

國立交通大學  
運輸與物流管理學系

碩士論文

應用代理人基模擬模型探討機場旅客行為與航廈設施

使用

Applying Agent-based Simulation Model to the  
Evaluation of Passenger Behaviors and Facility Uses in  
an Airport Terminal

研究生：蕭惟中

指導教授：鍾易詩

中華民國一〇七年七月

應用代理人基模擬模型探討機場旅客行為與航廈設施使用  
Applying Agent-based Model Simulation to the Evaluation of  
Passenger Behaviors and Facility Uses in an Airport Terminal

研究生：蕭惟中

Student：Wei-Chung Hsiao

指導教授：鍾易詩

Advisor：Yi-Shih Chung



July 2018

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇七年七月

# 應用代理人基模擬模型探討機場旅客行為與航廈設施使用

研究生：蕭惟中

指導教授：鍾易詩 教授

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

## 摘要

航空旅次逐年增加，而航空旅次愈多，使用機場的旅客也愈多；旅客在機場使用設施，例如：餐飲、購物等，會讓機場帶來非航空收入。對於機場管理者而言，想要了解旅客在機場的設施使用行為，設法增加旅客在航廈內的設施使用。機場旅客流動、行為可視為一複雜系統，常使用模擬模型進行研究。但過去研究大多針對旅客程序活動中的報到、安檢等排隊設施，較少關於旅客在任意活動，如座椅、商店等設施進行研究。因此，本研究目的為建立一套經由資料蒐集、資料分析的流程，建構出旅客在航廈內流動與決策行為之模擬模型；並由所建立之模擬模型進行現況以及不同情境的分析，探討機場航廈設施使用狀況，以作為機場管理營運決策之參考依據。

本研究分為三個階段，分別是問卷資料蒐集、資料分析以及模擬的建立與分析。在問卷資料蒐集的部分，本研究於臺北松山機場國際線候機室，針對出境旅客進行問卷資料蒐集旅客設施使用狀況。在資料分析的部分，本研究經由機率分布配飾、k-s 檢定配合決策樹分類，找出機場設施之使用時間分布；並經由馬可夫鏈分析找出旅客使用各項設施之選擇機率。在模擬的部分，本研究主要使用代理人基模擬模型(ABM)搭配離散事件模擬模型(DES)，建構出旅客在松山機場內流動以及選擇設施之決策與使用行為。

本研究使用所建構出之模擬模型進行現況分析、尖離峰分析與旅客屬性分析，情境模擬分為機場資訊情境、使用設施情境、使用商店情境與商店位置情境。藉由探討設施使用人數與人時間指標，以及旅客在非管制區、通關與管制區之平均設施使用時間等指標，分析旅客行為與設施使用狀況，並由各情境分析結果提供機場在設施管理與營運上之參考與建議。

關鍵詞：模擬、ABM 模擬、機場設施

# Applying Agent-based Simulation Model to the Evaluation of Passenger Behaviors and Facility Uses in an Airport Terminal

Student : Wei-Chung Hsiao

Advisor : Yi-Shih Chung

Department of Transportation and Logistics Management

## Abstract

Global air passenger traffic grows increasingly. The more passengers in the airport, the more revenue airports will earn. Air passengers using facilities and doing activity in the airport, such as shopping and dining, brings airports non-aviation income. Therefore, airport managers want to understand the behaviors how passengers use the facilities, and try to increase the facilities use in the terminal. The aim of this thesis is to establish an agent-based simulation model of passenger behaviors with movement and facilities use in an airport terminal, then apply the simulation model to set different scenarios to analysis the facilities use in the terminal, in order to help the airport's operation and management.

The data collects in Taipei Songshan Airport international departure terminal by questionnaires to ask the passengers' facilities use. For data analyses, using k-s test with decision tree find the service time distribution for each facility, and using markov-chain find out the choose probability for each facility. For the simulation model, using agent-based simulation model with discrete-event model simulates the passengers flow and behaviors.

There are seven scenarios analyses by using the simulation model: the current situation analysis, peak hour analysis, passengers' attribute analysis, crowded information scenario, increase facilities use scenario, increase duty-free shop use scenario and store location scenario. By analysis the output parameters: number of use for each facility and total time spent in the facilities for each passenger, in order to realize the behaviors for facility use in the airport terminal and to increase the facilities use.

Keywords : Simulation, Agent-based Simulation Model, Airport Facility

## 誌 謝

非常感謝指導教授鍾易詩老師兩年來的指導與包容，有老師的教導和指引才能順利完成此篇論文。

感謝交大運管系的所有老師，六年來的課程獲益良多。

感謝口試委員呂錦隆教授與葉文健教授，給予許多寶貴的建議。

感謝尚霖和冠宏，一起討論、一起 meeting、一起去松機.....。

感謝意純、于真以及 YS lab 的學長姊、學弟妹。

感謝偉文、育誠與明璟，一起聊天和運動。

感謝 AnyLogic 的工程師，回信解決我在模擬遇上的問題。

感謝 lab 的電腦和我的筆電，協助我進行模擬以及論文的撰寫。

感謝乃木坂 46，豐富了我論文以外的生活。

感謝其他協助我完成論文以及我生活周遭所有的人、事、物。

感謝我自己，完成了這篇論文。

最後，感謝我的家人，有你們的支持才有現在的我。

蕭惟中 謹誌

中華民國 107 年 7 月

於 交通大學運輸與物流管理學系

# 目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
誌謝.....	iii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍與對象.....	3
1.4 研究流程.....	4
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 機場設計.....	5
2.1.1 機場設計：航廈設施組成.....	5
2.1.2 機場設施：空間配置.....	6
2.1.3 機場服務品質與服務水準.....	7
2.2 旅客行為.....	8
2.2.1 旅客行為：人流模型.....	8
2.2.2 旅客行為：旅客活動.....	9
2.2.3 旅客行為：活動選擇.....	10
2.2.4 旅客行為：時間壓力.....	11
2.2.5 旅客行為：購物動機、旅客類型與機場資訊.....	12
2.3 模擬.....	13
2.3.1 DES 模擬.....	13
2.3.2 ABM 模擬.....	14
2.3.3 DES 與 ABM 模擬比較.....	15
2.4 小結.....	16
第三章 研究方法.....	17
3.1 問卷資料蒐集.....	17
3.2 資料分析方法.....	18
3.2.1 統計分配差異檢定.....	20
3.2.2 決策樹模型.....	21
3.2.3 馬可夫鏈模型.....	22
3.3 模擬.....	22
3.3.1 模擬要素.....	23
3.3.2 旅客決策.....	24
3.2.3 模擬軟體.....	25
第四章 研究結果.....	26
4.1 旅客特性與行為基本分析.....	26

4.2 設施使用時間與行為分配決定.....	29
4.2.1 設施使用時間分布.....	29
4.2.2 設施使用機率.....	31
第五章 模擬模式建立與分析結果.....	33
5.1 模擬模式建立.....	33
5.1.1 模擬假設.....	33
5.1.2 模擬參數設定.....	34
5.1.3 模擬軟體建置.....	34
5.2 模擬模式驗證.....	41
5.3 模擬結果與分析.....	41
5.3.1 現況分析.....	41
5.3.2 尖離峰分析.....	42
5.3.3 旅客居住地分析.....	47
5.4 情境分析與結果.....	48
5.4.1 機場資訊情境.....	48
5.4.2 使用設施情境.....	52
5.4.3 使用商店情境.....	53
5.4.4 商店位置情境.....	54
5.5 討論.....	56
第六章 結論與建議.....	58
6.1 結論.....	58
6.2 建議.....	58
6.2.1 管理意涵建議.....	58
6.2.2 未來研究建議.....	59
參考文獻.....	60
附錄：問卷.....	66
簡歷.....	71

