

國立交通大學  
運輸科技與管理學系  
碩 士 論 文

以限制規劃構建全年無休服務人員排班模式  
- 以客服人員排班為例

Constraint Programming Models for 7×24 Service Agent Scheduling Problem:  
A Case of Call Center Application

研 究 生： 林詩芹

指導教授： 韓復華

中華民國九十二年六月

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

Constraint Programming Models for 7×24 Service Agent Scheduling Problem:

A Case of Call Center Application

研 究 生：林詩芹

Student：Shih-Chin Lin

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

A Thesis

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 2003

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十二 年 六 月

# 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

研究生：林詩芹

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

隨著經濟發展，人力成本亦不斷提高，對若干無法以科技自動化取代人工的全年無休服務專業而言，人員排班確是一項重要的課題。除了成本的考慮，排班公平性的良窳亦直接影響服務人員的士氣，進而衝擊到對顧客的服務品質。本研究以客服中心為例，來探討全年無休服務人員的排班問題。客服中心是當今電子商務時代，各大企業在網路上提供一週 7 天 24 小時服務的典型範例。客服中心一方面要滿足服務水準之人力需求，及遵守勞基法規、企業規定相關的各種硬限制條件，另一方面也要儘量滿足個別人員公平性的各種軟限制條件。再加上客服人員可能擁有雙重或多重技能使得客服中心人員排班的問題，遠比一般以人力成本最小化的排班問題更為複雜。

本研究擬將客服人員排班問題定式為一個限制滿足問題(CSP)，將之構建成限制規劃(CP)模式進行求解。而為有效率求解大規模的實務問題，本研究將問題分為二階段求解，第一階段為「排班」模式，產生滿足各條件限制及符合人力需求之班別及其數量，並考慮將不滿足需求程度及人力成本最小化。第二階段為「派遣」模式，為將第一階段產生之班表指派給人員，除考慮各項限制條件外亦考慮班表之公平性。

本研究以國內 C 銀行客服中心為個案，依據其實際排班相關規則及一業務組 45 名人員之排班資料作為測試例題，以 ILOG OPL Studio 軟體撰寫程式，於 AMD 1.6G 之個人電腦求解一個月之人員班表。測試結果可於 10 分鐘內完成整月班表求解，得到符合各項限制、97%的人力需求、人力成本最小之班表；在公平性方面，可達到當月各人員工作天數差異至多一日、假日休假天數差異至多二日。除班表外，本研究結果亦可提供人力供需統計與人員勞逸分配等資訊，供客服中心人力需求規劃及管理決策之依據。

關鍵字：客服中心、人員排班、人員派遣、限制滿足問題、限制規劃

# Constraint Programming Models for 7×24 Service Agent Scheduling Problem: A Case of Call Center Application

Student : Shih-Chin Lin

Advisor : Anthony Fu-Wha Han

Institute of Transportation Technology and Management  
National Chiao Tung University

## ABSTRACT

For most service industries, the service agent scheduling or rostering is a major concern of the management because the high cost of service professionals can hardly be replaced by automated technology. In addition, the morale of the service crew highly relies on a fair roster or schedule, and this morale would easily translate into customer satisfaction, which in general represents the goal of a service business. Call center service agent scheduling problem is a typical case of 7-days-24-hours service crew scheduling problems. The scheduler not only has to provide a roster to satisfy all labor regulations and the service requirements (Hard Constraints) but also needs to consider to fit individual equitableness (Soft Constraints) as much as possible. The multiple-skill consideration, i.e. a single service agent can serve for multiple skill requirements at one time, makes the call center scheduling problem more complicated than general scheduling problem.

In this research, we formulate the call center service agent scheduling problem as a constraint satisfaction problem (CSP), and using constraint programming (CP) method to solve the problem in two phases. The first phase is “Crew Scheduling”, which generates the optimal shift combinations to meet all work requirements and minimize demand unfitness and over-time labor cost. The second phase is “Crew Rostering”, which then generates equitable roster for each service agent to meet all related regulations.

We conducted a case study of the call center of a Taiwan’s major bank. Using real world data of a division with 45 agents, we implemented the CP model on an AMD 1.6G personal computer. The ILOG OPL Studio served as the tool to construct our CP model. The results of a full-month roster of the case problem can be generated in 10 minutes. The results were checked by the case company, and obtained very positive response. In addition to the roster schedule results, our model also provides many useful information for workforce and manpower planning and management for a call center.

**Keywords :** Call Center, Personnel Scheduling, Personnel Rostering, Constraint Satisfaction Problem, Constraint Programming.

## 誌 謝

本碩士論文得以順利完成，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。自大四專題的電子商務研究、研究所兩年的助教經驗，讓學生無論在做人做事及研究學問的態度均獲益良多。

論文進行期間，承蒙 C 銀行之客服中心人員邱先生與羅先生提供本研究個案參考資料及在模式構建上的建議，以及天剛科技丁先生、天新科技陳先生所提供之協助與建議，均使本研究更加充實，在此由衷地表示謝忱。論文口試期間，承蒙中華大學張靖教授、系上任維廉教授不吝指教與斧正，所提供的種種寶貴意見使得本論文能夠更臻完備充實。論文審查時系上卓訓榮教授與任維廉教授所給予之建議，均使本論文更加嚴謹充實，學生衷心感佩。

交大六年的學生生活即將在此劃下句點，其中的箇中實在酸甜難以言喻，感謝系上學長姊們多年來的照顧及提供各種寶貴意見，幫助我找到未來的目標與方向。感謝網路實驗室的各位夥伴，學長姊、我們這屆共患難的同伴、學弟們的相處，讓我研究所兩年的生活不至乏味。感謝不管在一起六年、四年或兩年的同窗夥伴，大家一起同甘共苦完成大學及碩士學位，希望畢業後大家繼續保持聯絡。

最後，我要將此論文獻給我最摯愛的雙親、妹妹，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。能完成此篇論文，要感謝的人實在很多，在此僅將這份榮耀與你們一起分享。

林詩芹 謹誌

記于 2003.6 新竹交大

# 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
圖錄.....	VII
表錄.....	VIII
第一章 緒論.....	9
1.1 研究背景與動機.....	9
1.2 研究目的與範圍.....	10
1.3 研究方法與流程.....	12
第二章 文獻回顧.....	17
2.1 人員排班問題.....	17
2.1.1 人員排班問題定義.....	17
2.1.2 人員排班問題型態.....	18
2.1.3 人員排班之解法.....	21
2.1.4 人員排班各種解法之比較.....	24
2.2 客服中心文獻回顧.....	25
2.2.1 客服中心簡介.....	26
2.2.2 建置客服中心之成本.....	33
2.2.3 客服中心人員排班問題.....	41
2.3 限制規劃法之文獻回顧.....	47
2.3.1 限制滿足問題之定義.....	47
2.3.2 限制規劃簡介.....	48
2.3.3 限制規劃之求解演算法.....	50
第三章 客服人員排班之限制規劃模式構建.....	58
3.1 客服中心簡介.....	58
3.2 客服人員排班問題概述.....	59
3.3 客服中心實際運作排班系統流程.....	62
3.4 客服人員排班之限制規劃模式.....	64
3.4.1 問題定義與求解架構.....	64
3.4.2 模式假設.....	65
3.4.3 模式構建.....	66

3.4.5 第一階段模式：排班模式.....	67
3.4.6 第二階段模式：派遣模式.....	80
第四章 客服人員排班個案探討.....	91
4.1 個案問題簡介.....	91
4.1.1 個案公司介紹.....	91
4.1.2 問題規模.....	91
4.2 客服人員排班相關資料.....	94
4.2.1 人員資料.....	94
4.2.2 班別資料.....	98
4.2.3 人力需求資料.....	104
4.2.4 成本設定.....	105
4.2.5 限制條件整理.....	105
第五章 客服人員排班個案結果與分析.....	107
5.1 各階段模式規模及求解時間.....	107
5.2 個案參數設定及資料輸入.....	108
5.2.1 第一階段模式參數設定及資料輸入.....	108
5.2.2 第二階段模式參數設定及資料輸入.....	113
5.3 客服人員排班個案執行結果與分析.....	114
5.3.1 第一階段執行結果與分析.....	114
5.3.2 第二階段執行結果與分析.....	118
5.4 小結.....	121
第六章 結論與建議.....	122
6.1 結論.....	122
6.2 建議.....	123
參 考 文 獻.....	124
附 錄 A - 個 案 客 服 中 心 之 人 力 需 求 資 料.....	127
附錄 B - 第一階段模式執行結果-班別組合.....	錯誤！尚未定義書籤。
附錄 C - 各技能部分多餘及不足人力統計.....	錯誤！尚未定義書籤。
附錄 D - 各技能部分第一週多餘及不足人力數統計圖.....	錯誤！尚未定義書籤。

附錄 E - 第二階段執行結果-人員班表.....錯  
誤！尚未定義書籤。

## 圖目錄

圖 1.1	研究流程圖 .....	16
圖 2.1	電話客服中心系統架構及操作流程 .....	34
圖 2.2	客服人員數目與 PCA 之關係 .....	43
圖 2.3	BT 搜尋法–以 4-queens 為例 .....	53
圖 2.4	FC 搜尋法–以 4-queens 為例 .....	55
圖 2.5	MAC 搜尋法–以 4-queens 為例 .....	57
圖 3.1	客服中心排班問題之決策支援系統架構圖 .....	60
圖 3.2	客服中心實際運作排班系統的流程 .....	63
圖 3.3	以 CP 模式求解客服人員排班 CSP 問題之架構 .....	65
圖 3.4	模式求解架構流程圖 .....	66
圖 3.5	第一階段模式求解架構圖 .....	69
圖 3.6	A1 班別之預先設定示意圖 .....	71
圖 3.7	A1_2 班別之預先設定示意圖 .....	71
圖 3.8	第二階段派遣模式求解架構 .....	81
圖 4.1	未加班班別之各日橫跨時段 .....	99
圖 4.2	加班兩小時班別之各日橫跨時段 .....	100
圖 4.4	星期一信用卡部分之需求人力統計 .....	105
圖 4.5	非週休之星期六信用卡部分之需求人力統計 .....	105
圖 5.1	銀行部分第一天各時段多餘及不足人力數統計 .....	118
圖 5.2	信用卡部分第一天各時段多餘及不足人力數統計 .....	118

## 表目錄

表 2.1	人員排班各種解法之比較.....	24
表 2.2	客服人數對服務品質的邊際影響之例.....	44
表 2.3	OR 與 CP 方法所適用之問題類型.....	49
表 3.1	第一階段排班模式之限制條件.....	67
表 3.2	模式資料、參數與變數符號代碼及其說明.....	69
表 3.3	第一階段模式參數及資料之說明.....	71
表 3.4	第一階段模式所用之集合.....	73
表 3.5	模式第一階段之變數.....	74
表 3.6	模式第一階段限制式.....	76
表 3.7	第二階段排班模式之限制條件.....	80
表 3.8	第二階段模式參數之說明.....	82
表 3.9	第二階段模式所用之集合.....	82
表 3.10	第二階段模式變數之說明.....	83
表 3.11	模式第二階段之限制式.....	85
表 4.1	排班測試月份之月曆 (*為週休星期).....	92
表 4.2	每日時段區間編號所代表之時間.....	92
表 4.3	客服人員工作性質與技能分布數量.....	94
表 4.4	個案全時工作人員相關資料.....	94
表 4.5	個案兼時工作人員相關資料.....	96
表 4.6	全時人員之班別橫跨時段、用餐及休息時段.....	102
表 4.7	兼時人員之班別橫跨時段、用餐及休息時段.....	104
表 4.8	本研究自訂之各項目薪資假設.....	105
表 5.1	個案之模式變數個數、限制式數及求解時間.....	107
表 5.2	第一階段模式參數設定.....	108
表 5.3	班別總工作時段數.....	109
表 5.4	上個月最後一天各技能接晚班所提供之人數.....	111
表 5.5	各技能部分、各工作性質所能提供之人數上限.....	111
表 5.6	各技能、各工作性質所能提供白天班與晚上班之人數上限.....	112
表 5.7	第二階段模式參數設定.....	113
表 5.8	全時工作人員休假數.....	119
表 5.9	兼時工作人員休假數.....	120
表 5.10	全時工作人員之假日休假數.....	120
表 5.11	兼時人員之假日休假數.....	121

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

近年國內服務業不斷迅速發展，在產業結構所佔之重要性越來越高。為了提供給顧客更好的服務品質，服務業逐漸走向全年無休之服務型態，如：醫院、客服中心(Call Center)、查號台、收費站、航空站、便利商店...等。而科技的進步雖然減少了許多人力需求，卻取代不了服務人員的工作，加上顧客對服務品質日益重視，因此如何將服務人員做適當的排班調度，使其永保高滿意度與愉悅的心情服務顧客以提升服務品質，便成為服務業很重要的一個研究議題，服務人員排班的技術也因此逐漸受到重視。

全年無休服務業近期最佳的例子便是二十四小時客戶服務中心，因近年來企業間的競爭已進入「服務」的競爭，企業除需提供優良的產品外，更需提供優良的售前、售中和售後服務，才能吸引顧客，並且能讓顧客繼續購買。客戶服務中心除了上述功能外，更可透過主動地為客戶提供服務，向客戶宣傳、推薦和銷售產品來達到客服中心最大的用處。客服中心的軟硬體投資費用是相當可觀的，但以全部營運成本為 100%來計算，系統設備費用僅佔 10%，通訊傳輸費用 20%，人事及管理費用則佔了 60%~70%[9]，人事管理為客服中心營運成本的最大開銷。可知人力實為客戶服務中心最重要的資本，而適當的人員排班調度有助於降低人力成本，並可增進服務人員的滿意度及士氣，進而提升服務品質。

相較傳統人員排班問題，全年無休服務人員之排班問題特別重視人力之適當分配與員工滿意度。由於員工不像一般企業有固定假日可言，適當的輪班調度與休假對員工而言更顯得重要，因此公司的排班與休假政策的選定需考慮周詳。在限制條件方面，除須考慮勞基法規、公司政策外，也須考慮營運成本及員工排班的意願，種種複雜的限制條件使得人力排班需花費極長的時間，但目前大多數服務機構仍以傳統人工方式處理排班問題，若可應用適當的方法建立良好的排班模式，配合現今快速的電腦科技，除可節省相當多的排班人力與時間成本，也能排出較佳的班表。

有鑑於該問題之重要性，本研究之目的即在於「構建全年無休服務人員之排班模式 - 以客服人員排班為例」。本研究擬以對於求解排班問題極有效率之限制規劃方法建立全年無休服務人員排班模式，並以全年無休產業中，頗具代表性之客服中心人員排班為例，期能

構建符合公司規定及員工滿意的班表，以提升整體士氣與員工滿意度，並對顧客之服務品質有直接正面的影響，有助強化公司正面形象。

## 1.2 研究目的與範圍

本研究之目的為探討全年無休服務人員之排班問題，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班機制，一方面可減少排班人員排班工作的負擔，並可產生班表之相關統計報表以供客服中心管理者參考；另一方面也可增加人員對班表的滿意度，進而提昇顧客服務水準，使企業提昇服務形象。

本研究討論的對象是週末仍需營運的企業體或組織，通常以服務業為主；所研究的範圍，是屬於人員排班問題。人員排班問題可定義為「在考慮複雜的政府政策、企業排班規則、休假政策與人員個人偏好下，產生每位員工於某段期間中的值勤班表，而此值勤班表必須完全符合嚴格的企業排班規則 (Hard Constraints) 並盡量滿足每位人員之個人偏好 (Soft Constraints)」。此問題為一種多目標的人員排班問題，必須同時考慮最小化人力資源成本與最大化人員對班表之滿意度。

本問題考慮之全年無休服務人員排班問題，不同於其他企業排班的地方在於其需求型態是 24 小時不間斷的，排班人員必須將有限的人力做有效的安排以滿足各時段的人力需求，並考慮符合法律上工作及企業休假政策之相關規定，及員工對排班之各種要求，如個人每日所上之班別時段、工作天數公平、在正常星期例假日是否能放假及對連續假期的要求等，如此複雜之限制條件之下，使得排班需花費極長的時間。

本研究擬將全年無休人員排班問題定式為一限制滿足問題(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，構建有效的客服人員排班值勤班表。本研究在各項法規、公司政策及各時段人員需求量已知的條件下，以客服中心現有人力，產生較佳的排班班表，以達到預定服務水準需求，並考慮盡量將人力成本最小化及公平性最大化。

本研究將以實際客服中心人員排班為例，在收集相關文獻之後，對個案進行資料蒐集及深入研究，而後建立客服人員排班之限制規劃模式，並整理班表之相關統計報表，最後在進行結果評估與分析，期望能建立協助全年無休人員排班之決策支援工具，將來亦可提供

作為運輸物流服務人員排班決策之參考。

### 1.3 研究方法與流程

本研究擬針對全年無休服務人員排班問題，將之定義為一限制滿足問題，利用限制規劃方法配合相關工具，求解滿足企業單位休假政策下、各種排班規定與員工個別需求偏好之值勤班表。在研究方法上，除蒐集、回顧限制規劃之發展近況，以及人員排班問題常用之求解方法外，亦將構建問題模式並以 ILOG OPL Studio 軟體撰寫程式，進一步以實際客服中心人員排班為個案，完成排班班表，並評估所排出之班表效益。

具體之執行步驟如下：

1. 文獻之蒐集與回顧：蒐集、回顧人力規劃與人員排班問題文獻，了解人員排班問題的定義與過去應用之解決方法；瞭解客服中心的運作、回顧過去國內外客服中心的發展，及客服人員排班之相關文獻；回顧限制規劃、限制滿足問題之相關文獻，了解限制規劃之適用性。
2. 實務問題之資料收集與排班規則整理：以多重技能之客戶服務中心為研究對象，實際拜訪客服中心的排班人員，瞭解其服務單位對於人員排班作業之規定並整理，取得相關勤務休假政策、工作時段、員工等資料，並瞭解個別員工對於工作時段和休假日期的特殊偏好。
3. 客服人員排班模式之建立：取得排班相關資料後，利用限制規劃之方法，根據服務單位之排班規定與班表公平原則，建構人員排班問題之限制規劃模式。
5. 客服人員排班模式之求解：將本研究建構出之限制規劃排班模式以 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。
6. 求解結果分析：針對求解出來之值勤班表，進行求解品質與求解效率之分析，探討本研究模式之可行性與優劣，作為模式調整之依據。

7. 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。
8. 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。

本研究之流程圖，如圖 1.1 所示。



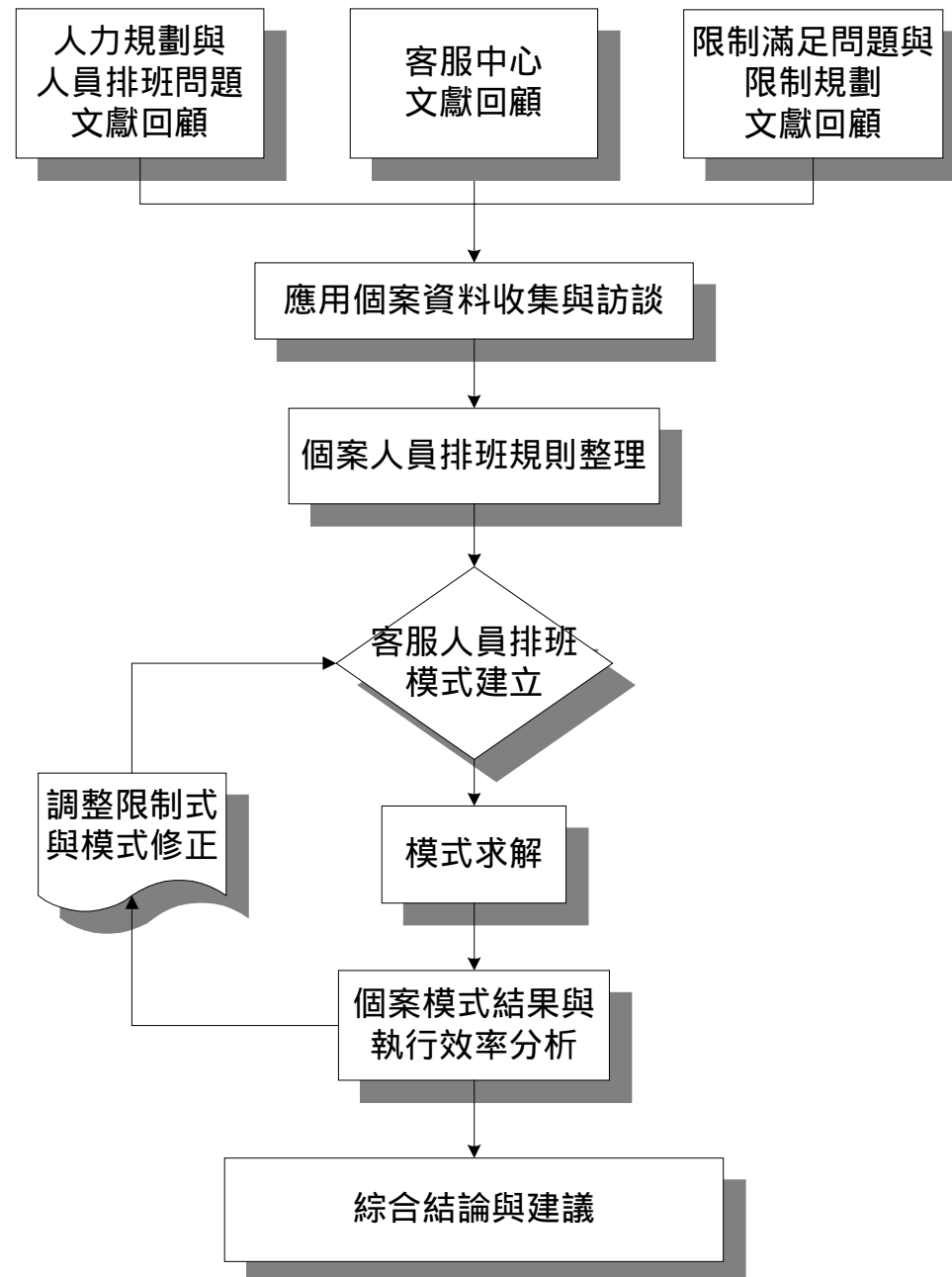


圖 1.1 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 人員排班問題

自一九七〇年代起，即有許多須學者著手研究討論人力資源規劃(Work Force Planning)與人員排班(Staff Scheduling)的相關問題，如[16][18][20]。過去這些研究的共同目的都是使企業主在能夠滿足對雇員的需求量與符合各種排班政策要求下，運用特定的排班方法來達到僱用人數最少，亦即達到成本最小的目的。

但近年來，員工對於自身工作上的排班要求與休假時間的安排日漸重視，特別在連續假期的要求、在正常例假日是否能放假、對連續假期的要求及排班公平性的要求等。因此產生除需滿足法規(Hard Constraints)外，亦需滿足員工要求(Soft Constraints)之人員排班問題，如[25][29]。

以下先就人員排班問題之定義及其分類型態等作一介紹，其後再逐一介紹人員排班的各種解法。

#### 2.1.1 人員排班問題定義

人員排班問題是真實世界中常面臨到的一個問題，大至政府單位、公司組織，小至一般團體、班級間的人力工作安排，簡單的來說就是在適當的「時間」安排適當的「人力」於適當的「工作」上。

Lau[42]學者針對人力排班做了以下的定義：人力排班為在滿足管理者、勞方、政府等各單位的目標與政策下，將人力資源適當的安排於所需的作業項目，即在組織營運時，將員工安排至各項工作以提供服務，已成為一項不可或缺的管理活動。

Abboud 等人[16]認為在真實世界的人力分派問題中有很多要素需要考量，如個別勞工的能力、偏好及滿意程度等均影響排班工作的好壞，一般而言實際人力排班情形並不易解決，通常採用兩種方法，第一種是發展數學分析來獲取一最佳解；第二種作法為採用啟發式解法來獲取一近似最佳解。

### 2.1.2 人員排班問題型態

人員排班問題依據各種不同的排班問題有各種不同解題型態，如有各種不同的排班方式及各種排班型態，以下說明人員排班的各分類型態。

## 1.人員排班可分為下列三種排班方式[1]：

### i. 值勤班次排班問題( Shift Scheduling Problem )

此問題僅規劃一天內的班表，意即決定人員在這一天內那個時段必須工作。最簡單的方式是指派非重疊性班次(Nonoverlapping shifts)，如早、中、晚三班。然而當需求隨著時間而變化很大時，非重疊班次雖然能夠滿足尖峰時段的需求，但在非尖峰時段會產生很大的人力浪費，為了改善這種情形，於是就有重疊性排班(Overlapping shift)的產生。如此一來，班次型態就更多，增加了問題的複雜度。

### ii. 休假排班問題( Days-off Scheduling Problem )

班表的規劃為一個星期，且每一天人員的需求已知。通常人員一星期的工作天數必小於企業單位一星期營運的天數時，因此須安排人員的休假日。而當休假日一決定，即可知道人員之工作日。休假的型態有很多種，例如一星期中有一天休假或兩天休假，後者又可分為連續或不連續假，至於是何種型態，則視營運單位法規訂定。

### iii. 休假值勤排班問題( Tour Scheduling Problem )

此問題規劃的班表長度為一星期，所排出之班表不但包含那一天為休假日，並包含工作日的工作時段，因此上述兩個問題 - 執勤班次排班問題及休假排班問題，皆為休假值勤排班問題的子問題。如此使得班次型態變得非常龐大，問題求解更加不易。

