩個半季表示成一般大眾所能看懂之時間、對戰組合、球場等形式，一整年的賽程表從 3 月到 11 月為止，如表 5.12 所示。

表 5.12 本研究所排出之全年賽程表

3 月	14	15 牛(莊)誠	16 牛(莊)誠	象(澄)熊 17 獅(嘉縣)鯨	象(澄)熊 18 牛(屏)誠	牛(屏)誠 19 獅(母)鯨	象(澄)熊 20 獅(母)鯨
	21	22 獅(中)象	23 獅(中)象	牛(澄)熊 24 誠(竹)鯨	牛(澄)熊 25 獅(莊)象	獅(莊)象 26 誠(中)鯨	牛(澄)熊 27 誠(中)鯨
	28	29 熊(莊)鯨	30 熊(莊)鯨	獅(莊)誠 31 牛(花)象			
4 月					獅(莊)誠 1 熊(嘉市)鯨	熊(嘉市)鯨 2 牛(母)象	獅(竹)誠 3 牛(母)象
	4	5 象(莊)誠	6 象(莊)誠	鯨(莊)牛 7 熊(南)獅	鯨(莊)牛 8 象(宜)誠	象(宜)誠 9 熊(南)獅	鯨(中)牛 10 熊(南)獅
	11	12 獅(中)牛	13 獅(中)牛	熊(嘉市)誠 14 鯨(莊)象	熊(嘉市)誠 15 獅(中)牛	獅(中)牛 16 鯨(母)象	熊(竹)誠 17 鯨(母)象
	18	19 鯨(高)誠	20 鯨(高)誠	象(南)獅 21 牛(澄)熊	象(南)獅 22 鯨(莊)誠	鯨(莊)誠 23 牛(澄)熊	象(南)獅 24 牛(澄)熊
	25	26 熊(莊)象	27 熊(莊)象	獅(莊)鯨 28 誠(嘉市)牛	獅(莊)鯨 29 熊(竹)象	熊(竹)象 30 誠(中)牛	
5 月							獅(花)鯨 1 誠(中)牛
	2	3 牛(莊)鯨	4 牛(莊)鯨	熊(南)獅 5 誠(屏)象	熊(南)獅 6 牛(竹)鯨	牛(竹)鯨 7 誠(母)象	熊(南)獅 8 誠(母)象

	9	10 誠(南)獅	11 誠(南)獅	牛(莊)象 12 鯨(澄)熊	牛(莊)象 13 誠(南)獅	誠(南)獅 14 鯨(澄)熊	牛(屏)象 15 鯨(澄)熊
	16	17 熊(竹)牛	18 熊(竹)牛	誠(莊)鯨 19 象(高)獅	誠(莊)鯨 20 熊(中)牛	熊(中)牛 21 象(南)獅	誠(斗)鯨 22 象(南)獅
	23	24 鯨(南)獅	25 鯨(南)獅	誠(中)牛 26 象(澄)熊	誠(中)牛 27 鯨(南)獅	鯨(南)獅 28 象(澄)熊	誠(莊)牛 29 象(澄)熊
	30	31 誠(澄)熊					
6月			1 誠(澄)熊	鯨(莊)象 2 牛(南)獅	鯨(莊)象 3 誠(澄)熊	誠(澄)熊 4 牛(南)獅	鯨(宜)象 5 牛(南)獅
	6	7 象(中)牛	8 象(中)牛	鯨(澄)熊 9 獅(宜)誠	鯨(澄)熊 10 象(莊)牛	象(莊)牛 11 獅(母)誠	鯨(澄)熊 12 獅(母)誠
	13	14 獅(澄)熊	15 獅(澄)熊	誠(莊)象 16 鯨(中)牛	誠(莊)象 17 獅(澄)熊	獅(澄)熊 18 鯨(莊)牛	誠(高)象 19 鯨(莊)牛
	20	21 象(莊)鯨	22 象(莊)鯨	牛(中)獅 23 熊(竹)誠	牛(中)獅 24 象(竹)鯨	象(竹)鯨 25 熊(母)誠	牛(澄)獅 26 熊(母)誠
	27	28	29	30			
7月		下半球季			1	2	3
	4	5 牛(澄)熊	6 牛(澄)熊	獅(莊)象 7 鯨(竹)誠	獅(莊)象 8 牛(澄)熊	牛(澄)熊 9 鯨(莊)誠	獅(母)象 10 鯨(莊)誠
	11	12 獅(莊)鯨	13 獅(莊)鯨	牛(莊)誠 14 熊(中)象	牛(莊)誠 15 獅(嘉市)鯨	獅(嘉市)鯨 16 熊(母)象	牛(竹)誠 17 熊(母)象
	18			21	22	23 全明星賽	24

	25	26 熊(嘉市)誠	27 熊(嘉市)誠	獅(中)牛 28 象(屏)鯨	獅(中)牛 29 熊(莊)誠	熊(莊)誠 30 象(宜)鯨	獅(竹)牛 31 象(宜)鯨
8 月	1	2 牛(莊)象	3 牛(莊)象	熊(莊)鯨 4 誠(南)獅	熊(莊)鯨 5 牛(高)象	牛(高)象 6 誠(澄)獅	熊(中)鯨 7 誠(澄)獅
	8	9 誠(竹)鯨	10 誠(竹)鯨	熊(中)牛 11 獅(斗)象	熊(中)牛 12 誠(莊)鯨	誠(莊)鯨 13 獅(母)象	熊(屏)牛 14 獅(母)象
	15	16 熊(南)獅	17 熊(南)獅	牛(莊)鯨 18 象(嘉市)誠	牛(莊)鯨 19 熊(南)獅	熊(南)獅 20 象(莊)誠	牛(母)鯨 21 象(莊)誠
	22	23 鯨(竹)象	24 鯨(竹)象	誠(澄)熊 25 獅(竹)牛	誠(澄)熊 26 鯨(南)象	鯨(南)象 27 獅(中)牛	誠(澄)熊 28 獅(中)牛
	29	30 誠(莊)牛	31 誠(莊)牛				
9 月				熊(莊)象 1 鯨(南)獅	熊(莊)象 2 誠(中)牛	誠(中)牛 3 鯨(南)獅	熊(母)象 4 鯨(南)獅
	5	6 象(南)獅	7 象(南)獅	鯨(花)誠 8 熊(中)牛	鯨(花)誠 9 象(竹)獅	象(竹)獅 10 熊(中)牛	鯨(嘉縣)誠 11 熊(中)牛
	12	13 鯨(澄)熊	14 鯨(澄)熊	誠(南)獅 15 象(中)牛	誠(南)獅 16 鯨(澄)熊	鯨(澄)熊 17 象(母)牛	誠(中)獅 18 象(母)牛
	19	20 誠(竹)象	21 誠(竹)象	獅(澄)熊 22 牛(嘉縣)鯨	獅(澄)熊 23 誠(莊)象	誠(莊)象 24 牛(竹)鯨	獅(澄)熊 25 牛(竹)鯨
	26	27 牛(南)獅	28 牛(南)獅	象(中)鯨 29 誠(澄)熊	象(中)鯨 30 牛(南)獅		
10 月						牛(南)獅 1 誠(澄)熊	象(屏)鯨 2 誠(澄)熊

	3	4 象(澄)熊	5 象(澄)熊	鯨(南)獅 6 牛(宜)誠	鯨(南)獅 7 象(澄)熊	象(澄)熊 8 牛(母)誠	鯨(南)獅 9 牛(母)誠
	10	11 鯨(莊)牛	12 鯨(莊)牛	象(莊)誠 13 獅(澄)熊	象(莊)誠 14 鯨(中)牛	鯨(中)牛 15 獅(澄)熊	象(母)誠 16 獅(澄)熊
	17	18 獅(莊)誠	19 獅(莊)誠	象(莊)牛 20 熊(澄)鯨	象(莊)牛 21 獅(高)誠	獅(高)誠 22 熊(莊)鯨	象(母)牛 23 熊(莊)鯨
	24	25	26	27	28 季後賽	29 季後賽	30 季後賽
	31						
11月		1 季後賽	2 季後賽	3	4	5 總冠軍賽 (1)	6 總冠軍賽(2)
	7 (3)	8	9 總冠軍賽(4)	10 總冠軍賽(5)	11	12 總冠軍賽 (6)	13 總冠軍賽(7)