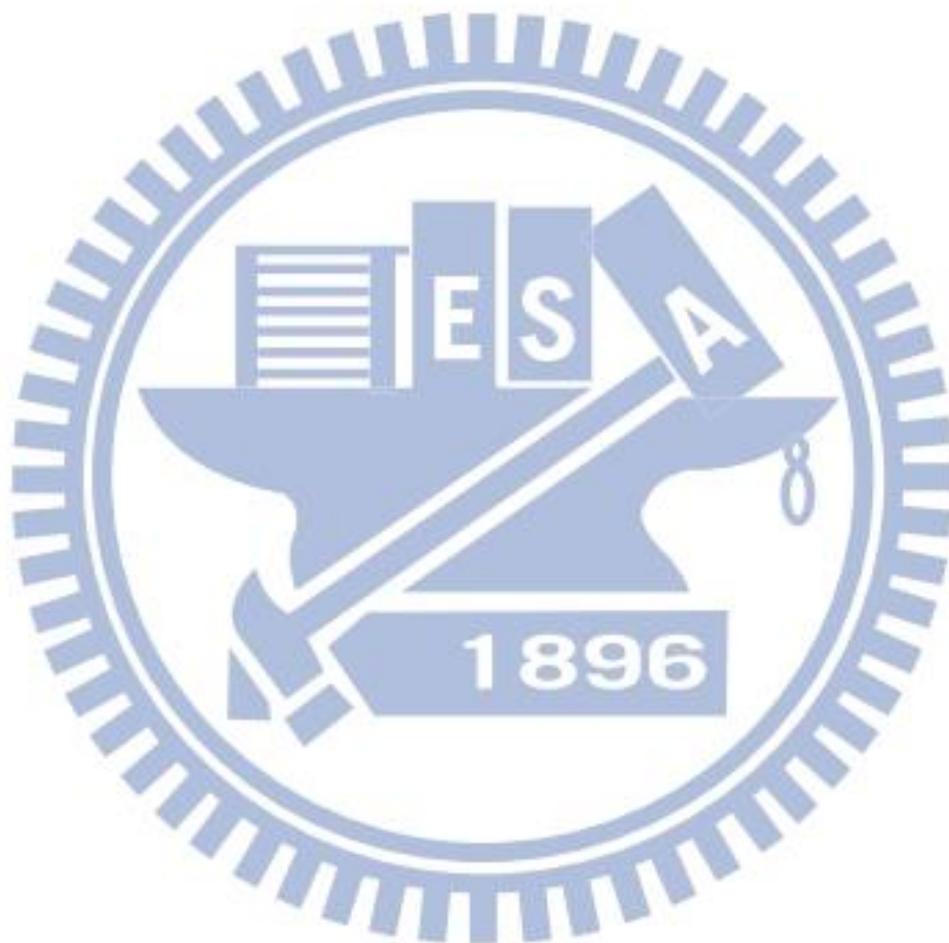
## 圖目錄

圖 1.1	近三年旅客收益公里數分析圖.....	1
圖 1.2	未來二十年國際客運需求圖.....	1
圖 1.3	松山機場航空收入與非航空收入分布圖.....	2
圖 1.4	研究流程圖.....	4
圖 2.1	旅客入境流程圖.....	10
圖 2.2	活動基礎模型個體選擇階層圖.....	11
圖 2.3	旅客壓力曲線圖.....	12
圖 3.1	本研究資料分析流程圖.....	18
圖 3.2	旅客流程圖.....	23
圖 3.3	活動基礎模型與本研究模擬旅客決策之關聯圖.....	24
圖 3.4	旅客決策過程圖.....	25
圖 5.1	模擬環境圖.....	36
圖 5.2	設施參數設立介面圖.....	37
圖 5.3	非管制區邏輯圖.....	39
圖 5.4	管制區邏輯圖.....	40
圖 5.5	星期一護照查驗設施人數時間分布圖.....	43
圖 5.6	星期一非管制區模擬 25 次結果之分布圖.....	44
圖 5.7	星期一通關模擬 25 次結果之分布圖.....	44
圖 5.8	星期一管制區模擬 25 次結果之分布圖.....	44
圖 5.9	星期四護照查驗設施人數時間分布圖.....	45
圖 5.10	星期四非管制區模擬 25 次結果之分布圖.....	46
圖 5.11	星期四通關模擬 25 次結果之分布圖.....	46
圖 5.12	星期四管制區模擬 25 次結果之分布圖.....	46
圖 5.13	非管制區不同居住地旅客設施使用總時間 25 次結果分布圖..	47
圖 5.14	管制區不同居住地的旅客設施使用總時間 25 次結果分布圖..	48
圖 5.15	機場資訊情境示意圖.....	49
圖 5.16	非管制區離峰模擬 25 次結果分布圖.....	50
圖 5.17	非管制區尖峰模擬 25 次結果分布圖.....	50
圖 5.18	通關離峰模擬 25 次結果分布圖.....	50
圖 5.19	通關尖峰模擬 25 次結果分布圖.....	51
圖 5.20	管制區離峰模擬 25 次結果分布圖.....	51
圖 5.21	管制區尖峰模擬 25 次結果分布圖.....	51
圖 5.22	增加設施使用機率情境分布圖.....	53
圖 5.23	增加商店使用機率情境分布圖.....	54
圖 5.24	管制區商店示意圖.....	55

## 表目錄

表 1.1 2012 年至 2016 年松山機場營收分析表(單位：新台幣億元).....	2
表 2.1 機場設施分類表.....	6
表 2.2 服務水準指標表.....	8
表 2.3 旅客活動分類表.....	10
表 2.4 三類購物者之特性表.....	12
表 2.5 DES 模擬與 ABS 模擬比較表.....	15
表 2.6 機場模擬文獻比較表.....	16
表 3.1 問卷分類與內容.....	17
表 3.2 各項設施於決策樹中使用旅客屬性統整表.....	19
表 3.3 機場設施分類表.....	24
表 4.1 旅客基本資料表.....	26
表 4.2 旅次特性資料表.....	27
表 4.3 機場使用資料表.....	28
表 4.4 設施使用時間人次分布表.....	29
表 4.5 安檢與護照查驗時間人次分布表.....	29
表 4.6 設施使用時間分布表.....	29
表 4.7 決策樹分類結果以及時間分布表.....	30
表 4.8 設施使用機率表.....	31
表 4.9 居住地為台灣與其他的旅客在非管制區各項設施使用機率.....	31
表 4.10 居住地為台灣與其他的旅客在管制區各項設施使用機率.....	32
表 4.11 居住地為中國大陸的旅客在非管制區各項設施使用機率.....	32
表 4.12 居住地為中國大陸的旅客在管制區各項設施使用機率.....	32
表 5.1 輸入參數表.....	34
表 5.2 輸出績效參數表.....	34
表 5.3 設施類型參照圖.....	35
表 5.4 圖示名稱與功能說明表.....	38
表 5.5 模擬驗證表(單位：分鐘).....	41
表 5.6 現實情境非管制區設施結果統整表.....	42
表 5.7 現實情境管制區設施結果統整表.....	42
表 5.8 現實情境各區域結果統整表.....	42
表 5.9 星期一尖離峰時間比較表.....	43
表 5.10 星期四尖離峰時間比較表(單位：分鐘).....	45
表 5.11 不同居住地旅客設施使用總時間比較表(單位：分鐘).....	47
表 5.12 本研究情境表.....	48
表 5.13 有無機場資訊比較表(單位：分鐘).....	49
表 5.14 增加設施使用機率情境比較表(單位：人次).....	52

表 5.15 增加設施使用機率情境比較表之 2(單位：分鐘).....52  
表 5.16 增加商店使用機率情境比較表(單位：人次).....54  
表 5.17 增加商店使用機率情境比較表之 2(單位：分鐘).....54  
表 5.18 商店使用人次表(單位：人次).....55  
表 5.19 地段吸引力情境結果表(單位：人次).....56



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

航空運輸已成為國際運輸上最重要的運輸方式，近年來航空旅次不斷成長，根據國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)的統計，近三年旅客收益公里數(Revenue passenger kilometers, RPKs)從每個月五千多億上升到六千億，如圖 1.1 所示。而在未來二十年，IATA 也預估客運需求將會每年平均增加 2.5%到 3.7%，如圖 1.2 所示。

Chart 1 – Air passenger volumes

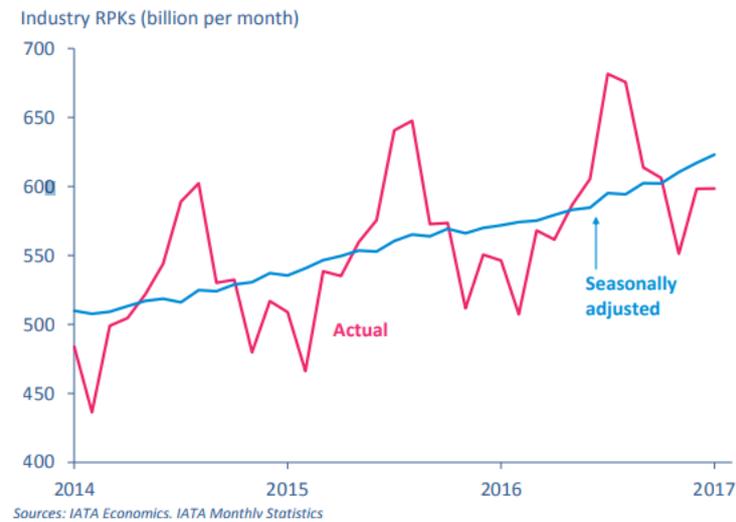


圖 1.1 近三年旅客收益公里數分析圖

資料來源：IATA, Air passenger market analysis, January 2017

Pax billion (segment basis)

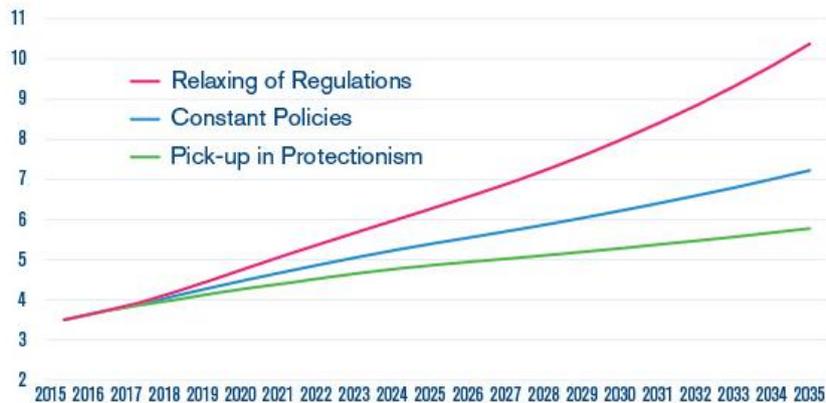


圖 1.2 未來二十年國際客運需求圖

資料來源：IATA Forecasts Passenger Demand to Double Over 20 Years

在航空旅次不斷增加的情況下，機場旅客也逐漸增加；機場除了要提供給旅客良好的服務水準外，同時也藉由透過旅客在機場的活動來增加收入。以松山機

場為例，如表 1.1 與圖 1.3 所示，2016 年非航空收入占機場整體營收比例 52%，達到 11.37 億元；而非航空收入中的租金與權利金兩項與機場設施相關的項目都呈現成長趨勢。非航空收入逐漸受到機場重視，機場也從單純的運輸場站轉變成提供多元化的商業與服務設施。根據 Torres, et al. (2005) 研究指出，當旅客在機場內，尤其是管制區，停留時間愈長，消費金額也愈多。因此機場需了解旅客設施使用行為，加以運用以增加機場設施使用，來增加機場非航空收入，是目前機場管理者重要之課題。

表 1.1 2012 年至 2016 年松山機場營收分析表(單位：新台幣億元)

營收項目		2012	2013	2014	2015	2016
航空收入	降落費	2.66	2.95	3.18	3.39	3.85
	場站設施服務費	3.57	3.76	4.10	5.55	6.69
	合計	6.23	6.71	7.28	8.94	10.54
非航空收入	停車費	0.29	0.30	0.33	0.34	0.36
	租金	3.55	3.92	4.06	4.15	4.08
	權利金	5.53	6.11	6.97	6.59	6.71
	其他收入	0.08	0.04	0.09	0.08	0.22
合計		9.75	10.37	11.45	11.16	11.37

資料來源：松山機場年報(101-105 年度)



圖 1.3 松山機場航空收入與非航空收入分布圖

資料來源：松山機場年報(101-105 年度)、本研究整理

機場為一複雜系統，包含許多利害關係人在其中，各利害關係人有不同的目的與行為，例如旅客希望能快速且舒適地在航廈內移動；機場營運方則希望旅客能多使用設施來增加其收入。不同的利害關係人在各自的行動與決策中互相影響，且都在整個機場系統中扮演著重要的角色。

欲建構出龐大且複雜的機場系統，模擬為常用之研究方法。模擬只要給定規

則與分布，並配合實際的資訊加以輸入，即可用來分析不同利害關係人間的互動與各自的行為。再加上，行人的流動同樣也是複雜、隨機且動態的，旅客在機場航廈內的流動以及與設施的互動，都可藉由模擬來建立與預測，因此模擬模型常是研究旅客流動所常用的研究方法。對於旅客行為與機場設施之使用，模擬可進行一整天或是更長時間之探討，且模擬可創造不同情境來進行分析與比較。因此本研究選用模擬方法，探討旅客在機場航廈內的流動與使用設施之行為。

代理人基模擬模型(Agent-based Simulation Model, ABM)為一種微觀的模擬模型，可模擬代理人旅客在機場內的行為與互動。常見於機場模擬的離散選擇模擬(Discrete Event Simulation, DES)則是一種巨觀的模擬方法，可依照時間順序模擬旅客在機場內的流程。因此將 ABM 模型與 DES 模擬加以結合，即可完整地模擬出旅客在機場航廈內的流動與行為。

但過去關於機場旅客模擬的研究多在解決機場擁擠與旅客等候等問題，常針對旅客程序活動(process activities)中的報到與安檢設施，較少對於旅客任意活動(discretionary activities)進行相關的研究。因此本研究運用模擬分析機場內之設施，包含旅客程序活動與任意活動所使用到的所有設施，並探討旅客與設施間的互動關係，進而期望提升機場設施之績效。

## 1.2 研究目的

本研究分為兩個階段進行：第一階段為建立模擬模型，以文獻整理配合資料分析，運用模擬軟體建立出旅客在航廈的流動與行為模型；第二階段為探討與分析，藉由情境模擬，進行旅客行為與設施使用之分析。根據上述內容，彙整本研究目的如下：