## 2.人員排班可分為下列兩種排班型態：

### i. 週期性排班(Cyclical Scheduling)

週期性排班為制定固定班型，每 4-6 週或 7-12 週循環，優點為較為公平，因為每個人都會循環輪班，所以都會輪到好班或較差的班。另外由於事先人員知其工作及休假時間，因此人員易於安排個人休閒及社交活動長短程之計劃。

### ii. 非週期性排班(Non-cyclical Scheduling)

排班人員依照公司所給的人員數，排定該單位之班表，可依人員數改變而修改排班表。其優點為排班較為彈性，若公司有突如其

來的行銷活動或有意安排某些人員進行進修課程活動時，亦可讓排班人員事先得知；也可讓人員事先提出申請來安排較長的假期等優點。

本研究之客服人員排班模式的問題複雜度相當高，需要極佳的排班彈性才可產生較佳的班表，因此本模式在排班方式為休假執勤排班問題，而排班型態是屬於非週期性排班。

### 2.1.3 人員排班之解法

關於人員排班問題，在國內外均為廣泛地討論，相關文獻頗豐，其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)。

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，對於大型人員排班問題往往需要耗費過多的求解時間。在處理 0-1 整數規劃的人員排班問題上，可以分支定限法(Branch and Bound Method)為代表。

基於最佳演算法無法在特定時間內求得可行解的原因，一般對於實際或大型人員排班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，關於人員排班常見的啟發式解法有線上交談法、基因演算法(Genetic Algorithm, GA)等。

此外，本研究求解客服人員排班問題所應用之限制規劃方法，近年在國外文獻中，已有一些文獻開始探討此一新方法，其後將進一步說明。

#### 1. 最佳化演算法

企業所面臨的人力需求隨著時間不斷改變，因此對執勤人員的需求亦隨著時間而有所不同，因此可將整個排班期分為數個時段，根據顧客到達率、服務時間及特定的服務水準，得知各時段人員需求數，來進行排班工作。在滿足人員需求水準及法規的限制下，以最低成本為目標，決定值勤人數及其值勤時間。最常應用的方法便是 Dantzig[33]於 1954 年提出的數學規劃式，表示如下：

$$\begin{aligned}
& \text{Min} \quad \sum_j C_j X_j \\
& \text{s.t.} \quad \sum_j a_{ij} X_j \geq d_i \quad i = 1, 2, \dots \\
& \quad \quad X_j \geq 0 \\
& \quad \quad X \in \text{interger}
\end{aligned}$$

$i$  : 時段區間指標 (Interval Index),  $1 \leq i \leq I$   
 $j$  : 值勤班次指標 (Shift Index), 表類型  $j$  值勤班次  
 $X_j$  : 值勤班次  $j$  之班次數, 為決策變數  
 $C_j$  : 值勤班次  $j$  之單位成本  
 $d_i$  : 值勤  $i$  之人員需求  
 $a_{ij} : \begin{cases} 1, \text{若時段 } i \text{ 為班次 } j \text{ 之工作時段} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$

而人員排班問題已被 Bartholdi[23]證明為 NP-Complete，意即要在合理時間內找到一個快速求得最佳解的方法，是極不可能的。

## 2. 啟發式演算法

最佳演算法無法在合理時間內求得可行解，且問題規模越大所花費求解的時間為呈指數成長，而一班實務上的人員排班規模皆相當龐大，因此對於實際或大型人員排班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，但以縮短時間所換取的求解效率往往更符合實務所需，關於人員排班常見的啟發式解法有線上交談法、批次產生法、基因演算法(Genetic Algorithm, GA)、禁制搜尋法(Tabu Search, TA)以及模擬退火法(Simulated Annealing, SA)等人員排班之啟發演算法方法頗多，茲舉例如下：

Smith[47]利用啟發式解法，將人員排班設計成批次模式作業，分為三個階段：首先為總和各單位每週用人狀況，再產生暫時的班表，

並顯示各單位人力的多餘或短缺；最後再手動調整，產生最後的班表。

王勇華[1]組合文獻已有之方法，首先以 Morris & Showalter 之 MS 演算法求得一起始可行解，再以 Easton & Rossin 之 EAS 演算法產生相同成本解，最後加上 Henderson & Berry 之 LPI 演算法以及自行發展之 EXCHANGE 演算法進行解的改善，成為一個組合的啟發式解法 MEX；並以台灣電信北區管理局 104 東區查號台的接線生排班為應用實例。

高建元[6]採用線上交談的方式協助護理行政人員完成排班工作，其考量項目有：排班作業的起始日期、本月參與排班的人數，每個人員職別的區分，每個人員本月班別，每個人員上月末派班狀況以及類計的休假數紀錄，以及人員預約休假資料與人力需求等。

莊凱翔[5]在求解護理人員排班最佳化時，先就護理人員的排班現象加以分析，歸納其中規則，並採數學規劃方式加以整理。研究中採用修定的自我排班法(Self-scheduling)，僅開放人員自行排定上班休假日期，但不能決定工作排班種類，並結合基因演算法，提出一整合性演算架構，演算法編碼方式採用人員與週期為主軸的二維編碼架構，導入基因複製、交配運算步驟，並加入依模式特性設計的突變機制，使模式產生滿足限制式的可行班表，完成一套整合性排班班表。

### 3. 限制規劃法

目前限制規劃應用在人員排班上的文獻多為探討護士排班問題，許多國家的學者利用限制規劃求解護士排班問題，並實際作出決策資源系統，已有提供醫療單位極佳之功效。

Chun et. al. [30]，運用限制規劃方法為香港醫院管理局(Hospital Authority, HA)開發一項護士人員派遣模組(Rostering Engine, RE)，並將此模組放入香港醫院管理局之人員派遣系統中。

Cheng et. al. [29], 運用「Redundant Modeling」之模式技巧將香港鄧肇堅醫院急診部之護士人員排班問題模式化成兩個具有相等意義之限制滿足問題模式，且加入相連此兩模式之溝通限制式(Channeling Constraints)，藉由兩個模式之相互運作影響，增加模式之限制式繁衍 (Constraint Propagation)能力，以加快限制規劃方法之求解速度。其測試的問題範圍為「25-28 位護士與 11 種值勤班次型態(shift types)」，由於此系統之運作績效相當良好且具有彈性，使得醫院當局已開始採用此系統來輔助排班人員。

Darmoni et. al. [34], 運用限制規劃方法為法國之 Rouen 大學醫院開發一套智慧型的排班系統 Horoplan，其能彈性地允許使用者定義新增、刪除、修改法規限制式與大量縮短排班人員排一次班表所需花費的時間。此外，由於此套系統如此彈性，作者們亦積極推廣此一系統到法國各大醫院當中，以進而大量縮減法國醫療系統每年花費在排班之人力小時。

#### 2.1.4 人員排班各種解法之比較

經由上述對人員排班各種解法的文獻回顧，本研究對人員排班各種解法作一比較，如表 2.1 所示，由可求解問題規模與求解彈性比較，可得知限制規劃在求解人員排班問題之優勢。

表 2.1 人員排班各種解法之比較

演算法	可求解問題規模	求解彈性
最佳化演算法	可求解問題規模較小，若問題規模較大求解所需花費的時間越長，因此不符合現實情況	一旦訂定出模式，若問題本身改變則模式修改不易
啟發式演算法	可求解問題規模大，在合理的時間內可求出近似最佳解	一旦訂定出模式，若問題本身改變則模式修改不易

限制規劃法	求解規模可大可小，且可在合理時間內，可求出多組可行解，供排班人員參考	因限制規劃模式為條列之限制式組合，模式修改容易
-------	------------------------------------	-------------------------

## 2.2 客服中心文獻回顧

由於客服中心排班問題是近年來電子商務興起之新議題，研究文獻尚不多見。有關客服中心的文獻多半著重於該如何規劃一個優良的客服中心；或利用統計等方法預測來電量需求，如應用類神經網路預測銀行客服中心之需求量[37]，或是在已知來電量下預估人力需求課題，其中最常使用的是 Erlang C 之模式[17]；或探討客服中心該如何進行人員的訓練[45]；或是強調客服中心對企業的重要性，如客服中心與企業之顧客關係管理(CRM)的直接關聯[32]等。

近年來，企業亦逐漸重視客服人員對其工作的滿意度，因人員滿意度對客戶服務有直接的關聯，而排班問題即為最直接影響人員滿意度的因素。客服中心排班問題多以數學規劃方式求解，如 Brusco and Jacobs[28]以整數規劃方法探討班表起始時間對班表績效的影響。但由於利用數學規劃於排班問題的規模過大，往往須求助啟發式解法之應用或是應用專家知識簡化排班問題等。另外，客服中心排班文獻亦有以模擬方法來設計、規劃、管理客服中心問題[22][38]。

而目前有關客服中心排班的文獻亦有許多為客服中心本身的研究團隊所發表。國內的中華電信研究所建置之客戶服務中心排班管理系統[8]，為桃園客服中心規劃一套電腦自動排班系統，簡化人工排班需進行的複雜排班規則與程序。國外則有多家客服人員排班軟體的公司，開發客戶中心的預測需求與排班之軟體，如 Pipkins Inc.[50]、Portage Communications Inc.[51]等公司，在其網頁上亦有客服中心相關文章發表。

以下就過去客服中心文獻，以及網路上探討有關客服中心文章之議題作一整理。先就客服中心的功能、重要性、應用領域、國內外發展作一介紹；其次介紹建置客服中心所需之軟硬體、系統等；最後介紹客服中心排班問題的相關文獻議題。

### 2.2.1 客服中心簡介

企業間的競爭分為幾個階段，早期企業競爭僅在「產品」本身的競爭，這是因為早期一些先進的技術多掌握在少數企業手裏，可以依靠比別人高出一截的質量贏得市場。但隨著科技的進步，新技術的普遍採用和越來越頻繁的人才流動，企業間產品已相差無幾，客戶買誰的產品並沒有太大差別，於是進入了企業間「價格」的競爭。

而近年來企業間的競爭已進入了「服務」的競爭，企業除需提供優良的產品外，更需提供優良的售前、售中和售後的客戶服務，才能吸引顧客，並且能讓顧客繼續購買。但是如果只把客服中心當成客戶詢問、投訴、索賠、抱怨的中心，未免低估客服中心的功。因客服中心可為企業帶來利潤的最大來源為撥出（Outbound），透過撥出主動地為客戶提供服務，向客戶宣傳、推薦和銷售產品才能提供客服中心最大的用處。透過這種主動的撥出，最終將為企業換回無可估量的利潤。例如一個空調廠商若在消費者購買空調半年後，主動詢問家中的空調狀況如何，並告訴顧客在夏季使用前最好先清洗一下。那麼顧客的反應可能不是要真的去檢查空調，而是決定今後如果沒有特別因素，所有電器都要購買這個品牌。

客服中心是向顧客進行銷售行為以及提供所需服務，其主要功能在於建立並持續顧客關係。客服中心的目標包括：「成功的資訊交流」、「優質服務」、「優質產品」、「符合簡易、效能與生產力的應變管理」、「對利潤有正面的幫助」。因此，客服中心的每位客服人員都身負重任，他們必須傳遞公司、產品、服務以及經營理念的正面形象，同時還得在與顧客互動的前幾分鐘內，就打通「交易脈絡」。顧客對公司的印象通常來自初次的互動，而且交易成功與否往往就決定在互動開始的前幾分鐘。不當的時機、聲調與態度，都可能導致顧客流失，因此客服人員(Customer Service Representative, CSR)成為企業致勝的關鍵。

#### 1. 客服中心與顧客關係管理的關係[15]

客戶滿意度一直是成功銷售的關鍵指標。而客戶滿意來自於產品的本身、行銷企劃的設計、銷售環節的順暢，以及最重要的客戶關係管理(Customer Relationship Management, CRM)機制。CRM 是一種旨在改善企業與客戶之間關係的新型管理機制，它應用於企業的市場營銷、銷售、服務與技術支持等與客戶相關的領域。CRM 的目標是透過提供快速和週到的服務以吸引和保持更多的客戶，提高客戶忠誠度，最終為企業帶來利潤增長。

客服中心與 CRM 的關係最為密切，因為客服中心主要用於提供客戶服務或電話行銷，而良好的客戶關係亦是客服中心成功的關鍵。

CRM 技術透過建立客戶數據庫，對資訊的統計分析，處理和採掘，使客服人員可以得到每個客戶的詳細資訊、過去交往記錄、客戶愛好等資訊，因此可以為客戶提供個性化的服務，節省通話時間，既可以提高客服人員的工作效率，也提高了客戶滿意度。

CRM 是客服中心和企業後端資料庫的聯繫紐帶。客服中心對外面向用戶，對內與整個企業相聯，與企業的管理、服務、調度、生產、維修結為一體，它還可以把從用戶那裏獲得的各種資訊全部貯存在企業的資料庫（Data Warehouse）中，供企業領導者作分析和決策之用。如果要讓客服中心發揮出應有的效力，就必須與 CRM 有機地結合起來。因此在建設客服中心時，應同時考慮 CRM 問題。

## 2. 客服中心功能分類及應用領域[14]

客戶服務中心按照其功能可以劃分為服務和銷售兩大類，按照電話的進出方式，又分為撥入式(Inbound)和撥出式(Outbound)服務及銷售。撥入式服務包括客戶服務、客戶投訴、產品查詢、交易服務等；撥出式服務包括滿意度調查、資訊通知、客戶再生等；撥入式銷售包括產品查詢、申請、產品銷售、交叉銷售等；撥出式銷售包括電話行銷、電話銷售、帳款催收等。

客戶服務中心可以應用在許多領域，包括電信業、銀行業、保險業以及新興的資訊技術產業等，都可以透過建立客戶服務中心的形式為其用戶提供優質、快捷的服務。

### (1) 電信業之客服中心

電信業者的客服人員需要相當多的專業知識，從帳單、各種廠牌型號手機功能、促銷方案內容、網路訊號申告、客戶資料線上更改、增值服務(例行動數據、WAP、語音信箱等)，以及一般客戶抱怨申訴等，舉凡客戶想問的，皆可透過此專線打入。由於專業知識的複雜是其他產業所不及，因此電信業客服人員的訓練時間往往須長達三週至一個月，即使是熟手，亦必須佐以不間斷的在職訓練，故人才養成的成本極高，有經驗的從業人員與管理人才在人力市場上實一位難求。

## (2) 銀行業之客服中心

客服中心結合現代通信技術和計算機技術，為銀行提供了一個基於電話平臺的強大客戶服務環境。透過客服中心，客戶可以使用電話這種最普遍的通訊方式與銀行聯繫，享受銀行提供的服務。銀行也能夠充分利用自己所擁有的客戶資料資訊，主動向客戶提供針對性的服務。在開設新分行的成本越來越高的今天，客戶服務中心將成為銀行增加網點的最佳替代選擇。

## (3) 保險業之客服中心

在保險業中，客戶服務中心可達到三方面的作用，包括保戶服務、業務擴展、服務人員的計算機幫助窗口。保戶服務指的是一般保全服務、保戶查詢、保戶抱怨處理、緊急事件處理、24 小時服務、理賠服務、簡易型保單處理等等。業務擴展包括維護客戶忠誠度、新種業務推廣、新保單追蹤與服務、新保戶滿意度調查、配合公司推廣市場策略、保費逾期催繳、市場調查等。

## (4) 資訊技術產業之客服中心

在新興的資訊技術產業，為了向用戶提供優質的產品和優質的服務，建立客戶服務中心的服務形式已悄然興起；1998 年初，IBM 公司投資 2000 萬美元在北京建立開通了東南亞最大的電話客服中心（400 線）；微軟總部每天要處理 2 - 3 萬個電話事務，有三四千名技術人員從事技術支持應答服務。由此可知客服中心是現今任何上規模高技術企業所必需的業務環節之一。

# 3.國內外的發展情形[11]

## (1) 國內客服中心發展情形

國內客服中心的應用始於一些消費性產品，大約在一九八五年前後，台灣的消費意識開始抬頭，許多企業逐漸進入服務導向的階段，當時由一些較有客戶服務概念的企業(如統一企業)開始設立服務專線，但僅是一支 080 電話專線，因此不能稱為正式的客服中心，不過不少企業自此開始注重客人的建議、詢問及抱怨，並逐漸發展出客戶服務中心。

客服中心對樹立服務導向的企業形象有極大幫助，也可集中消費者電話而不至干擾其他員工，但國內當時的服務業仍處於萌芽階

段，因此只強調良好的態度及禮節，例如飯店業、餐飲業等，並未如今日的客服中心般強調廿四小時與各種量化的標準，這是因為當時尚未出現後期大型客服中心所需的流程規劃，以及大量客戶群產品(例如信用卡、電信業)之故。而近年來電信市場開放，除了對台灣的通訊產業產生巨大影響，相對也帶動了客服中心在國內的進一步發展。

台灣客服中心的演進大致上有下列幾個階段：

i. 消費者服務專線：

最早略具客戶電話服務中心雛形者首推一些消費性產品公司，例如洗髮精、食品、家電用品等。為塑造直接與客戶互動之服務形象，乃提供一免費服務專線，稱之為「消費者服務熱線」，由一位聲音甜美、較具服務精神的女性同仁接聽電話，其目的是為提供客戶抱怨及建議之管道，但此時尚未成立一專責的客戶服務單位，往往只是隸屬於公關或行銷部門之下，且服務時間只限於正常上班時間內。

ii. 航空公司訂位組：

較大型的客服中心肇始於航空公司之訂位組單位，該類客服中心的業務內容單純(以訂位為主，較少客戶抱怨處理)、流程固定(查日期時間班次→問客戶姓名→問連絡人電話→給訂位代號)，但此時服務時間仍停留於正常上班時間內。

iii. 金融、信用卡業：

直到近年來政府放寬金融機構的設立，金融、信用卡、保險業、證券業者如雨後春筍般出現，激烈競爭下使客戶服務概念有了更進一步的詮釋，其中尤以信用卡業為最，大型廿四小時營運的客服中心乃正式產生，並且以客戶服務為主要訴求。

iv. 電信業者：

民營行動電話系統業者成立之後，三百至五百人次、廿四小時運行的大規模電話服務中心，將客服中心於台灣之發展推到了最高點。目前，通信業者客服中心的建制規模大小不一，舉例而言，遠傳及台灣大哥大的客服中心所占面積超過一千坪，客服人員多達八百人以上；小型客服中心也有二十至三十名客服人員，每天話務量由幾千通到幾十萬通的來電。電信業者客服中心從業人員所需的專業知識可說包羅萬象，從帳單、各種廠牌型號手機功能、促銷方案內容、網路訊號申告、客戶資料線上更改、增值服務(例行動數據、WAP、語音信箱等)，以及一般客戶抱怨申訴。其專業知識的複雜是其他產業所不及，因此電信業客服人員的訓練時間往往須長達三週至一個月，即使是熟手，亦必須佐以不間斷的在職訓練，故人才養成的成本極高，有經驗的從業人員與管理人才因此於人力市場上「物

以稀為貴」。

v. 電話服務中心電腦系統的演進及 CTI 之應用：

由早期只提供一條專線，到 080 免費服務電話，再到自動話務分配系統 ACD(Automatic Call Distribution)、自動語音查詢系統 IVR(Interactive Voice Response)，以至最先進的電腦電話整合系統 CTI(Computer Telephony Integration)，台灣的客服中心也開始由早期所謂「消費者服務熱線」，走向世界先進的電腦電話整合系統 CTI，惟目前 CTI 於台灣仍只有極少數的業者採用。

## (2) 國外客服中心發展情形

客服中心在國外發展行之有年，目前以北美及歐洲為最大市場，其應用已接近成熟階段，同時也發展出幾項特色：

### i. 應用產業極廣：

除上述提及於台灣客戶電話服務中心早已應用於航空業、金融業、保險業、信用卡業及電信業外，在國外，客戶電話服務中心更應用於醫院、電視/型錄郵購業、快遞業、電腦公司(含軟硬體)消費者專線，百貨公司/量販業、政府機構、有線電視頻道業者(例 Pay Per View)、旅遊/飯店聯合訂房中心、交通運輸業者(例巴士、火車業者)，甚至非營利慈善機構皆以電話服務中心接受捐款。

### ii. 大型集中式電話服務中心之設立：

以美國為例，業者於全國設一集中式(Centralized)且規模達一千至二千人次的大型客服電話中心乃屬平常，其目地在於整合所有軟硬體及管理資源。以花旗銀行信用卡中心於美國的客服中心為例，花旗乃集中設於 South Dakota State 某一小鎮上，負責全美花旗信用卡的客戶電話，其從業人員幾已涵蓋該小鎮大部分就業人口，規模可謂極大。其餘如歐美電信業及航空業等，皆有極大型的集中式電話服務中心。

### iii. 第三方(Third Party)電話服務中心之風行：

此類電話服務中心的應運而生，初期乃為因應若干中小企業無法自行成立電話務中心，故委外予其契約合作，該類客服中心提供所有客服人員、電腦/電話系統、場地，甚至代為規劃流程等，且服務人員的專業性並不會使消費者察覺其為非該公司之人員，並充分達到處理申訴或解說該公司產品之目的。甚至有許多此類客服中心同時承接數家公司的委託，其客服人員可隨時轉換成不同公司的專線人員，絲毫不至穿幫或張冠李戴。發展至今，即使許多大型企業本身已擁有規模龐大的客服中心，仍仰賴此類契約式客服中心以調節本身突然升高之話務量，即使同時擁有專屬及委外的客服中心，但對其消費者而言，並不至感到不同的服務水準。

### iv. 兼職客服人員之普遍：

正當台灣企業仍處於招募正式員工為其電話中心客服人員之時，在歐美，拜先進電腦系統及穩定的流程之賜，客服人員的訓練時

間乃大幅縮短，即使人員流動率極高，國外客服中心仍得以較經濟的成本向欲保有彈性工作時間之兼職人員著手，甚至兼職人員已成為該類客服中心人力結構之主體，其工作績效甚至不遜於正職員工。

#### v. 電話服務中心電腦系統之應用：

由於經濟規模遠較台灣大，國外客服中心往往較早便廣泛使用先進的電腦支援系統，許多大型電腦公司及交換機設備公司皆投入大量資源研發最新客服中心系統，例如 CTI 的使用在國外便遠較台灣普遍許多。

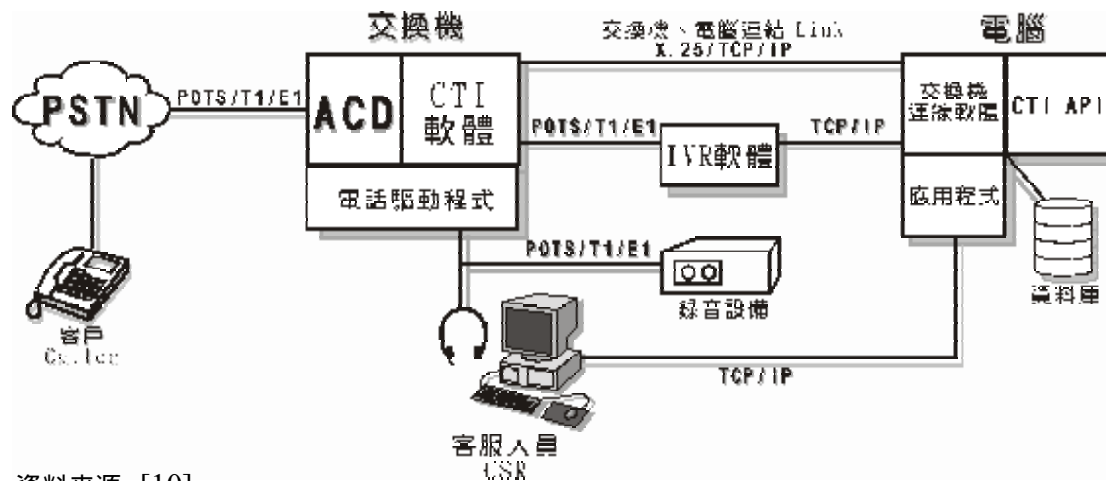
### 2.2.2 建置客服中心之成本

客服中心建設成本極高，以常見的 Lucent 系統來說，一支電話主機就將近兩萬元台幣，耳機價格也將近萬元，若一個客服中新裝個三五百套，成本已經相當驚人，再加上後端的交換機、分析軟體等，任何一項也都要價七位數字以上，並不是每一個企業都可以負擔得起。

客服中心的軟硬體投資費用固然可觀，但以全部營運成本為 100% 來計算，系統設備費用僅佔 10%，通訊傳輸費用 20%，人事管理費用則佔了 70%。客服中心初期平台的建置費用，僅僅佔全部投資的 10%，真正開始營運後最大開銷是在人事的費用上。以下就建置所需之軟硬體及人力管理作進一步說明。

#### 1. 建置所需之硬體及軟體

先進的客服中心所需之軟、硬體要求極高，其系統架構及操作流程如圖 2.1 所示，下面說明各軟、硬體的功能。



資料來源:[10]

圖 2.1 電話客服中心系統架構及操作流程

#### (1)電話交換機(Private Branch Exchange, PBX)：

一般的電話服務中心往往有至少數條以上的電話線路，因此電話交換機為必備之系統；許多大型的客服中心更有自己專用的 PBX，以便和公司內其他部門的 PBX 區分開，如此可避免整體 PBX 發生意外故障。