象：兄弟象

誠：誠泰 Cobras

莊：新莊球場

高：高雄市球場

中：台中球場

宜：宜蘭球場

嘉縣：嘉義縣球場

牛：興農牛

熊：LaNew 熊

南：台南球場

竹：新竹球場

屏：屏東球場

嘉市：嘉義市球場

獅：統一獅

鯨：中信鯨

母：天母球場

澄：澄清湖球場

斗：斗六球場

花：花蓮球場

整個模式求解效率之分析如表 5.13 所示：

表 5.13 排賽程模式求解效率分析表

賽程四連戰 CSP <sub>1</sub>	求解效率
變數 (variables)	30
限制式 (constraints)	542
求解所佔記憶體 (byte)	312,308
失敗次數 (failures)	84
搜尋過程之抉擇點 (choice points)	111
求解時間 (秒) (solving time)	1.83
賽程三連戰 CSP <sub>2</sub>	求解效率
變數 (variables)	60
限制式 (constraints)	1512
求解所佔記憶體 (byte)	465,068
失敗次數 (failures)	0
搜尋過程之抉擇點 (choice points)	31
求解時間 (秒) (solving time)	3.25
球場分派 CSP <sub>3</sub>	求解效率
變數 (variables)	90
限制式 (constraints)	8604
求解所佔記憶體 (byte)	2,563,484
失敗次數 (failures)	0
搜尋過程之抉擇點 (choice points)	3446
求解時間 (秒) (solving time)	982

下一節將針對求解出的賽程表，進行各項指標分析，包括公平性指標、推廣性指標、賽制完整性指標等，將其與 2005 年之賽程表做比較，探討本研究模式之可行性與優劣，作為模式調整之依據。

## 5.2 績效評估分析

### 1. 賽制完整性指標：

在目前中華職棒 2005 年所排出的賽程表中，並無法都讓所有的賽程都滿足一週 4、3、3 共 10 場比賽的規定，而本研究考量需讓賽制皆具完整性，針對此點去設計模式，使所有賽程都符合聯盟的要求。表 5.14 乃是滿足賽制之週數比較表，由表可看出本研究所排定的賽程，每一季的每一週都滿足聯盟的賽制，一週 10 場賽事，15 週共 150 場比賽。4-3-3 賽制是聯盟針對票房因素去考量設計的，根據與聯盟排賽程人員訪談的結果，得知以前職棒十一年時，只有四支隊伍，當時四隊的賽程組合分析也很複雜，曾分為 A、B、C 三個方案去考慮，每個方案有不同的賽程，亦有不同的優缺點。

表 5.14 滿足賽制之週數比較表

	上半季 (共 15 週)	下半季 (共 15 週)
2005 年賽程表	13/15 (86.7%)	13/15 (86.7%)
本研究	15/15 (100%)	15/15 (100%)

### 2. 主場公平性指標：

以各球隊的主場次數來分析，應該講求公平原則，對戰組合的主場使用次數不能差異太大，由於賽制是一週 10 場比賽的 4-3-3 方式舉行，且每一隊在每一季必須跟其他五隊進行各 10 場比賽，因此主場數有 10、7、6、4、3、0 等等不同場數，經由詢問中華職棒的排賽程人員後，他們覺得每個對戰組合的主場數盡量希望能是 6 或 4 場，每球季為 24 或 26 場；但觀察今年賽程表，發現並不都是如此，本研究所構建的賽程表，乃考慮各個球隊票房及觀眾人數最好的兩個球場當作其主場，根據這些球場去安排場地，讓 15 個對戰組合都能達到主場數 6 或 4 場的限制。表 5.15 是 2005 年各對戰組合之主場數比較表，而表 5.16 則是本研究所排出各對戰組合之主場數比較表，將 2 個表比較一下，可發現在 15 個對戰組合中，今年的賽程表只有 5 個有達到 6 或 4 場的主場數，而本研究所排的賽程表可針對此限制去達成，15 個對戰組合皆是 6 或 4 場的主場數。

表 5.15 2005 年各對戰組合之主場數比較表

對戰代碼	比賽隊伍		上半季主場數比	下半季主場數比
1	兄弟象	興農牛	3 : 7	7 : 3
2	兄弟象	統一獅	6 : 4	4 : 6
3	兄弟象	誠泰 Cobras	4 : 6	6 : 4
4	兄弟象	LaNew 熊	4 : 6	6 : 4
5	兄弟象	中信鯨	7 : 3	3 : 7

6	興農牛	統一獅	4 : 6	6 : 4
7	興農牛	誠泰Cobras	7 : 3	3 : 7
8	興農牛	LaNew熊	3 : 7	7 : 3
9	興農牛	中信鯨	3 : 7	7 : 3
10	統一獅	誠泰Cobras	7 : 3	3 : 7
11	統一獅	LaNew熊	3 : 7	7 : 3
12	統一獅	中信鯨	3 : 7	7 : 3
13	誠泰Cobras	LaNew熊	7 : 3	3 : 7
14	誠泰Cobras	中信鯨	7 : 3	3 : 7
15	LaNew熊	中信鯨	4 : 6	6 : 4

表 5.16 本研究各對戰組合之主場數比較表

對戰代碼	比賽隊伍		上半季主場數比	下半季主場數比
1	兄弟象	興農牛	6 : 4	4 : 6
2	兄弟象	統一獅	4 : 6	6 : 4
3	兄弟象	誠泰Cobras	6 : 4	4 : 6
4	兄弟象	LaNew熊	4 : 6	6 : 4
5	兄弟象	中信鯨	6 : 4	4 : 6
6	興農牛	統一獅	4 : 6	6 : 4
7	興農牛	誠泰Cobras	6 : 4	4 : 6
8	興農牛	LaNew熊	4 : 6	6 : 4
9	興農牛	中信鯨	6 : 4	4 : 6
10	統一獅	誠泰Cobras	4 : 6	6 : 4
11	統一獅	LaNew熊	6 : 4	4 : 6
12	統一獅	中信鯨	4 : 6	6 : 4
13	誠泰Cobras	LaNew熊	6 : 4	4 : 6
14	誠泰Cobras	中信鯨	4 : 6	6 : 4
15	LaNew熊	中信鯨	6 : 4	4 : 6

### 3. 推廣性指標：

以台灣發展棒球運動的角度來分析，一些比較偏遠的球場（如宜蘭、花蓮球場等）應該要分配幾場比賽，以推廣全民的棒球運動。在 13 個棒球場中，每個球場都有被使用到，模式首先考慮各個球隊之主要球場安排賽程，在主場與一些時段有衝突之時，安排其他較偏遠的球場，一方面滿足各個球隊的票房收益，另一方面也達到棒球推廣性的指標。

下表 5.17 及表 5.18 是 2005 年與本研究排定之球場分配表，將表 5.18 與表 3.3 相比，其結果也落在預期的範圍中，不僅如此，在每一季全台灣 13 個球場也都使用到，而今年的賽程表並沒有都是如此。

表 5.17 2005 年各隊之主場分配表

2005 年	天母	新莊	新竹	台中	斗六	嘉市	嘉縣	台南	高市	高縣	屏東	羅東	花蓮	總和
象	5	11	3	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	24
	6	9	1	3	1	1	1	0	2	0	2	0	0	26
牛	2	4	3	12	0	1	0	0	0	2	0	0	0	24
	2	3	3	12	1	1	0	0	1	1	0	0	2	26
獅	0	2	0	0	0	0	0	19	1	1	0	0	0	23
	1	0	0	1	0	0	0	23	1	1	0	0	0	27
誠	2	14	3	0	0	0	2	0	0	0	3	2	0	26
	1	11	3	0	0	0	2	0	0	0	0	7	0	24
熊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	27
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	23
鯨	4	11	5	2	0	1	0	2	0	0	0	0	1	26
	5	6	0	4	0	1	0	2	2	3	1	0	0	24
上季	13	42	14	15	0	3	2	21	2	30	4	2	2	150
下季	15	29	7	20	2	3	3	25	6	28	3	7	2	150
總和	28	71	21	35	2	6	5	46	8	58	7	9	4	300

表 5.18 本研究所排出各隊之主場分配表

本研究	天母	新莊	新竹	台中	斗六	嘉市	嘉縣	台南	高市	高縣	屏東	羅東	花蓮	總和
象	6	11	2	2	0	0	0	0	1	0	2	1	1	26
	6	8	4	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	24
牛	0	7	2	14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	24
	3	6	2	14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	26
獅	0	0	0	2	0	0	0	22	1	1	0	0	0	26
	0	0	2	1	0	0	0	19	0	2	0	0	0	24
誠	4	8	3	0	0	2	0	0	2	0	2	3	0	24
	3	12	2	0	0	3	1	0	2	0	0	1	2	26
熊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	26
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	24
鯨	2	10	5	2	1	2	1	0	0	0	0	0	1	24
	1	10	4	3	0	2	1	0	0	1	2	2	0	26
上季	12	36	12	20	1	5	1	22	4	27	4	4	2	150
下季	13	36	14	19	1	5	2	21	4	27	3	3	2	150
總和	25	72	26	39	2	10	3	43	8	54	7	7	4	300