1. 建立一套經由資料蒐集、資料分析的流程，建構出旅客在航廈內流動與決策行為之模擬模型。
2. 藉由改變環境與參數，建立多種模擬情境，分析探討機場航廈設施使用狀況，找出提升機場設施使用績效之情境，以作為機場管理決策之參考。

## 1.3 研究範圍與對象

旅客在出境流程中有時間上的限制且會接觸到機場航廈內大部分的設施，因此本研究選擇以出境旅客作為研究對象；本研究以旅客進入機場報到完成到登機為止出境流程建立模擬模型，考量到機場複雜性與資料取得方便性，因此以臺北松山機場作為研究對象。

## 1.4 研究流程

本研究流程如圖 1.4 所示，首先對於研究的動機、目的與範圍進行確認；接著針對研究範圍與研究方法模擬做文獻的探討；確認研究方法後進行資料的蒐集與資料分析，並藉由文獻結果與資料分析結果建立模擬模型；接著建立多種模擬情境進行情境模擬；分析探討情境模擬之結果後得出結論與建議。

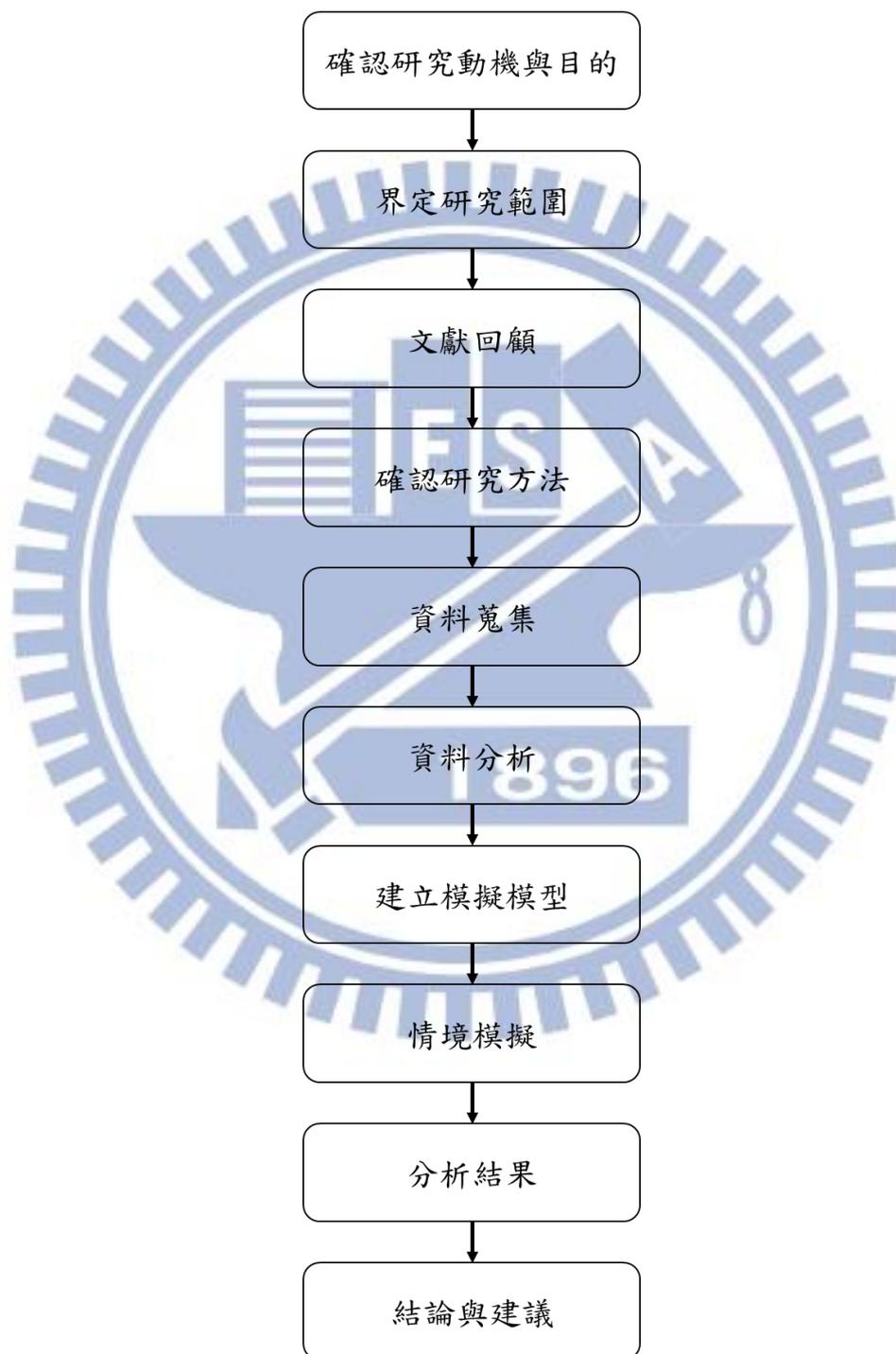


圖 1.4 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

本章文獻回顧第一部分針對機場設計進行文獻探討，包含航廈設施組成、空間配置與機場服務品質；第二部分針對旅客行為進行回顧，包含人流模型、旅客活動、活動選擇、時間壓力與旅客行為；最後第三部分則是針對本研究之研究方法：模擬，進行文獻的探討，包含 ABM 模擬與 DES 模擬。

### 2.1 機場設計

機場在航空產業以及國家建設中扮演著重要的角色，機場設計則是複雜且龐大的決策，因其包含了大量的流程、元素以及利害關係人(Zografos and Madas 2006)。根據 Wu and Mengersen (2013)的回顧，機場設計主要可分為四個部分：容量設計(capacity planning)、營運規劃與設計(operation planning and design)、安檢策略與規劃(security policy and planning)以及機場指標(airport performance)。容量設計針對機場容量，以改善旅客等候時間與排隊長度等指標，主要使用排隊理論模型進行研究；營運規劃與設計針對機場內的瓶頸點、設施效率與配置等進行探討，大多使用 ABM 模型以及情境模擬進行研究；安檢規劃與設計針對機場內安檢問題與風險以及安檢設施進行研究；機場指標主要則是透過問卷調查等方式蒐集資料來探討機場設施的滿意度以及營運效率。與本研究主要相關的是機場的營運與設計以及機場指標兩個部分，因此以下針對機場設計中航廈設施組成、空間配置以及機場服務品質與水準三個項目進行文獻的探討。

#### 2.1.1 機場設計：航廈設施組成

航廈是旅客在機場活動的場所，連接陸側與空側，且提供設施讓旅客進行各項活動。

Horonfeff, et al. (2010)將航廈分為三個部分，分別是進入介面(access interface)、流程系統(processing system)和航班介面(flight interface)，每個部分皆有各自的功能和相對應的設施。進入介面讓旅客和行李能順利進出機場，包含的設施有接送區、停車設施和聯外道路；流程系統讓旅客開始、結束或轉乘航班，包含的設施有票務、行李、報到和安檢設施；航班介面聚集旅客且讓旅客能順利上下飛機，包含的設施有候機室與登機設施。

關於非航空類設施(non-aeronautical services)，Kazda and Caves (2010)認為傳統對於設施的陳設已在改變，設施的位置也會有新的想法。機場想讓旅客多使用設施以增加收入，旅客也希望能在登機前的最後一分鐘都能有設施可以使用。旅客的服務設施也愈來愈多元，商店從傳統的販賣商品與餐飲外，電影院、健身房、超市、賭場、遊樂場等設施也陸續出現，而旅客因為安檢時間縮短或班機延誤等因素也會有更多在機場內的停留時間。

IATA 在機場發展參考手冊(Airport development reference manual, 2004)中建議航廈內需有下列幾項功能區域(functional area)：接送區(curb)、出境大廳、停等區域、公共設施(電話、廁所.....)、票務櫃檯、報到設施、辦公室和特殊設施(團

體櫃台.....)，等候與排隊設施所需區域的大小與尖峰小時旅客數和所需維持服務水準等級相關。IATA 也認為一般機場需有 8%~12%的空間設置營業設施 (concession)，大型機場能增加到 20%，且營業設施能為機場帶來 30%~50%的收入。IATA 並將機場營業設施分為六類，分別是免稅店、特產含稅店 (specialty, duty-paid retail)、便利商店 (convenience retail)、餐飲 (food & beverage)、服務設施和廣告設施；且建議航廈內的營業設施 20%~30%設置於陸側 (landside)，70%~80%設置於空側 (airside)。

美國的聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) 在機場設施規劃設計手冊 (Airport terminal planning and design, 2016) 中將機場航廈內的組成分為兩類：流程性 (processor) 與集合性 (concourse)。流程性為旅客在機場完成必要程序時所使用之設施，包含報到櫃台、安檢、身分查驗與行李設施；集合性為旅客在步行與通過各項設施間所使用的空間，包含登機門、空橋、樓梯等等。至於機場營業設施的部分，主要包含餐飲與免稅商店，並受到下列因素的影響：旅客數量、設置位置、旅客類型、商店類型與可用空間。

根據所整理之文獻，本研究認為機場航廈內設施可分為必要性與功能性兩類，如表 2.1 所示。必要性設施為旅客為了完成登機手續所必須使用的設施，包含：報到櫃台、行李設施、安檢設施、護照查驗與登機門；功能性設施為其他具有幫助、服務功能，讓旅客在機場的旅程能更完善之設施，但不一定被所有旅客使用，例如：服務台、零售店、廁所等等。

表 2.1 機場設施分類表

設施種類	包含項目
必要性	報到櫃台、行李設施、安檢設施、護照查驗、登機門
功能性	服務台、零售店、銀行、餐廳、廁所.....