#### (2)自動話務分配系統(Automatic Call Distribution, ACD)：

有了 PBX 後，撥入超過數條線以上的電話可以自動話務分配系統(Automatic Call Distribution, ACD)進入客服人員之話機。當客服人員正結束一通電話準備接下一通電話，則最早等待的客人就由最早在待命之客服人員接聽，此時 ACD 就發揮了一般真人接線生所不容易做到之精準，在功能上，ACD 在客服中心扮演了不可或缺的角色。但更重要的是，ACD 系統可自動記錄一個客服中心之整體客服團隊(Trunk Group)、個別客服人員及不同客服人員團隊之數字報表，如以整體客服中心而言，全天候的電話接通總數、客戶掛斷總數、全天之服務水準等。如此可以提供主管於最短時間內，以每日報表型式了解該客服中心之運作情形，且以上數字皆可區分各時段，以供主管了解是否於該時段增減客服人員，甚或增加線路以疏解客戶於該時段之線路壅塞情形。

至於個別客服人員方面，可由 ACD 日報表上得知該員於當日所接的電話總通數，每通平均通話時間、總值機時間、外撥/內線電話通數等，藉此可了解該員產能及效率，以判斷是否需要再接受訓練。惟有依靠 ACD 所提供之報表數字，客服中心才可達到真正的數字管理及目標管理。

(3)互動式語音查詢系統(Interactive Voice Response, IVR)：

當電話撥入客戶服務中心時，往往會先進入自動語音查詢系統(Interactive Voice Response;IVR)，IVR 乃一根據流程規劃，由客戶撥號碼鍵以聽取其所選擇之項目，例如：按 1「聽取最新促銷方案」、按 2 聽取「帳單資料」等。其中也可由客戶輸入帳號及辨識密碼等以抓取客人帳戶資料，故稱之為「互動式」。IVR 具備當客服人員於話務繁忙無法接聽電話，亦或是客服人員下班可代替客服人員為客人查詢之功用。

(4)排班系統(Scheduling System)：

目前市面上有排班系統可供客服中心使用，該類系統可連結 ACD 系統以抓取 ACD 之歷史資料，以預估未來電話量之趨勢，電腦會自動分配客服人員數量以符合電腦所預測之電話量，此外，在排班上若有特殊之需求及限制，此系統亦可處理。

(5)錄音系統(Recording System)：

許多客服中心皆有錄音系統以記錄客人與客服人員之對話，如此可供未來雙方有疑問時之佐證，並可做為客服人員訓練及評估之用，挑選此類系統必須注意以容易搜尋特定通話為原則，否則即失去錄音之目的。

(6)帳務系統(Billing System)：

帳務系統為一重要之系統，除了正確為基本要求之外，更須具彈性以供日後根據公司需求而有特殊計費方式之改寫，由於此類系統之繁複與重要，建議宜以行銷、財務、客服、IT 等部門共同參與決策為佳。

(7)電腦電話整合系統(Computer Telephony Integration;CTI)：

CTI 為目前相當熱門之客服系統，CTI 之字面意義即是將電腦與電話線路整合在一起，不似傳統之架構為兩者分開。其功能有下列：

i. 客戶資料自動顯示(Screen Pop)：

因 CTI 乃將電腦與電話線路整合在一起，若客戶電話可提供 ANI(Automatic Number Identification)，則此功能會在客服人員接到客戶電話之剎那間，將客戶資料螢幕立即自動帶出，客服人員則可直呼客戶之大名，以節省詢問並輸入客戶代號之時間，且客戶可感到親切且個人化之服務。

ii. 用戶交易歷史資料庫(Customer Contact Data Bank)：

過去客服中心並無法記錄客戶致電客服中心之記錄，以致客戶常須對不同之客服人員重覆同樣的問題，對客戶而言是極為困擾的。有了此功能，客服人員可將電話轉至上次已接手處理該問題之客服人員，轉接電話時是將電話及該客戶電腦螢幕畫面一起轉接，客服人員可省去再詢問時間，並根據上次客戶來電時間、抱怨內容、受理之客服人員姓名及處理進度，即可對客戶的問題有一最全盤迅速之了解，相同的，客戶亦可感受到其問題已被充分了解且處理中。

iii. 客服人員話術指引(Agent Scripting)：

客服人員接受職前訓練往往耗時，以電信業為例，一個月的訓練時間屬正常，主管往往苦思如何縮短訓練時間及不影響品質，有了此功能後，CTI 可將客服人員所有該知道的資訊寫入電腦中，客服人員可不停在螢幕上點選以尋找可回答客戶問題的答案，對客服人員而言有極好之提示作用，客服人員不用到處翻閱一些書面資料或於座位上貼滿小紙片，且可統一客服人員之回答。一般客人常會抱怨，不同客服人員的回答亦不同，對於一些成長極快的客服中心，此功能可鼓勵客服人員不固定座位，以避免客服中心不停擴張空間所帶來的成本。此舉亦可使客服中心在雇用兼職客服人員時的訓練及上線容易些。

iv. 自動外撥系統(Auto Dialing)：

一般外撥最常碰到的問題是撥通成功率極低，外撥對象不是忙線就是不在家，有了此功能後，系統會根據已產生的名單不停自動外撥，當外撥對象接通時，電話才會轉至外撥客服人員手中，且以 Screen Pop 方式自動跳出該客戶螢幕以利客服人員與其對話，

此功能可大幅提供外撥時的產能，非常適合於壞帳催收、電話行銷及任何大量外撥之組織。

除了以上基本功能外，CTI 尚有主管管理螢幕及報表、表單傳送系統、跟催電話提醒作用(Follow Up Call Management)等等，CTI 實在是一功能強大之客服中心系統。值得注意的是，CTI 及其螢幕設計乃根據各客服中心之流程規劃設計而成，絕非一 Plug-and-Play 之電腦系統，故每家公司的 CTI 皆有不同之設計，使用單位必須有相當穩定且清楚的流程規劃，且 CTI 研發人員須專注於使用者需求(User Requirement)之定義上。

(8)客戶關係管理(Customer Relationship Management, CRM)：CRM 為一跨公司部門之大型客服系統，其可能牽涉到客服中心、派工單位、存貨系統、銷售單位等，更可提供數據以供客戶資料之分析。

(9)資料倉儲(Data Warehousing)：部份公司以此作為對客戶服務、銷售、客戶、購買/使用行為分析之用。

## 2. 客服人員招募、訓練及管理

客服中心的人事成本佔總成本的 60%至 70%，再加上客戶所感受的「服務」乃是直接與前線人員接觸得來，因此「人」的因素實為一個機構服務成功與否之最大關鍵。

客服人員 CSR(Customer Service Representative)，或稱之為 CCR(Customer Care Representative)，其工作為每日接聽用戶撥入之詢問電話，除了用餐及休息時間外，客服人員必須在位子上等待或接聽客戶的詢問電話，工作型態可謂極為單一、較無變化，再加上客戶電話往往以抱怨者佔多數，因此客服人員一天工作下來須承擔極大的壓力，情緒起伏亦大。因此客服人員個性特質非常重要，且言語上的使用及聆聽溝通技巧更是要好，而這除了談話技巧要一流外，更是要有條理、具說服力、音調適中。

不同產業對客服人員的要求原則上並無太大差異，但因產品別的不同而可能有些不同特質之要求，例如保險、銀行業的客服人員對數字不可懼怕，電信業客服人員對電信科技乃至手機使用不可畏懼。當然，客服人員錄取後的訓練可補強其該項特質，但確實某種產業客服人員在處理客戶問題之技巧使用上可能有所不同。不同產業對客服人員之不同要求，但本質上對服務熱忱的要求皆同，好的訓練課程往往可補強專業知識之不足。

客服人員的訓練分為新進人員訓練及在職訓練。人才招募完成後，須開始施以新進人員訓練，以便日後上線正式工作，即使正式上線之後，由於許多流程及促銷方案推陳出新，故亦須輔以持續性的在職訓練。新進客服人員訓練應至少包含電話禮儀訓練、公司簡介、公司產品知識介紹、流程課程，以及電腦操作訓練；至於訓練時間長短，則視產業別及公司流程而定，短則一週，長則一個月皆有可能，但一般來說，訓練期越長越不符成本效益，如何縮短新進客服人員訓練時間且不影響訓練品質，已成為許多客服中心之重要課題。

持續性的在職訓練，對於在職客服人員來說是非常重要的充電，在職訓練可對員工的資深程度分級，供給其不同的訓練課程。資淺的客服人員較需產品面之專業知識，而資深的客服人員可接受較多的應對技巧訓練，例如情緒管理課程、危機處理及主管之領導統馭課程等。訓練對於一個客服中心的品質有舉足輕重之地位，一個常設的訓練部門及訓練員，則有助於維持良好的訓練品質。

客服人員工作壓力大，情緒起伏大，故應重視激勵；但也由於客服中心通常組織龐大，平時有排班及上班時間之限制，故紀律的維護亦十分重要，而如何平衡「紀律」及「激勵」，乃是主管的一門大學問。此外，客服中心可由電腦跑出許多量化的管理報表，例如客服人員每通電話時間、每日接通電話數等。除了對「量」的要求外，同時亦應有「質」的評估，例如電話禮儀及專業知識，以達到「質量並重」之境界。此外，對於客服人員的福利應多加重視，因為客服人員才是面對客戶的第一線人員，滿意的員工才能提供有滿意的顧客服務。

### 3. 客服中心委外問題[13]

將客戶服務中心委外的著眼點通常在於經費，一個客服中心從地租、人力到設備無一不是龐大支出，更別提隨著業務擴張而不斷增加的人事、管銷費用。其次，客服中心造價昂貴，往往只有大型企業有能力負擔，這對以中小型企業為主要經濟架構的台灣市場而言，獨力建置客服中心似乎更加困難。另一方面，即使企業有能力建置客服中心，花費的成本也相當高，企業得先請顧問公司代為規劃，或派出一組人馬學習如何籌建一個切合所需的客服中心，在預算與功能之間不斷考量，還未必能馬上見到成效。在客服需求不斷提昇，而企業又無法獨力建置客服中心的情況下，透過專業委外客服中心為企業提供優質服務的呼聲隨之而起，委外客服中心的發展將是必然之趨勢。

目前委外的客服中心有三種模式，一是企業自行購買設備，人力部分則由委外客服中心外派並代為訓練；再者為業者提供設備，企業則自行招募客服人員，其概念接近 ASP 設備租用；第三種方式則是將所有客服交由委外客服中心處理，企業可以配合所需的服務時間及席位，向委外客服中心業者提出需求，而所有的人員訓練、設備、場租都是由後者負責承擔。

將客服中心業務交由委外客服中心的優點，在於其採分期付款、長期租用且與其他企業共同分攤費用，成本自然降低，企業可以減輕投資負擔，使資金流通，另外企業亦可將此經營複雜度高的工作委外處理，更專注於本業核心的發展。

委外客服中心的另一個長處，是其以客戶服務為營運宗旨，對於客服人員的素養要求與訓練可以更深入、確實，所提供的服務可以更專業。過去有不少人將客服人員與接線生畫上等號，隨便找個工讀生來做即可，事實上，委外客服中心以服務為本業，對客服人員的要求更較企業自設的客服中心高。

委外客服中心的執機人員必須通過包含通話技能、溝通能力、客戶服務、營銷態度，以及語言能力及電腦能力測試等嚴苛篩選；錄取後還將進行客戶服務技巧、撥入及撥出電話處理方式、電話營銷和電話推廣、客服中心操作技術等一連串的訓練。而企業在將客服交由委外客服中心時，除了就產品/服務與委外單位研討出一套適合的話術訓練之外，也可以針對企業的特殊需求提供服務，如視客戶需求定義特定的工作流程，因應客戶需求進行使用軟體的訓練等。

不過企業在將客服中心委外的同時，必須考量如何將委外的業務與內部流程作整合，而客服中心委外也意味著公司部分資料將交給外人，企業必須與委外客服中心訂定詳細明確的合約，從資訊傳輸及運作協議上將彼此權責定義清楚，才能避免安全性問題及可能的損

失。

另一個疑問是，對客服中心有迫切需求的產業如電信、消費性金融等業者，多半設有自己的客服中心，委外客服中心又要從哪裡尋求商機？針對這個問題，因為委外客服中心主要目的是增加企業之客戶服務管道(Customer Service Channel)，而且能接受企業短期的不時之需，例如若是發卡銀行在某段時間內舉行集點酬賓活動，在短期內必須增加客服人員來處理，此時就可以交由委外客服中心，免除人力調動的問題。

#### 4. 目標管理及績效評估[12]

客服中心之績效評估可分為質與量方面，以及團體與個人之評估，概述如下：

- (1) 團體部份之量化指標：服務水準(Service Level)可定為十五或二十秒內客戶電話接通率百分比，此為一般客服中心最常使用之指標，若某時段本數字較低，除了管理問題以外，則可考慮增加人手，反之減少人手。客戶電話掛斷率(Abandon Rate)是指客戶未待客服人員接聽即掛斷之比率，若某時段本數字較低，除了管理問題以外，可考慮增加人手，反之則減少人手。客戶平均等待時間百分比(Customer Waiting Time)和前述一樣，除管理問題以外，若某時段本數字較低可考慮增加人手，反之則減少人手。
- (2) 個人部份之量化指標：包括每人每天接聽電話通數、平均每通電話通話時間、每日值機時間百分比。
- (3) 品質指標：包括電話禮儀、音調、電話接聽技巧、專業知識。

以上數字指標方面皆可由 ACD 自動話務分配系統產生日/週/月報表，亦可區分部門/各組/個人之數字，或經由監聽及客戶滿意度調查得知；但須知數字量化之指標亦須與品質平衡，所謂「質量並重」，因為若只注重量化指標，則可能使主管一味加入人手提高服務水準之電話接通率，或使客服人員草率回答客戶問題以提高每日接聽電話通數，促使品質水準下降，最後使得該客服中心之客戶服務品質低落。故客服中心應同時追求質與量，提供最佳的客服中心服務。

### 2.2.3 客服中心人員排班問題

近年來，客服中心軟硬體設備的提升及客服人員所需技能的多樣化，使得客服人員的排班問題更顯得重要。若在某一時段過多的值班人員會增加客服中心的單位成本；相反的，過少的值班人員又會使服務品質下滑。在這十倍速的時代裡，客服中心的服務品質是決定客戶是否會轉向其他競爭對手的重要因素之一，因此排班軟體的主要用途便是用以達到最適化的輪班人員，以因應客服中心預期的服務水準(Service Level)。因此，是否能正確的設計軟體適用的客服中心排班問題，便是現代客服中心所面臨的成本與服務水準抵換的重要課題。排班軟體能以最少的客服人事成本使客服水準發揮至極致。

客服中心排班問題主要可以分為前後兩個部分，第一部份為各時段來電量預估，再依預估量求得各時段所需之人力需求量，第二部份為已知各時段人力需求量，求得最佳的客服人員排班班表。

第一部份對來電量進行預估主要是為了方便進行人力配置及排班之用，最基本的電話量估計法可根據業務單位所預估之每月客戶數乘以客戶群內撥電話至客服中心之百分比(預估值)，約略算出每月之電話量，在正式上線後，更可印證實際電話量與當時預估電話量之差距，找出差距可能的原因。

通常客戶撥電話至客服中心的百分比預估是較大可能之差距原因，例如有些新產品或新產業，由於無前例可循且時有無法意料之客戶問題，該數字甚至可高達 300% 至 400% 以上。至於每月電話量之預估，則須注意假日及帳單期等因素，以了解平日及假日/帳單期之電話量差距，有些客服中心兩者差距可達數倍之多，例如某些客服中心假日電話量就比平日減少許多。

第二部分客服人員排班方面，主要是依據電話量之預估而放置相對的客服人員數，同時必須預估平均每位員工之產能，例如每日接聽通數及每通平均通話時間，但須預留每日約有一定比例之人力損失，例如員工事、病假，訓練及輪休(尤其適用於廿四小時或每日營運之客服中心)。至於客服人員班別之規劃，一般以兩班制、三班制、重疊班或每日數班以上，視營運時間及公司政策而定。一般而言，班次越多對解決客服人員數量與話務量之對應關係越有彈性，但對排班及管理上則較困難。

以下就這兩部分之相關議題作一介紹：

#### 1. 來電量及人力需求量預估之相關議題

### (1) 來電量預測問題

數十年來，客服中心排班問題前端部分 - 預測未來某一時段的來電量及客服人員人力需求量預估問題，都需要極為複雜的演算法 (Algorithm) 來達到預測的效果，如常見於排班軟體中的 Erlang-C [17] 方程式，可依服務水準、統計以技能分組的歷史資料估計之來話量，以求得在某一時段內所需的客服人員人數。

Erlang-C 方程式在二十世紀初由美國電話公司發展出來，以解決日益複雜的排班問題。但是初期的 Erlang-C 方程式的演算方式卻有兩項不切實際的假設：

- i. 來電的客戶會無止盡的等待直到客服人員回應。
- ii. 客服中心可接到每通來電，即客服中心線路不足時，客戶不會出現忙線訊息。

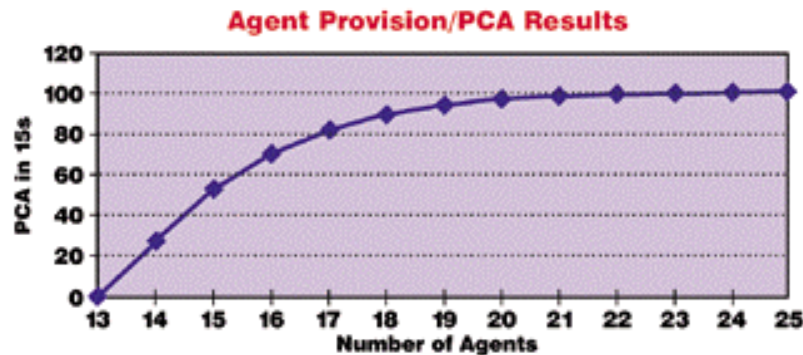
但是在實務上，這兩項假設卻都不成立。事實上，客戶若等待過久時會切斷電話 (Abandon Call)，而客服中心的線路不足時會使客戶收到電話忙線中的訊息 (Line Busy)。這兩項不切實際的假設會膨脹客服排班人數，無形中增加了客服中心的營運成本。而現代版改良的 Erlang-C 把這兩項因素 (Abandon Call 與 Line Busy) 一起考量演算，使得每位客服人員能回應的平均電話通數獲得精確的計算，讓每一時段客服人員的配置能達到最佳化。同時解決了傳統 Erlang-C 產生過多客服人員的問題。

隨後客服中心排班軟體的發展過程中，也加入了如來電量模式辨識 (Pattern Recognition)，及依客服人員喜好排班，並且把排班時數與薪資系統做整合。來電量模式辨識功能是現代排班軟體應具有的進階功能，此項功能可從過去歷史資料找出異常話務量，並與特定事件或節日連結在一起，即排班軟體可在未來這些節日或事件發生前，從過去歷史話務資料裡精算出該日子會出現的話務流量，以利事先安排適當的客服人員。舉例而言，美國國慶日 (7 月 4 日) 通常會使信用卡中心的進線話務量減少 40%，話務量模式辨識技術便能在數週或一個月前，自動調整及減少該日預測話務量，同時減少客服值班人員以回應美國國慶日在客服中心的話務量銳減。此功能可讓不用值班的人員回家烤肉並欣賞國慶煙火，而不用枯坐在客服中心等待零稀的客服進線電話。

### (2) 服務水準與客服人員數目之關係

大多數的客服中心都必須達到預定的服務水準目標，服務水準為提供給顧客服務優劣之量度工具，最常使用的量度標準為顧客能多快被客服人員服務，通常以在固定時間內之接聽百分比(Percentage of Calls Answered, PCA)為單位，此稱為服務目標(Service Objective, SO)，如：80%的電話在 20 秒內被回應。一般來說，PCA 目標多在 80%到 90%之間，而 SO 在 15 到 30 秒之間。

客服人員數目與 PCA 之關係，舉例來說如圖 2.2 所示。我們可以看到提供 80%的 PCA 需要 17 位客服人員，假如我們減少兩位客服人員，則使 PCA 降至 53%，減少了 27 個百分比；而假如我們增加兩位客服人員可使 PCA 增至 94%，增加了 14 個百分比。由此可看出客服人員數目與 PCA 之關係是非線性的。



資料來源：[31]

圖 2.2 客服人員數目與 PCA 之關係

接下來我們探討客服中心人員與服務水準的關係[46]。因為在排班之後，是否客服人員就按表操課也是一管理難題，有多數的客服人員不知道自己擅自離開崗位對服務水準的影響有多大，但事實上在某些時候對服務水準的影響是極大的。

在許多案例中，鮮少看到客服中心重視員工嚴守自己的排班時段，以下將說明單一客服人員對服務水準的影響。一個客服人員會對客服中心造成多大的影響是依情況而定，此會造成服務水準影響的最大因素有兩項：一為客服中心的規模，另一為目前客服中心的服務水準。很明顯地，對較小的客服中心來說，任意減少或增加一個客服人員對其服務水準的影響是較大的，因較大的客服中心的工作量比

較容易平均分擔到各客服人員，減少一人的影響較小，如表 2.2 上半部分的例子為平均通話服務時間(Average Speed of Answer, ASA)為 30 秒時，10 位、25 位、50 位客服中心規模之單一客服人員對其服務水準的影響，可看出小規模的客服中心之服務時間影響甚鉅。大規模的客服中心有其經濟規模優勢，因此單一客服人員對其服務水準的影響不大。

單一客服人員對服務水準影響的另一因素為目前客服中心的服務水準。減少一客服人員對提供較佳服務水準的客服中心的影響較小，表 2.2 下半部分為每半小時 346 通來話量，240 秒的服務時間，46 位客服人員，每增加一人對服務時間影響的例子，可看出增加人員可使服務水準提高，即服務時間減少，反之減少人員會使服務水準降低。而另一方面也可以看出單一客服人員對目前服務水準落於何處的影響不同，如由 54 位人員減少至 53 位時，平均服務時間僅增加 2 秒；而由 48 為減少至 47 位人員時，平均服務時間由 91 秒增加到 4 分鐘。

了解單一客服人員對服務水準的影響，可使管理者有效的管理客服中心。例如若目前客服中心的服務水準不高，則增加一客服人員可大幅改善其服務水準；或中小規模的客服中心減少一客服人員對其服務水準是影響甚鉅的，這是客服中心管理者可注意的地方，並可教育加強客服人員對其排班時段的重視。

表 2.2 客服人數對服務品質的邊際影響之例

1. The Impact of One Agent On Service		
<b>57 calls/half hour</b>	<b>163 calls/half hour</b>	<b>346 calls/half hour</b>
10 agents	25 agents	50 agents
30 sec. ASA	30 sec. ASA	30 sec ASA
<b>Minus One Agent:</b>		
9 agents	24 agents	49 agents
83 sec. ASA	58 sec/ ASA	50 sec. ASA
2. Individual Impact On Service Level		
Number of Staff	Actual Speed of Answer	

54	6
53	8
52	12
51	19
50	30
49	50
48	91
47	231

## 2. 客服人員排班問題相關議題

客服人員排班問題是客服中心排班問題整個系統中最複雜的部分。所排出之班表除須符合法律上工作及企業休假政策之相關規定，更須顧及員工對排班之種種要求，如個人每日所上之班別時段、連續工作天數之限制、在正常星期例假日是否能放假，及對連續假期的要求上都日漸重視。如此複雜之限制條件之下，使得排班需花費極長的時間。

### (1) 客服人員排班軟體之發展

在過去，客服人員排班最大目的僅需滿足法規規定及公司政策，但目前客服人員有對排班的公事問題及希望參與排班過程日漸重視的趨勢，使得排班軟體廠商開始重視這方面問題。在過去客服人員無法就個人對排班的喜好進行選擇，現在部份軟體廠商已有這方面考量，使排班更具人性化，同時考慮到每個人的特性、喜好、放假日期。整個排班更具彈性及人性化，使客服人員更能接受排班結果，進而降低客服人員的離職率，同時減少新進人員的訓練成本，全面提升客服中心生產力。

此外網路的普遍應用及上網人數的激增，已使得傳統客服中心(Call Center)轉變成多媒體客服中心(Multi-media Contact Center)，連帶排班軟體也必須考量網路端的客服問題，過去以進線電話量為主要演算依據的傳統排班軟體，已無法應付在多重客服管道環境下使用；在此環境下，網路端的電子郵件回覆、線上文字交談、網路電話及回電功能都將列入最適化的精算。多重客服管道下排班軟體的演算方式將更為複雜，而一般用手動試算表的排班方式，已經無法正確及迅速的對多重管道聯繫中心的排班問題提出有效的解決方案。目前只有少數的國際級大廠提供此一方案，而 Blue Pumpkin 公司便是排班軟體的領導廠商。

### (2) 排班彈性相關議題

客服中心在某個時段若人手不足並無法以另一時段的多餘人力來替代，因此客服中心的人力配置必須盡可能的接近需求量，如果沒辦法時，唯一的解決方法就是多安排人力來滿足需求，而多餘人力是需要成本的。解決多餘人力成本的問題，就要視客服中心的排班是否有足夠的彈性而定，排班越有彈性的客服中心，越能使用適當的人力即能滿足需求，這些彈性包括：

- (1) 每日的休息時間及午餐時間可彈性調整。
- (2) 每週的休息時間及午餐時間可彈性調整。
- (3) 每日可彈性調整的開始工作時間。
- (4) 每週可彈性調整的開始工作時間。
- (5) 各週之工作日可彈性調整。
- (6) 各日之工作時數可彈性調整。
- (7) 各週之工作日數可彈性調整。