#### 4.成本：

球隊在換球場比賽時，會有移動的交通成本以及住宿成本，裁判以及工作人員也有移動的交通成本，因此「跳躍式賽程」背後的成本考量也是其中一個指標。經由詢問聯盟排賽人員之後，得知聯盟是以一天移動 200 公里為限去安排場地，例如：今天 2 隊在台北比賽，明天則不能超過台中以南的地區，參考台灣地圖各縣市間里程數安排。在連續比賽的球場安排上（星期二、三，星期四、五，星期六、日）有限制不能超過 200 公里的路程，根據如此的限制，本研究設計表 4.6 的對戰時段分群，將連續比賽的時段安排成同一個球場舉行，即可將移動成本降至最低，避開 2 天比賽之內南北奔波的情形發生。

根據上述各項指標來分析，可以整理成下頁表 5.19 所示，在主場比較方面，本研究排出之各個對戰組合皆能達到 6 或 4 場的主場，而現今的賽程表只有 5 個組合有達到。在球場推廣性方面，各球場的使用數與前 2 年差異並不大，現今的賽程表在上半季未被使用斗六球場，而本研究可讓每一季所有比賽球場都使用到，確實推廣台灣各地區的棒球運動。本研究在滿足賽制之週數上特別針對 4-3-3 賽制分 2 階段安排，首先先決定四連戰的對戰組合，再根據四連戰的對戰情形，去安排三連戰，使每週的賽事都確實達到一個四連戰與二個三連戰的情形；與楊大輝、朱政威等人[38]藉由傳統作業研究領域中的目標規劃（Goal Programming）方法相比，不僅符合目前中華職棒大聯盟的賽制，每週 4-3-3 的賽程也可以全部安排出來，算是一大突破。

表 5.19 各項指標之分析總表

全年兩季	2005 年賽程表	本研究
主場數比較 (30)	10/30 (33.3%)	30/30 (100%)
球場推廣性 (26)	25/26 (96.2%)	26/26 (100%)
滿足賽制週數 (30)	26/30 (86.7%)	30/30 (100%)

將表 5.19 各項指標之分析畫成圖 5.3 之雷達圖來看，本研究排出來之賽程表，每個指標都比 2005 年的賽程表還優一些，在主場數分配、棒球運動的推廣性以及滿足聯盟賽制這三方面皆優於目前的賽程表；與做過此類問題的蔡正誠[39]及楊大輝、朱政威等人[38]相比，可用表 5.20 來比照，由表 5.20 可知蔡正誠[39]及楊大輝、朱政威等人[38]並沒有滿足球隊的主場數，亦未以球隊主場票房需求作考量，但是在實際的賽程表安排上，這些因素是必須被考慮到的；本研究針對職棒賽程的特性，排出符合中華職棒大聯盟規定、各球團均滿意且符合實際賽程、賽制的賽程表，以公平性、效率性且符合賽制之賽程表來解決傳統人工作業費時且費力之缺點。

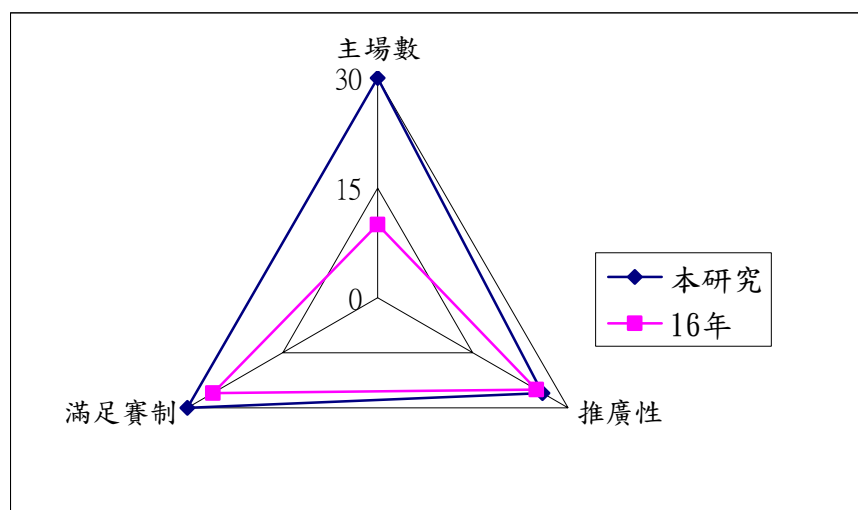


圖 5.3 各項指標之雷達圖分析

表 5.20 與國內相關研究比較表

	蔡正誠 [39]	楊大輝等人[38]	2005 年賽程表	本研究
主場數比較	未考慮	有考慮但未能求解出來	10/30 (33.3%)	30/30 (100%)
球場推廣性	12/12(100%)	22/22 (100%)	25/26 (96.2%)	26/26 (100%)
滿足賽制週數	30/30(100%)	10/30 (33.3%)	26/30 (86.7%)	30/30 (100%)
滿足球隊主場需求 (票房)	否	否	是	是

### 5.3 球隊增減因素討論

本研究針對對戰組合的方式來安排賽程，目前考慮中華職棒大聯盟現有 6 個球隊，形成 15 種對戰組合；將來若球隊數有所增減時，賽制必須有所變動，其考慮因素如下：

1.對戰型態：目前的對戰型態是針對 6 個球隊每週 4-3-3 共 10 場比賽，未來如果球隊數有所增減，其對戰型態也要跟著改變。

2.整年比賽場數：隨著球隊數的增減，各球隊間的比賽場數會跟著不同，總比賽場次數也就不同。針對對戰型態的安排方式，可以很快算出整年的比賽場數。

本研究針對球隊增減的因素，定義了球隊數 (N)、對戰組合數 (M)、每對戰組合比賽場數 ( $N_M$ )、每球季之週數 (W)、每週比賽場數 (G)、週出賽狀況 ( $G_a$ )，如表 5.21 所示。每個對戰組合間的比賽場數乘積，必須要等於每球季之週數與每週比賽場數的乘積。

表 5.21 球隊增減考慮因素表

N	$M(C_2^N)$	$N_M$	W	G	$M \times N_M$	$W \times G$	$G_a$	$N_M$	備註
6	15	10	15	10	$15 \times 10 = 150$	$15 \times 10 = 150$	{4, 3, 3}	4+3+3	每週 6 隊皆要出賽
7	21	10	21	10	$21 \times 10 = 210$	$21 \times 10 = 210$	{4, 3, 3}	4+3+3	每週 6 隊出賽，1 隊輪休
	21	9	21	9	$21 \times 9 = 189$	$21 \times 9 = 189$	{3, 3, 3}	3+3+3	
	21	8	14	12	$21 \times 8 = 168$	$14 \times 12 = 168$	{4, 4, 4}	4+4+4	
5	10	10	10	8	$10 \times 10 = 100$	$10 \times 8 + 5 \times 4 = 100$	{4, 4}	4+4	每週 4 隊出賽，1 隊輪休
			5	4			{2, 2}	2	
8	28	7	14	14	$28 \times 7 = 196$	$14 \times 14 = 196$	{4,4,3,3}	4+3	每週 8 隊皆要出賽
	28	6	14	12	$28 \times 6 = 196$	$14 \times 12 = 196$	{3,3,3,3}	3+3	

由上表第一列，當球隊數 (N) 為 6 隊時，此乃是現今職棒大聯盟賽制情況，每週必須進行 10 場比賽，每週 6 隊皆要出賽。

當球隊數增為 7 隊時，每個對戰組合比賽場數由 10 變至 9 或 8 時，每球季之週數 (W) 與每週比賽場數 (G) 也會跟著改變。若每對戰組合比賽場數為 10 場，則在 21 週中每週進行 10 場比賽的話，能完成一個球季的賽事，週出賽狀況為每週 1 組四連戰

2 組三連戰，每週皆有 1 隊輪休。若每對戰組合比賽場數減為 9 場，則在 21 週中每週進行 9 場比賽的話，能完成一個球季的賽事，週出賽狀況為每週 3 組三連戰，每週皆有 1 隊輪休。若每對戰組合比賽場數減為 8 場，則在 14 週中每週進行 12 場比賽的話，即可完成一個球季的賽事，週出賽狀況為每週 3 組四連戰，每週皆有 1 隊輪休。

當球隊數減為 5 隊時，若每對戰組合比賽場數為 10 場，則在 15 週中每週進行 8 或 4 場比賽的話，能完成一個球季的賽事，週出賽狀況為每週 2 組四連戰 1 組二連戰，四連戰有 10 週二連戰有 5 週，每週皆有 1 隊輪休。