### 2.1.2 機場設施：空間配置

機場航廈內設施不同的空間位置，會影響機場的服務水準、設施使用率以及營運收入，因此機場需以設置之服務水準或是營運收入為目標，設計航廈內設施之空間配置。

Hsu and Chao (2005) 以數學規劃的方式為桃園國際機場 (當時為中正國際機場)，在不影響服務水準的限制下以最大化商業收入，設計其航廈內商業設施的空間配置。該研究同時納入出境旅客、轉機旅客、入境旅客、陪同者與機場員工進行分析；在出境旅客方面，旅客選擇設施是依照其可使用時間、設施空間分布與自身特性來做決策。研究結果顯示，機場應將收入最高的零售店設置於最多旅客通過的位置，以達到最高之收入。至於剩餘時間的限制會影響旅客使用商業設施，因此機場也須維持服務水準，改善其他設施的擁擠程度，讓旅客能有足夠的時間來使用商業設施。

Guizzi, et al. (2009) 以義大利拿坡里機場為例，模擬旅客從進入機場到登機的出境流程，並針對報到和安檢設施數量進行探討與研究。該研究先在機場調查旅客和設施的抵達率、等候時間、服務時間和成本等資料，並配合文獻與機場實際

營運情況做為資料來源。接著並以最小化營運成本和旅客抱怨成本為目標進行最佳化模擬，最後結果為 6 個報到櫃台和 6 個安檢設施為最低總成本，但該研究同時也認為此結果為成本和服務水準間的取捨。

Manataki and Zografos (2009) (2010)認為在機場研究中微觀(microscopic)模型太過詳細且具有針對性，而宏觀(macrosopic)模型則缺乏彈性且無法處理較複雜的互動關係。因此該研究使用介觀(mesosopic)模型中的系統動態模型(system dynamics model)進行機場設施設計的研究。系統動態模型包含流量(flow)與存貨(stock)，其中流量為旅客的流動，而存貨則為旅客特性、等候時間等參數。該研究模型輸入需求特性、旅客特性、設施特性以及服務特性，並藉由使用者自行調整流量與存貨參數的數值來進行情境上的分析，以做出機場設計與營運上之決策應用。

### 2.1.3 機場服務品質與服務水準

機場服務品質(airport service quality)為機場設施所提供給旅客的服務品質，透過觀察、調查旅客對於機場服務的感知(perception)，以衡量機場的服務品質。

Fodness and Murray (2007)同時使用質化和量化的方法研究機場服務品質。該研究先用深度訪談、焦點團體和網路評論，找出機場服務的結構：由服務景色(servicescape)、服務提供者與服務本身三個要素所組成。接著使用探索性因素分析，認為機場服務品質是由多層面所組成，分別是功能(function)、互動(interaction)和娛樂(diversion)，而這三個項目又分別由不同的指標所構成。

Matsuo, et al. (2010)針對機場內的排隊設施進行研究，以出境流程中的報到櫃台、安檢設施與護照查驗設施以及入境流程的護照查驗與行李轉盤設施為研究對象。使用的指標有機動性(mobility)、資訊服務(information service)、舒適度(amenity)和多樣性(variety)，並將服務分為步行服務與設施服務進行分析。該研究接著進行專家訪談，以設立權重，並將這些指標合為一個分數以計算機場排隊設施的服務品質。

Bezerra and Gomes (2015)調查巴西聖保羅國際機場，研究機場服務品質。該研究使用探索性因素分析，得出七項衡量的面向，分別是報到、安檢、便利性、舒適度、基礎設施、機動性和價錢，各個面向下各有不同的衡量指標。Bezerra and Gomes (2016)以驗證性因素分析接續進行研究，最後以價錢以外的六個面向結合出機場的服務品質。

機場服務水準為量化的指標，以衡量旅客使用機場設施品質的程度。機場服務水準通常使用擁擠程度、旅客等候時間與等候長度、步行距離或是旅客整體通過時間來進行衡量(Hsu and Chao 2005)。

Correia and Wirasinghe (2007)以服務水準(LOS)當作機場的服務指標。該研究針對報到櫃台進行調查，在巴西聖保羅機場訪問 120 名旅客後，以等候時間、程序時間和可使用空間作為指標，並使用旅客的評分數據進行回歸分析，得出各項指標的等級資料；最後由這三項指標加權得出報到櫃台的總服務水準指標。

Correia, et al. (2008a)以同樣的方式針對登機門等候區進行研究，選用的指標為可

使用空間、座椅數量和等候時間，並計算出各指標的服務水準等級。Correia, et al. (2008b)最後以整個機場的服務水準為研究對象，認為整體的服務水準為各個項目的加權總合，選擇的項目有：聯外系統、報到櫃台、候機室和方向指標。

IATA 所建議之服務水準，依據不同設施之使用程度與使用特性，分別採用不同的衡量指標，整理成表 2.2 所示。

表 2.2 服務水準指標表

機場區域	服務水準指標
報到設施	密度(sq.meter/occupant)
等候區	空間( $m^2$ /pax)與速度(m/s)
護照查驗	面積(sqm)
登機門	佔有率(occupancy rate)
行李轉盤	空間( $m^2$ /occupant)

資料來源：IATA, Airport development reference manual, 2004

## 2.2 旅客行為

旅客在機場內的流動與活動受到機場環境以及自身特性所影響。本節探討旅客在機場內之活動與行為，包含人流模型、旅客活動、活動選擇、時間壓力以及機場資訊。

### 2.2.1 旅客行為：人流模型

行人在大型公共場域中，例如：車站、商場等，如何流動與互動，甚至於如何在緊急疏散情境中移動，有許多行人模型(pedestrian model)探討此項問題。Schadschneider, et al. (2008)將此類模型依據其規模特性分為巨觀與微觀，巨觀的模型將行人整體視為一致並忽略其個別的差異，由於此因素，巨觀模型較容易計算，但忽略個體差異與現實較不相符；微觀模型以個體為基準，注重於個體的行為與決策，因此可以將行人依據不同的特性進行分類，個體模型的決策較精確且符合現實中行人的行為。

社會力模型(social force model, SFM)為最常被使用的微觀人流模型，由 Helbing and Molnar (1995)所提出。SFM 認為行人的行為受到社會力(social force or social field)的影響，社會力又可進一步分為正向的吸引力(attractive effect)與負向的排斥力(repulsive effect)。SFM 的計算方式如下：

$$\vec{F}_\alpha(t) = \vec{F}_\alpha^0(\vec{v}_\alpha, v_\alpha^0 \vec{e}_\alpha) + \sum_{\beta} \vec{F}_{\alpha\beta}(\vec{e}_\alpha, \vec{r}_\alpha - \vec{r}_\beta) + \sum_B \vec{F}_{\alpha B}(\vec{e}_\alpha, \vec{r}_\alpha - \vec{r}_B) + \sum_i \vec{F}_{\alpha i}(\vec{e}_\alpha, \vec{r}_\alpha - \vec{r}_i)$$

$\vec{F}_\alpha$  為行人 $\alpha$ 的社會力，由以下幾項所組成：自身期望 $\vec{F}_\alpha^0$ 為行人本身想要去的方向，由期望方向、期望速度與實際速度所決定； $\vec{F}_{\alpha\beta}$ 為其他行人 $\beta$ 所造成的排斥力，由期望方向與兩者間之距離所決定； $\vec{F}_{\alpha B}$ 為環境B，例如：牆壁、障礙物等等，所導致的排斥力，由期望方向與兩者間之距離所決定； $\vec{F}_{\alpha i}$ 為其他行人*i*所造

成的吸引力，由期望方向與兩者間之距離所決定。

上述四力合起來即為影響行人行為的總社會力 $\vec{F}_\alpha$ ，而 SFM 為社會力加上一波動值(fluctuation term)，波動值可以呈現出行人隨機的變異，常用於彌補意外事件中的誤差。因此，整體而言 SFM 的一般形式為：

$$\frac{d\vec{w}_\alpha}{dt} = \vec{F}_\alpha(t) + \text{fluctuations}$$

SFM 常見於逃生疏散的應用，將 SFM 加上緊張以及危急等因素，或是將 SFM 與其他模型加以結合，可找出設施中逃生時的瓶頸點加以改善(Helbing, et al. 2000; Lei, et al. 2012; Wan, et al. 2014)。擁擠分析也是 SFM 常見之應用，Zhao, et al. (2011)在 SFM 中加入擁擠時速度的調整，發展出以速度為基礎的 SFM 模型(velocity-field based SFM)；Li, et al. (2015)則是應用 SFM 探討擁擠時行人在手扶梯轉換時的風險，並找出手扶梯在擁擠時之最佳運行速度。

另一常見的行人流動模型為細胞自動模型，細胞自動機最初為 Von Neumann (1966)所提出，用於生物學中模擬細胞的自我複製；Blue, et al. (1997)開始將細胞自動模型應用於行人流動中。

相較於連續的 SFM，細胞自動模型為離散的模型，將行人所處的環境分割成大小相同的格子，每個行人位於一個格子中，並在固定的時間點(time step)移動。行人在細胞自動模型中依照想去的方向，以最短路徑進行移動，但是當遇到障礙物或是同時有其他行人要進入同一格時，不同的模型可以設立不同的規則來規定行人如何移動。

細胞自動模型以設立之規則取代複雜的數學模式，方便於運算，為微觀行人模型中計算速度最快的模型(Cheng, et al. 2014)。但細胞自動模型缺少不同行人間的互動，且將環境分割成許多格子，相對於 SFM，會有較大的誤差(Köster, et al. 2011)。因此本研究採用 SFM，進行旅客在機場航廈內之移動依據。

### 2.2.2 旅客行為：旅客活動

Popovic, et al. (2010)研究旅客在機場內的活動與行為。該研究將旅客在機場的活動分為程序活動(program activities)與任意活動(discretionary activities)。程序活動是旅客為了能順利登上飛機依照規定所必須完成的活動，包含報到、安檢、護照查驗和登機；任意活動為在程序活動之餘，旅客能自行選擇所做的活動，例如：逛零售店、使用設施等等。程序活動與任意活動的關聯流程與關連如圖 2.1 所示，主要箭頭上的項目為程序活動，下方小箭頭則為任意活動所能進行的時間點。該研究針對任意活動進行研究，並進一步將任意活動分為必要活動(necessary activities)與隨意活動(informal activities)。必要活動為跟旅行相關且大多為事先計畫好的，例如兌換外幣；隨意活動則為與旅行較無相關的活動，例如逛免稅店或是使用餐飲等等。該研究透過錄影觀察並進行分析後認為旅客會先完成必要活動後再進行隨意活動，以確保有足夠的時間在登機前完成所有的必要活動。

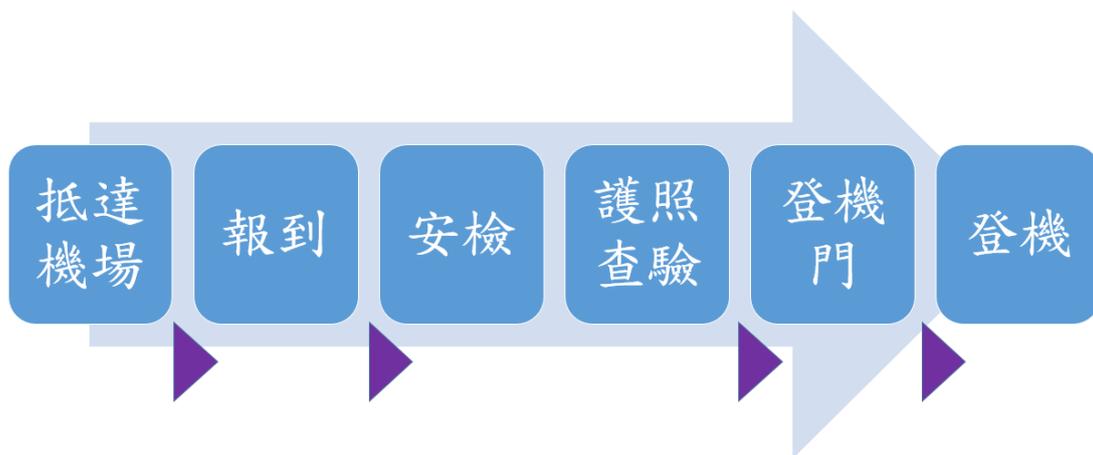


圖 2.1 旅客入境流程圖

Liu, et al. (2014)同樣以旅客在機場的活動進行研究，並以巢式羅吉特模型進行分析。該研究將旅客活動分為六類，分別是強制(mandatory)、詢問(inquiry)、餐飲、購物、等待與使用設施，各類活動的詳細項目如表 2.3 所示。該研究認為旅客有三個時段可以進行活動，分別是報到前、安檢前和登機前。報到前為旅客從進入機場後到報到前的時間；安檢前為旅客報到結束後到安檢前的時間；登機前為旅客安檢完成後到登機前的時間。該研究根據問卷調查與模型分析，得出旅客在各時間段進行各項活動的機率；在登機前的時間段，旅客詢問的機率為 11.5%、用餐機率為 10.5%，等待的機率為 25.7%，使用設施的機率為 15.8%。

表 2.3 旅客活動分類表

類型	活動項目
強制	報到、托運行李、安檢、登機
詢問	使用服務台或票務設施詢問資訊
餐飲	使用餐廳或自動販賣機用餐
購物	在零售店瀏覽或購物
等待	消耗時間，使用電子設備或在座椅休息
使用設施	使用廁所、ATM.....