客服中心需要排班彈性是主要是因為來話量的變化量幾乎日日不同，不僅是來話量的變化，來話適合的模式(Pattern)也是每日在改變。假如每日開始的時間為固定，則會限制人員配置真正符合需求量的正確性；而午餐時間、休息時間固定也會造成相同的限制，若是能彈性每日午餐、休息時間會較符合需求之 Pattern。而由客服中心一星期每日的需求量變化的數據可以很明顯的看出，一星期各日的需求量都不同，每日的需求量變化也都高高低低不同，因此若是排班有彈性的可以盡量符合需求量，也可以盡可能減少人力成本的支出。

因此可得知客服中心的需求量是不斷再改變的，若是客服中心的排班能有彈性，則越能因應其變化需求。但目前多數的客服中心是用固定的班別來排班，客服人員每週都做相同的勤務，相同的上班及下班時間，相同的休假日，並且每日休息時間也是固定的，固定的午餐時間及休息時間，而人力不足的時段再以加班的手段來滿足需求，這樣的做法雖然可以滿足需求，但是卻不是有效率的客服中心的做法。實務上，較彈性排班客服中心可多大約 10%到 20%彈性的使用人力，並且在工作日、開始時間及各週工作排班較有彈性的客服中心可使 PCA 改善約 1%到 2%。

## 2.3 限制規劃法之文獻回顧

### 2.3.1 限制滿足問題之定義

所謂限制滿足問題 (Constraint Satisfaction Problem, CSP) 係指「在給定一組決策變數  $\{X_1, \dots, X_n\}$ 、各變數相對應之有限值域  $\{D_1, \dots, D_n\}$ 、一組限制式  $\{C_1, \dots, C_m\}$  之條件下，尋找滿足各項限制式之一組或多組可行解」[26]，其中， $n$  表示 CSP 中的決策變數個數， $m$  表示 CSP 中的限制式個數，有限值域(Finite Domain)表示決策變數之值域是由整數所構成且值域中存在一個上限值、一個下限值。由於限制滿足問題主要是由變數集合  $X$  變數對應之值域集合  $D$  與限制式集合  $C$  所構成，所以文獻上常以  $(C, X, D)$  來表示一個 CSP(FD) 問題。

在問題的本質上，限制滿足問題不同於的最佳化 (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，其中最具貢獻的學者莫過於 Waltz(1972)、Montanari(1974)與 Mackworth(1977)等人，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，文獻上已經存在許多極具效率的電腦演算法可被用來求解限制滿足問題。在此一研究領域之發展過程中，學術界為了促進相關領域學者間的學術交流，因而在 1996 年開始發行的 Constraints 期刊，以期提供一個專屬的學術論壇來促使此一研究領域之更加地活絡並藉此期望為此一研究領域開闢另一個新紀元。

### 2.3.2 限制規劃簡介

傳統 OR 領域所探討的問題，大多是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，最佳化模式的應用成效有限。而自 1999 年，首度舉行跨領域的 CP-AI-OR 國際研討會以來，諸多的文獻均肯定 CP 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，為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。

利用限制規劃來求解問題時，可配合使用的電腦程式語言包括有 PROLOG、CHIP、OPL、ILOG SOLVER C++等。一般而言，應用這些新發展的 CP 語言工具來求解限制滿足問題。

限制規劃之僅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作業研究來的佳；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，所以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。根據此一分析將作業研究與數學規劃之適用問題類型整理成表 2.4 所示[3]。

表 2.3 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

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：[26]

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技術(Consistency Checking Techniques)、限制式遺傳機制(Constraint Propagation)與智慧型的搜尋演算法（如：Forward Checking Algorithm、Look-Ahead Checking Algorithm），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，仍然可很直覺地、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。

### 2.3.3 限制規劃之求解演算法

限制規劃中的求解演算法主要是由一致性檢驗技術、系統化之空間搜尋演算法所構成，其運作機制是在每個分枝節點中運用一致性檢驗技術來縮減少變數之值域(Variables' Domain Reduction)，以減少可行解之搜尋空間，以期達到運用電腦演算法系統化且有效地求得限制滿足問題可行解之目標，亦即限制規劃中的求解演算法為一種智慧型的空間搜尋演算法(Intelligent Tree Search Algorithm)。以下即分別介紹目前限制規劃中最基本的一致性檢驗技術與目前限制規劃中最常使用之智慧型空間搜尋演算法。

#### 1. 一致性檢驗技術

限制規劃理論中最基本的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)、一般化之一致性(Generalized Consistency)四種。每種一致性檢驗技術的複雜度皆不同，越簡單的一致性檢驗技術意味著其所需花費之運算時間越短，反之，越複雜的一致性檢驗技術意味著其所需要花費之運算時間越長，使得每一種一致性檢驗技術皆有其優點與適用時機。

因每一種一致性檢驗技術，皆有其最適合使用之限制式類型。如當限制式為一元限制式時，適用節點一致性檢驗技術；當限制式為二元限制式時，適用節線一致性檢驗技術；當  $n(n-3)$  元限制式時，適用界限一致性檢驗技術。舉例而言，某一限制式為  $X^2 = 1 - Y^2 \wedge X \geq 0 \wedge Y \geq 0$ ，其決策變數所對應之值域為  $D(X)=D(Y)=-1,0,1$ ，首先分析此一限制式中，最多為二元限制式，最少為一元限制式，所以最適合此一限制式之一致性檢驗技術同時包含節點與節線一致性檢驗技術，因此，若不先經過限制式之特性分析而一昧地運用界限一致性檢驗技術來縮減變數值域時，由於此限制式和與其決策變數的值域為 bounds consistent，所以決策變數之值域完全不會被縮減，但若同時運用節點與節線一致性檢驗技術來縮減變數值域，由於此限制式和它的值域不為 arc consistent，所以此限制式之決策變數值域將被縮減至空集合，亦即  $D(X)=D(Y)=\{\}$ 。

對於實務上的限制滿足問題，由於其包括的限制式種類可能同時出現一元、二元及多元限制式，所以，設計一個整合性的一般化一致性檢驗技術來有效地處理各種限制式，實為目前限制規劃領域中的一個重要課題。

## 2. 空間搜尋方法

為了讓限制規劃中的空間搜尋方法能更有系統、更有效率，電腦科學家經過評估目前文獻上所提的 Generate-and-Test(GT)及 Backtracking(BT)二種系統化搜尋演算法與結合一致性檢驗技術之可行性，最後決定採行 Backtracking 演算法作為限制規劃之空間搜尋演算法。

### (1) 系統化的空間搜尋演算法

系統化的空間搜尋演算法乃指「系統化地、完整地搜尋問題的可行解空間」。GT 與 BT，其間之差異性可從兩個角度來分析，從變數指派之角度來看，GT 是獨立且「同時」地一次指派給每個決策變數一個可能值，而 BT 是獨立但「依序」地指派給每個決策變數一個可能值；從限制式之角度來看，GT 的限制式檢驗時機為當所有變數皆被指派一個可能值時，才進行限制式之檢驗，而 BT 的限制式檢驗時機為每當一個變數被指派一個可能值，即進行限制式檢驗，所以就空間搜尋之搜尋效率而言，BT 演算法之執行績效較 GT 演算法較佳。

#### i. Generate and Test(GT)：

GT 演算法為系統化搜尋演算法中最原始也最容易懂懂演算法，其演算法中包含兩個重要之元件，一個是 Generator(解產生器)和 Tester(解檢查器)，其運作方式為「由解產生器產生所有的可能解，然後將其丟入解檢查器中檢查看看是否滿足問題的所有限制式」。其中，GT 演算法中的解產生器完全沒有依據變數間的相關性(即限制式)來產生可能解，使得 GT 的產生器搜尋較無效率，因為 GT 是盲目地產生可能解而無法事先避免未來可能發生之衝突。

#### ii. Backtracking(BT)：

換枝檢驗法(BT)為系統化搜尋演算法中最基本、最常使用之演算法，其演算法之運作概念為「以 Tree Search 為核心搜尋架構、以深度搜尋(Depth First Search, DFS)為搜尋策略、以初始化決策變數(從決策變數所對應之值域中選擇一個值指派給此決策變數)作為分枝(Branching)之目的、以決策變數值域和限制式間之一致性檢驗與紀錄每個決策變數之目前值域狀態為每個分枝節點之必要工作、以遇到死巷節點(deadend node)為定限(Bounding)及換枝檢驗之準則」，其中由於每個分枝節點需負責記錄每個決策變數之目前值域狀態，所以分枝節點又可稱為一個狀態節點(State Node)，而在 BT 演算法中，所謂的決策變數值域和限制式間之一致性檢驗乃指「新初

始化變數與已初始化變數間之一致性檢驗」；所謂的死巷節點乃指「在進行決策變數值域和限制式間之一致性檢驗時，若發生上述之不一致現象，即表示此時的分枝節點為一個死巷節點，而不能再進行分枝；反之，則為一個分枝節點，能再進行分枝」；所謂的換枝檢驗乃指「因遇到死巷節點而回溯至死巷節點之前一個分枝節點，並從此狀態節點選擇另一個分枝進行搜尋」。

在 BT 演算法之運作過程中，可依據初始化因素，將決策變數之類型分為已初始化變數、新初始化變數/正初始化變數、未初始化變數三類，而所謂的已初始化變數乃指「在目前狀態節點之前，已被初始化之決策變數」，由於已初始化變數的值與問題的所有限制式皆具有一致性，所以由已初始化變數所形成的解集合可稱為「部分解」；所謂的新初始化變數乃指「在目前狀態節點上，所選擇要進行之分枝/初始化變數」；所謂未初始化變數乃指「尚未進行任何初始化之變數」。

BT 演算法之運作流程為「根據 DFS 準則，依序地擴充一個部分解，直至找到一個可行解為止，若在擴充部分解的過程中遇到死巷節點，則換枝檢驗的動作立即發生並回溯至死巷節點之前一個分枝節點，以進行另一個分枝搜尋」，其中，所謂的擴充乃指「從未初始化變數中，選擇一個變數作為新初始化變數，並從此一新初始化變數的值域中，選擇一個值(Value)作為此變數的初始化值(Initiate Value)。

就演算法之執行效率而言，BT 演算法確實較 GT 演算法有效率，因為從 BT 演算法之運作流程中，可明顯地發現，當換枝檢驗發生時，即表示 BT 演算法刪除了一個不必要的搜尋空間，而此搜尋空間之大小即為所有未初始化變數值域的卡式積(Cartesian Product)。以運用 BT 演算法於求解 4-queens 問題為例，便可更清楚地瞭解之 BT 演算法之實際運作流程，其實際運作流程即如圖 2.3 所示：

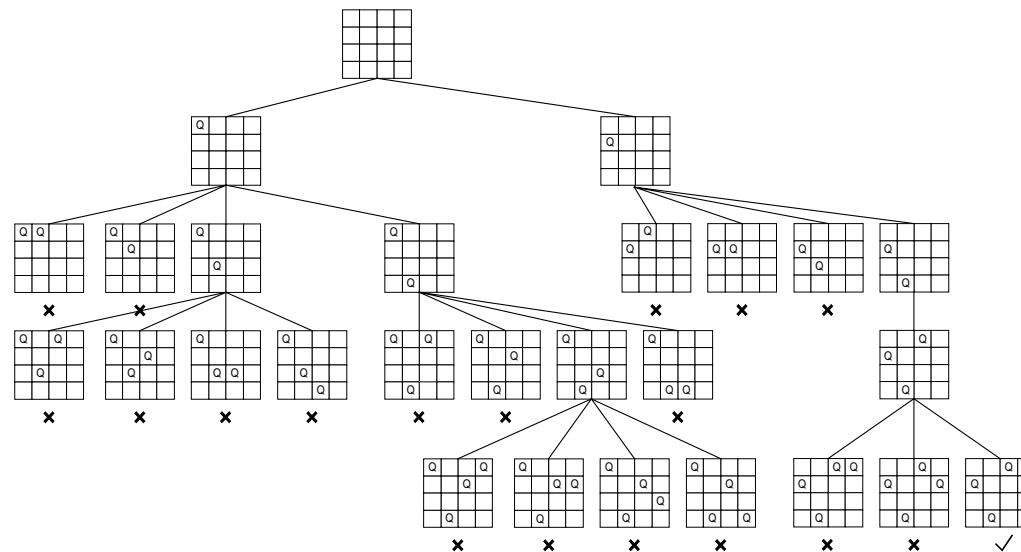


圖 2.3 BT 搜尋法—以 4-queens 為例

綜觀上述，可明確地發現，雖然 BT 演算法較 GT 演算法有效率，但由於 BT 演算法之運作方式只能透過死巷節點的發生而減少部分的搜尋空間，仍然無法事先避免未來會發生的衝突，尤其當我們使用 BT 演算法於求解複雜度高且問題規模大的組合最佳化或限制滿足問題時，便能更明顯地凸顯 BT 演算法的無效率性。為了改善 BT 演算法之缺點，電腦科學家則透過引進一致性檢驗技術於 BT 演算法中，構成一種新的智慧型空間搜尋演算法。

## (2) 系統化的智慧型空間搜尋演算法

系統化的智慧型空間搜尋演算法乃指能系統化地、完整地、有效率地搜尋問題的可行解空間，最有名的有 Forward Checking (FC) 與 Look-Ahead Checking(LC)兩種。理論上，BT、FC、LC 三種演算法之差異能以「演算法中，使用一致性檢驗技術於何種變數類型之配對間」此原則來加以區分。

在系統化的智慧型空間搜尋演算法中，由於其最基本地一定有使用一致性檢驗技術於「新初始化變數與未初始化變數間」，使得在

搜尋過程中之每個狀態節點中，未初始化變數之值域一定與已初始化變數之值域保持一致性(Consistency)，因此，每當從某個狀態節點進行分枝時，無須像 BT 演算法一樣要進行新初始化變數與已初始化變數間之一致性檢驗，此一優點除了可大幅降低智慧型空間搜尋演算法花費在一致性檢驗之執行時間而且還能使慧型空間搜尋演算法透過事先避免未來會發生的衝突，來減少換枝檢驗次數、增加空間搜尋效率，進而提高整體演算法之執行效率。

i. Forward Checking (FC)：

由 Haralick 與 Elliott 兩位學者於 1980 年所發展出來的 FC 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)以避免目前部分解將面臨的未來衝突，進而大大縮減搜尋樹空間與搜尋過程中可能產生之換枝檢驗次數，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，以運用 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 2.4 所示：

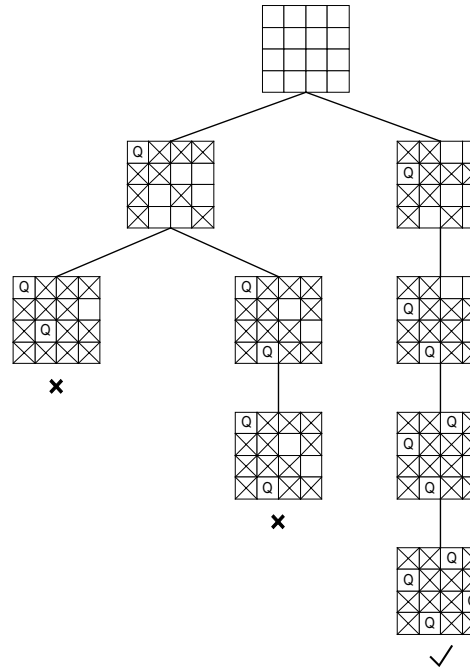


圖 2.4 FC 搜尋法—以 4-queens 為例

詳細比較 FC 與 BT 演算法之搜尋樹空間，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，從此可得知，FC 演算法之執行效率較 BT 演算法好很多。

## ii. Look-Ahead Checking (LC) :

LC 演算法是一種比 FC 更智慧型的演算法，其運作方式與 FC 相同，不同的是，LC 進一步將一致性檢驗技術擴充運用至「未初始化變數與未初始化變數間」，使得 LC 較 FC 能更大幅度地縮減不必要的搜尋空間，然而此一額外之一致性檢驗使得 FC 在搜尋中的每個分枝節點上必須比 FC 花費更多的時間來執行一致性檢驗。

由 Sabin 與 Freuder 兩位學者於 1994 年所發展出來 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 呈現不一致時，即表示目前之 sub-CSP 不存在可行解，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 2.5 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 的個格子表示，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 2.5 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 LC 演算法能提早判定此一分枝完全不可能存在任何可行解而提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之執行效率。

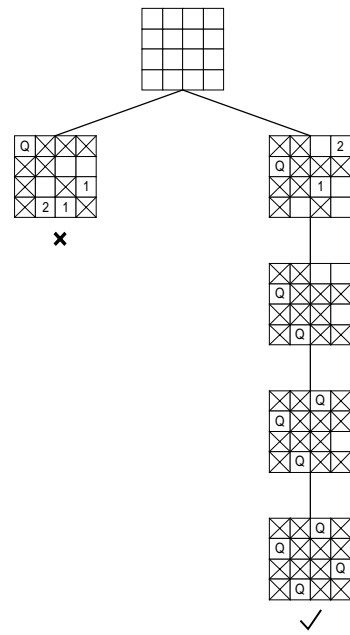


圖 2.5 MAC 搜尋法—以 4-queens 為例

### 第三章 客服人員排班之限制規劃模式構建

本研究以客服中心為例探討全年無休服務人員之排班問題，客服人員排班較一般企業人員排班來得複雜，主要是因為客服中心為全年無休運作，客服人員不似一般企業人員有固定的工作時間及休假，因此須考量更多的限制條件及人員對班表的要求。所考慮的限制條件，總歸可分為兩類，一為勞基法規及企業對員工之工時及休時規定，如連續工作天數之限制、各日工時休時規定等，必須滿足之硬限制條件(Hard Constraints)；另一為人員班表之公平性及員工對班表的要求等，如個人每日之上班時段、星期例假日之休假及連續假期的要求等，須盡量滿足之軟限制條件(Soft Constraints)。如此複雜之限制條件之下，使得排班需花費極長的時間，但目前大多數服務機構仍以傳統人工方式處理排班問題。

不同於傳統作業研究之最佳化排班問題，本研究將客服人員排班問題定式為一限制滿足問題，應用源自人工智慧發展而來之限制規劃方法求解，以最有效率的方式快速產生符合需求、最小成本及公平之班表。本章節即詳細說明應用限制規劃構建之客服人員排班模式，首先就客服中心作一簡單介紹，再就客服人員排班問題及客服中心實際人員排班運作流程作一介紹，最後詳細說明本研究所構建之模式。

#### 3.1 客服中心簡介

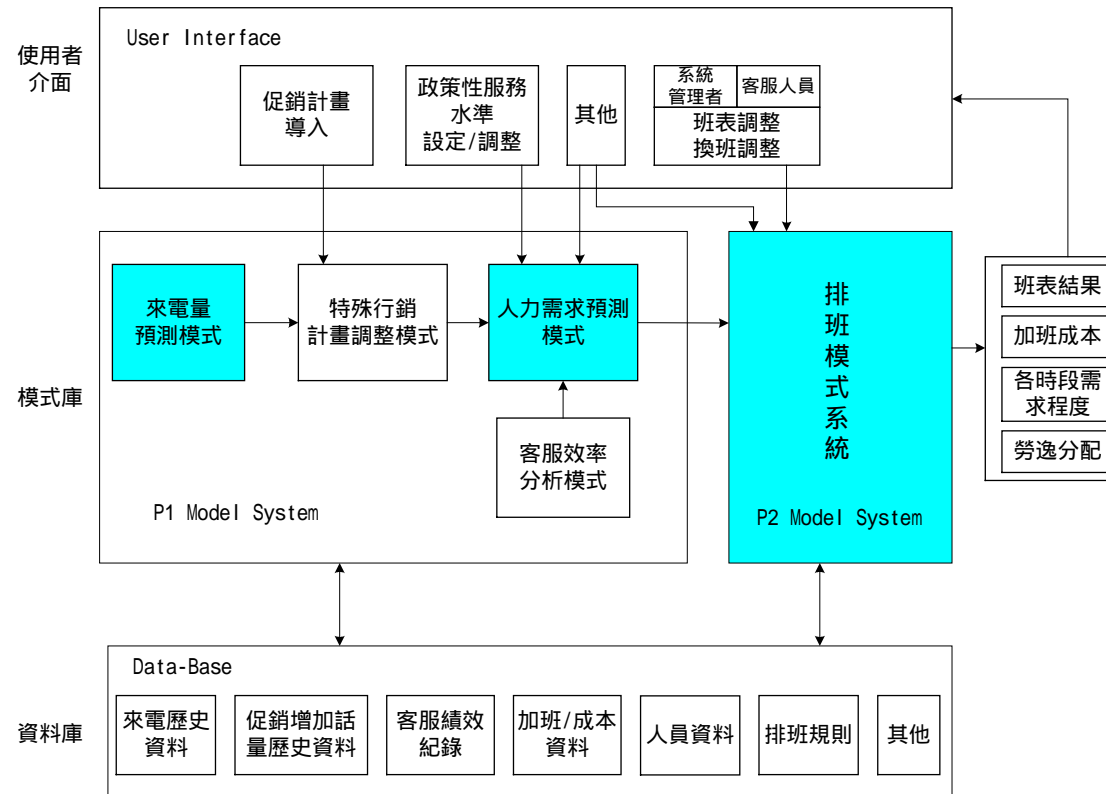
近年來企業間的競爭逐漸走向以服務為導向，企業不單單必須提供優良的產品，完善的售前、售中和售後服務更為重要，專門提供顧客服務的客服中心便隨之產生。客服中心主要的目的為「提供顧客所需服務」及「進行銷售行為」，主要功能在建立並持續客戶關係。目前客服中心有大型化的趨勢，近年國內金融業、電信業逐漸擴大客服中心規模，並提供全年無休一週 7 天 24 小時的服務。

客服中心的最大特性為各日、各時段的來電量變化大且尖離峰明顯，再加上若是客服中心遇上推出專案或促銷活動，使得人力需求變化量相當大，因此需要非常有彈性的排班方式才可有效率的滿足客服人員排班的要求。此外，客服中心的人員技能分類非常繁複，技能可能分為語言、專業知識、客戶等級等，員工可能擁有其中一部份的技能，如同一名員工可能擁有國台語言能力、處理銀行及信用卡事務能力以及可以處理重要等級的顧客等，如何應用員工之技能有效排班亦為客服人員排班一大難題。由上述可之客服中心各種複雜特性使得其人員排班問題較一般產業來得複雜。

客服中心的人事成本約佔總營運成本的 60%到 70%，因此有效率的人員排班更顯重要，但客服中心的人力有限，幾乎不可能求得完全符合人力需求量之班表，僅可盡量增進排班效率，將現有人力作最有效的應用。針對客服中心這些特性，本研究設計以「各日多時段」- 將一日 24 小時切割為 15 分鐘一時段來看各時段的需求，並利用「多重疊班別」來增進班表符合人力需求之彈性，盡量將班表不符合程度降到最低，求得最有效率的排班班表。

### 3.2 客服人員排班問題概述

客服中心排班問題之決策支援系統概念架構，可分使用者介面、模式庫、資料庫等三部份，如圖 3.1 所示。使用者介面包含促銷計劃導入、政策相關參數設定、班表調整等使用介面；模式庫主要分為來電量預測和排班模式兩部分，將於後詳細說明；資料庫主要包含預測所需資料 - 歷史來電量紀錄、促銷紀錄、客服績效紀錄，以及排班所需資料 - 加班成本資料、人員資料、排班規則等；而排班最終結果將產生人員班表及相關統計資料，這些資料除讓管理者了解排班的狀況，亦可回饋給管理者作為未來排班改善的依據。



資料來源：韓復華[7]

圖 3.1 客服中心排班問題之決策支援系統架構圖

以下說明模式庫部分，主要的核心決策問題可分前後兩個部分：

第一部分為人力需求預測問題(以下簡稱 P1 問題)，為客服中心依據過去歷史來電量紀錄及促銷紀錄可能對來電量之影響，整理一套來電量預測模式來進行對未來各日各時段來電量作一預測，並設計出一人力配置模式，依據預測之來電量推估出滿足來電量之各日各時

段人力需求。

第二部份為人員排班問題(以下簡稱 P2 問題)，為在 P1 問題之各日各時段人力需求量已知條件下，構建人員排班模式，為求得滿足勞基法、公司各項法規及人員要求之最佳執勤班表。而 P2 所排之班表結果亦可回饋 P1 部分，作為未來預測來電量準確率之改善方向。

以下就這兩部分分別描述其問題：

#### 1. 人力需求預測問題(P1 問題)：亦包括兩部分：

##### (1) 來電需求量預測

此部份利用歷史來電量統計分析，來預測各種因素對來電量變化的影響如一星期(平日/假日)來電量變化率及每日(尖峰/離峰)各時段變化等，並考慮由帳單期、專案活動、行銷計劃所帶來的來電量需求改變等，推估出準確之未來可能來電量。

##### (2) 人力配置模式

依據上述之預測來電需求量，配置各日各時段值班之人力。而決定最適之人力，必須考率客服中心之服務水準(Level of Service, LOS)，為提供給顧客服務優劣之量度工具。LOS 應用於客服中心中，最常使用的量度標準為「顧客能多快被客服人員服務」，通常以在固定時間內之接聽百分比(Percentage of Calls Answered, PCA)為單位，而接聽長度稱為服務目標(Service Objective, SO)，如：80% 的電話可在 20 秒內被回應。一般來說，PCA 目標多在 80%到 90%之間，而 SO 在 15 到 30 秒之間。

在過去文獻中，配置人力最常使用的 Erlang-C 方程式，其可依服務水準、統計來電量及以技能分組的歷史資料，以求得在某一時段內所需的客服人員人數，已於本研究之客服中心文獻回顧部分說明。