當球隊數增為 8 隊時，8 個球隊有 28 種不同的對戰組合，若每對戰組合比賽場數為 10 場，賽制及比賽場數皆很難安排，加上國內職棒出現 8 個球隊的情形目前不曾發生，若要考慮的話，可將每對戰組合比賽場數設為 7 場，則在 14 週中每週進行 14 場比賽的話，能完成一個球季的賽事，週出賽狀況為每週 2 組四連戰 2 組三連戰，每週 8 隊皆要出賽。每對戰組合比賽場數設為 6 場時，則在 14 週中每週進行 12 場比賽的話，能完成一個球季的賽事，週出賽狀況為每週 4 組三連戰，每週 8 隊皆要出賽。

當球隊數減為 4 隊時，由於 4 個球隊只有 6 種不同的對戰組合，此情形安排較容易，本研究在此就不加以探討。

以上是本研究考慮未來若有增減球隊數時，排程人員可以參考來安排賽程表。賽制改變的話，對戰的型態與比賽場次數也就會跟著不同，端看聯盟與球團間來決定。



## 第六章 結論與建議

前兩年中華職棒聯盟票房回溫、前年世棒賽勇奪季軍及兩聯盟合併等利多因素的刺激，我國職棒運動隨著這股熱潮，又回復往年的盛況且頗受社會大眾歡迎和重視。近年來，有不少國外學者開始將限制規劃方法應用於排班、排程等問題，傳統上求解賽程表問題，多半架構於數學規劃與啟發式解法之基礎上。然而，面臨實際排賽程的複雜問題，數學規劃方法常必須簡化問題限制，易和實際情況產生偏差。本研究以限制規劃方法求解中華職棒大聯盟賽程表排程問題，限制規劃模式具有修改容易之彈性，對於實務應用上時常需要增刪修改限制而言是很方便的。

本研究所發展之模式考量了實際安排賽程之硬性限制之外，在本研究當中加入一些指標分析，而這些指標分析可根據需求訂定不同參數或以不同搜尋策略求解。另外，限制滿足問題具有多重解特性，本研究模式在不改變現今賽制之下，除了都符合賽制外，也能很快速地找到其他替代賽程表，使得模式應用上更有彈性且更能提供排賽程人員排程時決策之參考。

### 6.1 結論

國際上許多運動的賽程安排如：NBA、NHL、NFL、MLB 等都會面臨賽程表安排的問題。近年來運動賽程排程逐漸受到重視，國內亦有若干成果，本研究為國內首篇成功地以限制規劃方法來求解賽程表排程問題的研究，同時也是國內首篇能完全符合聯盟諸多限制條件的研究，希望給後續研究此問題的人作為參考。歸納本研究具體之研究成果如下所述：

1. 本研究之排賽程模式在考量與設計上，首先對中華職棒大聯盟的法規與相關賽制等多方面深入瞭解，並考慮現行排程人員排賽程之規則，整理出一套切合賽程表排程的作業方法。
2. 賽程表結果之賽制完整性、主場公平性、與球場推廣性：經過上一節的績效評估分析，賽制的完整性、主場公平性、球場推廣性皆能符合聯盟之規定，顯示出本研究發展之限制規劃模式確實有效求解中華職棒大聯盟之賽程表。
3. 模式求解的效率：本研究之 CP 模式在 PC 平台下分三階段執行，總共約 30 分鐘內完成中華職棒大聯盟 6 支球隊、15 個對戰組合、13 座球場、上下兩季共 300 場的對戰安排，相對於聯盟在安排賽程時，必須花費一個星期左右的時間上，大大節省了許多時間。本研究亦整理收集了去年所有比賽之相關統計報表，可以了解哪個星期、球場、對戰組合的觀眾人數，供賽程安排人員了解此情況，可作為管理決策的依據。

## 6.2 建議

本研究所提出之賽程表限制規劃模式確實能求解符合賽制且具公平與推廣性之賽程表，然而本研究仍有可改善之空間，經過本研究實證分析後，提出以下建議為後續研究之參考：

1. 本研究是考量符合職棒現況 6 個球隊的賽程表問題，未來當球隊數有所增減時，其模式會有些微的改變，未來可針對不同隊數去做修正。
2. 本研究無法達到一次完成求解，必須分為三階段進行，然而進行下個階段求解之前必須先將上一階段求解結果紀錄更新，目前本研究是以手動進行更改，建議可以撰寫 OPL Script 程式自動串起數個流程。另外，建議未來亦可將本研究發展一套決策支援系統，提供排賽人員更方便的應用。
3. 本研究僅就中華職棒大聯盟排賽問題型態進行研究，而實際上每種運動排程的型態有時更為多樣，未來可考慮不同聯盟間之賽程表安排，亦可應用在其他運動賽程表中，供排賽人員參考。



## 參考文獻

1. Bean, J. C. and J. R., Birge (1980), "Reducing Travelling Costs and Player Fatigue in the National Basketball Association," *Interfaces*, Vol. 10, pp. 98-102.
2. Baptiste, P. and C. Le Pape (1995), "A Theoretical and Experimental Comparison of Constraint Propagation Techniques for Disjunctive Scheduling," in C.S. Mellish. (Ed.), *Proceedings of The 14<sup>th</sup> International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, Palo Alto, CA, pp. 600-606.
3. Brailsford, S. C., C. N. Potts, and B. M. Smith (1999), "Constraint Satisfaction Problem: Algorithms and Applications," *European Journal of Operational Research*, Vol. 19, pp. 557-581.
4. Burke, E.K. and S. Petrovic (2002), "Recent Research Directions in Automated Timetabling," *European Journal of Operational Research*.
5. Bistarelli S., P. Codognet and F. Rossi (2002), "Abstracting Soft Constraints: Framework, Properties, Examples," *Artificial Intelligence*, Vol. 139, pp. 175-211.
6. Costa, D. (1995), "An Evolutionary Tabu Search Algorithm and the NHL Scheduling Problem," *INFOR. Ottawa*, Vol. 33, No. 3, pp. 161-179.
7. Cooper, T. B. and J.H. Kingston (1996), "The Complexity of Timetabling Construction Problems," Vol. 17, pp. 183-295.
8. Carter, M.W. and G. Laporte (1996), "Recent Developments in Practical Examination Timetabling," Vol. 17, pp. 3-21.
9. Chen, C. C. and S.F. Smith (1997), "Applying Constraint Satisfaction Techniques to Job Shop Scheduling," *Annals of Operations Research*, Vol. 70, pp. 327-357..
10. Caprara A. (1998), "Integrating Constraint Logic Programming and Operations Research Techniques For The Crew Rostering Problem," *Software-Practice & Experience*, Vol. 28, pp. 49-76.
11. Deris, S. (1999), "Incorporating Constraint Propagation in Genetic Algorithm for University Timetable Planning," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 12, pp. 241-253.
12. Erlenkotter, D. (1978), "A Dual-based Procedure for Uncapacitated Facility Location," *Operations Research*, Vol. 26, pp. 991-1009.

13. Emmons, H. (1985), "Work-force Scheduling with Cyclic Requirements and Constraints on Days Off, Weekends Off, and Work Stretch," *AIIE Transactions*, Vol. 17, pp. 8-16.
14. Fleurent, C. and J. Ferland (1993), "Allocating Games for the NHL using Integer Programming," *Operation Research*, Vol. 41, No. 4, July-August.
15. Hertz, A. (1991), "Tabu Search for Large Scale Timetabling Problems," *European Journal of Operational Research*, Vol. 54, pp. 39-47.
16. Henz, M. (2004), "Global Constraints for Round Robin Tournament Scheduling," *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, pp. 92-101.
17. Henz, M. (2001), "Scheduling a Major College Basketball Conference—revisited," *Operations Research*, Vol. 49, No. 1, pp. 163-168.
18. ILOG OPL Studio (2000), User's Manual and Program Guide. ILOG.
19. Kang, L. and M. G. White (1992), "A Logic Approach to the Resolution of Constraints in Timetabling," *European Journal of Operational Research*, Vol. 61, pp. 306-317.
20. Lustig, I.J. and J.F. Puget (2001), "Program Does Not Equal Program: Constraint Programming and Its Relationship to Mathematical Programming," *Interfaces*, Vol. 31, No. 6, pp. 29-53, 2001.
21. McAloon, K., C. Tretkoff and G. Wetzel (1997), "Sports League Scheduling, in: Proceedings of the 1997 ILOG Optimization Suite International Users' Conference," Paris.
22. Nemhauser, G.L. and M.A. Trick (1998), "Scheduling a Major College Basketball Conference," *Operations Research*, Vol. 46, No. 1, pp. 1-8.
23. Osman, I.H. and G. Laporte (1996), "Meta Heuristics in Combinatorial Optimization," *Annals of Operations Research*, Vol. 63, pp. 513-623.
24. Puget, J. F. (1995), "A Comparison between Constraint Programming and Integer Programming," In: *Conference on Applied Mathematical Programming and Modelling (APMOD95)*, Brunel University.
25. Pesant, G. and M. Gendreau (1999), "A Constraint Programming Framework for local Search Methods," *Journal of Heuristics*, Vol. 5, No. 3, pp. 255-279.
26. Russell, R. A. and J. M. Y. Leung (1994), "Devising a Cost Effective Scheduling for a Basketball League," *Operations Research*, Vol. 42, No. 4, ABI/INFORM Global.