註：等待不包含排隊等候時間。

### 2.2.3 旅客行為：活動選擇

旅客在機場進行一連串的活動，形成在機場的旅次鏈，與運輸需求推估之活動基礎模型(Activity-based travel demand model)相似。

活動基礎模型為運輸需求預測模式，相較於早期以「旅次基礎(trip-based)」概念推估旅運需求，以「活動基礎(activity-based)」為近年來發展較多之旅運需求模式，而其中以 Bowman, et al. (1998)提出之活動基礎模型最為廣泛使用。

活動基礎模型用來預測個體一天中旅次鏈的組成，包含活動型態(activity pattern)、活動地點、時間帶與運具的選擇。在 ABM 模型中，將活動分為三類，分別是必要活動(subsistence)，例如：工作或上學；彈性活動(maintenance)，例如：在上班途中送小孩上學；以及任意活動(discretionary)，為可自由選擇之活動，例

如：購物。而活動基礎模型也將活動分為主要活動與次要活動，主要活動即為必要活動，而其餘活動都為次要活動。因此主要活動即為「家工作家(HWH)」或「家工作家+(HWH+)」，+為一個停留點，或是「家工作+工作家(HW+WH)」等等；次要活動則是選擇個數，分為 0 項、1 項與 2 項以上共 3 類。

結合上述之主要活動與次要活動，在活動基礎模型中，個體選擇分為 5 個階層，如圖 2.2 所示。首先選擇活動型態，即主要活動與次要活動之選擇，接著選擇主要活動時間帶、主要活動地點與運具、次要活動時間帶以及次要活動地點與運具。

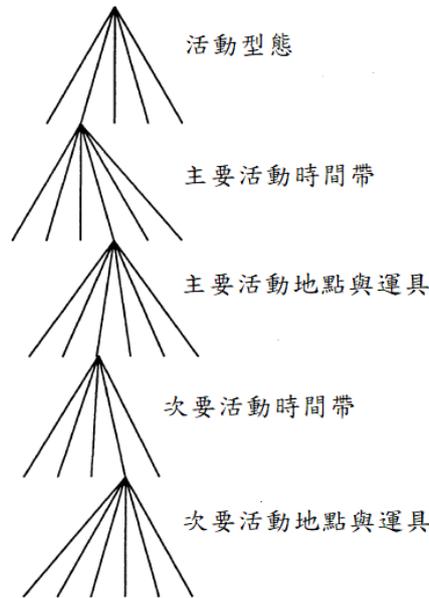


圖 2.2 活動基礎模型個體選擇階層圖

資料來源：Bowman and Ben-Akiva (2000)

將活動基礎模型應用於機場旅客活動選擇，可將報到、通關與登機等程序活動視為主要活動，而次要活動則為使用設施等任意活動。旅客主要活動的時間與地點皆為固定，因此旅客的活動選擇即為次要活動的時間與地點。

#### 2.2.4 旅客行為：時間壓力

機場旅客在購物與使用設施時，與一般商場購物最大的不同在於機場旅客有時間限制，無論是做任何活動，都必須在登機時間前抵達登機門。由於機場航廈範圍寬廣，登機門並不一定能輕易抵達，因此時間壓力是旅客在機場做決策時之一大影響因素。

如圖 2.3 所示，旅客心理壓力曲線即表達出旅客在機場的壓力變化。旅客在非管制區時，通關前壓力最大；而當旅客通關完成進入管制區時，由於時間已能大致掌握，因此此時壓力最小。但當時間愈接近登機階段時，旅客壓力也逐漸增加，證明了時間限制是旅客在登機前的壓力來源之一。

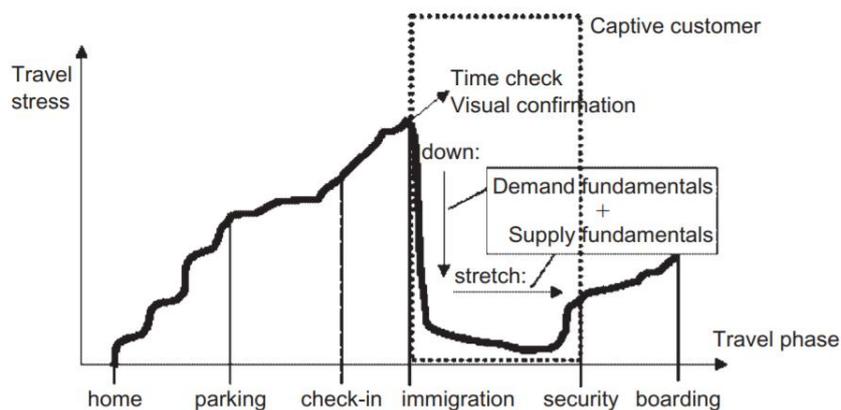


圖 2.3 旅客壓力曲線圖

資料來源：(Crawford and Melewar 2003)

Lin and Chen (2013)研究購物動機與旅客在機場選擇商業活動之間的關係，並認為時間壓力與衝動購物為調節變數。該研究在桃園國際機場進行問卷調查，並使用探索性因素進行分析。研究結果認為購物動機與商業活動有正向關係；而在時間壓力的部分，該研究則認為時間壓力負向調節購物動機與商業活動。

### 2.2.5 旅客行為：購物動機、旅客類型與機場資訊

Geuens, et al. (2004)以旅客購物動機來分類旅客在機場內的購物行為。該研究在比利時布魯塞爾機場以問卷形式調查旅客設施使用狀況和消費動機，並依照文獻與調查結果將旅客購物動機分成四類：機場相關(Airport related)，例如可用多國語言或是能用外幣；氣氛(Atmospherics)，例如因為等待無聊而去消費；經驗(Experiential)，例如要買紀念品或是為了犒賞自己而消費；功能(Functional)，例如價格或品質等因素。該研究接著依照這四種動機將旅客分為三類：情緒購物者(mood shopper)，容易受到機場氛圍與自身心情等誘因而在機場購物的旅客；不購物者(apatetic shopper)，無論是在機場或是一般的購物情況都不消費者；喜愛購物者(shopping lovers)，無論是否在機場都喜愛購物者。三類購物者的特徵，整理成表 2.4 所示。

表 2.4 三類購物者之特性表

類型	特徵
情緒購物者	主要為男性、偏好集中消費(centralized shops)
不購物者	主要為男性、僅將機場視為搭機之處
喜愛購物者	幾乎為女性、偏好登機門附近之商店

資料來源：Geuens, et al. (2004)

Chung, et al. (2013)研究旅客在機場的消費動機與資訊取得。該研究經由在桃園國際機場問卷調查與分析後，將旅客分為不購物者(apatetic shoppers)，傳統購物者(traditional shoppers)、情緒購物者(mood shoppers)和喜愛購物者(shopping lovers)。傳統購物者與情緒購物者的差別在於傳統購物者傾向於事先安排好購物並取得資訊；而情緒購物者則是受到機場環境刺激而決定購物，並在機場內才開始尋找資訊；喜愛購物者則是同時在出發前與機場內取得購物資訊。關於機場資

訊與旅客購物間的關係，該研究認為登機前的等待時間並不會影響購物動機，但環境因素，例如明確的指標可以讓旅客減緩對於登機前時的時間壓力，進而刺激旅客產生購物的動機。

呂錦隆 and 李宗純 (2013)以及 Lu (2014)研究機場旅客消費行為。該研究在桃園國際機場與高雄國際機場進行問卷資料蒐集，使用因素分析得出影響旅客在機場消費之因素有體驗享樂、知覺價值、商業環境、產品品質、人員服務與消費便利性六項，並將機場消費行為決策依消費動機分為計畫性行為與衝動性行為。接著使用二元羅吉特模式、截斷式 tobit 模式作資料與彷彿無相關迴歸模型 (seemingly unrelated regressions, SUR) 進行分析。研究結果指出，體驗享樂、知覺價值、產品品質與便利性為影響旅客是否消費之重要因素。

## 2.3 模擬

模擬是使用電腦程式模仿真實系統中，事件與環境下的因果關係與互動行為，並求得數值以評估系統績效的分析工具。機場內的研究經常使用模擬的方式進行，例如：航廈的旅客流動、報到和安檢的程序、旅客報到時間等等(Takakuwa and Oyama 2003)。模擬方式主要可分為三種，分別是系統動態(System dynamic, SD)、離散事件模擬(Discrete event simulation, DES)與代理人基模擬模型 (Agent-based model, ABM)，機場航廈旅客流動之研究通常使用 DES 模擬或是 ABM 模擬，因此以下針對這兩種模擬進行文獻的探討。

### 2.3.1 DES 模擬

歷史較悠久，且較常被使用到的模擬方法是離散事件模擬(Discrete event simulation, DES)。離散事件的系統為一個程序，有起始與結束，中間由不同的事件所組成，並依照事件(event)的先後關係進行模擬。在離散事件模擬中，活動的對象為個體(entity)，並依照事件的發生讓系統產生變化，系統狀態的變化都發生在不連續且隨机的時間點上，因此稱為離散事件的模擬。由於其模擬是按照程序流動的方式進行，與機場旅客的行為相符，因此常應用於機場模擬中。

Takakuwa and Oyama (2003)在日本關西國際機場經由調查後發現，旅客在航廈內所消耗的時間有 48%在移動，25%在等待，而其中的等待時間有 82%是在報到櫃台，因此認定旅客在機場的瓶頸點為報到櫃台。該研究接著使用 Arena 軟體以 DES 模擬旅客從進入機場到登機為止的出境程序，以改善瓶頸點；模擬中輸入的資料為航班數量和載客率，模擬結果為當旅客報到率愈高，報到櫃台效用愈高，但旅客等候時間愈久，並進一步延伸為旅客愈容易錯失班機；該研究並以減少錯失班機為目的進行不同情境的模擬，最終發現增加服務員工與開放商務櫃台給其他旅客使用這兩種策略最能減少等候時間，而增加員工與開放櫃台兩種策略同時使用效果更佳。

Rauch and Kljajic (2006)在斯洛維尼亞的盧布雅納國際機場調查旅客的通過時間(process time)、等候時間等資料；旅客抵達機場時間之參數資料，該研究認為有超過 60%的旅客會在表定時間在前兩小時抵達機場。該研究接著以 DES 模