#### 2. 人員排班問題(P2 問題)

在 P2 客服人員排班方面，主要是依據來電量之預估放置相對的客服人員數，同時必須預估平均每位員工之產能，例如每日接聽通數及每通平均通話時間，但須預留每日約有一定比例之人力損失，例如員工事、病假，訓練及輪休(尤其適用於廿四小時或每日營運之客

服中心)。至於班別之規劃，一般以兩班制、三班制、重疊班或每日數班以上，視營運時間及公司政策而定。一般而言，班次越多對解決客服人員數量與來電量之對應關係越有彈性，但對排班及管理上則較困難。

多數的客服中心為用固定班別進行排班，客服人員每週皆執行相同的勤務，即相同的上班及下班時間，相同的休假日，並且每日休息時間也是固定的，固定的午餐時間及休息時間，而人力不足的時段再以加班的手段來滿足需求，如此雖然可以滿足需求，但是卻不是有效率的客服中心做法。

P2 問題整個客服人員排班系統中最複雜的部分，所排出之班表除須符合法律上工作及企業休假政策之相關規定，更須顧及員工對排班之種種要求，如個人每日所上之班別時段、連續工作天數之限制、在正常星期例假日是否能放假，及對連續假期的要求上都日漸重視，如此複雜之限制條件之下，使得人工排班需花費極長的時間。

本研究的重心在於構建 P2 問題之客服人員排班模式，將 P1 之人力需求當成已知進行求解。並利用「多重疊班別」進行排班，員工當月並無固定的工作時段及休假時間，如此可增加班表滿足需求之彈性。所排出之班表除須符合法律上工作及企業休假政策之相關規定，亦顧及員工對排班之種種要求，如個人每日所上之班別時段、連續工作天數之限制、星期例假日是否能放假等條件限制，模式將於 3.4 節詳細敘述。

### 3.3 客服中心實際運作排班系統流程

客服中心實際運作排班系統的流程，如圖 3.2 所示。由收集歷史來電量預測次月來電量需求，接下來在查詢是否有專案或促銷活動推出而須加派人力、並查詢當月員工生產力及次月所需人力數，以確認次月之人力需求量來進行排班工作。排班工作完成後，可由排班人員加以調整，並且客服人員可彼此換班(亦有一定的換班規則)，最後確定次月班表後，再送交人事科備檔。

本研究之重心僅在於建立客服中心排班系統中的核心排班模式，已知前端專案、促銷活動所推估之人力需求量進行排班，且在本研究中不考慮班表完成後的管理者或員工對班表調整之換班模式。

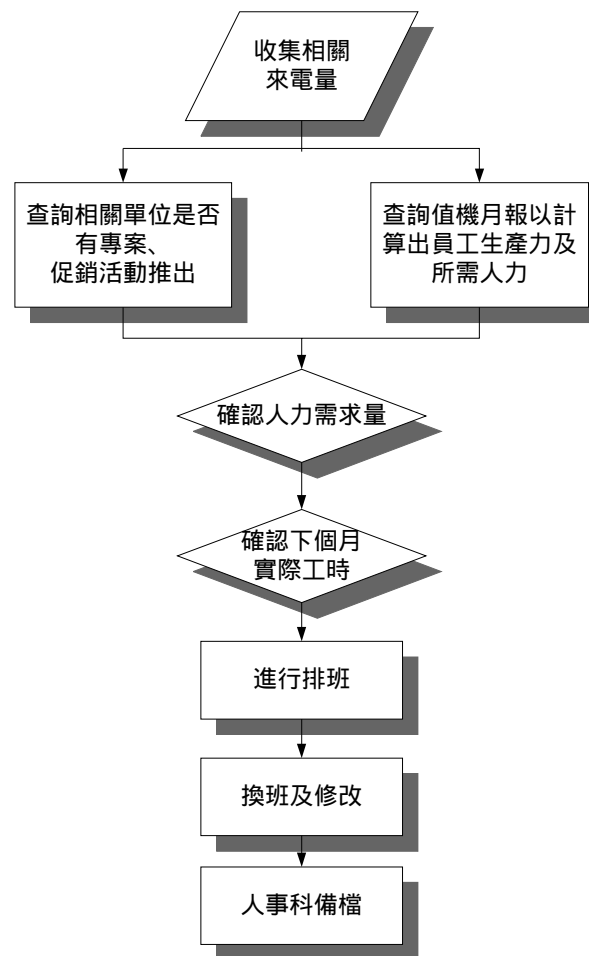


圖 3.2 客服中心實際運作排班系統的流程

### 3.4 客服人員排班之限制規劃模式

#### 3.4.1 問題定義與求解架構

本研究擬將客服人員排班問題定式為一限制滿足問題，而本研究並應用限制規劃方法(Constraint Programming, CP)可彈性處理各類限制式之特性構建模式，求解有效的客服人員排班值勤班表。限制滿足問題(Constraint Satisfaction Problem, CSP)與一般數學規劃問題最大的不同為無目標式，是為求出問題之可行解而非最佳解，因此提供實務上複雜問題較佳的求解效率。限制規劃最主要的特點就是其「問題模式之建構(Modeling)」與「問題模式之求解(Solving)」是互相獨立的，意即每當現實環境的改變使得限制式改變時，只要稍微修改問題模式之相關限制式，即可運用相同的求解演算法重新求解，對於面臨多變環境及複雜排班的公司而言，限制規劃無疑是最佳解決方法。

圖 3.3 為本研究以 CP 模式求解客服人員排班 CSP 問題之架構圖，首先是各項資料輸入與參數設定，資料主要可分為五大類 - 基本資料、人員資料、班別資料、人力需求資料及加班工資資料，再以 CP 模式求解出滿足各項限制條件之班表，而 CP 模式中之各項限制條件主要包含五大類 - 滿足人力需求、法規限制、企業規定、員工要求及其他。而除限制條件外，本研究考慮盡量將人力成本最小化及公平性最大化。

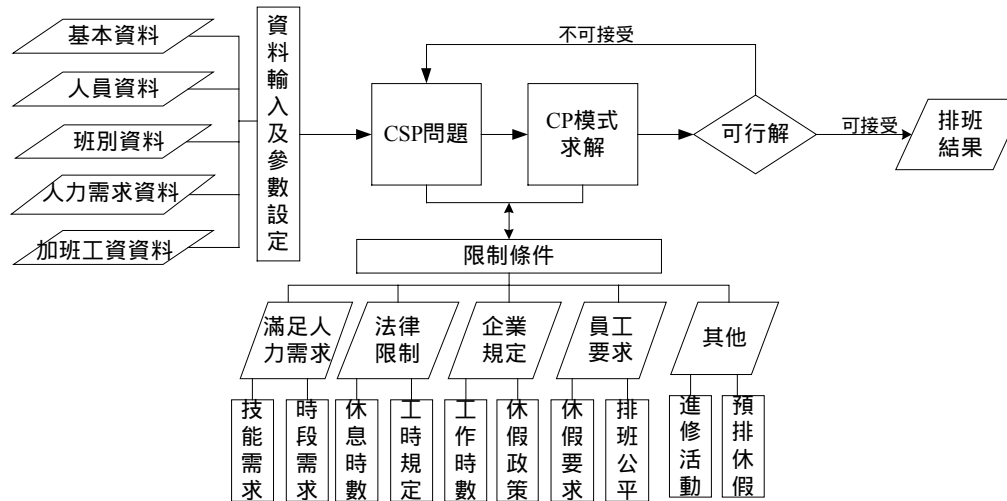


圖 3.3 以 CP 模式求解客服人員排班 CSP 問題之架構

#### 3.4.2 模式假設

客服中心實際運作排班系統的流程如上節所述，而本研究著重在客服人員排班之班表建立，因此將客服中心排班前段預測部分當成已知；並為簡化客服人員排班問題複雜性，故有下列假設：

1. 已由客服中心之目標服務水準，並依歷史來電量、排班月份之專案、促銷活動，得知排班月份之各時段、各技能人力需求量。
2. 假設各員工生產力均相同，即假設員工接聽電話之效率為相同。
3. 擁有雙重技能的員工各日僅能安排其中一項技能班別。
4. 在公平性考量上，本研究不考慮依據前一月班表各人員執勤與休假情況來安排排班月份之班表。
5. 本模式考慮之排班有兩個技能部分(假設為 1\_skill / 2\_skill)。所考慮之員工技能為員工可能擁有其中一項技能，或是同時擁有雙重技能(Double Skill, DS)。

6. 客服人員分為全時工作人員(Full-time, FT)及兼時工作人員(Part-time, PT)。
7. 加班僅考慮加班 2 小時及加班 4 小時的情況。
8. 兼時工作人員不考慮雙重技能。

### 3.4.3 模式構建

客服人員排班問題複雜且求解規模龐大，以本研究之班別數量來看，每日 8 小時的班次再加上加班班次(2 小時或 4 小時)，每日可選擇的班別就超過 100 種；全月 30 日就有 3000 種以上之班別選擇。即使不考慮多重技能之複雜性，30 個客服人員的問題，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，特將問題分為兩階段求解，模式模式求解架構如圖 3.4，並使用 ILOG 公司所開發之軟體 OPL Studio 來撰寫程式以及求解。

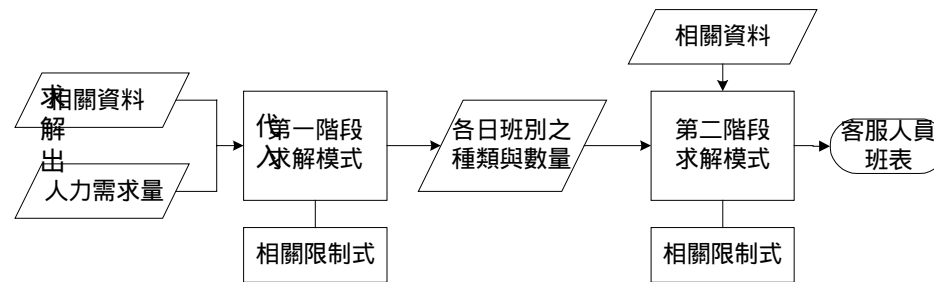


圖 3.4 模式求解架構流程圖

第一階段為排班模式，產生排班當月最佳之「班別組合」，在客服中心可提供之現有人力下，求出每日可滿足法規規定之班別種類及班別數量；並期望在可接受的求解時間內，盡可能使班表不符合人力需求量的時段為最少，且盡可能使人力變動成本為最小。

第二階段為派遣模式，即將第一階段產生之班表指派給人員，而在此階段模式除考量須滿足各項法規限制外，亦考慮班表之公平性，使員工有較為公平的班表，增加員工對班表的滿意度，進而增加工作效率以及提供更佳的顧客服務。

### 3.4.5 第一階段模式：排班模式

#### 1. 模式說明與求解架構

第一階段主要是在嚴格遵守各項法規限制下，將客服中心現有人力作最有效率的整體應用，排出每日滿足各時段人力需求之班別組合。在滿足人力需求方面，須瞭解客服中心是透過電話或網路來進行服務，其人力需求並非是絕對的需求量，而是依據預先設定的客服電話接通率(PCA)之服務水準，換算出的人力需求量，而現有的客服人力並不一定能在尖峰期滿足預設的服務水準需求，因此合理的客服人員排班模式必須要考慮這種人力不足的狀況。因此本模式設計一「不滿足需求人力時段之總和」上限值，不符合需求時段總和必須小於或等於此一上限，並盡量將此上限值降為最低。

此外，第一階段模式亦考量人力成本最小化問題，模式所考量的成本不包括員工固定薪資等固定成本，僅考慮影響排班成本之變動成本，包含全時人員之加班成本、兼時人員之時薪與兼時人員之加班成本。本模式亦設定一「總人力成本」上限值，人力成本總和必須小於或等於此一上限，並盡量將此上限值控制為最小。

第一階段模式的考慮之限制條件如表 3.1 所示，其求解架構圖如圖 3.5 所示，各符號說明如表 3.2 所示。首先是資料輸入與參數設定(B、A1、S、D、W、 $PL_0$ 、 $Z_0$ )，求出符合第一階段限制式的各技能各日之「班別組合(SX)」(即各班別供給之數量)，再將得出之班別組合轉換為各技能各日之「各時段人力供給數(PX)」<sub>0</sub>。而各時段人力供給數加上各時段人力不足數必須等於已知之各時段需求人力數，因此可推測出「各時段人力不足數(PL)」<sub>0</sub>。人力不足總和數及人力成本必須小於所設定之上限值( $PL_0$  及  $Z_0$ )， $PL_0$ 、 $Z_0$  由使用者所設定之起始值漸漸減少至可能之最小值，而由最小值之  $PL_0$ 、 $Z_0$  所得出之可行的班別組合，即為第一階段模式之排班結果。

表 3.1 第一階段排班模式之限制條件

限制條件	內容
最小化成本	人力成本(Z)符合所設定之上限值( $Z_0$ )
最小化不滿足需求	不滿足需求時段總和(PL)符合所設定之上限值( $PL_0$ )
滿足需求	各班別組合(SX)轉換為各時段供給人數(PX)

	供給人力(PX) + 不足人力(PL) = 需求人力(D)
人力上限限制	符合各技能之白天班人力上限、晚上班人力上限
月工作天數限制	全時人員工作天數限制、兼時人員工作天數限制
連續工作天數限制	不可連續工作超過法規限定
扣除人力	晚班隔日不接早班人力、預排休假人力

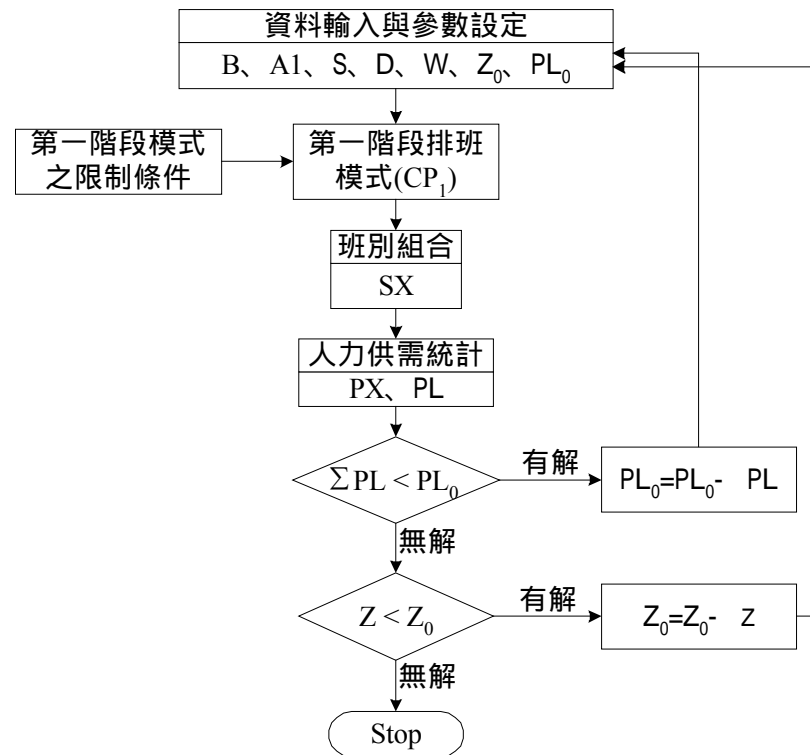


圖 3.5 第一階段模式求解架構圖

表 3.2 模式資料、參數與變數符號代碼及其說明

分類	符號	說明
資料	B	基本資料 - 日期、時段、技能、其他參數
	A1	第一階段人員(Agent)資料 - 各技能白天班、晚上班可供給人數

與參數部分	A2	第二階段人員資料 - 人員基本資料：編號、姓名、工作性質(全時/兼時)、技能(1_skill/2_skill/DS)、性別、可工作時段
	S	班別(Shift)資料 - 各班別、各班別涵蓋、用餐及休息時段
	D	各技能各日之各時段人力需求(Demand)資料(每 15 分鐘之需求量)
	W	薪資(Wage)資料 - 全時人員加班、兼時人員時薪與加班薪資
	PL <sub>0</sub>	各時段人力不足總和數之上限值
	PL	各時段人力不足數上限值之各次測試減少值
	Z <sub>0</sub>	人力成本之上限值
	Z	人力成本上限值之各次測試減少值
變數部分	SX	排班結果之班別組合(各「班別」供給數量)
	STX	排班結果之班別種類組合(各「班別種類」數量)
	PX	排班結果之各技能各日之各時段供給人數
	PL	各時段人力不足數
	Z	人力成本
	T(ST,A)	班別種類指派給人員派遣結果
	Y(S,A)	班別指派給人員派遣結果

## 2. 模式構建與各項設定

### (1) 班別之預先設定

本研究在設定資料結構初期，已將部份的限制條件由預先設定之資料結構滿足之。在班別設計上已考慮了工時長度之限制、午餐時間安排、休息時間安排、晚餐時間及加班時間之安排，因此已由班別之預先設定解決以上之限制式。

舉例來說，一班別 - A1 為上午 7：30 開始至下午 16：00，將午餐時間與休息時間固定於其中，如圖 3.6 所示。而班別 A1\_2 為上例

之 A1 班別工作結束後，必須加班兩小時的班別，如圖 3.7 所示。

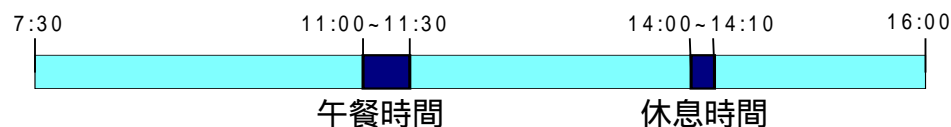


圖 3.6 A1 班別之預先設定示意圖

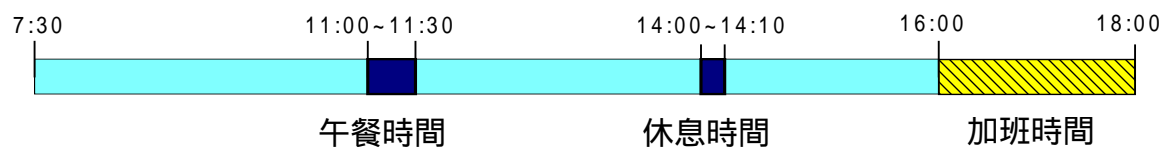


圖 3.7 A1\_2 班別之預先設定示意圖

## (2) 輸入之參數及資料：

在輸入參數中，人力成本上限與不滿足人-時段數上限為可變參數，在求解時，先給予一極大值，再盡可能使此兩參數值為最小，使得求解出之班表，盡可能符合人力需求及最小人力成本。其他參數值則依公司規定。

表 3.3 第一階段模式參數及資料之說明

分類	參數	說明
B	<i>Max_day</i>	排班月份天數
	<i>D</i>	排班月份各日
	<i>P</i>	一天中各時段
	<i>part</i>	各技能部分(1_skill / 2_skill)

	<i>skill</i>	人員技能種類(1_skill / 2_skill / DS)
	<i>kind</i>	Shift kind , 班別分類(白天班/晚上班/休假)
	<i>type</i>	人員工作性質(FT / PT)
	<i>Max_WD</i>	最長連續工作天數
	<i>FT_MaxWD</i>	全時人員之最高月總和工作天數
	<i>PT_MinWD</i>	兼時人員之最低月總和工作天數

表 3.3 第一階段模式參數及資料之說明(續)

分類	參數	說明
A1	$nightshift\_d0_{skill}$	上月最後一天各技能接晚班的人數
	$Max\_nbAgent_{part, type}$	各技能部分所能提供的人數
	$nbAgent_{skill, type, kind}$	各技能所能提供的人數
	$Reserve_{d, skill, type, kind}$	預計休假人員之休假日期，及其技能、工作性質、可上班別
S	$s$	模式中所有班別
	$Shift\_time[s]$	各班別工作時段數
D	$Demand_{part, d, p}$	各日各時段之需求人數資料
W	$FT\_2OTcost$	全時人員之兩小時加班成本(元/時)
	$FT\_4OTcost$	全時人員之四小時加班成本(元/時)
	$PT\_cost$	兼時人員之時薪(元/時)
	$PT\_2OTcost$	兼時人員之兩小時加班成本(元/時)
	$PT\_4OTcost$	兼時人員之四小時加班成本(元/時)
$Z_0$	$Max\_cost$	人力成本上限
$PL_0$	$Max\_unfilled$	不滿足人-時段數之上限

## (3) 集合(Set)設定：

本研究利用到限制規劃中集合的概念，為在構建限制規劃模式時常運用到的技巧，可將班別、日期先行分類，以方便模式構建。第一階段模式中所用的集合如下表。

表 3.4 第一階段模式所用之集合

類型	集合名稱	包含之元素
$\{shift\}$	$FT\_shift$	所有 FT 可上之班別
$\{shift\}$	$PT\_shift$	所有 PT 可上之班別
$\{shift\}$	$FT\_shift\_0$	所有 FT 可上之不加班之班別
$\{shift\}$	$FT\_shift\_2$	所有 FT 可上之加班 2 小時之班別
$\{shift\}$	$FT\_shift\_4$	所有 FT 可上之加班 4 小時之班別
$\{shift\}$	$PT\_shift\_0$	所有 PT 可上之不加班之班別
$\{shift\}$	$PT\_shift\_2$	所有 PT 可上之加班 2 小時之班別
$\{shift\}$	$PT\_shift\_4$	所有 PT 可上之加班 4 小時之班別
$\{shift\}$	$FT\_day\_shift$	所有 FT 可上之白天班別
$\{shift\}$	$FT\_night\_shift$	所有 FT 可上之晚上班別
$\{shift\}$	$PT\_day\_shift$	所有 PT 可上之白天班別
$\{shift\}$	$PT\_night\_shift$	所有 PT 可上之晚上班別
$\{shift\}$	$period\_shift[p]$	時段 $p$ 包含之班別( $p = 1 \sim 96$ )
$\{days\}$	$holiday$	休假日
$\{days\}$	$general$	非休假日

- (4) 變數：第一階段所用到的變數，主要為求出各技能部分各日各班別及其排班供給人數，進而轉換為各時段供給人數總和；其他還有各技能部分各日各時段不符合需求的人數；另外為統計排班之各技能部分各日早班、晚班人數總和，以及計算各日各技能部分可排早班、晚班人數。如表 3.5 所示。

表 3.5 模式第一階段之變數

符號	變數	值域	說明
----	----	----	----

SX	$Supply\_shift_{part, d, s}$	$int(0 \sim Max\_nbAgent_{part})$	排班於各技能部分各日各班別人數之總和
PX	$Supply_{part, d, p}$	$int(0 \sim Max\_nbAgent_{part})$	各技能部分各日各時段供給人數之總和
PL	$Unfilled_{part, d, p}$	$int(0 \sim Max\_nbAgent_{part})$	各技能部分各日各時段不符合需求的人數
-	$Sum\_dayshift_{part, type, d}$	$int(0 \sim Max\_nbAgent_{part})$	各技能部分各日早班人數總和
-	$Sum\_nightshift_{part, type, d}$	$int(0 \sim Max\_nbAgent_{part})$	各技能部分各日晚班人數總和
-	$day\_available_{part, type, d}$	$int(0 \sim nbAgent_{part, type})$	各日各技能部分可排早班人數
-	$night\_available_{part, type, d}$	$int(0 \sim nbAgent_{part, type})$	各日各技能部分可排晚班人數

(4) 限制式：客服人員排班模式第一階段，如表 3.6 所示。

表 3.6 模式第一階段限制式

最小化人力成本 - 滿足所設定之人力成本上限值	
$\sum_{part} (\sum_d (\sum_{s \in FT\_shift\_2} Supply\_shift_{part,d,s} * 2 * FT\_2OT\ cost + \sum_{s \in FT\_shift\_4} Supply\_shift_{part,d,s} * 4 * FT\_4OT\ cost$ $+ \sum_{s \in PT\_shift\_0} Supply\_shift_{part,d,s} * shift\_time_s * PT\_cost + \sum_{s \in PT\_shift\_2} Supply\_shift_{part,d,s} * (shift\_time_s - 2) * PT\_cost$ $+ \sum_{s \in PT\_shift\_4} Supply\_shift_{part,d,s} * (shift\_time_s - 4) * PT\_cost + \sum_{s \in PT\_shift\_2} Supply\_shift_{part,d,s} * 2 * PT\_2OT\ cost$ $+ \sum_{s \in PT\_shift\_4} Supply\_shift_{part,d,s} * 4 * PT\_4OT\ cost) \leq Max\_Cost$	
$\sum_{part} \sum_d \sum_p Unfilled_{part,d,p} \leq Max\_Unfilled$	
滿足各技能部門、各日、各時段之人力需求	
- 各技能部門各日「班別數」轉換為 各技能部門各日「各時段供給人數」	
$Supply_{part,d,p} = \sum_{s \in period\_shift[p]} Supply\_shift_{part,d,s}$	$\forall part, \forall d, \forall p$
- 各技能部門各日各時段：供給人數 + 不足人數=需求人數	
$Supply_{part,d,p} + Unfilled_{part,d,p} = Demand_{part,d,p}$	$\forall part, \forall d, \forall p$
各日人力上限之限制	
- 計算各日白天班人數	