27. Schreuder, J.A.M. (1992), "Combinatorial Aspects of Construction of Competition Dutch Professional Football Leagues," *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 35, pp. 301-312.
28. Sabin, D. and E.C. Freuder (1994), "Contradicting Conventional Wisdom in Constraint Satisfaction," In: *Cohn. A.G (ED.). proceedings of European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-94)*. Wiley, Chichester, UK, pp. 125-129.
29. Saltzman, R. M. and R. M. Bradford (1996), "Optimal Realignment of the Teams in the National Football League," *European Journal of Operational Research*, Vol. 93, pp. 469-475.
30. Simonis, H. (1996), "A Problem Classification Scheme for Finite Domain Constraint Solving," (tutorial paper given at PACT'96). In: *Second International Conference on the Practical Applications of Constraint Technology*.
31. Schaerf, A. (1999), "Scheduling Sport Tournaments using Constraint Logic Programming," *Constraints*, Vol. 4, No. 1, pp. 43-65.
32. Tsang, E. (1993), "Foundations of Constraint Satisfaction," *Computation in Cognitive Science*.
33. Werra, D. (1985), "An Introduction to Timetabling," *European Journal of Operational Research*, Vol. 19, pp. 151-162.
34. 王國琛(2002),「結合限制規劃與數學規劃求解大型後艙空勤組員排班問題」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文, 中華民國九十一年六月。
35. 唐依伶(2003),「以限制規劃求解公平性空服組員派遣問題—以座艙長為例」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文, 中華民國九十二年六月。
36. 林詩芹(2003),「以限制規劃構建全年無休服務人員排班模式—以客服人員排班為例」, 國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文, 中華民國九十二年六月。
37. 葉杰榮(2002),「應用 Constraint Satisfaction Programming 方法來探討即時排課問題」, 國立高雄第一科技大學碩士論文, 中華民國九十一年二月。
38. 楊大輝、朱政威、李綺容、楊智環(2004), "中華職棒大聯盟賽程表排程問題", 第二屆全國當代行銷學術研討會, 中華民國九十三年四月, 中興大學行銷學研究所。
39. 蔡正誠(1992),「啟發式分析方法在職棒排程問題應用」, 東海大學工業工程研究所碩士論文, 中華民國八十一年六月。
40. 蔡佳吟(2003),「應用 CSP 規劃大學排課系統」, 國立高雄第一科技大學碩士論文, 中華民國九十二年六月。

41. 韓復華、陳柏榮、王國琛(2001), ”應用限制規劃求解排課問題：以交通大學全校性課程排課為例”, 第六屆運輸網路研討會, 中華民國九十一年十一月二十九日, 救國團劍潭海外青年活動中心。
42. 中華職棒大聯盟網頁 <http://www.cpbl.com.tw/>
43. 中華民國棒球協會網頁 <http://www.ctba.org.tw/index.asp/>
44. CP-AI-OR 網頁 <http://cpaior05.mff.cuni.cz/>
45. 中華職棒 16 年觀眾人數分析網頁 <http://140.111.150.175/cpbl/>



附錄一：2004 年賽程表

	一	二	三	四	五	六	日
2月	9	10	11	12	13	14 獅(屏)象 誠(澄)熊 鯨(南)牛	15 牛(屏)熊 象(澄)誠 鯨(南)獅
	16	17 象(高)牛 誠(南)獅 熊(嘉)鯨	18 熊(高)象 牛(南)獅 誠(嘉)鯨	19 獅(高)熊 象(南)鯨 誠(嘉)牛	20	21	22 誓師大會
	23	24	25	26	27	28 開幕戰 牛(澄)象	29 牛(澄)象
3月	1	2 獅(莊)鯨	3 獅(竹)鯨	誠(莊)牛 4 象(澄)熊	誠(竹)牛 5 獅(莊)鯨	獅(莊)鯨 6 象(澄)熊	誠(莊)牛 7 象(澄)熊
	8	9 牛(莊)象	10 牛(莊)象	11 熊(南)獅	12 鯨(莊)誠	熊(南)獅 13 鯨(莊)誠	熊(南)獅 14 鯨(莊)誠
	15	16 誠(澄)熊	17 誠(澄)熊	牛(竹)鯨 18 象(南)獅	牛(莊)鯨 19 誠(澄)熊	誠(澄)熊 20 象(南)獅	牛(母)鯨 21 象(澄)獅
	22	23 獅(莊)牛	24 獅(莊)牛	象(澄)誠 25 熊(莊)鯨	象(澄)誠 26 獅(花)牛	獅(花)牛 27 熊(宜)鯨	象(母)誠 28 熊(宜)鯨
	29	30 鯨(莊)象	31 鯨(竹)象				
4月				牛(澄)熊 1 誠(南)獅	牛(澄)熊 2 鯨(莊)象	鯨(母)象 3 誠(南)獅	牛(澄)熊 4 誠(南)獅
	5	6 牛(莊)誠	7 牛(莊)誠	熊(屏)象 8 鯨(南)獅	熊(南)象 9 牛(宜)誠	牛(宜)誠 10 鯨(莊)獅	熊(南)象 11 鯨(母)獅
	12	13 獅(澄)熊	14 獅(澄)熊	誠(嘉)鯨 15 象(中)牛	誠(嘉)鯨 16 獅(澄)熊	獅(澄)熊 17 象(莊)牛	誠(中)鯨 18 象(母)牛

	19	20 鯨(中)牛	21 鯨(中)牛	獅(竹)象 22 熊(莊)誠	獅(莊)象 23 鯨(竹)牛	鯨(莊)牛 24 熊(中)誠	獅(母)象 25 熊(中)誠
	26	27 誠(中)象	28 誠(中)象	鯨(澄)熊 29 牛(南)獅	鯨(澄)熊 30 誠(莊)象		
5 月						誠(莊)象 1 牛(南)獅	鯨(澄)熊 2 牛(南)獅
	3	4 熊(中)牛	5 熊(中)牛	獅(竹)誠 6 象(莊)鯨	獅(莊)誠 7 熊(中)牛	熊(中)牛 8 象(莊)鯨	獅(莊)誠 9 象(母)鯨
	10	11 象(南)獅	12 象(南)獅	誠(澄)熊 13 牛(中)鯨	誠(澄)熊 14 象(莊)獅	象(母)獅 15 牛(莊)鯨	誠(澄)熊 16 牛(母)鯨
	17	18 鯨(莊)誠	19 鯨(莊)誠	牛(中)象 20 熊(南)獅	牛(澄)象 21 鯨(莊)誠	鯨(母)誠 22 熊(南)獅	牛(澄)象 23 熊(南)獅
	24	25 象(澄)熊	26 象(澄)熊	獅(莊)鯨 27 誠(竹)牛	獅(竹)鯨 28 象(澄)熊	象(澄)熊 29 誠(中)牛	獅(母)鯨 30 誠(中)牛
6 月	31	1 誠(南)獅	2 誠(南)獅	鯨(中)象 3 牛(澄)熊	鯨(中)象 4 誠(南)獅	誠(南)獅 5 牛(澄)熊	鯨(中)象 6 牛(澄)熊
	7	8 熊(嘉)鯨	9 熊(嘉)鯨	獅(中)牛 10 象(竹)誠	獅(中)牛 11 熊(嘉)鯨	熊(嘉)鯨 12 象(母)誠	獅(中)牛 13 象(莊)誠
	下 半 球 季						
	14	15	16	17	18	蛇(莊)鯨 19 獅(澄)熊	象(中)牛 20 獅(澄)熊
21	22 鯨(澄)熊	23 鯨(澄)熊	牛(南)獅 24 誠(莊)象	牛(南)獅 25 鯨(澄)熊	鯨(澄)熊 26 誠(花)象	牛(母)獅 27 誠(莊)象	