擬旅客出境過程的流動，以找出瓶頸點的所在；模擬中輸入的資料有旅客抵達分布、旅客服務時間、旅客類型、載客率和航班時間。模擬結果分析等候時間、等候長度和設施佔有率，最後發現瓶頸點是在報到櫃台和通關設施。

Ju, et al. (2007)使用軟體 Arena9.1 以 DES 模擬旅客出境的流動與設施的等候狀況，針對報到、行李、安檢、保險和服務(consulting)五個設施進行分析，以找出等候最久的瓶頸點設施；模擬輸入的資料為旅客數量和在各個設施相對應的時間分布，輸出的模擬結果以在各個設施的等候時間、服務時間和等候人數進行分析。結果發現票務設施平均等候時間為 13 到 16 分鐘，行李設施平均等候時間為 23 到 26 分鐘，此兩個設施為等候的瓶頸點；該研究接著針對行李設施以最佳化軟體 OptQuest 進行模擬，目標式為機場利潤減掉行李和安檢成本，並找出行李和安檢設施在各個數量時所對應的最佳利潤。

### 2.3.2 ABM 模擬

相較於已被使用超過 40 年的 DES 模擬，代理人基模擬模型 (Agent-based simulation model, ABM) 從 1990 年代後才逐漸發展出來。ABM 模擬是由代理人 (agent) 所構成，代理人是有屬性的個體，互相獨立並有各自的行為與規則。代理人存在於環境中，會與環境和其他代理人進行互動，並依照環境、資源、學習與經驗來做獨立的決策與行為。任何東西都可以當代理人，包括人類、生物、車輛、設備等等，甚至於計畫、組織等抽象的概念也可以當作代理人。在機場模擬中，旅客為代理人，並與其他旅客和機場環境進行互動。

Weiss (2008) 使用 ABM 模擬研究機場內的安檢防禦設施，並將防禦系統與攻擊者設定為代理人；防禦系統有不同的屬性，並在旅客進入時判斷是否通過，藉由多個狀態和決策過程，來設法偵測出危險者；至於攻擊者則是根據自身和防禦系統的狀態來做決策是否通過各個防禦系統。防禦系統和攻擊者在模擬過程中不斷地做決策與學習，最後以攻擊者成功登機與防禦系統所成功偵測到攻擊者的比例來做衡量的績效指標。

Kleinschmidt, et al. (2011) 使用 ABM 模擬旅客與免稅商店的互動關係，並以入境旅客的流動與決策作為研究對象，使用的資料為澳洲「未來機場(Airports of the future)」計畫中所調查的資料，該研究調查澳洲四個機場後發現旅客在入境流程中，有 12% 到 22% 的時間會停留在零售店。該研究模擬架構為旅客在下機後到過移民署櫃檯前會有 A 和 B 兩個決策點，決定是否進入免稅商店或是直接通過，B 點較 A 點靠近移民署櫃台可觀察排隊情況；旅客行為分成：事前就決定要進入免稅店、不進入免稅店以及被免稅店吸引或因為前方設施擁擠等因素而進入免稅店三類；而模擬分成有無免稅店兩個情境進行。該研究以澳洲布里斯本機場其中一天早上 29 個航班與 4868 名旅客資料進行模擬，結果顯示在 A 點有 80% 的旅客會選擇直接通過，20% 的旅客選擇瀏覽或進入免稅店；而在 B 點，如果前方移民署設施擁擠，會有 80% 的旅客會選擇瀏覽免稅店。因此該研究認為在入境流程中，免稅店應設置於顯眼處且能夠讓旅客清楚了解前方其他相關設施的排隊情況，以利於旅客選擇使用免稅店。

Ma, et al. (2011)同樣以旅客與設施間的互動關係進行 ABM 模擬，並以入境旅客的流程作為研究對象。該研究將代理人旅客設置旅行頻率、預先登機、期望先報到、電話需求、服務需求、飢餓程度和對科技熟悉度七個進階屬性，並以進階屬性來決定旅客決定使用設施的行為依據；在報到的流程中，提供電話、咖啡和服務台三個設施讓旅客使用，旅客並在各個決策點決定使用的設施。模擬以有無設施和有無進階屬性等四個情境來進行，並給定旅客的進階屬性機率與機率分布。模擬結果發現當旅客有進階屬性時，會讓旅客多使用設施，增加在航廈內的停留時間(dwelling time)且減少報到時的等候時間和等候長度。

Ma, et al. (2012)進一步研究旅客與設施間的關係，認為旅客使用設施的行為是隨機且沒有規則性，因此先以 Bayesian Belief Network (BBN)找出旅客特性和選擇設施的行為後結合 ABM 模擬進行研究。該研究在 BBN 中依照年齡、性別、行李、國籍、艙等、旅行頻率和同行人數七項旅客特性的變數將旅客分為期望消費、偏好科技、需要協助、飲食、溝通和貨幣六類；並將設施分為休閒、科技、資訊、貨幣、溝通、飲食和購物七類。在使用 BBN 決定旅客偏好後，在模擬中加入忍受步行距離(endurable walking distance)和安排時間(planned time)兩項動作變數，安排時間為距離登機前所剩餘的時間。當旅客在決策點時，如果時間足夠就會選擇使用設施，而使用何種與多少設施則與忍受步行時間相關。該研究最後以澳洲布里斯本機場進行模擬，找出旅客使用設施的時間分布(discretionary time)，平均值大約是 10 分鐘。

### 2.3.3 DES 與 ABM 模擬比較

DES 模擬與 ABS 模擬各有不同的特性與用法，DES 模擬為流程導向，適合用於排隊模擬(queueing simulation)且注重在隨機的分布；ABM 模擬與現實系統(real-world system)較相符，適用於有自身行為的代理人且代理人會有互動關係的模擬。Siebers, et al. (2010)比較這兩種模擬的差異製成表 2.5，並由多名學者舉行座談會經由討論後，認為目前 ABM 模擬有更多的應用，但還尚未成熟，不過在未來會取代 DES 模擬成為主流。

表 2.5 DES 模擬與 ABS 模擬比較表

DES 模擬	ABS 模擬
流程導向(process oriented)	個體導向(individual oriented)
注重系統的建模細節	注重建模的實體和交互作用
由上而下的建模方法 (top-down modelling approach)	由下而上的建模方法 (bottom-up modelling approach)
被動實體(passive entities)，決策與行為受到系統決定。	主動實體(active entities)，決策與行為主動決定。
系統宏觀行為	個體微觀行為
輸入分布通常為蒐集或調查得來的資訊(objective data)	輸入分布通常根據理論或是主觀資訊 (subjective data)

資料來源：Siebers, et al. (2010)

Majid, et al. (2016)比較 DES 與 ABM 模擬的差別，以機場報到櫃台模擬作為例子。該研究以 DES 模擬和 DES 結合 ABM 模擬，各建構出旅客報到的模擬模型以進行比較，櫃檯的服務時間為韋伯分布，旅客抵達率為卜松分布，每小時大約 30 人。該研究針對模擬結果中的旅客等候時間、服務人數、櫃台人員效用和服務人數四個指標進行比較，經由統計檢定後發現 DES 模擬和 DES+ABM 模擬兩者並沒有顯著差異。接著該研究將積極行為(proactive behaviors)放入 ABM 模擬中，積極行為只存在於 ABM 模擬模型中，是代理人根據環境所做的反應；該研究放入的積極行為有：在報到櫃檯，當主管發現等候人數增加時，會要求員工加快服務速度；主管會根據觀察和經驗找出旅客中的可疑人物；最後為旅客會根據情況選擇最短的排隊設施。當加入積極行為後，DES+ABM 模擬結果中的旅客等候時間的指標會顯著優於 DES 模擬。因此該研究認為 DES 結合 ABM 模擬能有積極行為較貼近實際情況且模擬結果較只使用 DES 模擬好。

## 2.4 小結

根據所整理之文獻，本研究所設計之模擬模型流程為機場流程系統與航班介面；而在設施的部分，本研究雖會考慮到機場內之所有設施，但注重於會讓機場帶來收入的營業設施；在服務品質方面，機場服務品質常採用關於感知上的指標，在模擬中較難以衡量，因此本研究將採用與服務水準較接近空間與時間上量化的衡量指標。旅客行為的部分，本研究將將納入時間限制與機場內資訊，作為旅客行為之依據。

關於模擬的文獻，整理成表 2.6，DES 模擬適合模擬出境流程，ABM 模擬則大多注重於旅客與設施的互動。ABM 模擬較能顯現出旅客的行為特性，反映旅客與機場環境的互動；但 ABM 模擬較少單獨使用，且旅客在機場的整體行為是以流程方式進行，也需配合使用 DES 模擬。因此本研究結合 ABM 模擬與 DES 模擬，以 ABM 模擬反映旅客的行為與互動，以 DES 模擬旅客在機場的流程。

表 2.6 機場模擬文獻比較表

	DES	ABM	出境	入境	流程	報到櫃台	安檢	設施
Takakuwa(2003)	V		V			V		
Rauch(2006)	V		V		V			
Ju(2007)	V		V		V			
Guizzi(2009)	V		V		V			
Weiss(2008)		V	V				V	
Kleinschmidt(2010)		V		V				V
Ma(2011)		V	V					V
Ma(2012)		V	V					V
Majid(2016)	V	V	V			V		

資料來源：本研究整理

## 第三章 研究方法

研究方法分為三個階段，分別是問卷資料蒐集、資料分析與模擬。本研究首先藉由問卷的發放蒐集旅客資料，接著使用分析方法進行資料的分析以獲得模擬輸入參數，最後建構出機場以及旅客行為之模擬模型。

### 3.1 問卷資料蒐集

本研究問卷調查使用科技部計畫〈行動裝置與航空旅客機場使用行為研究：室內導航與行動定位服務之應用〉所設計之問卷，並於臺北松山國際機場管制區登機門區域發放給出境旅客填寫。該問卷目的為調查旅客在機場內的時間安排與活動型態，以了解旅客使用機場設施的情形。

該問卷主要可分為五個部分，整理成表 3.1。第一部分為受訪者基本資料，調查旅客社經資料，包含性別、年齡、月收入等等；第二部分為受訪者旅次資料，包含旅次目的、旅行天數、同行者等等；第三部分為機場使用經驗，調查受訪者在過去 3 年平均搭機經驗、松山機場使用經驗以及機場設施使用頻率等等；第四部分為受訪者該次旅行行為的描述，包含抵達機場、完成報到、過安檢的時間點以及在機場內曾經使用過何項設施、是否消費與停留時間等等；最後第五部分為旅客心理方面的量測，包含旅客在機場四處看看的看法和逛街意願、候機時四處看看的看法以及對機場環境的看法。

該問卷共有 5 頁，受訪者填答需花費大約 5 至 10 分鐘的時間。填答方式在第一部分至第四部分多為勾選式的問題搭配少部分需自行填答的題目；第五部分的問題則為李克特尺度的量測問題。