$Sum\_dayshift_{part, FT, d} = \sum_{s \in FT\_day\_shift} Supply\_shift_{part, d, s}$ $Sum\_dayshift_{part, PT, d} = \sum_{s \in PT\_day\_shift} Supply\_shift_{part, d, s}$	$\forall part, \forall d$
- 滿足各日白天班人數上限	
$Sum\_dayshift_{part, FT, d} \leq \sum_{kind} nbAgent_{skill, FT, kind} + \sum_{kind} nbAgent_{DS, FT, kind}$ $Sum\_dayshift_{part, PT, d} \leq nbAgent_{skill, PT, day}$	$\forall part, \forall d$ <i>where skill=part</i>
- 計算各日晚上班人數	
$Sum\_nightshift_{part, FT, d} = \sum_{s \in FT\_night\_shift} Supply\_shift_{part, d, s}$ $Sum\_nightshift_{part, PT, d} = \sum_{s \in PT\_night\_shift} Supply\_shift_{part, d, s}$	$\forall part, \forall d$
- 滿足各日晚上班人數上限	
$Sum\_nightshift_{part, FT, d} \leq \sum_{kind} nbAgent_{skill, FT, night} + \sum_{kind} nbAgent_{DS, FT, night}$ $Sum\_nightshift_{part, PT, d} \leq nbAgent_{skill, PT, night}$	$\forall part, \forall d$ <i>where</i> <i>skill=part</i>

表 3.6 模式第一階段限制式(續)

全時人員之工作天數限制	
$\sum_d \sum_{s \text{ in } FT\_shift} Supply\_shift_{part,d,s} = FT\_MaxWD * Max\_nbAgent_{part}$	$\forall part$
兼時人員之工作天數限制	
$PT\_MinWD \leq \sum_d \sum_{s \text{ in } PT\_shift} Supply\_shift_{part,d,s} \geq FT\_MaxWD$	$\forall part$
扣除晚上班隔日不可接白天班之人力	
- 計算各技能部分各日白天班可用人力	
<p>If (<math>d=1</math>)</p> $day\_available_{part, FT, d} = Max\_nbAgent_{part, FT} - nightshift\_d0_{skill} - nightshift\_d0_{ds}$ <p>else</p> $day\_available_{part, FT, d} = Max\_nbAgent_{part, FT} - Sum\_nightshift_{skill, d-1} - Sum\_nightshift_{ds, d-1}$	$\forall part, \forall d$ where $skill=part$
- 各技能部分：每日白天班供給人數 ≤ 每日白天班可用人數	
$Sum\_dayshift_{part, d} \leq day\_available_{part, FT, d}$	$\forall part, \forall d$
扣除連續工作最長日數人力( $Max\_WD$ 日)	

$\sum_{i=0}^{Max\_WD} Sum\_dayshift_{part, kind} [d + i]$ $\leq Max\_nbAgent_{part, kind} * Max\_WD$	$\forall part, \forall shift\ kind$ $d = 1 \sim Max\_day - Max\_WD$
扣除預排休假之人力	
<p>If(skill=DS &amp; kind=day)</p> $day\_available_{part, type, d} = Max\_nbAgent_{part} - Reserve_{d, DS, type, kind}$ <p>If(skill=DS &amp; kind=night)</p> $day\_available_{part, type, d} = Max\_nbAgent_{part} - Reserve_{d, DS, type, kind}$ $night\_available_{part, type, d} = Max\_nbAgent_{part} - Reserve_{d, DS, type, kind}$	$\forall part$
<p>If(skill&lt;&gt;DS &amp; kind=day)</p> $day\_available_{part, type, d} = Max\_nbAgent_{part} - Reserve_{d, skill, type, kind}$ <p>If(skill&lt;&gt;DS &amp; kind=night)</p> $day\_available_{part, type, d} = Max\_nbAgent_{part} - Reserve_{d, skill, type, kind}$ $night\_available_{part, type, d} = Max\_nbAgent_{part} - Reserve_{d, skill, type, kind}$	<p>where</p> $skill = part$

### 3.4.6 第二階段模式：派遣模式

#### 1. 模式說明與求解架構

第二階段為「班表派遣」，即將第一階段產生之班表指派給人員，除滿足各項法規限制外，本模式亦考慮班表之公平性，本階段所考慮之限制條件(如表 3.7 所示)，包括班表公平性 - 盡量使員工當月能夠有相同休假總數(即工作天數相同)、相同的假日休假總數(假日休假為星期六、星期日、國定假日之休假)、個別員工當月盡量固定班別。

第二階段派遣模式之求解架構圖如圖 3.8 所示，符號說明同表 3.2。首先是資料輸入與參數設定(B、A2、S、SX)，而 SX 即為第一階段所排出之班別組合結果，先將 SX 依據班別種類作一整理，統計出各班別種類需求人數(全時人員之班別種類分為休假/1\_skill 白天班/1\_skill 晚上班/2\_skill 白天班/2\_skill 晚上班，兼時人員之班別種類分為休假/白天班/晚上班)。然後先指派「班別種類」給人員，得出人員各日班別種類之班表  $T(ST,A)$ ，在依據各人員指派到之班別種類指派「班別」，得到人員各日執勤班別之班表  $Y(S,A)$ ，即為本模式所得出之人員班表結果。

本研究應用限制規劃之搜尋方法於此階段之指派流程，指派流程除考慮公平性指派，並且以排班人員之排班專家知識以增加指派效率。在指派班別種類時，首先確定各日各人所需上之班別種類，以各日累計休假最少的人員優先指派休假班別，如此目前累積休假天數最少的人員會優先安排休假，達到休假公平的目的。

表 3.7 第二階段排遣模式之限制條件

限制條件	內容
滿足需求	滿足第一階段各班別種類、各班別之需求人力
刪除不合理班別	女性不排晚班、全時人員不排兼時人員班別、兼時人員不排全時人員班別、排除人員非其技能能力之班別
各日接續	晚班隔日不接早班
連續工作天數限制	不可連續工作超過法規限定

預排休假	安排人員之預排休假
班表公平性	個人工作天數盡量相同、個人假日休假數盡量相同、個人盡量上固定班別

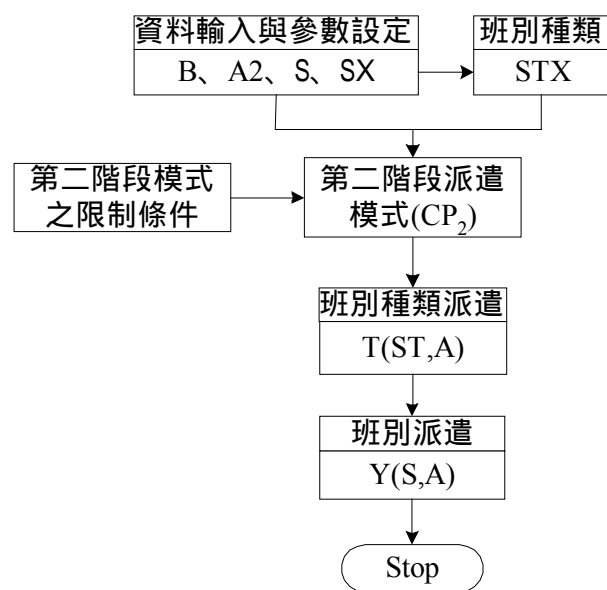


圖 3.8 第二階段派遣模式求解架構

## 2. 模式構建與各項設定

(1) 輸入參數及資料：如表 3.8 所示。

表 3.8 第二階段模式參數之說明

分類	參數	說明
B	$Max\_day$	排班月份天數
	$D$	排班月份各日
	$P$	一天中各時段
	$s$	模式中所有班別
	$part$	各技能部分
	$skill$	人員技能種類
	$type$	人員工作性質(FT/PT)
	$Kind$	Shift kind , 班別分類(白天班/晚上班/休假)
	$Max\_WD$	最長連續工作天數
	$Max\_nbAgent_{part,type}$	各技能部分所能提供的人數上限
A2	$nbAgent_{skill,type,kind}$	各技能所能提供的人數上限
	$FT\_agent[a]$	FT 人員資料 ( $a$ 為所有 FT 人員) 資料包含各人員之編號、性別、技能項目
	$PT\_agent_{part}[a]$	各技能部分 PT 人員資料 ( $a$ 為某一技能部分 PT 人員) 資料包含各人員之編號、性別、技能項目
	$Reserve_{d,a}$	預排休假人員之休假日期
SX	$Supply\_shift_{part,d,s}$	各技能部分各日各班別數(第一階段結果匯入)

(2) 集合(Set)設定：如表 3.9 所示。

表 3.9 第二階段模式所用之集合

類型	集合名稱	包含之元素
<i>{shift}</i>	<i>FT_shift</i>	所有 FT 可上之班別
<i>{shift}</i>	<i>PT_shift</i>	所有 PT 可上之班別
<i>{shift}</i>	<i>FT_day_shift</i>	所有 FT 可上之白天班別
<i>{shift}</i>	<i>FT_night_shift</i>	所有 FT 可上之晚上班別
<i>{shift}</i>	<i>PT_day_shift</i>	所有 PT 可上之白天班別
<i>{shift}</i>	<i>PT_night_shift</i>	所有 PT 可上之晚上班別
<i>{days}</i>	<i>holiday</i>	休假日
<i>{days}</i>	<i>general</i>	非休假日

(2) 變數：如表 3.10 所示。

表 3.10 第二階段模式變數之說明

符號	變數	值域	說明
STX	$day\_sum_{d, part, type}$	$int$ ( $0 \sim Max\_nbAgent_{part, type}$ )	統計第一階段各日各技能部分上 白天班人數
	$night\_sum_{d, part, type}$	$int$ ( $0 \sim \sim Max\_nbAgent_{part, type}$ )	統計第一階段各日各技能部分上 晚班人數
T(ST,A)	$FT\_WD_{d, a}$	$int$ (0/1/2/3/4)	各日各 FT 人員指派班別種類 (0 為休假/1 為 1_skill 早班,2 為 晚班/3 為 2_skill 早班,4 為晚班)

	$PT\_WD_{part, d, a}$	$int (0/1/2)$	各日各技能部分各 PT 人員指派 班別種類(0 為休假/1 為早班/2 為 晚班)
Y(S,A)	$FT\_Duty_{d, a}$	$Shift$	各日指派給各 FT 人員之班別
	$PT\_Duty_{part, d, a}$	$Shift$	各日指派給各技能部分各 PT 人 員之班別
-	$Sum\_off_{part, type, a}$	$int (0\sim 10)$	目前各人累計休假天數

(3) 限制式：模式第二階段之限制式如表 3.11 所示。

表 3.11 模式第二階段之限制式

計算第一階段各技能部分各日各班別種類(白天班/晚上班)之需求人數	
- 全時人員	
$Day\_sum_{d, part, FT} = \sum_{s \in FT\_day\_shift} sup\_ply\_shift_{part, d, s}$ $night\_sum_{d, part, FT} = \sum_{s \in FT\_night\_shift} sup\_ply\_shift_{part, d, s}$	$\forall d, \forall part$
- 兼時人員	
$Day\_sum_{d, part, PT} = \sum_{s \in PT\_day\_shift} sup\_ply\_shift_{part, d, s}$ $night\_sum_{d, part, PT} = \sum_{s \in PT\_night\_shift} sup\_ply\_shift_{part, d, s}$	$\forall d, \forall part$
滿足第一階段各技能部分各日各班別類別之需求人數	
- 全時人員	
$\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d, a} = 1) = day\_sum_{d, 1\_skill, FT}$ $\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d, a} = 3) = day\_sum_{d, 2\_skill, FT}$ $\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d, a} = 2) = night\_sum_{d, 1\_skill, FT}$ $\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d, a} = 4) = night\_sum_{d, 2\_skill, FT}$	$\forall d$

- 兼時人員	
$\sum_{a \in PT_{part}} (PT\_WD_{part,d,a} = 1) = day\_sum_{d,part,FT}$ $\sum_{a \in PT_{part}} (PT\_WD_{part,d,a} = 2) = night\_sum_{d,part,FT}$	$\forall d, \forall part$
滿足第一階段各日各班別需求人數	
- 全時人員	
- 白天班	
$\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d,a} = 1 \ \& \ FT\_Duty_{d,a} = s) = Supply\_shift_{1\_skill,d,s}$ $\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d,a} = 3 \ \& \ FT\_Duty_{d,a} = s) = Supply\_shift_{2\_skill,d,s}$	$\forall part, \forall d,$ $s \text{ in } FT\_day\_shift$
- 晚上班	
$\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d,a} = 2 \ \& \ FT\_Duty_{d,a} = s) = Supply\_shift_{1\_skill,d,s}$ $\sum_{a \in FT} (FT\_WD_{d,a} = 4 \ \& \ FT\_Duty_{d,a} = s) = Supply\_shift_{2\_skill,d,s}$	$\forall part, \forall d,$ $s \text{ in } FT\_night\_shift$

表 3.11 模式第二階段之限制式(續)

- 兼時人員	
- 白天班	
$\sum_{a \in PT} (PT\_WD_{1\_skill,d,a} = 1 \ \& \ PT\_Duty_{1\_skill,d,a} = s) = Supply\_shift_{1\_skill,d,s}$ $\sum_{a \in PT} (PT\_WD_{2\_skill,d,a} = 1 \ \& \ PT\_Duty_{2\_skill,d,a} = s) = Supply\_shift_{2\_skill,d,s}$	$\forall part, \forall d,$ $s \in PT\_day\_shift$
- 晚上班	
$\sum_{a \in PT} (PT\_WD_{1\_skill,d,a} = 2 \ \& \ PT\_Duty_{1\_skill,d,a} = s) = Supply\_shift_{1\_skill,d,s}$ $\sum_{a \in PT} (PT\_WD_{2\_skill,d,a} = 2 \ \& \ PT\_Duty_{2\_skill,d,a} = s) = Supply\_shift_{2\_skill,d,s}$	$\forall part, \forall d,$ $s \in PT\_night\_shift$
計算目前各人累計休假天數	
- 全時人員	
$Sum\_off_{part, FT, a} = \sum_d (FT\_WD_{d,a} = 0)$	$\forall a \in FT$
- 兼時人員	
$Sum\_off_{part, PT, a} = \sum_d (PT\_WD_{d,a} = 0)$	$\forall a \in PT$
變數連結 - $FT\_WD$ 與 $FT\_Duty$	
$FT\_WD_{d,a}=0 \rightarrow FT\_Duty_{d,a}=off$	$\forall a \in FT, \forall d$
$FT\_WD_{d,a}=1 \rightarrow FT\_Duty_{d,a} <> s$ $FT\_WD_{d,a}=3 \rightarrow FT\_Duty_{d,a} <> s$	$s \in FT\_night\_shift,$ $\forall a \in FT, \forall d$

$FT\_WD_{d,a}=2 \rightarrow FT\_Duty_{d,a} <> s$ $FT\_WD_{d,a}=4 \rightarrow FT\_Duty_{d,a} <> s$	$s \text{ in } FT\_day\_shift,$ $\forall a \text{ in } FT, \forall d$
刪除不合理班別	
- 女性不排晚班	
- 全時人員：女性僅排早班	
$If(FT\_agent[a].sex=F)$ $FT\_WD_{d,a} <> 2 \ \& \ FT\_WD_{d,a} <> 4$	$\forall a, \forall d$
- 兼時人員：男性僅排晚班、女性僅排早班	
$If(PT\_agent[a].sex=F)$ $PT\_WD_{part, d, a} <> 2$	$\forall d, \forall part$
$If(PT\_agent[a].sex=M)$ $PT\_WD_{part, d, a} <> 1$	$\forall d, \forall part$
- 全時人員不可排兼時人員班別、兼時人員不可排全時人員班別	
$FT\_Duty_{d, a} <> s$	$\forall d, \forall a \text{ in } FT$ $s \text{ in } PT\_shift$
$PT\_Duty_{part, d, a} <> s$	$\forall sector, \forall d, \forall a \text{ in } PT,$ $s \text{ in } FT\_shift,$

表 3.11 模式第二階段之限制式(續)

- 扣除人員非擁有該技能之班別	
- 全時人員	
$\text{If } (FT\_agent[a].1\_skill=0) \text{ then } FT\_WD_{d,a} <> 1 \ \& \ FT\_WD_{d,a} <> 2$ $\text{If } (FT\_agent[a].2\_skill=0) \text{ then } FT\_WD_{d,a} <> 3 \ \& \ FT\_WD_{d,a} <> 4$	$\forall a \text{ in } FT, \forall d$
- 兼時人員	
$\text{If } (PT\_agent[a].1\_skill=0) \text{ then } PT\_WD_{1\_skill,d,a} = 0$ $\text{If } (PT\_agent[a].2\_skill=0) \text{ then } PT\_WD_{2\_skill,d,a} = 0$	$\forall a \text{ in } PT, \forall d$
- 晚班隔日不可接早班限制	
$FT\_WD_{d,a}=2 \rightarrow FT\_WD_{d+1,a} <> 1 \ \& \ FT\_WD_{d+1,a} <> 3$ $FT\_WD_{d,a}=4 \rightarrow FT\_WD_{d+1,a} <> 1 \ \& \ FT\_WD_{d+1,a} <> 3$	$\forall a \text{ in } FT, \forall d$
最長連續工作天數限制( $Max\_WD$ 日)	
- 全時人員	
$\sum_{i=0}^{Max\_WD} (FT\_WD_{d+i,a} <> 0) \leq Max\_WD$	$\forall a \text{ in } FT,$ $d = 1 \sim Max\_day - Max\_WD$
- 兼時人員	
$\sum_{i=0}^{Max\_WD} (PT\_WD_{part,d+i,a} <> 0) \leq Max\_WD$	$\forall a \text{ in } PT, \forall part,$ $d = 1 \sim Max\_day - Max\_WD$
預排休假	
- 全時人員	

$If (Resever_{d,a}=1)$ $FT\_WD_{d,a}=0$	$If a=FT$
- 兼時人員	
$If (Resever_{d,a}=1)$ $PT\_WD_{part, d, a}=0$	$If a=PT_{part}$
每月各人假日休假數盡量相同	
- 全時人員	
$Sum\_off_{part, FT, a} \geq \text{平均假日休假數}-1$	$\forall a \text{ in } FT, \forall part$
- 兼時人員	
$Sum\_off_{part, PT, a} \geq \text{平均假日休假數}-1$	$\forall a \text{ in } PT, \forall part$

## 第四章 客服人員排班個案探討

### 4.1 個案問題簡介

#### 4.1.1 個案公司介紹

個案 C 銀行之客服中心成立於 1992 年，為國內金融業成立客服中心之先趨，提供 24 小時全年無休的電話與網路服務，以顧客滿意為其終極目標。

目前 C 銀行是以人工方式來進行排班，C 銀行客服中心約有 500 名客服人員，根據與該公司排班人員訪談結果，排班人員使用 EXCEL 軟體手動排一個月班表，約需花費一星期以上的時間，相當費時費力。

本研究以 C 銀行之客服人員排班為個案研究對象，以其一業務組之人員作為本研究之客服人員排班之限制規劃模式之測試例題，期求出一個月之客服人員排班班表，並產生相關人力供給需求資訊之報表。

#### 4.1.2 問題規模

##### 1. 技能部分

此業務組分為兩個技能部分 - 一為銀行部分，另一為信用卡部分。各有其技能之人員或是擁有雙重技能人員，各技能部分各有其各時段需求人力。

##### 2. 人員

此業務組共 45 人，客服人員的技能分為處理銀行事務、信用卡事務及能處理銀行及信用卡兩種事務之雙重技能。而職員之工作性質又分為全時工作人員(Full Time, FT)、兼時工作人員(Part Time, PT)。其他人員相關資料見表 4.4。

##### 3. 日期

排班之例題測試時間為一個月，假設此月有 30 日，此月假日為各星期六、日，無國定假日，月曆如表 4.1。

表 4.1 排班測試月份之月曆 (\*為週休星期)

星期日	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	*13
*14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	*27
*28	29	30				

#### 4. 時段

由 C 銀行得到每「15 分鐘」之客服人力需求，因此本研究以 15 分鐘為一時段，得到一天有 96 個時段，表 4.2 為每日時段區間編號所代表之實際時間。

表 4.2 每日時段區間編號所代表之時間

時段	時間	時段	時間	時段	時間	時段	時間
1	00:00~00:15	25	06:00~06:15	49	12:00~12:15	73	18:00~18:15
2	00:15~00:30	26	06:15~06:30	50	12:15~12:30	74	18:15~18:30
3	00:30~00:45	27	06:30~06:45	51	12:30~12:45	75	18:30~18:45
4	00:45~01:00	28	06:45~07:00	52	12:45~13:00	76	18:45~19:00
5	01:00~01:15	29	07:00~07:15	53	13:00~13:15	77	19:00~19:15

6	01:15~01:30	30	07:15~07:30	54	13:15~13:30	78	19:15~19:30
7	01:30~01:45	31	07:30~07:45	55	13:30~13:45	79	19:30~19:45
8	01:45~02:00	32	07:45~08:00	56	13:45~14:00	80	19:45~20:00
9	02:00~02:15	33	08:00~08:15	57	14:00~14:15	81	20:00~20:15
10	02:15~02:30	34	08:15~08:30	58	14:15~14:30	82	20:15~20:30
11	02:30~02:45	35	08:30~08:45	59	14:30~14:45	83	20:30~20:45
12	02:45~03:00	36	08:45~09:00	60	14:45~15:00	84	20:45~21:00
13	03:00~03:15	37	09:00~09:15	61	15:00~15:15	85	21:00~21:15
14	03:15~03:30	38	09:15~09:30	62	15:15~15:30	86	21:15~21:30
15	03:30~03:45	39	09:30~09:45	63	15:30~15:45	87	21:30~21:45
16	03:45~04:00	40	09:45~10:00	64	15:45~16:00	88	21:45~22:00
17	04:00~04:15	41	10:00~10:15	65	16:00~16:15	89	22:00~22:15
18	04:15~04:30	42	10:15~10:30	66	16:16~16:30	90	22:15~22:30
19	04:30~04:45	43	10:30~10:45	67	16:30~16:45	91	22:30~22:45
20	04:45~05:00	44	10:45~11:00	68	16:45~17:00	92	22:45~23:00
21	05:00~05:15	45	11:00~11:15	69	17:00~17:15	93	23:00~23:15
22	05:15~05:30	46	11:15~11:30	70	17:15~17:30	94	23:23~23:30
23	05:30~05:45	47	11:30~11:45	71	17:30~17:45	95	23:30~23:45
24	05:45~06:00	48	11:45~12:00	72	17:45~18:00	96	23:45~00:00

由上述可知，本研究之測試例題 - 技能分為 2 個部分，人員 45 人、日期 30 日、時段 96 個可看出此人員排班問題規模相當大，且此個案可排班之班別相當多(C 銀行所給定的班別已有 37 種，而本研究為構建模式，更將班別整理為 124 種)，因此求解之搜尋空間相當

大。而人員排班問題須達到滿足各日各時段人力需求，且須滿足公司法規定，甚至須盡量滿足人員對排班的偏好，問題規模加上各種的限制條件可看出此問題之複雜程度。

## 4.2 客服人員排班相關資料

### 4.2.1 人員資料

此業務組共 45 人，其全時與兼時人員及技能分布如表 4.3。客服人員的技能分為銀行技能(以下簡稱 BK)、信用卡技能(以下簡稱 CD)及能處理銀行及信用卡兩種事務之雙重技能(Double Skill，以下簡稱 DS)。而職員之工作性質又分為全時工作人員(Full Time，FT)、兼時工作人員(Part Time，PT)。各人員有其屬性，包括工作性質(FT/PT)、技能、性別、可上班之時段限制，如表 4.4、表 4.5 為個案全時人員與兼時人員之相關資料。

表 4.3 客服人員工作性質與技能分布數量

全時工作人員			兼時工作人員		
BK	男	2	BK	男	7
	女	12		女	1
CD	男	2	CD	男	1
	女	16		女	0
DS	男	3			
	女	1			

表 4.4 個案全時工作人員相關資料

編號	姓名	技能	性別	可上班時間
1	劉 XX	BK	女	07:20~22:00

2	鍾 XX	BK	女	07:20~22:00
3	陳 XX	BK	女	07:20~22:00
4	林 XX	BK	女	07:20~22:00
5	黃 XX	BK	女	07:20~22:00
6	郭 XX	BK	女	07:20~22:00
7	曾 XX	BK	女	07:20~22:00
8	曾 XX	BK	女	07:20~22:00
9	簡 XX	BK	女	07:20~22:00
10	張 XX	BK	女	07:20~22:00
11	莊 XX	BK	女	07:20~22:00
12	詹 XX	BK	女	07:20~22:00
13	邱 XX	BK	男	00:00~24:00
14	簡 XX	BK	男	00:00~24:00
15	黃 XX	DS	女	07:20~22:00
16	劉 XX	DS	男	00:00~24:00
17	張 XX	DS	男	00:00~24:00
18	陳 XX	DS	男	00:00~24:00
19	林 XX	CD	女	07:20~22:00

表 4.4 個案全時工作人員相關資料(續)

編號	姓名	技能	性別	可上班時間
20	黃 XX	CD	女	07:20~22:00
21	張 XX	CD	女	07:20~22:00
22	高 XX	CD	女	07:20~22:00
23	林 XX	CD	女	07:20~22:00
24	曾 XX	CD	女	07:20~22:00
25	趙 XX	CD	女	07:20~22:00
26	鄭 XX	CD	女	07:20~22:00
27	莊 XX	CD	女	07:20~22:00
28	李 XX	CD	女	07:20~22:00
29	朱 XX	CD	女	07:20~22:00
30	孫 XX	CD	女	07:20~22:00
31	鄭 XX	CD	女	07:20~22:00
32	李 XX	CD	女	07:20~22:00
33	王 XX	CD	女	07:20~22:00
34	謝 XX	CD	女	07:20~22:00
35	楊 XX	CD	男	00:00~24:00
36	紀 XX	CD	男	00:00~24:00

表 4.5 個案兼時工作人員相關資料

編號	姓名	技能	性別	可上班時間
1	劉 XX	BK	女	08:20~17:00
2	唐 XX	BK	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)