	28	29 獅(莊)誠	30 獅(莊)誠				
7 月				象(莊)鯨 1 熊(中)牛	象(莊)鯨 2 獅(竹)誠	獅(母)誠 3 熊(中)牛	象(母)鯨 4 熊(中)牛
	5	6 熊(莊)象	7 熊(竹)象	鯨(南)獅 8 牛(中)誠	鯨(南)獅 9 熊(莊)象	熊(母)象 10 牛(嘉縣)誠	鯨(南)獅 11 牛(嘉縣)誠
	12	獅(澄)熊 13 誠(嘉)鯨	象(莊)牛 14 誠(嘉)鯨	象(莊)牛 15 誠(嘉)鯨	16	17 全明星賽	18
	19	20 獅(澄)象	21 獅(屏)象	熊(莊)誠 22 鯨(中)牛	熊(竹)誠 23 獅(莊)象	獅(母)象 24 鯨(中)牛	熊(莊)誠 25 鯨(中)牛
	26	27 牛(屏)熊	28 牛(屏)熊	誠(中)獅 29 鯨(莊)象	誠(中)獅 30 牛(屏)熊	牛(屏)熊 31 鯨(母)象	
8 月							誠(莊)獅 1 鯨(母)象
	8/15~8/25 為奧運比賽期間，停賽四周						
	30	31 象(澄)誠					
9 月			1 象(屏)誠	熊(嘉)鯨 2 獅(中)牛	熊(嘉)鯨 3 象(澄)誠	象(澄)誠 4 獅(中)牛	熊(嘉)鯨 5 獅(中)牛
	6	7 牛(嘉)鯨	8 牛(嘉)鯨	象(南)獅 9 誠(澄)熊	象(澄)獅 10 牛(中)鯨	牛(中)鯨 11 誠(澄)熊	象(南)獅 12 誠(澄)熊
	13	14 熊(南)獅	15 熊(南)獅	鯨(莊)誠 16 牛(中)象	鯨(莊)誠 17 熊(南)獅	熊(南)獅 18 牛(母)象	鯨(宜)誠 19 牛(莊)象
	20	21 誠(中)牛	22 誠(中)牛	象(澄)熊 23 獅(莊)鯨	象(澄)熊 24 誠(莊)牛	誠(母)牛 25 獅(莊)鯨	象(澄)熊 26 獅(莊)鯨

	27	28 象(莊)鯨	29 象(竹)鯨	熊(中)牛 30 獅(莊)誠			
10 月					熊(中)牛 1 象(莊)鯨	象(母)鯨 2 獅(莊)誠	熊(中)牛 3 獅(母)誠
	4	5 牛(南)獅	6 牛(南)獅	誠(竹)象 7 鯨(澄)熊	誠(莊)象 8 牛(南)獅	牛(南)獅 9 鯨(澄)熊	誠(母)象 10 鯨(澄)熊
	11	12 熊(莊)誠	13 熊(竹)誠	鯨(中)牛 14 獅(屏)象	鯨(中)牛 15 熊(莊)誠	熊(莊)誠 16 獅(澄)象	鯨(中)牛 17 獅(澄)象
	18	19 象(中)牛	20 象(中)牛	獅(澄)熊 21 誠(莊)鯨	獅(澄)熊 22 象(莊)牛	象(母)牛 23 誠(嘉)鯨	獅(澄)熊 24 誠(嘉)鯨
	25	26 鯨(南)獅	27 鯨(南)獅	牛(莊)誠 28 熊(竹)象	牛(莊)誠 29 鯨(南)獅	鯨(南)獅 30 熊(母)象	牛(母)誠 31 熊(莊)象
11 月	1	2	3	4	5	6 總冠軍賽 (1)	7 總冠軍賽(2)
	8	9 總冠軍賽 (3)	10 總冠軍賽(4)	11 總冠軍賽(5)	12	13 總冠軍賽 (6)	14 總冠軍賽(7)

象：兄弟象

誠：誠泰 Cobras

莊：新莊球場

高：高雄市球場

中：台中球場

宜：宜蘭球場

嘉縣：嘉義縣球場

牛：興農牛

熊：LaNew 熊

南：台南球場

竹：新竹球場

屏：屏東球場

嘉市：嘉義市球場

獅：統一獅

鯨：中信鯨

母：天母球場

澄：澄清湖球場

斗：斗六球場

花：花蓮球場

附錄二：2005 年賽程表

3 月	7	8	9	10	11	12 獅(中)牛	13 獅(莊)牛
	14	15 鯨(莊)誠	16 鯨(竹)誠	獅(莊)象 24 牛(澄)熊	獅(竹)象 25 鯨(莊)誠	鯨(莊)誠 26 牛(澄)熊	獅(母)象 27 牛(澄)熊
	21	22 象(中)牛	23 象(中)牛	熊(莊)鯨 24 誠(南)獅	熊(莊)鯨 25 象(澄)牛	象(澄)牛 26 誠(南)獅	熊(屏)鯨 27 誠(南)獅
	28	29 獅(澄)熊	30 獅(澄)熊	象(莊)誠 31 牛(竹)鯨			
4 月					象(莊)誠 1 獅(澄)熊	獅(澄)熊 2 牛(母)鯨	象(母)誠 3 牛(莊)鯨
	4	5 鯨(竹)象	6 鯨(莊)象	牛(南)獅 7 熊(莊)誠	牛(南)獅 8 鯨(莊)象	鯨(母)象 9 熊(莊)誠	牛(澄)獅 10 熊(莊)誠
	11	12 誠(中)牛	13 誠(中)牛	象(澄)熊 14 獅(嘉市)鯨	象(澄)熊 15 誠(中)牛	誠(竹)牛 16 獅(南)鯨	象(澄)熊 17 獅(南)鯨
	18	19 象(南)獅	20 象(南)獅	熊(中)牛 21 誠(莊)鯨	熊(竹)牛 22 象(莊)獅	象(莊)獅 23 誠(竹)鯨	熊(中)牛 24 誠(莊)鯨
	25	26 鯨(澄)熊	27 鯨(澄)熊	獅(屏)誠 28 牛(莊)象	獅(屏)誠 29 鯨(澄)熊	鯨(澄)熊 30 牛(母)象	
5 月							獅(屏)誠 1 牛(莊)象
	2	3 誠(屏)象	4 誠(高)象	鯨(中)牛 5 熊(南)獅	鯨(中)牛 6 誠(嘉市)象	誠(中)象 7 熊(南)獅	鯨(莊)牛 8 熊(高)獅

	9	10 獅(中)牛	11 獅(嘉市)牛	誠(澄)熊 12 象(竹)鯨	13 誠(澄)熊	14 象(母)鯨	誠(澄)熊 15 象(莊)鯨
	16	17 熊(竹)象	18 熊(莊)象	鯨(南)獅 19 牛(莊)誠	鯨(南)獅 20 熊(莊)象	熊(母)象 21 牛(嘉縣)誠	鯨(南)獅 22 牛(嘉縣)誠
	23	24 牛(莊)鯨	25 牛(莊)鯨	獅(澄)熊 26 象(莊)誠	獅(澄)熊 27 牛(中)鯨	牛(中)鯨 28 象(宜)誠	獅(澄)熊 29 象(宜)誠
	30	31 誠(南)獅					
			1 誠(南)獅	象(中)牛 2 熊(莊)鯨	象(莊)牛 3 誠(南)獅	誠(南)獅 4 熊(母)鯨	象(母)牛 5 熊(竹)鯨
	6	7 牛(澄)熊	8 牛(澄)熊	鯨(竹)誠 9 獅(莊)象	鯨(莊)誠 10 牛(澄)熊	牛(澄)熊 11 獅(莊)象	鯨(莊)誠 12 獅(母)象
	13	14 獅(竹)鯨	15 獅(莊)鯨	誠(莊)牛 16 象(澄)熊	誠(竹)牛 17 獅(莊)鯨	獅(母)鯨 18 象(澄)熊	誠(母)牛 19 象(澄)熊
	20	21 熊(莊)誠	22 熊(莊)誠	鯨(莊)象 23 牛(南)獅	鯨(莊)象 24 熊(竹)誠	熊(母)誠 25 牛(南)獅	鯨(屏)象 26 牛(南)獅
	27	28	29	30			
7月		下 半 球 季			誠(莊)象 1 熊(南)獅	熊(南)獅 2 鯨(屏)牛	誠(母)象 3 鯨(屏)牛
	4	5 誠(莊)鯨	6 誠(莊)鯨	象(南)獅 7 熊(竹)牛	象(南)獅 8 誠(莊)鯨	誠(莊)鯨 9 熊(中)牛	象(澄)獅 10 熊(中)牛
	11	12 牛(竹)象	13 牛(莊)象	鯨(澄)熊 14 獅(莊)誠	鯨(澄)熊 15 牛(莊)象	牛(母)象 16 獅(宜)誠	鯨(澄)熊 17 獅(宜)誠