本研究所使用到的資料主要在該問卷的第四部分，旅客使用機場的設施與使用時間，並搭配第一部分至第三部分之旅客特性與基本資料，作為本研究資料分析之資料來源。

表 3.1 問卷分類與內容

問卷分類	內容項目
第一部分：基本資料	性別、月收入、年齡、教育程度、居住地、航空會員
第二部分：旅次特性	航班編號、登機門、登機時間 旅次目的、旅行天數、是否跟團、同行人數、同行成員、送機人數
第三部分：機場使用經驗 (過去 3 年平均)	搭機次數、松山機場使用次數(國內線與國際線)、在機場飲食頻率、在機場購物頻率、是否在松山機場用餐過、是否松山機場購物過
第四部分：此次行為描述	抵達機場時間點、完成報到時間點、完成通關時間點、開始等待登機時間點、

	抵達機場方式、抵達機場花費時間、抵達機場運具、攜帶行李件數、托運行李件數、辦理報到方式、報到花費時間、通關花費時間、購買物品、購買金額、消費計畫、消費用途、使用設施之順序與時間。
第五部分：心理量測	旅客在機場四處看看的看法和逛街意願、候機時四處看看的看法、對機場環境的看法

### 3.2 資料分析方法

本研究所使用的資料分析方法包含統計分配差異檢定、決策樹模型與馬可夫鏈模型，各分析方法之關係與流程統整成圖 3.1。

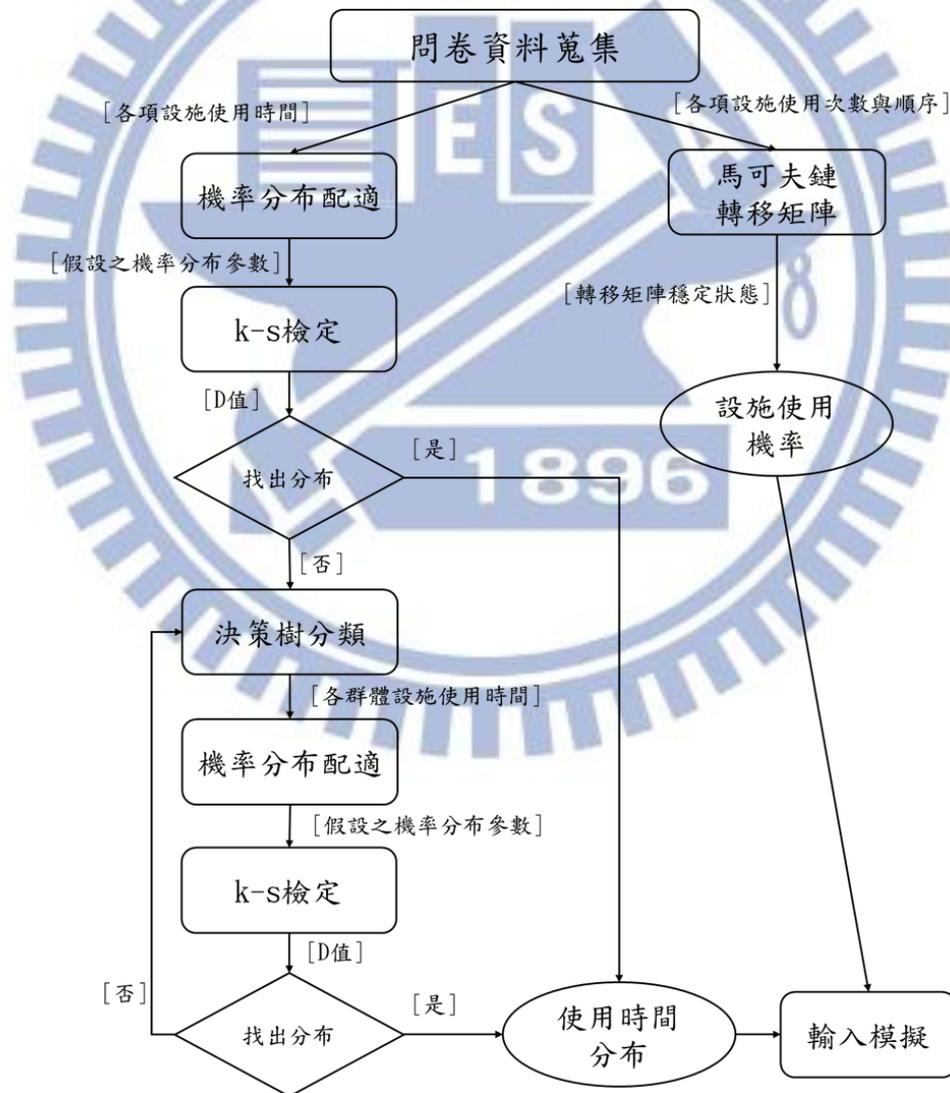


圖 3.1 本研究資料分析流程圖

本研究經由問卷資料的蒐集，得知旅客的資料屬性以及在機場內設施的使用情況，其中在設施的使用時間與使用次數，經由資料分析後放入模擬中做為模擬的輸入參數。

圖 3.1 左半部分為設施使用時間分布的部分，本研究參考 Verma, et al. (2018) 的研究，使用配適度檢定進行分析。首先經由問卷資料，可以得知各項設施的使用時間；經統整分類後，先假設該項設施使用時間分布呈某一分布，並透過機率分布配適，得知該機率分布的參數；接著以假設之機率分布參數進行 k-s 檢定，檢定樣本是否與該機率分布配適。

本研究進行 k-s 檢定所使用到的分布主要選用與停留時間相關的指數分布家族，包含以下分布：常態分布(Normal distribution)、指數分布(Exponential distribution)、伽瑪分布(Gamma distribution)、韋伯分布(Weibull distribution)、對數常態分布(Lognormal distribution)以及均勻分布(Uniform distribution)。

若無法找出能配適之機率分布，本研究接著使用決策樹模型，依據問卷資料蒐集之旅客屬性與旅次特性，進行旅客的分類，以降低群體內之不一致性。本研究使用在決策樹中的旅客屬性選用，依據設施種類而有所差異，詳細統整成表 3.2。各項設施依據決策樹中旅客屬性的分類，分別再進行假設機率配飾以及 k-s 檢定，直到找出設施使用時間之機率分布。

分類樹使用的屬性如表 3.2 所示，有基本資料、旅次特性、機場使用經驗以及此次行為描述四類。基本資料與旅次特性主要為社經變數，決定旅客的喜好程度與設施使用狀況；機場使用經驗決定旅客的使用習慣，商店以及餐飲設施較其他設施多考慮旅客在機場和在松山機場過去購物頻率以及飲食頻率；此次行為描述選用旅客剩餘時間，剩餘時間會帶來時間壓力，影響旅客使用設施之決策。

表 3.2 各項設施於決策樹中使用旅客屬性統整表

		廁所	商店	座椅	餐飲	服務
基本資料	性別	√	√	√	√	√
	收入	√	√	√	√	√
	年齡	√	√	√	√	√
	教育程度	√	√	√	√	√
	居住地	√	√	√	√	√
	航空會員	√	√	√	√	√
旅次特性	旅次目的	√	√	√	√	√
	目的地	√	√	√	√	√
	同行者	√	√	√	√	√
機場使用	過去搭機經驗	√	√	√	√	√
	松機搭機經驗	√	√	√	√	√

經驗	機場購物頻率		V			
	松機購物頻率		V			
	機場飲食頻率				V	
	松機飲食頻率				V	
行為描述	剩餘時間	V	V	V	V	V

圖 3.1 右半部分為設施使用機率的部分，本研究使用馬可夫鏈找出設施之使用機率。馬可夫鏈常用於需求的預測，Borgers and Timmermans (1986b)使用馬可夫鏈預測商業區零售商店之需求，並用以建立行人路線選擇模型；Horton and Wagner (1968)使用馬可夫鏈分析城市旅次中的旅次分布；Wheeler (1972)使用馬可夫鏈分析城市旅次中的多目的旅次；在航空方面，Hsu and Wen (1998)結合馬可夫鏈與灰色理論進行亞太區域航空旅次的預測。因此，本研究同樣使用馬可夫鏈，分析旅客使用設施之旅次，並做為各項設施需求之來源以及旅客使用設施之機率。

本研究經由問卷資料，可得知旅客在該旅次中的旅次鏈，包含停留設施種類與順序。依此資料，可計算出旅客初始使用各項設施的機率以及使用該項機率後下一階段使用何項設施的機率，並得出馬可夫鏈中的轉移矩陣。將轉移矩陣自乘無限多次收斂後，即進入穩定狀態，為各項設施使用之機率。

經由資料分析後可得知各項設施的使用機率與使用時間分布兩項參數，作為旅客行為之準則，將結果放入模擬中，作為模擬的輸入參數。

### 3.2.1 統計分配差異檢定

配適度檢定(goodness of fit test)是用來檢驗一組樣本資料是否來自於已知分布的母體，或是用來檢定兩組資料是否有相同之分布的統計方法。在單一樣本(one sample test)配適度檢定中，虛無假設與對立假設為：

$H_0$ ：樣本資料符合某一分布

$H_1$ ：樣本資料不符合某一分布

接著透過計算不同檢定中的統計量來決定是否拒絕虛無假設。本節針對常見的配適度檢定：卡方檢定與 k-s 檢定進行探討。

皮爾森卡方檢定(Pearson's chi-squared test)為 Karl Pearson 於 1900 年所提出之一種統計方法。卡方配適度檢定用來檢定類別資料，因此需先將資料進行分組後，再透過計算觀察值與期望值之關係，計算統計量。卡方檢定的統計量 $X^2$ 定義如下：

$$X^2 = \sum_i \frac{(N_i - n_i)^2}{n_i}$$

$N_i$ 為樣本資料在 i 組中的觀察值，而 $n_i$ 為在 i 組在已知分配中的期望值。其中， $N_i$ 為整數， $n_i$ 不能為 0。

Kolmogorov- Smirnov 檢定法，簡稱為 k-s 檢定，是 Andrey Kolmogorov 與 Nikolai Smirnov 兩人於 1933 年提出之一種無母數統計方法。k-s 檢定為配適度檢

定的一種，且可以用來檢定連續型資料。

k-s 檢定透過計算理論分布與樣本分布之累積機率之差的 $\text{最大值}$ ，求出檢定統計量  $D$ ，以決定是否拒絕虛無假設。檢定統計量  $D$  定義如下：

$$D_n = \text{Max}|F(x) - S(x)|$$

其中， $F(x)$ 為理論分布之累積機率值， $S(x)$ 為樣本之累積機率值。

根據 Frank J. Massey (1951)的研究，k-s 檢定相較於卡方檢定有以下優點：k-s 檢定可以得知檢定之統計檢定力(power)，卡方檢定則無法；k-s 檢定視樣本為連續變數，可以獨立檢視每項觀察值，因此不需將資料進行分組，也不會因分組而產生資訊的流失；最後，相對於卡方檢定，k-s 檢定只關注兩個累積機率之差異，在計算上較為簡單。因此，本研究選擇使用單一樣本 k-s 檢定，以找出旅客在機場各設施的使用時間分布。