3	詹 XX	BK	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)
4	張 XX	BK	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)
5	楊 XX	BK	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)
6	張 XX	BK	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)
7	黃 XX	BK	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)
8	蔡 XX	BK	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)
9	柯 XX	CD	男	19:00~02:00(星期一~星期五) 17:30~02:00(假日)

#### 4.2.2 班別資料

原本 C 銀行制定之班別種類已相當繁多(37 種)，本研究為構建模式，將原先 7 個半天班(Aa、Ab、Ac、Ad、Ae 與 Ba、Bb)組合成 10 種班別，加上一個女性兼時人員可上之特別班別(PA3)，成為 37-7+10+1=41 個班別。再將此 41 個班別擴大成為未加班之班別、加班兩小時之班別、加班四小時之班別，所以  $41 \times 3 = 123$  班別。最後再加上一個休假班別 - off，因此班別共有 124 個。並在各班別中考慮用餐及休息時間，各班別橫跨時段如圖 4.1~4.3，為未加班班別、加班兩小時班別、加班四小時班別之各日橫跨時段，各圖在時段 30~88 填滿區域內的班別為白天班，超越此區之班別即為晚上班。

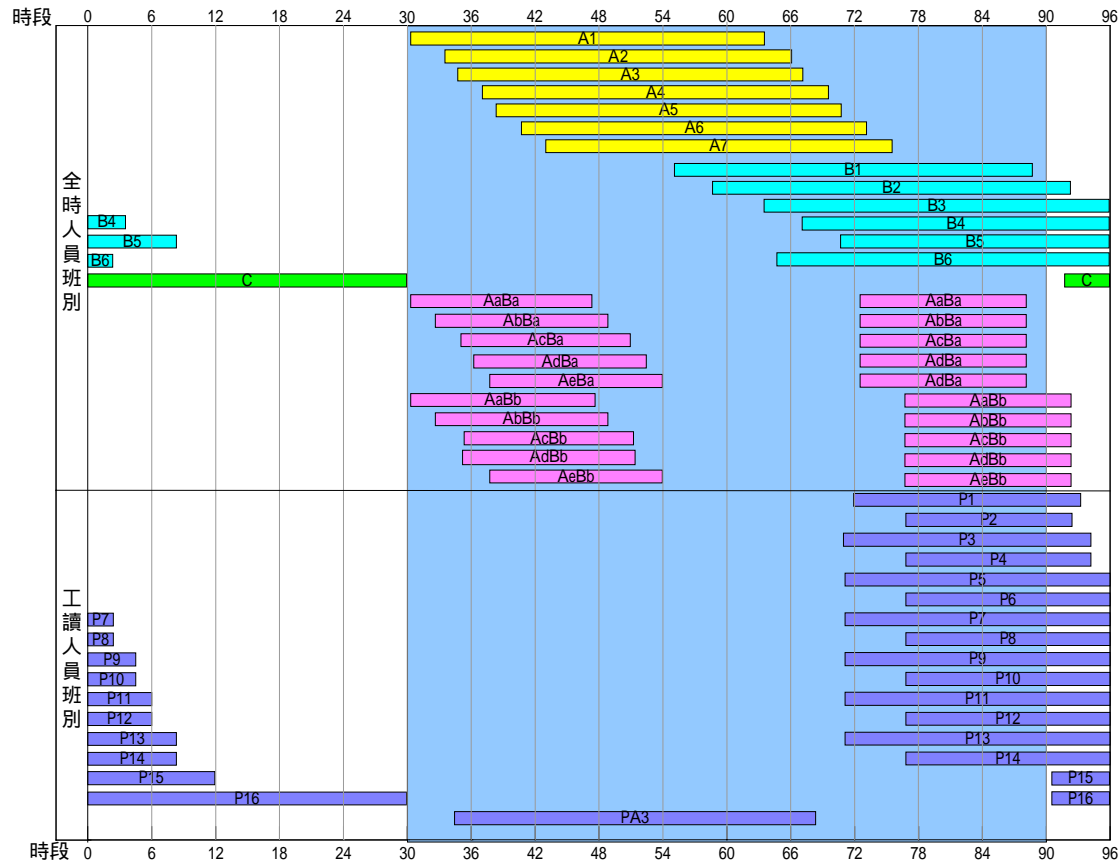


圖 4.1 未加班班別之各日橫跨時段



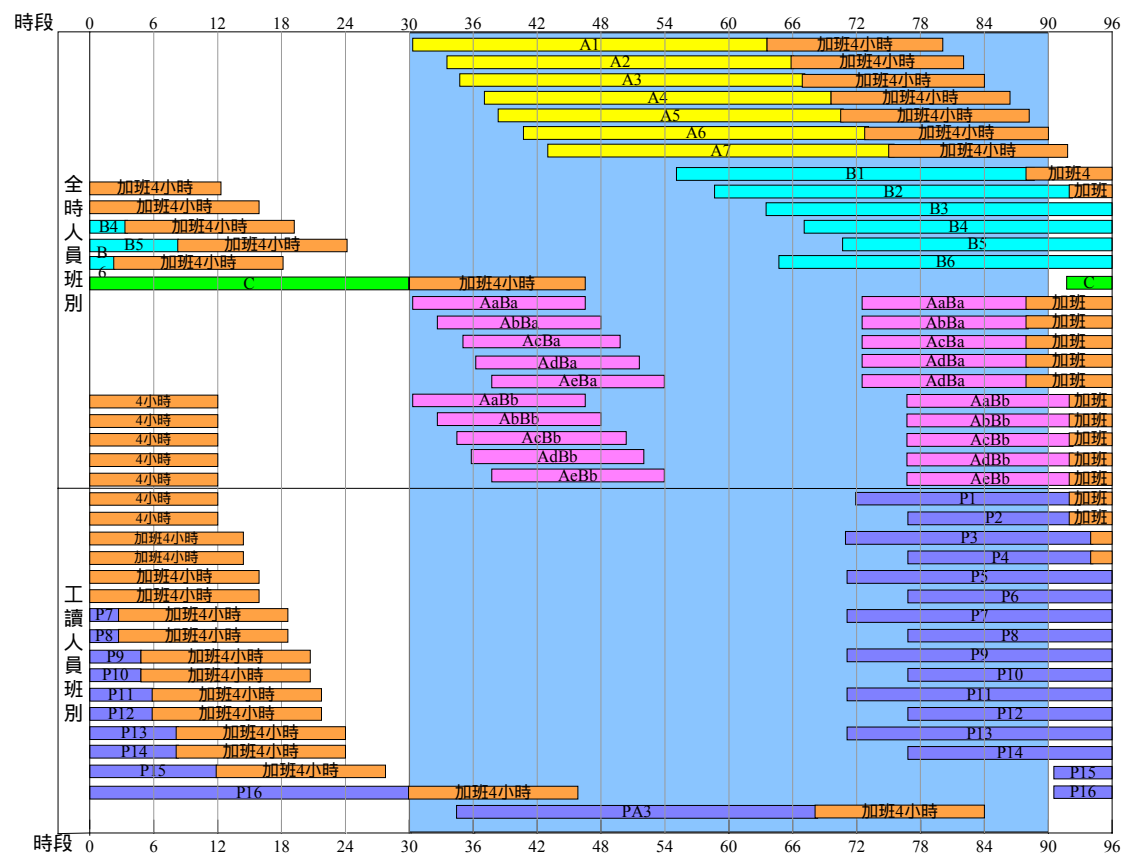


圖 4.3 加班四小時班別之各日橫跨時段

### 1. 全時人員之班別：

共有 72 個班別，全時人員之班別及其橫跨時段、用餐及休息時段(除半天班組合的班別無用餐時段)，如表 4.6 所示，填滿部分之

班別為晚班，其餘為早班。(晚班定義為晚上十點以後開始，早上七點三十分前結束之班別，即在時段 30~88 間之班別)

## 2. 兼時人員之班別：

共有 51 個班別，兼時人員之班別及其橫跨時段及休息時段(除 PA3 外，各班別無用餐時段)，如表 4.7 所示，填滿之班別為女性兼時之班別，其餘為晚班。(晚班定義為晚上十點以後開始，早上七點三十分前結束之班別，即在時段 30~88 間之班別)

表 4.6 全時人員之班別橫跨時段、用餐及休息時段

未加班之班別				加班兩小時班別				加班四小時班別						
班別	橫跨時段	用餐	休息	班別	橫跨時段	用餐	休息	班別	橫跨時段	用餐	休息			
A1	31~64	45-46	57	A1_2	31~72	45-46	57	A1_4	31~80	45-46	57			
A2	33~66	46-47	58	A2_2	33~74	46-47	58	A2_4	33~82	46-47	58			
A3	35~68	47-48	59	A3_2	35~76	47-48	59	A3_4	35~84	47-48	59			
A4	37~70	48-49	60	A4_2	37~78	48-49	60	A4_4	37~86	48-49	60			
A5	39~72	49-50	61	A5_2	39~80	49-50	61	A5_4	39~88	49-50	61			
A6	41~74	50-51	62	A6_2	41~82	50-51	62	A6_4	41~90	50-51	62			
A7	43~76	51-52	63	A7_2	43~84	51-52	63	A7_4	43~92	51-52	63			
B1	55~88	70-71	82	B1_2	55~96	70-71	82	B1_4	55~8	70-71	82			
B2	59~92	71-72	86	B2_2	59~4	71-72	86	B2_4	59~12	71-72	86			
B3	63~96	72-73	89	B3_2	63~8	72-73	89	B3_4	63~16	72-73	89			
B4	67~4	74-75	93	B4_2	67~12	74-75	93	B4_4	67~20	74-75	93			
B5	71~8	75-76	1	B5_2	71~16	75-76	1	B5_4	71~24	75-76	1			
B6	65~2	73-74	90	B6_2	65~10	73-74	90	B6_4	65~18		90			
C	93~30	7-8	20	C_2	93~38	9-10	21	C_4	93~46	11~12	22			
半天班之組合				半天班之組合				半天班之組合						
AaBa	31~46	73~88	-	78	AaBa_2	31~46	73~96	-	78	AaBa_4	31~46	73~8	-	78
AbBa	33~48	73~88	-	79	AbBa_2	33~48	73~96	-	79	AbBa_4	33~48	73~8	-	79
AcBa	35~50	73~88	-	80	AcBa_2	35~50	73~96	-	80	AcBa_4	35~50	73~8	-	80
AdBa	37~52	73~88	-	81	AdBa_2	37~52	73~96	-	81	AdBa_4	37~52	73~8	-	81
AeBa	39~54	73~88	-	82	AeBa_2	39~54	73~96	-	82	AeBa_4	39~54	73~8	-	82
AaBb	31~46	77~92	-	82	AaBb_2	31~46	77~4	-	82	AaBb_4	31~46	77~12	-	82

AbBb	33~48	77~92	-	83	AbBb_2	33~48	77~4	-	83	AbBb_4	33~48	77~12	-	83
AcBb	35~50	77~92	-	84	AcBb_2	35~50	77~4	-	84	AcBb_4	35~50	77~12	-	84
AdBb	37~52	77~92	-	85	AdBb_2	37~52	77~4	-	85	AdBb_4	37~52	77~12	-	85
AeBb	39~54	77~92	-	86	AeBb_2	39~54	77~4	-	86	AeBb_4	39~54	77~12	-	86

表 4.7 兼時人員之班別橫跨時段、用餐及休息時段

未加班之班別				加班兩小時班別				加班四小時班別			
班別	橫跨時段	用餐	休息	班別	橫跨時段	用餐	休息	班別	橫跨時段	用餐	休息
P1	71~92	-	80	P1_2	71~4	-	80	P1_4	71~12	-	80
P2	77~92	-	83	P2_2	77~4	-	83	P2_4	77~12	-	83
P3	71~94	-	82	P3_2	71~6	-	82	P3_4	71~14	-	82
P4	77~94	-	85	P4_2	77~6	-	85	P4_4	77~14	-	85
P5	71~96	-	84	P5_2	71~8	-	84	P5_4	71~16	-	84
P6	77~96	-	87	P6_2	77~8	-	87	P6_4	77~16	-	87
P7	71~2	-	86	P7_2	71~10	-	86	P7_4	71~18	-	86
P8	77~2	-	89	P8_2	77~10	-	89	P8_4	77~18	-	89
P9	71~4	-	88	P9_2	71~12	-	88	P9_4	71~20	-	88
P10	77~4	-	91	P10_2	77~12	-	91	P10_4	77~20	-	91
P11	71~6	-	90	P11_2	71~14	-	90	P11_4	71~22	-	90
P12	77~6	-	93	P12_2	77~14	-	93	P12_4	77~22	-	93
P13	71~8	-	92	P13_2	71~16	-	92	P13_4	71~24	-	92
P14	77~8	-	95	P14_2	77~16	-	95	P14_4	77~24	-	95
P15	93~12	-	-	P15_2	93~20	-	-	P15_4	93~28	-	-
P16	93~30	-	-	P16_2	93~38	-	-	P16_4	93~46	-	-
PA3	35~68	47-48	59	PA3_2	35~76	47-48	59	PA3_4	35~84	47-48	59

#### 4.2.3 人力需求資料

C 銀行客服中心之人力需求分為信用卡與銀行兩部分，以週來預估需求人力數，分為平日(星期一至星期五)及假日(星期六、日)。以下舉兩個典型的需求範例，圖 4.4 為信用卡技能部分星期一的需求人力統計圖，可看出一天有兩次尖峰時段，一次約在上午 10 點至 11 點左右(時段 41~44)，另一次約在下午 1 點至 3 點間(時段 56~61)，而在夜間的人力需求也頗高。圖 4.5 為信用卡技能部分星期六的需求人力統計圖，可看出星期六較星期一的需求量少了許多，星期一最高需求人力為 13 人，而星期六最高需求人力僅為 4 人。因此可知各日需求量均有尖離峰時段，夜間的人力需求也頗高，而週末的需求人力數較平日為低。各日人力需求詳細數值請見附錄 A。

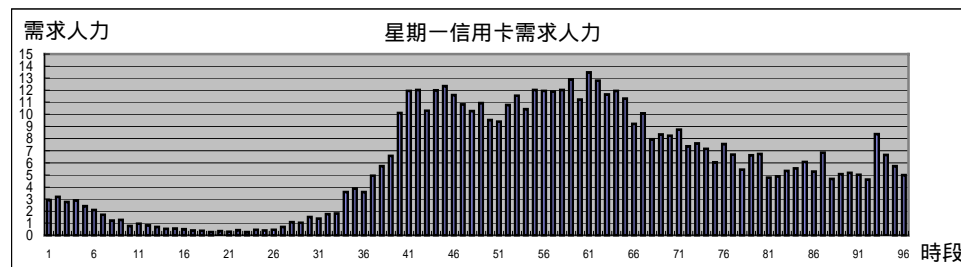


圖 4.4 星期一信用卡部分之需求人力統計

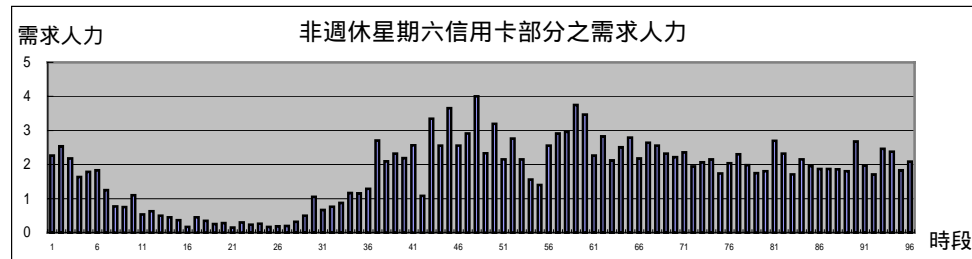


圖 4.5 非週休之星期六信用卡部分之需求人力統計

#### 4.2.4 成本設定

本研究在人力成本的考量上，僅考慮變動成本，而不考慮全時人員的固定薪資，即僅考慮全時人員的加班時薪與兼時人員的時薪、加班時薪。其中加班時薪包含公司規定之加班薪資及補助之交通費，表 11 為本研究自訂之各項薪資假設。

表 4.8 本研究自訂之各項目薪資假設

項目	成本設定
FT 加班前兩小時時薪	194 元/時
FT 加班後兩小時時薪	244 元/時
PT 時薪	135 元/時
PT 加班前兩小時時薪	165 元/時
PT 加班後兩小時時薪	195 元/時

#### 4.2.5 限制條件整理

與 C 銀行訪談之後，得到其客服人員排班需要滿足之限制，如下：

1. 滿足各技能、各日、各時段的人力需求
2. 勞基法規定
  - (1) 每工作 4 小時後至少需休息 30 分鐘
  - (2) 每日工作長度限制
  - (3) 每月工作總時數限制
  - (4) 各人兩個班別之間間隔為 20 小時
3. 各人連續工作天數至多為 5 天
4. 每日加班最長時間 4 小時
5. 用餐時段：午餐在 11-1 點間，晚餐在 5-7 點間
6. 女性可工作時段不排晚班
7. 人員可預排休假或主管指定休假
8. 公平性要求：全時人員各月工時相同、每月假日休假平均分攤、每人每月班表盡量固定班別

## 第五章 客服人員排班個案結果與分析

本章目的在探討客服人員排班模式應用於個案之求解績效與結果分析。首先先就個案問題之求解規模作一說明，包含模式變數個數、限制式個數及求解時間；再說明個案參數的設定及探討參數設定對模式求解的影響。然後觀察個案第一、第二階段模式的結果及相關分析。

### 5.1 各階段模式規模及求解時間

個案探討之客服人員排班模式的各階段的變數個數及限制式數如下表所示。而第一階段的求解時間視參數設定而定，約為 5 至 10 分鐘；第二階段約 20 至 30 秒。求解效率對人員排班而言是相當有效率的，較一般使用數學模式構建的人員排班模式減少相當多的時間花費；並且依據與個案公司訪談，得知個案客服中心若用人工排約 500 人的一個月班表須花費一個星期以上的時間，相較之下，本模式可在 10 分鐘內求解出 45 人的一個月班表，在求解效率上已大幅提昇。

表 5.1 個案之模式變數個數、限制式數及求解時間

第一階段	
變數個數	25564
限制式數	20400
求解時間	約 5~10 分鐘
第二階段	
變數個數	3075
限制式數	266454
求解時間	約 20~30 秒

## 5.2 個案參數設定及資料輸入

### 5.2.1 第一階段模式參數設定及資料輸入

1. 參數設定：如表 5.2 所示，其中  $Max\_cost$  與  $Max\_unfilled$  參數為使用者自行設定，基本上可依排班者經驗先給定一初始值，再逐漸縮小其值，以達到不滿足時段最少及人力成本最小的目的。

表 5.2 第一階段模式參數設定

參數	參數值	說明
$Max\_day$	30	排班月份天數
$d$	1~30	排班月份各日
$p$	1~96	一天中各時段
$s$	(124 個)	模式中所有班別

表 5.2 第一階段模式參數設定(續)

參數	參數值	說明
$part$	$BK/CD$	各技能部分
$skill$	$BK/CD/DS$	人員技能種類
$kind$	$day/night$	Shift kind, 班別分類(白天班/晚上班)
$Max\_cost$	(視情況而定)	最大成本限制
$Max\_unfilled$	(視情況而定)	最大不滿足人-時段數之上限
$Max\_WD$	5	最長連續工作天數
$FT\_2OTcost$	194	全時人員之兩小時加班成本(元/hr)
$FT\_4OTcost$	244	全時人員之四小時加班成本(元/hr)
$PT\_cost$	135	兼時人員之時薪(元/hr)
$PT\_2OTcost$	165	兼時人員之兩小時加班成本(元/hr)
$PT\_4OTcost$	195	兼時人員之四小時加班成本(元/hr)
$FT\_MaxWD$	22	全時人員之最高月總和工作天數
$PT\_MinWD$	8	兼時人員之最低月總和工作天數
$Reserve_{d,skill,type,kind}$	無	預計休假人員之休假日期、技能、工作性質、可上班別

## 2. 資料輸入

(1) 各日各時段之需求人數  $Demand_{d,p}$ ：詳細數值請見附錄 A。

(2) 各班別工作時段數  $Shift\_time[s]$ ：如表 5.3 所示。

表 5.3 班別總工作時段數

班別	off	A1	A1_2	A1_4	A2	A2_2	A2_4	A3	A3_2	A3_4
----	-----	----	------	------	----	------	------	----	------	------

時段數	0	34	36	38	34	36	38	34	36	38
班別	A4	A4_2	A4_4	A5	A5_2	A5_4	A6	A6_2	A6_4	A7
時段數	34	36	38	34	36	38	34	36	38	34
班別	A7_2	A7_4	B1	B1_2	B1_4	B2	B2_2	B2_4	B3	B3_2
時段數	36	38	34	36	38	34	36	38	34	36
班別	B3_4	B4	B4_2	B4_4	B5	B5_2	B5_4	B6	B6_2	B6_4
時段數	38	34	36	38	34	36	38	34	36	38
班別	AaBa	AaBa_2	AaBa_4	AbBa	AbBa_2	AbBa_4	AcBa	AcBa_2	AcBa_4	AdBa
時段數	32	34	36	32	34	36	32	34	36	32
班別	AdBa_2	AdBa_4	AeBa	AeBa_2	AeBa_4	AaBb	AaBb_2	AaBb_4	AbBb	AbBb_2
時段數	34	36	32	34	36	32	34	36	32	34
班別	AbBb_4	AcBb	AcBb_2	AcBb_4	AdBb	AdBb_2	AdBb_4	AeBb	AeBb_2	AeBb_4
時段數	36	32	34	36	32	34	36	32	34	36
班別	C	C_2	C_4	P1	P1_2	P1_4	P2	P2_2	P2_4	P3
時段數	34	36	38	22	24	26	16	22	20	24
班別	P3_2	P3_4	P4	P4_2	P4_4	P5	P5_2	P5_4	P6	P6_2
時段數	26	28	18	20	22	26	28	30	20	22
班別	P6_4	P7	P7_2	P7_4	P8	P8_2	P8_4	P9	P9_2	P9_4
時段數	24	28	30	32	22	24	26	30	32	34

表 5.3 班別總工作時段數(續)

班別	P10	P10_2	P10_4	P11	P11_2	P11_4	P12	P12_2	P12_4	P13
時段數	24	26	28	32	34	36	26	28	30	34
班別	P13_2	P13_4	P14	P14_2	P14_4	P15	P15_2	P15_4	P16	P16_2
時段數	36	38	28	30	32	16	18	20	34	36
班別	P16_4	PA3	PA3_2	PA3_4						
時段數	38	34	36	38						

(3) 排班月份前一個月之最後一日，各技能部分可接晚班的人數 -  $nightshift\_d0_{skill}$ ：如表 5.4 所示。

表 5.4 上個月最後一天各技能接晚班所提供之人數

各技能部分	人數
$nightshift\_d0_{BK}$	0
$nightshift\_d0_{CD}$	0
$nightshift\_d0_{DS}$	0

(4) 各技能部分(銀行、信用卡)、各工作性質(FT/PT)所能提供的人數上限 -  $Max\_nbAgent_{part, type}$ ：如表 5.5 所示。

表 5.5 各技能部分、各工作性質所能提供之人數上限

各技能部分各類別	人數上限
$Max\_nbAgent_{BK, FT}$	18
$Max\_nbAgent_{CD, FT}$	22
$Max\_nbAgent_{BK, PT}$	8
$Max\_nbAgent_{CD, PT}$	1

(5) 各技能(銀行、信用卡、雙重技能)、各工作性質(FT/PT)所能提供的白天班與晚上班之人數上限  $nbAgent_{skill, type, kind}$ ：如表 5.6 所示。

表 5.6 各技能、各工作性質所能提供白天班與晚上班之人數上限

各技能各類別各班別種類	人數上限
<i>nbAgent</i> <i>BK, FT, day</i>	12
<i>nbAgent</i> <i>BK, FT, night</i>	2
<i>nbAgent</i> <i>CD, FT, day</i>	16
<i>nbAgent</i> <i>CD, FT, night</i>	2
<i>nbAgent</i> <i>DS, FT, day</i>	1
<i>nbAgent</i> <i>DS, FT, night</i>	3
<i>nbAgent</i> <i>BK, PT, day</i>	1
<i>nbAgent</i> <i>BK, PT, night</i>	7
<i>nbAgent</i> <i>CD, PT, day</i>	1
<i>nbAgent</i> <i>CD, PT, night</i>	0

## 5.2.2 第二階段模式參數設定及資料輸入

1. 參數設定：如表 5.7 所示。

表 5.7 第二階段模式參數設定

參數	參數值	說明
$Max\_day$	30	排班月份天數
$D$	1~30	排班月份各日
$p$	1~96	一天中各時段
$s$	(124 個)	模式中所有班別
$part$	BK/CD	各技能部分
$skill$	BK/CD/DS	人員技能種類
$type$	day/night	人員工作性質(FT/PT)
$Max\_WD$	5	最長連續工作天數
$Reserve_{d,a}$	無	預排休假人員之休假日期