	18	熊(南)獅 19 誠(中)象	熊(南)獅 20 鯨(嘉)牛	21	22	23 全明 星賽	24
	25	26 象(中)鯨	27 象(中)鯨	獅(莊)牛 28 誠(澄)熊	獅(竹)牛 29 象(莊)鯨	象(母)鯨 30 誠(澄)熊	獅(中)牛 31 誠(澄)熊
8 月	1	2 牛(莊)誠	3 牛(竹)誠	熊(屏)象 4 鯨(南)獅	熊(高)象 5 牛(宜)誠	牛(宜)誠 6 鯨(南)獅	熊(嘉縣)象 7 鯨(南)獅
	8	9 獅(嘉市)象	10 獅(中)象	牛(澄)熊 11 鯨(莊)誠	牛(澄)熊 12 獅(莊)象	獅(母)象 13 鯨(莊)誠	牛(澄)熊 14 鯨(莊)誠
	15	16 熊(屏)鯨	17 熊(高)鯨	誠(南)獅 18 象(中)牛	誠(南)獅 19 熊(澄)鯨	熊(澄)鯨 20 象(莊)牛	誠(南)獅 21 象(母)牛
	22	23 象(莊)誠	24 象(竹)誠	牛(中)鯨 25 獅(澄)熊	牛(中)鯨 26 象(嘉縣)誠	象(嘉縣)誠 27 獅(澄)熊	牛(母)鯨 28 獅(澄)熊
	29	30 牛(南)獅	31 牛(南)獅				
9 月				熊(莊)誠 1 鯨(屏)象	熊(莊)誠 2 牛(中)獅	牛(母)獅 3 鯨(高)象	熊(宜)誠 4 鯨(中)象
	5	6 象(熊)熊	7 象(熊)熊	獅(南)鯨 8 誠(中)牛	獅(南)鯨 9 象(熊)熊	象(熊)熊 10 誠(中)牛	獅(嘉市)鯨 11 誠(斗)牛
	12	13 鯨(中)牛	14 鯨(竹)牛	熊(南)獅 15 誠(斗)象	熊(中)獅 16 鯨(莊)牛	鯨(母)牛 17 誠(莊)象	熊(南)獅 18 誠(母)象
	19	20 獅(莊)誠	21 獅(莊)誠	牛(莊)象 22 鯨(澄)熊	牛(莊)象 23 獅(宜)誠	獅(宜)誠 24 鯨(澄)熊	牛(母)象 25 鯨(澄)熊
	26	27 熊(中)牛	28 熊(中)牛	誠(莊)鯨 29 象(南)獅	誠(莊)鯨 30 熊(高)牛		

10 月						熊(澄)牛 1	誠(母)鯨 2
	3	4 鯨(南)獅	5 鯨(南)獅	牛(竹)誠 6 熊(莊)象	牛(莊)誠 7 鯨(南)獅	鯨(南)獅 8 熊(母)象	牛(母)誠 9 熊(莊)象
	10	11 誠(澄)熊	12 誠(澄)熊	象(澄)鯨 13 獅(中)牛	象(高)鯨 14 誠(澄)熊	誠(澄)熊 15 獅(中)牛	象(母)鯨 16 獅(中)牛
	17	18	19	20	21 季後賽	22 季後賽	23 季後賽
	24	25 季後賽	26 季後賽	27	28	29 總冠軍賽(1)	30 總冠軍賽(2)
	31 (3)						
11 月		1	2 總冠軍賽(4)	3 總冠軍賽(5)	4	5 總冠軍賽(6)	6 總冠軍賽(7)
	7	8	9	10	11	12	13

象：兄弟象

誠：誠泰 Cobras

莊：新莊球場

高：高雄市球場

中：台中球場

宜：宜蘭球場

嘉縣：嘉義縣球場

牛：興農牛 1896

熊：LaNew 熊

南：台南球場

竹：新竹球場

屏：屏東球場

嘉市：嘉義市球場

獅：統一獅

鯨：中信鯨

母：天母球場

澄：澄清湖球場

斗：斗六球場

花：花蓮球場

### 附錄三：中華職棒大聯盟近年來各項觀眾人數統計資料

1990年，中華職棒的第一個球季便突破了一百萬人次的數目，隨著球迷數穩定地成長，至1995年球季，單年觀眾人數已突破一百六十萬人次，而1997年累積總觀眾人數也突破一千萬人次。1997年至2002年期間經歷職棒簽賭案、兩聯盟分立等事件而導致球團解散、球迷失望不願再觀看棒球等困境，讓職棒跌入球團經營慘淡、票房冷清而負債累累。2004年經過去年世棒賽奪得季軍、兩聯盟合併成一個聯盟以及參加雅典奧運等因素影響，職棒運動隨著這股熱潮，又受到社會大眾的喜愛與支持，觀眾人數又直線上升，如附表3.1與附圖3.1所示。

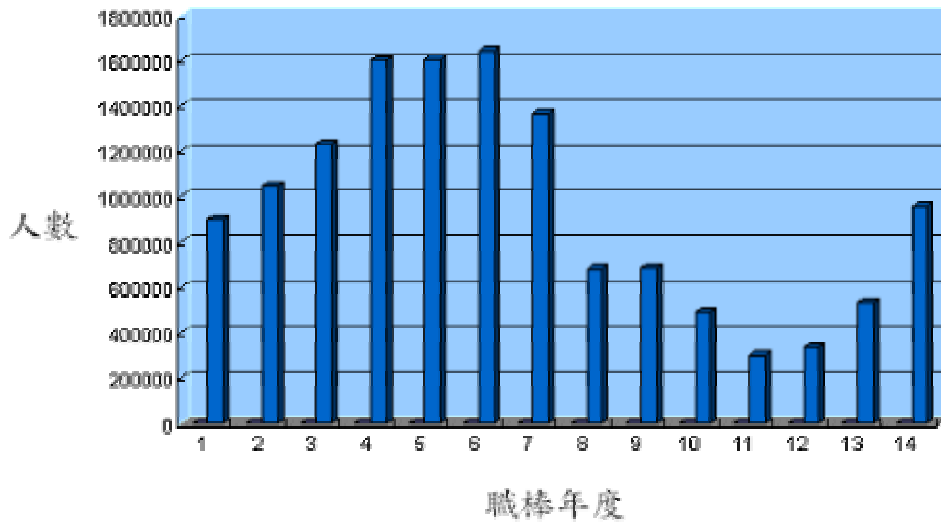
附表 3.1 中華職棒歷年觀眾平均人數表

職棒年度	年度	總場次	總觀眾人數	平均單場觀眾人數
職棒元年	1990	180	899,955	5,000
職棒二年	1991	180	1,050,405	5,836
職棒三年	1992	180	1,238,063	6,878
職棒四年	1993	270	1,600,549	5,928
職棒五年	1994	270	1,607,677	5,954
職棒六年	1995	300	1,646,361	5,488
職棒七年	1996	300	1,364,424	4,548
職棒八年	1997	336	685,832	2,041
職棒九年	1998	315	690,089	2,191
職棒十年	1999	278*	496,433	1,786
職棒十一年	2000	180	301,671	1,676
職棒十二年	2001	180	337,707	1,876
職棒十三年	2002	180	532,304	2,957
職棒十四年	2003	300	958,596	3,195
職棒十五年	2004	300	1,051,625	3,505
總計		3,749	14,461,681	3,857

\*註：1999年原訂300場比賽，因921大地震取消22場

資料來源：[42]

中華職棒歷年觀眾人數統計



資料來源：[42]

附圖 3.1 中華職棒歷年觀眾人數統計圖

以六隊來看，兄弟象的球迷最多，100 場賽事平均每場有 5934 名觀眾。興農牛第二，平均每場有 4454 名觀眾。其次為統一獅、誠泰 Cobras、LaNew 熊，最後為中信鯨，平均一場觀眾人數只有 2000 多人，如附表 3.2 所示。

附表 3.2 各球隊平均一場觀眾人數排名表

名次	球隊	場數	總觀眾人數	2004 年平均一場觀眾人數	2003 年平均一場觀眾人數
1	兄弟象	100	593443	5934	5491
2	興農牛	100	445401	4454	3845
3	統一獅	100	333885	3338	3149
4	誠泰 Cobras	100	280152	2801	2010
5	LaNew 熊	100	226243	2262	2038
6	中信鯨	100	224126	2241	2635

資料來源：[45]

6 個隊伍會有 15 種對戰組合，附表 3.3 是 2003 年與 2004 年的對戰組合排行榜統計表，每一季每一個對戰組合有 10 場比賽，因此一整年有 20 場比賽。最受觀眾歡迎的對戰組合前三名分別是：兄弟象 V.S.興農牛、兄弟象 V.S.統一獅與兄弟象 V.S.誠泰 Cobras，觀眾的平均人數普遍有上升的情形。