## 2. 資料輸入

(1) FT 人員資料 - 資料包含各人員之編號(int)、性別(M/F)、技能項目：CD(0/1)、BK(0/1)： $FT\_agent[a]$ ，其中 BK、CD 值皆為 1 的為 DS 人員。

$$FT\_agent[a] = [<1,F,0,1>,<2,F,0,1>,<3,F,0,1>,<4,F,0,1>,<5,F,0,1>,<6,F,0,1>,<7,F,0,1>,<8,F,0,1>,<9,F,0,1>,<10,F,0,1>,<11,F,0,1>,<12,F,0,1>,<13,M,0,1>,<14,M,0,1>,<15,F,1,1>,<16,M,1,1>,<17,M,1,1>,<18,M,1,1>,<19,F,1,0>,<20,F,1,0>,<21,F,1,0>,<22,F,1,0>,<23,F,1,0>,<24,F,1,0>,<25,F,1,0>,<26,F,1,0>,<27,F,1,0>,<28,F,1,0>,<29,F,1,0>,<30,F,1,0>,<31,F,1,0>,<32,F,1,0>,<33,F,1,0>,<34,F,1,0>,<35,M,1,0>,<36,M,1,0>];$$

(2) 各技能部分 PT 人員資料 - 資料包含各人員之編號(int)、性別(M/F)、技能項目：CD(0/1)、BK(0/1)： $PT\_agent_{part}[a]$

$$PT\_agent_{BK}[a] = [<1,F,0,1>,<2,M,0,1>,<3,M,0,1>,<4,M,0,1>,<5,M,0,1>,<6,M,0,1>,<7,M,0,1>,<8,M,0,1>];$$

$$PT\_agent_{CD}[a] = [<1,M,1,0>];$$

(3) 各技能部分各日各班別數(第一階段結果匯入)： $Supply\_shift_{part,d,s}$ ：見表 5.8 所示。

(4) 各技能部分所能提供的人數上限： $Max\_nbAgent_{part,type}$ ：同表 5.5 所示。

(5) 各技能所能提供的人數上限： $nbAgent_{skill,type,kind}$ ：同表 5.6 所示。

### 5.3 客服人員排班個案執行結果與分析

#### 5.3.1 第一階段執行結果與分析

##### 1. 參數設定與執行結果

本研究嘗試改變不滿足時段上限值，來觀察第一階段執行所需時間及迴圈數，以及期望在可接受的時間內，找尋可能達到的最小成本。

總計兩個技能部分之需求人力為29944人-時段。以下嘗試900(滿足需求程度97.0%)到1300(滿足需求程度95.7%)人-時段的人力不足時段上限值( $PL_0$ )，並在設定的不足時段上限下，設定可能的成本上限值( $Z_0$ )。基本上，成本上限或不滿足時段上限設得越低，求解時間越長(尚無解表示在求解時間尚無可行解)。

(1) 不滿足時段上限為 900 人-時段的執行結果：

參數設定			
不滿足時段上限	900	*900	900

成本上限	200000	*195000	190000
執行結果			
求解時間(CPU 秒)	685.98	507.07	>1519.63
Iteration	80338	70132	>155268
不滿足時段	900	*900	尚無解
成本	199730.5	*194797.5	尚無解

(2) 不滿足時段上限為 1000 人-時段的執行結果：

參數設定				
不滿足時段上限	1000	1000	1000	1000
成本上限	190000	180000	175000	170000
執行結果				
求解時間(CPU 秒)	121.17	336.07	447.35	>51279.52
Iteration	17473	43006	54263	>5090521
不滿足時段	1000	1000	1000	尚無解
成本	189814.5	179973.5	174977.5	尚無解

(3) 不滿足時段上限為 1100 人-時段的執行結果：

參數設定			
不滿足時段上限	1100	1100	1100
成本上限	175000	170000	165000
執行結果			
求解時間(CPU 秒)	801.71	677.30	725.11
Iteration	90175	78382	81088
不滿足時段	1100	1100	1100

成本	174893	169827.5	164898
----	--------	----------	--------

(4) 不滿足時段上限為 1200 人-時段的執行結果：

參數設定			
不滿足時段上限	1200	1200	1200
成本上限	170000	165000	160000
執行結果			
求解時間(CPU 秒)	253.16	650.92	301.25
Iteration	33676	74805	37287
不滿足時段	1200	1200	1200
成本	169330	164717.5	159224

(5) 不滿足時段上限為 1300 人-時段的執行結果：

參數設定			
不滿足時段上限	1300	1300	1300
成本上限	160000	155000	150000
執行結果			
求解時間(CPU 秒)	244.21	242.54	655.91
Iteration	32872	31924	75025
不滿足時段	1300	1300	1300
成本	159874	154863	149736

本模式首要目標為符合各限制條件要求，其次即為滿足預定服務水準下之人力需求，再來才考慮到成本及公平性問題，因此本研究在參數設定時，優先選擇不符合需求時段上限最低者，其次考量成本上限設定較低者。因此本研究最後選擇不符合需求時段上限設定為 900 人-時段(\*)，成本上限設定為 195000 元(\*)，作為本研究第一階段此兩參數之設定。

2. 執行結果：本研究選擇不滿足需求時段上限設定為 900 人-時段，成本上限設定為 195000 元，作為本研究第一階段此兩參數之設定，求解時間為 507 秒，執行結果可得到各技能各日之班別組合，詳細資料請參閱附錄 B。

### 3. 各時段人力供給情況

由第一階段班表的各日班別組合可得到各技能各日各時段之多餘或不足人-時段之統計，詳細數值請參閱附錄 C。而依據各時段的多餘及不足人力統計紀錄可繪出各時段的人力供給情形。

以下繪出第一天各技能的人力供給情況，如圖 5.1 與圖 5.2 所示；各圖的填滿區域為需求人力數，黑點連線為排班結果之供給人力，而直條向上表示為多餘人力數、向下表示不足人力數。人力供給統計圖可供客服中心管理者很容易地瞭解各時段人力多餘或不足的情況，進而可以動態安排人員其他活動。其他各技能各日之各時段人力多餘或不足統計圖請參閱附錄 D。

而由圖 5.1 與圖 5.2 可看出，許多時段有人力過剩情形，這是因為必須滿足部份尖峰時段的人力需求而使得其它時段人力過剩。此外可看出信用卡部分的不滿足時段較銀行部分多，這是因為個案公司的信用卡部分的可用之現有人力較為不足，因此會有較多的不滿足需求之人-時段。而信用卡部份之不足時段大多在晚間 11 至 12 點左右(92~96 時段)，這是因為 C 銀行規定女性不可排晚班，而客服中心又是以女性居多，因此使得晚間 11~12 點人力較為不足，而 12 點以後來電量減少，人力足以支援需求而較無不足人力。建議管理者可以依據這些資訊改善客服中心人力配置，如人力不足時段可增加人力供給；而過剩時段可安排人員休息或從事其他活動等。

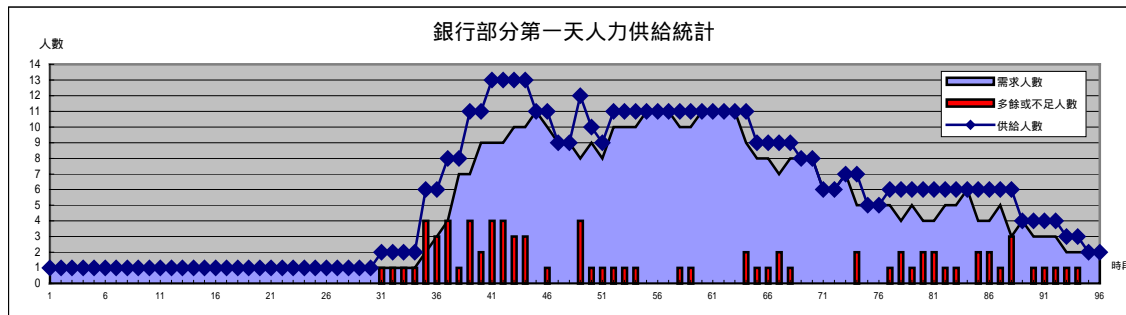


圖 5.1 銀行部分第一天各時段多餘及不足人力數統計

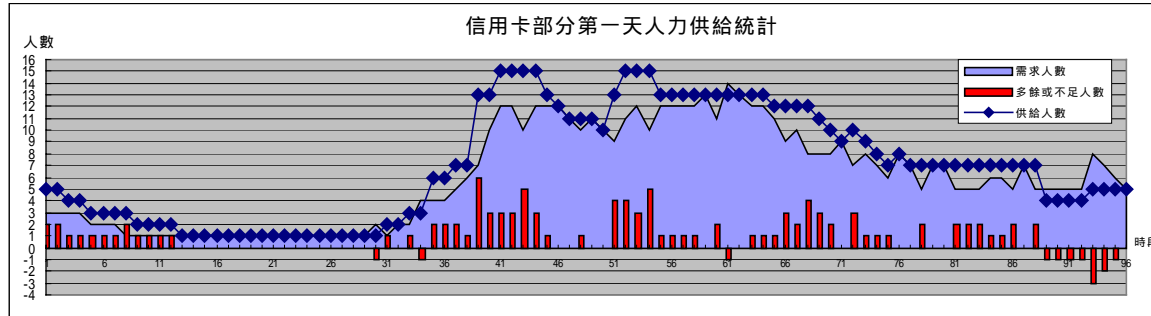


圖 5.2 信用卡部分第一天各時段多餘及不足人力數統計

### 5.3.2 第二階段執行結果與分析

第二階段求解時間約為 20 秒至 30 秒，以不足時段上限參數設定為 900，成本上限參數設定為 195000 元，約花費 21 秒時間求解，以下為此兩參數設定下之執行結果。

第二階段執行結果可得到各人員各日所上的班別，並統計出各人員此月休假總數及假日休假數。在各人所上班別方面，可看出各人員在一個月中盡量排固定班別，如此人員較不易混亂自己上班時間；而在人員休假方面，本研究使人員休假數平均分配，相同技能及相同性別的人員最大休假數差別僅為 1 天，盡量讓人員有公平而滿意的班表。

## 1. 各日各人員班表

第二階段執行結果可得到各人員各日所上的班別，並統計出各人員此月休假總數及假日休假數。在各人所上班別，當月盡量將個別人員安排固定班別，人員較不易混亂自己該上的班別，第二階段求解時間約為 21 秒，詳細人員各日班表請參閱附錄 E。

## 2. 班表公平性

### (1) 工作天數公平性

在統計休假部分可看出各部的全時工作人員的工作天數都是相同的，也就是休假天數均相同，如表 5.8 所示，各人員休假天數均為 8 天，最大差異數為 0。而兼時人員休息也都很平均，如表 5.9 所示，銀行部分男性休假數為 12-13 天，最大差異天數為 1 天，女性為 19 天；信用卡部分人員休假數為 8 天。

表 5.8 全時工作人員休假數

BK 技能人員												DS 技能人員						
人員編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
休假數	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
最大差異數	=0												=0					
CD 技能人員																		
人員編號	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
休假數	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
最大差異數	=0																	

表 5.9 兼時工作人員休假數

BK 技能人員									CD 技能人員
人員編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
休假數	19	13	13	13	13	13	13	12	8
最大差異數	-	=1							-

## (2) 假日休假公平性

此假日休假定義為人員星期六、星期日與國定假日之休假。假日休假的安排會因工作類型不同，如不同工作技能的可排休假數天數會因各技能工作量而異；白天班與夜間班的工作量也不同。而本研究盡量指派各工作類型的人員公平的假日休假數。依人員屬性 - 性質(FT/PT)、技能(銀行/信用卡/雙重)、性別(男/女)來觀察本研究排班結果在假日休假數的公平情形。

測試例題之假日休假總數為 8 日，本研究盡量指派相同屬性的人員相同的假日休假數，各人員假日休假數如表 5.10 與 5.11 所示。在全時工作人員部分，銀行技能人員 - 女性人員的假日休假數為 5 至 6 日(最大差異天數為 1 天)、男性為 3 至 4 日(最大差異天數為 1 天)；雙重技能人員 - 女性之假日休假數為 6 日、男性為 5 日(最大差異天數為 0 天)；信用卡技能人員 - 女性為 4 至 6 日(最大差異天數為 2 天)，男性為 6 日。在兼時工作人員部分，銀行技能女性人員為 4 日，男性為 1 至 2 日(最大差異天數為 1 天)；信用卡技能人員為 1 日。

表 5.10 全時工作人員之假日休假數

技能	銀行技能人員														雙重技能人員			
性別	女												男		女	男		
人員編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
假日休假數	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	5	5	3	4	6	5	5	5
最大差異數	=1												=1		-	=0		
技能	信用卡技能人員																	

性別	女																男	
人員編號	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
假日休假數	6	6	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6
最大差異數	=2																=0	

表 5.11 兼時人員之假日休假數

技能	銀行技能人員								信用卡技能人員
性別	女	男							男
人員編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9
假日休假數	4	2	2	1	1	1	2	2	1
最大差異數	-	=1							-

## 5.4 小結

本研究以限制規劃構建之客服人員排班模式在求解時間上效率極佳，可在十分鐘內求得滿足各項限制式之 45 人一個月的排班班表。在滿足各時段需求方面，排出之可滿足 95% 以上的需求，本研所得最後之排班班表結果更滿足 97% 的人力需求(而不滿足時段多是因為客服中心現有人力不足的因素)，表示本研究可將客服中心現有人力作充分的排班，另外本研究亦可在相同需求滿足程度下求得最小人力成本之班表。此外，執行結果在公平性方面也達到到各人員工作天數、假日休假數盡量相同，各人員工作數誤差至多為 1 日，假日休假數誤差至多為 2 日，並且每個人當月所排出之班表盡量為固定班別，可讓人員較不易混亂自己該上的班別。以上足以表示本研究所排之班表相當符合個案公司實際的情形，並符合個案公司的排班目標，而本研究所作之相關班表統計圖表亦可供客服中心管理作為決策與管理之依據。

## 第六章 結論與建議

近年來，已有不少國外學者開始將限制規劃方法應用於人員排班問題，多數為研究護士人員排班問題，且已證實限制規劃在解決護士排班問題有不錯的成效。而本研究應用限制規劃於全年無休人員排班問題，全年無休人員排班問題較護士排班問題更為繁雜，尤其在各日、各時段的人力需求變化量的複雜度是護士人員排班問題無法比擬的，因此全年無休人員排班問題在限制式數量、班別數量、每日時段的分割數量等，皆較典型的護士排班問題複雜。

本研究以近年全年無休服務業之代表 - 客服人員排班為例，以限制規劃方法構建客服人員排班模式，並以實際企業之客服中心之人員排班為測試例題，得到良好的排班績效，可供國內外學術界與實務界作一參考。

### 6.1 結論

1. 本研究之客服人員排班模式在考量與設計上，首先對客服中心排班需求與流程等多方面深入瞭解，並考慮客服中心現行之人員排班規則，整理出一套切合客服人員排班實務經驗的排班作業方法。
2. 本研究以客服中心現有人力，應用限制規劃方法構建客服人員排班模式，在客服中心預定服務水準下，產生符合各項法規規定及員工滿意的排班班表。而限制規劃方法在求解客服人員班表有極佳績效，本研究之個案測試例題可在十分鐘內求得符合各項限制的可行班表。
3. 本研究之排班目標除符合各項法規外，亦考慮將「不滿足人力需求之時段」及「人力成本」最小化，而排班結果可得到最佳化之符合需求且成本最低之班表。此外，本研究另一個排班目標 - 公平性，限制規劃亦展現了極佳之公平性績效，因限制規劃強大的功能 - 可讓使用者自行撰寫搜尋機制，而使得在派遣人員班表是在最有效率的方式指派，得到公平性高之班表而不增加求解時間。
4. 客服中心各日、各時段的人力需求變化量非常大，為了增加班表符合需求之彈性，本研究設計班別數量龐大且各日分割時段數非常細密。一般客服中心排班所考慮的班別多為三班制或多個重疊班，而一般護士人員排班問題的班別數量至多為十至二十種班別，而

本研究所考慮的班別數量有 124 個，較一般人員排班複雜。雖然增加了求解的困難度，但也因而增加滿足班表需求的彈性。本模式並考慮各日以 15 分鐘為一時段，來估計人力需求、供給與滿足程度，可精確達成與估計每 15 分鐘之人力需求與供給。

5. 本研究整理客服人員排班班表之相關統計報表：各技能部分之各日各時段人力過剩或不足情形，以及人員的勞逸分配程度，可供客服中心管理者了解此班表各日提供人力情況，可作為管理決策的依據。

## 6.2 建議

1. 本研究在班別設計上所考慮的用餐時間及休息時間是固定的，因此休息時間較無彈性，建議後續研究可將用餐與休息的時間加以調整，考慮變化的用餐、休息時間之班別以增加排班班表的彈性。
2. 本研究班表之公平性僅考慮平均安排人員休假數及假日休假數，並無考慮平均分配較差的班別及平均分配晚班班別，建議後續研究可考慮之，使班表更為更為公平性及人性化。
3. 通常排班班表需要考慮連續性問題，本研究僅就一個月期間求解人員班表，僅考慮與前月班表最後一日的銜接，並未考慮與前月班表各人員之勞逸情況，建議後續研究可將此納入考慮，調整人員排班當月班表之勞逸情形以利公平。
4. 本研究為在 ILOG OPL Studio 介面下直接將資料輸入，建議可建立一客服人員排班決策資源系統，前端可構建一使用者介面，幫助使用者輸入或更新資料及參數，而後端可與資料庫連結來取得資料。
5. 本研究未對排班結果作更深入的分析，僅就人力供給情況及其數據可能代表意涵稍加研究，建議後續研究可探討分析班表結果與客服中心管理回饋關係，即研究依據排班統計數據可對客服中心管理提出一改善建議，以促進客服中心管理營運最佳化。

## 參考文獻

1. 王勇華，”人員排班問題啟發式解法之應用”，*國立交通大學土木工程研究所碩士論文*，民國八十二年。
2. 謝昀澤，”休假排班及其人力需求規劃決策資源系統雛形建立”，*國科會專題研究計劃成果報告* (NSC 84-2416-H-009-006)，民國八十四年。
3. 王國琛，”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”，*交通大學運輸科技與管理學系碩士論文*，民國九十一年。
4. 陳柏榮，”以限制規劃程式構建投資組合決策支援系統之研究”，*交通大學運輸科技與管理學系碩士論文*，民國九十一年。
5. 莊凱翔，”求解護理人員排班最佳化之研究 遺傳演算法求解”，*成功大學工業管理研究所*，民國九十年。
6. 高建元，”護理人員之排班研究”，*國立台灣科技大學管理技術研究所*，民國八十三年。
7. 韓復華，”Call Center核心問題分析”，(個人研究資料)，2002年11月。
8. 李美雯、何元榕、陳家媛，”客戶服務中心排班管理系統”，*電信研究雙月刊*，第31卷第2期，民國90年4月。
9. 周震平，”人才篇 - 客服中心人才招聘、訓練及管理”，*通訊雜誌*，第76期，2000年5月號。
10. 周震平，”系統及CTI篇 - Call Center系統介紹及CTI之衝擊”，*通訊雜誌*，第77期，2000年6月。
11. 周震平，”導論篇 - Call Center的台灣演進史”，*通訊雜誌*，第74期，2000年3月。
12. 周震平，”總結篇 - Call Center目標管理及績效評估”，*通訊雜誌*，第78期，2000年7月。
13. 郭美懿，”從自有走向專業分工Call Center也吹委外風”，*通訊雜誌*，第76期，2000年5月。
14. 郭晨東，”認識呼叫中心:呼叫中心的應用”，*新華網*, <http://www.xinhuanet.com>，2001.11.08。
15. 楊朝凱，”向顧客拿藥單,” *數位觀察者*, <http://www.digitalobserver.com>, 第50期, 2000.12.11。
16. Abboud, N., M. Inuiguchi, M. Sakawa and Y. Uemura, “Manpower allocation using genetic annealing,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 111, pp. 405-420, 1998.
17. Angus, I., “An Introduction to Erlang B and Erlang C,” *Angus Telemanagement Group*, <http://www.angustel.ca/>, 2001.
18. Baker, R.B., “Workforce Allocation in Cyclical Scheduling Problems: A Survey,” *Operational Research. Quarterly*, Vol.27, No. 1, pp.155-167, 1976.

19. Baker, K.R., "Scheduling a Full-Time Workforce to Meet Cyclic Staffing Requirements," *Management Science*, Vol. 20, pp.1561-1568, 1974.
20. Baker, K.R. and M. J. Magazine, "Workforce Scheduling with Cyclic Demands and Day-Off and Workstretch Constrains," *Management Science*, Vol. 23, pp.161-167, 1977.
21. Baker, K.R., N.B. Richard and C. Michael, "Staff Sceduling with Day-off and WorkStretch Constraints," *AIIE Transactions*, Vol. 11. pp. 286-292, 1979.
22. Bapat, V. and E.B. Pruitte, "Using Simulation in Call Centers," *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, pp. 1395-1399, 1998.
23. Bartholdi, J.J., "A Garanteed-Accuracy Round-off Algorithm for Cuclic Scheduling and Set Covering," *Operations Research*, Vol.29, pp.501-510, 1981.
24. Barták, R., "On-Line Guide to Constraint Programming," <http://ktlinux.ms.mff.cuni.cz/~bartak/constraints>.
25. Berrada, I., A. F. Jacques and M. Philippe, "A Multi-objective Approach to Nurse Scheduling with both Hard and Soft," *Socio-Econ. Plann. Sci.*, Vol. 30, pp.183-193, 1996.
26. Brailsford, S.C., C.N. Potts and B. M. Smith, "Constraint Satisfaction Problem: Algorithms and Applications," *European Journal of Operational Research*, Vol.119, pp. 557-581, 1999.
27. Brownell, W. S. and J. M. Lowerre, "Scheduling of Workforces required in Continuous operations Under Alternate Labour Policies," *Management Science*, Vol. 22, 1976, pp. 597-605.
28. Brusco, M. J. and L.W. Jacobs, "Starting-Time Decisions in Labor Tour Scheduling: An Experimental Analysis and Case Study," *European Journal of Operational Research*, Vol. 131, pp. 459-475, 2001.
29. Cheng, B., J. Lee, and J. Wu, "A Nurse Rostering System Using Constraint Programming and Redundant Modeling," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 1, pp. 44-54, 1997.
30. Chun, H.W., H.C. Chan, P.S. Lam, M.F. Tsang, J. Wang and W.M. Yeung, "Nurse Rostering at the Hospital Authority of Hong Kong," In *Proceedings of AAAI/IAAI Conference*, 2000.
31. Cox, D., "Darwinian Call Centers," *TMCnet.com*, <http://www.tmcnet.com>, Sep. 1999.
32. D'Ausilio, R.著, 子鳳、李瓊芬譯, 活力客服 - 打造人性化的客服中心, 經濟新潮社, 民國91年。

33. Dantzig, G.B., "A Comment on Edie's Traffic Dealys at Toll Booths," *Operations Research*, Vol.3, pp. 339-341, 1954.
34. Darmoni, S.J., A. Fajner, N. Mahé, A. Leforestier, M. Vondracek, O. Stelian and M. Baldenweck, "Horoplan: Computer-Assisted Nurse Scheduling Using Constraint Based Programming," *Journal of the Society for Health Systems*, Vol. 5, No. 1, pp. 41-54, 1995.
35. Emmons, H., "Work-force Scheduling with Cyclic Requirements and constraints on Days Off, Weekends Off, and Work Stretch," *AIIE Transactions*, Vol. 17, pp. 8-16, 1985.
36. Emmons, H. and R.N. Burns, "Off-day Scheduling with hierarchical worker categories," *Operations Research*, Vol.39, pp. 484-495, 1991.
37. Fogelman, F., D. Girard, B. Lamy, J. Loncelle, E. Marcade, and J. Gallinari, "Prediction in Banking Applications," *Neural Networks for Industrial Applications (Digest No. 1997/014)*, pp. 3/1-3/11, IEE Colloquium on 12 Feb 1997.
38. Gulati, S. and S.A. Malocolm, "Call Center Scheduling Technology Evaluation Using Simulation," *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*, pp. 1438-1442, 2001.
39. Hare, D.R., "Staff Scheduling with ILOG Solver," In *Proceedings of INFORMS National Meeting Conference*, 1998.
40. Henderson, W.B. and W.L.Berry, "Telephone Sales Manpower Planning at Qantas," *Interfaces*, Vol. 9, pp. 1-9, 1979.
41. Kusumoto, S., "Nurse Scheduling System Using ILOG Solver," In *Proceedings of the Second ILOG Solver and Scheduler Users Conference*. Paris: ILOG. 1996.
42. Lau, H. C., "On the Complexity of Manpower Shift Scheduling," *Computers Operations Research*, Vol.23, No.1, pp. 93-102, 1996.
43. Lustig, I.J. and J.F. Puget, "Program Does Not Equal Program: Constraint Programming and Its Relationship to Mathematical Programming," *Interfaces*, Vol.31, No.6, pp.29-53, 2001.
44. Morris, J.G. and Michael T.S., "Simple Approaches to Shift, Day-off and Tour Scheduling Problems," *Management Science*, Vol.29, pp. 942-950, 1983.
45. Ohaegbu, K. and S.S. Devgan, "Customer Relationship Management in E-commerce: The Call Center Solution," *Proceedings of the IEEE*, pp. 391-394, 2000.
46. Reynolds, P., "What Difference Does One Person Make? Understanding Call Center Staffing and Service Tradeoffs," *TMCnet.com*, <http://www.tmcnet.com>, 1999 Sep.

47. Smith, L.D. and Wiggins A., "A Computer-Based Nurse Scheduling System," *Computer Operation Research*, Vol.4, pp.195-212, 1977.
48. Van Hentenryck P., *The OPL Optimization Programming Language*, The MIT Press, 1999.
49. Weil, G., K. Heus, P. Francois and M. Poujade, "Constraint Programming for Nurse Scheduling," *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, Vol. 144, pp. 417-422, 1995.
50. Pipkins Inc., <http://www.pipkins.com>
51. Portage Communications Inc., <http://www.portagecommunications.com/>