附表 3.3 2003 年與 2004 年對戰組合排行榜統計表

名次	對戰組合	場數	總觀眾	2004 年平均	對戰成績	2003 年平均
1	兄弟象、興農牛	20	192726	9636	兄弟象:8 勝 12 敗 興農牛:12 勝 8 敗 和:0	7767
2	兄弟象、統一獅	20	139811	6990	兄弟象:9 勝 10 敗 統一獅:10 勝 9 敗 和:1	6219
3	兄弟象、誠泰 Cobras	20	98106	4905	兄弟象:14 勝 6 敗 誠泰 Cobras:6 勝 14 敗 和:0	4369
4	兄弟象、LaNew 熊	20	87324	4366	兄弟象:11 勝 9 敗 LaNew 熊:9 勝 11 敗 和:0	4302
5	興農牛、誠泰 Cobras	20	77448	3872	興農牛:9 勝 10 敗 誠泰 Cobras:10 勝 9 敗 和:1	2184
6	兄弟象、中信鯨	20	75476	3773	兄弟象:12 勝 8 敗 中信鯨:8 勝 12 敗 和:0	4797
7	興農牛、統一獅	20	73924	3696	興農牛:11 勝 8 敗 統一獅:8 勝 11 敗 和:1	3682
8	興農牛、中信鯨	20	52819	2640	興農牛:7 勝 11 敗 中信鯨:11 勝 7 敗 和:2	3471
9	興農牛、LaNew 熊	20	48484	2424	興農牛:13 勝 6 敗 LaNew 熊:6 勝 13 敗 和:1	2121
10	統一獅、誠泰 Cobras	20	45379	2268	統一獅:12 勝 8 敗 誠泰 Cobras:8 勝 12 敗 和:0	1679
11	統一獅、LaNew 熊	20	40043	2002	統一獅:11 勝 7 敗 LaNew 熊:7 勝 11 敗 和:2	1801
12	中信鯨、誠泰 Cobras	20	34965	1748	中信鯨:12 勝 7 敗 誠泰 Cobras:7 勝 12 敗 和:1	1200
13	統一獅、中信鯨	20	34728	1736	統一獅:13 勝 5 敗 中信鯨:5 勝 13 敗 和:2	2364
14	中信鯨、LaNew 熊	20	26138	1306	中信鯨:9 勝 11 敗 LaNew 熊:11 勝 9 敗 和:0	1345
15	誠泰 Cobras、LaNew 熊	20	24254	1212	誠泰 Cobras:12 勝 7 敗 LaNew 熊:7 勝 12 敗 和:1	620

資料來源：[45]

以各球隊的主場來看，兄弟象的球迷還是最多，2004 年的 50 場主場的比賽平均每場有 6275 名觀眾。興農牛第二，2004 年平均每場有 4346 名觀眾。其次為統一獅、誠泰 Cobras、LaNew 熊，最後為中信鯨，平均一場觀眾人數只有 1977 人，如下頁附表 3.4 所示。

附表 3.4 各球隊主場平均一場觀眾人數排名表

名次	球隊	場數	總觀眾人數	2004 年平均一場觀眾人數	2003 年平均一場觀眾人數
1	兄弟象	50	313762	6275	5311
2	興農牛	50	217339	4346	4175
3	統一獅	50	187095	3741	3602
4	誠泰 Cobras	50	129439	2588	1647
5	LaNew 熊	50	105127	2102	1964
6	中信鯨	50	98863	1977	2470

資料來源：[45]

若從各球隊的客場來看，兄弟象的球迷依然最多，2004 年的 50 場客場的比賽平均每場有 5593 名觀眾。興農牛第二，2004 年平均每場有 4561 名觀眾。其次為誠泰 Cobras、統一獅、中信鯨，最後為 LaNew 熊，平均一場觀眾人數有 2422 人，如附表 3.5 所示。

附表 3.5 各球隊客場平均一場觀眾人數排名表

名次	球隊	場數	總觀眾人數	2004 年平均一場觀眾人數	2003 年平均一場觀眾人數
1	兄弟象	50	279681	5593	5671
2	興農牛	50	228062	4561	3515
3	誠泰 Cobras	50	150713	3014	2374
4	統一獅	50	146790	2935	2697
5	中信鯨	50	125263	2505	2800
6	LaNew 熊	50	121116	2422	2112

資料來源：[45]

12 座球場並非平均分配使用，聯盟與球團會以票房為考量來安排比賽之場地，附表 3.6 是 2003 年與 2004 年各球場平均一場觀眾人數排名，由表可看出天母、台中、台南這三個球場的使用率最高，觀眾票房也很多。在高雄縣的澄清湖球場由於是 LaNew 熊的主場，雖然使用次數高，但是觀眾人數並不多。

附表 3.6 各球場平均一場觀眾人數排名表

名次	球隊	場數	總觀眾人數	2004 年平均一場觀眾人數	2003 年平均一場觀眾人數
1	高雄市	2	13576	6788	2250
2	天母	28	158085	5645	5837
3	嘉義縣	2	10112	5056	X
4	花蓮	4	16571	4142	3877
5	台中	50	183348	3666	3966
6	台南	41	143259	3494	3480
7	屏東	9	31037	3448	3112
8	新竹	17	57219	3365	3182
9	宜蘭	5	16640	3328	X
10	新莊	70	232308	3318	2567
11	澄清湖	56	164136	2931	2162
12	嘉義市	16	25334	1583	1810
平均		300	1051625	3505	3195

資料來源：[45]

附表 3.7 與附表 3.8 是各月份與每星期幾平均一場觀眾人數排名，賽程都集中在 4 月至 9 月，而觀眾則是選擇星期六與星期日等週末時段來看球賽居多。

附表 3.7 各月份平均一場觀眾人數排名表

名次	月份	場數	總觀眾人數	2004 年平均一場觀眾人數	2003 年平均一場觀眾人數
1	二月	2	24455	12227	X
2	八月	3	11908	3969	3428
3	四月	41	159374	3887	3146
4	五月	46	174493	3793	3362
5	七月	39	145345	3726	3401
6	十月	48	168554	3511	2222
7	三月	39	129998	3333	3888
8	六月	38	126078	3317	2775
9	九月	44	111420	2532	2775

資料來源：[45]

附表 3.8 每星期幾平均一場觀眾人數排名表

名次	星期	場數	總觀眾人數	2004 年平均一場觀眾人數	2003 年平均一場觀眾人數
1	(六)	56	267558	4777	4526
2	(日)	62	270419	4361	3892
3	(三)	34	111268	3272	2398
4	(一)	8	23523	2940	2503
5	(五)	50	138267	2765	2965
6	(四)	56	154304	2755	2400
7	(二)	34	86286	2537	2129
平均		300	1051625	3505	3195

資料來源：[45]

2005 年最多觀眾人數是在澄清湖球場比賽，乃是兄弟象的主場，由附表 3.9 可以看出前五名有 4 個是兄弟象參賽，包括 2 個主場以及 2 個客場。

附表 3.9 2005 年最多觀眾人數排行榜前五名一覽表

名次	場次	日期	星期	球場	客隊	主隊	比數	觀眾人數
1	001	2004/02/28	(六)	澄清湖	興農牛	兄弟象	4:2	18342
2	115	2004/05/23	(日)	澄清湖	興農牛	兄弟象	2:0	11071
3	299	2004/10/31	(日)	天母	興農牛	誠泰 Cobras	9:8	10500
4	287	2004/10/23	(六)	天母	兄弟象	興農牛	1:10	10500
5	107	2004/05/15	(六)	天母	兄弟象	統一獅	9:2	10500
6	087	2004/05/01	(六)	新莊	誠泰 Cobras	兄弟象	1:3	10500
7	070	2004/04/18	(日)	天母	兄弟象	興農牛	8:3	10500
8	068	2004/04/17	(六)	新莊	兄弟象	興農牛	10:6	10500
9	064	2004/04/15	(四)	台中	兄弟象	興農牛	5:3	10500
10	119	2004/05/23	(日)	澄清湖	興農牛	兄弟象	3:6	10455
11	282	2004/10/20	(三)	台中	兄弟象	興農牛	1:6	10200
12	153	2004/06/20	(日)	台中	兄弟象	興農牛	2:3	10005
13	187	2004/07/14	(三)	新莊	兄弟象	興農牛	3:5	9859
14	113	2004/06/07	(一)	台中	興農牛	兄弟象	8:1	9477
15	240	2004/09/19	(日)	新莊	興農牛	兄弟象	2:0	9447

資料來源：[45]