### 3.2.2 決策樹模型

決策樹(decision tree)為一種用來分類與預測的資料探勘(data mining)技術 (Criminisi, et al. 2011)。決策樹模型是由許多問題所組成的階層樹狀結構，包含根節點(root nodes)、內部節點(interior nodes)與完成節點(terminal nodes)；從根節點開始，由不同的內部節點判斷屬性，而分枝則代表不同的屬性值，最後在完成節點終止；每筆資料在決策樹中只會有一條對應的路徑與一個對應的完成節點。

決策樹在建構的過程中，希望每一群能愈一致(pure)，而使用熵(entropy)來測量群體內的不一致性(disorder)，熵愈小代表群體愈一致，熵的計算方式如下：

$$\text{entropy} = - \sum_i P_i \log_2(P_i)$$

$P_i$ 為具有  $i$  屬性個體的機率值。

接著，決策樹計算資訊獲利(information gain, IG)，並用來分割屬性，以進行分枝。IG 以熵為基礎，用來表示分割屬性後對熵的改善幅度，IG 的計算方式如下：

$$\text{IG} = \text{entropy}(A) - \sum b_i \text{entropy}(b_i)$$

$A$  代表母集合， $b$  代表子集合， $p(b_i)$ 為子集合占母集合的比例。

決策樹的演算法主要有兩類，分別是 ID3 演算法(iterative dichotomiser 3)與 CART 演算法(classification and regression tree)。

ID3 演算法以資訊獲利為準則，透過計算屬性之熵值，選取資訊獲利最大(熵值最小)的屬性進行分枝，並生成包含該屬性的節點，多次遞迴後，直到終止而產生完成節點。另外，C4.5 演算法與 C5.0 演算法，為 ID3 演算法的改良升級版本。

CART 演算法可以同時進行分類與預測，算法與 ID3 演算法相似，但使用基尼係數(gini index)以及基尼獲利(gini gain)取代熵以及資訊獲利來進行計算與分枝。CART 演算法與 ID3 最大的差異在於，CART 演算法在每一個節點上都是採用二分法，只能產生兩個子節點，為二元的分類樹，ID3 演算法則可以節點上產

生不同數量的分枝。

本研究使用決策樹進行屬性的分類，提升群體的一致性，進行旅客的分類。由於 CART 演算法為二元的分類樹，建立起來較為單純，因此本研究選擇使用 CART 演算法來進行決策樹的建置。

### 3.2.3 馬可夫鏈模型

馬可夫鏈(Markov chain)為 Andrei Andreevich Markov 於 1906 年所提出之定理，並以此命名(Basharin, et al. 2004)。馬可夫過程(Markov process)為狀態空間中，從一個狀態轉移到另一個狀態的隨機過程(stochastic process)。

馬可夫鏈基本定義如下：有一狀態空間  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_r\}$ ，當過程由某一狀態轉換成另一狀態，稱之為「轉移(step)」。假設目前在狀態  $s_i$ ，則下一階段轉移至狀態  $s_j$  的機率表示為  $p_{ij}$ ，此機率只與目前狀態相關，與之前的狀態無關，為「無記憶性」之馬可夫性質(Markov property)。機率  $p_{ij}$  稱之為轉移機率(transition probabilities)，當轉移後還繼續維持在同一狀態，則轉移機率表示為  $p_{ii}$ 。

轉移矩陣(transition matrix)為用來描述馬可夫鏈轉移的矩陣，由各種狀態的轉移機率所組成，代表從某特定狀態轉移至另一狀態之所有可能機率。轉移矩陣 P 表示如下：

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1j} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{i1} & P_{i2} & \cdots & P_{ij} \end{bmatrix}$$

矩陣 P 為一方陣，且從狀態 i 到下一狀態的機率總和必須為 1，因此

$$\sum_j P_{ij} = 1$$

馬可夫鏈中的轉移矩陣 P，當  $n \rightarrow \infty$  時， $P^n$  會收斂成一矩陣 W，稱為馬可夫矩陣的「穩定狀態」。穩定狀態矩陣 W 只會有一列，可視為向量 w。此向量 w 為一嚴格正向機率向量(strictly positive probabilities vector)，代表向量 w 中的各項元素皆為正值，且總和為 1。

## 3.3 模擬

模擬是將真實世界所欲解決之問題，以電腦軟體建構出來，並將模擬而得之解決方法應用回現實中的一種研究方法。模擬模型可視為規則的集合，像是方程式(equations)、流程(flowchart)、狀態(state)等等，這些規則定義系統中的現狀和未來的改變方式，並讓系統隨著時間執行並改變狀態，即為模擬的運作狀態(Borshchev and Fillippov 2004)。本研究使用到的模擬方法有兩種，分別是代理人基模擬模型 (Agent-based model, ABM)與離散事件模擬(Discrete event simulation, DES)。

代理人基模擬模型亦稱為個體為本模擬模型 (individual-based modeling simulation, IBM)，此模擬模型由三個元素所構成：代理人，包含代理人的屬性與

行為；代理人間的關係，定義代理人如何產生互動；環境，代理人所存在的系統，並與代理人作互動。根據 Macal and North (2010)，代理人有下列幾項特性：代理人是可識別的(identifiable)，為離散的個體，並有特性和規則來產生行為與決策的能力；代理人獨立存在於環境中，並與環境以及其他代理人作互動；代理人有目標，並以完成此目標來做出相對應的行為；代理人是靈活的(flexible)，有能力根據時間和經驗，學習與調整自身的行為。在代理人基模型中，代理人依循建模者所建立的規則與行為，進行活動並與其他代理人進行互動，以完成模擬。

離散事件模擬是流程性的模擬方式，離散事件系統由不同離散的事件所組成，並依照發生的順序進行模擬。在離散事件模擬中，活動的對象為個體(entity)，不同的個體有不同的屬性(attribute)，個體在離散的時間點上會有事件(event)發生，進而產生活動(activity)，引起系統的狀態變化，各個事件與活動接續發生，系統狀態的變化都發生在不連續且隨機的時間點上，為離散事件模擬。

### 3.3.1 模擬要素

構成代理人基模擬模型的三個要素為：環境、代理人與規則，代理人存在於環境中，並依據設置的規則來做行動。

本研究模擬環境為臺北松山國際機場，以機場所提供之平面圖依照真實比例所建置，從非管制區到管制區，包含旅客會使用到的所有設施。

本研究模擬代理人為旅客，模擬旅客從報到結束到登機前的所有活動。旅客在機場內的活動，本研究參考 Popovic, et al. (2010)之活動分類，將活動分為流程性活動與選擇性活動，流程性活動為旅客必要進行的活動，例如：報到、安檢等等；選擇性活動為旅客在各流程性活動之間，進行其他可選擇性的活動。如圖 3.2 所示，藍色區塊為流程性活動，黑色區塊為選擇性活動。



圖 3.2 旅客流程圖

本研究模擬中旅客由報到完成後進入模擬，最後進行的活動為登機離開模擬，旅客在其中會經過安檢與護照查驗的流程性活動，以及分別在非管制區與管制區內的選擇性活動。

在選擇性活動中，本研究參考 Liu, et al. (2014)之旅客活動分類，修正後依旅客的選擇活動將機場設施分為以下五類：廁所、商店、座椅、餐飲、與服務，詳細項目如表 3.3。

表 3.3 機場設施分類表

設施種類	設施項目
廁所	廁所
商店	一般商店以及免稅商店
座椅	座椅區
餐飲	餐廳
服務	退稅櫃檯、銀行、ATM、貴賓室

### 3.3.2 旅客決策

本研究參考活動基礎模型(Agent-based travel demand model)旅運者決策之流程，修正後應用於機場旅客活動選擇，以作為模擬中代理人旅客做決策之依據。活動基礎模型與本研究模擬旅客決策關係如圖 3.3 所示，活動基礎模型中的主要活動即為旅客流程性活動，次要活動即為旅客選擇性活動，選擇性活動為本研究模擬中旅客決策之處。依照活動基礎模型旅運者決定是否進行次要活動、選擇活動時間帶、選擇活動地點之順序，本研究修正為是否進行選擇性活動、判斷剩餘時間並決定活動花費時間以及決定進行何種活動並決定設施位置。

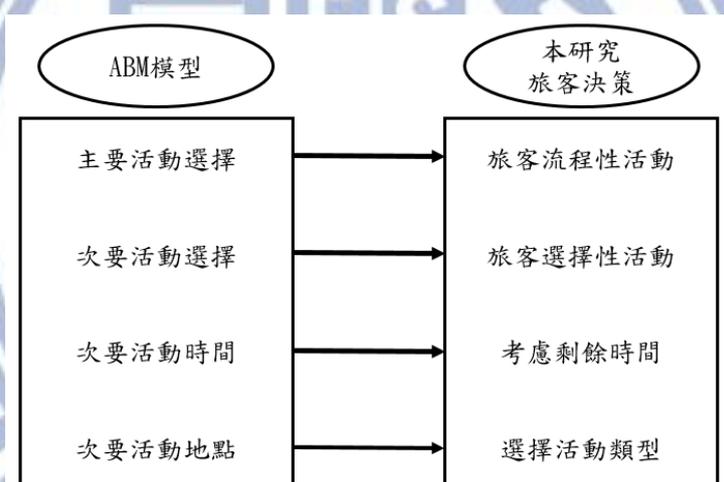


圖 3.3 活動基礎模型與本研究模擬旅客決策之關聯圖

本研究模擬中所設計旅客決策過程如圖 3.4 所示，旅客在機場行動的流程，分為三個階段，分別是非管制區、通關與管制區。

第一階段：非管制區，旅客在報到結束後，即在非管制區內活動，反覆決策使用設施，直到剩餘時間低於門檻值或是自身決定要進入第二階段(安檢)。

第二階段：通關，旅客結束在非管制區內的活動後，即進入通關流程，通關過程有安檢與護照查驗兩個排隊設施，旅客會在此花費一定的時間。

第三階段：管制區內，旅客通關完成後，即進入管制區內活動，反覆決策使用設施，直到剩餘時間低於門檻值或是自身決定要去等待登機，最後階段為旅客在登機門前直到登機時間而結束模擬。

旅客在第一階段非管制區與第三階段管制區，反覆進行決策以決定如何行動，而旅客決策分為四個步驟，分別是否使用、剩餘時間、使用何種設施以及使用

何處之設施。

決策 1：是否使用，旅客判斷是否使用設施。若旅客決定不使用設施，即進入下一階段(安檢或登機)，若決定使用設施，則進行決策 2。

決策 2：剩餘時間，旅客判斷剩餘時間是否足夠，在管制區外剩餘時間需大於模擬設立之門檻值，在管制區內剩餘時間需足夠完成使用設施的最大時間，以避免錯失登機時間。若旅客剩餘時間不夠即決定進入下一階段(安檢或登機)，若剩餘時間充足，則進入決策 3。

決策 3：使用何種設施，旅客決定使用何種設施。

決策 4：使用何處設施，若旅客決定使用的設施有多項可以選擇，則旅客透過所在位置，以較高的機率選擇位置較近之設施使用。

旅客在第一階段非管制區與第三階段管制區反覆進行上述四項決策，直到在決策 1 或決策 2 決定進入下一階段。

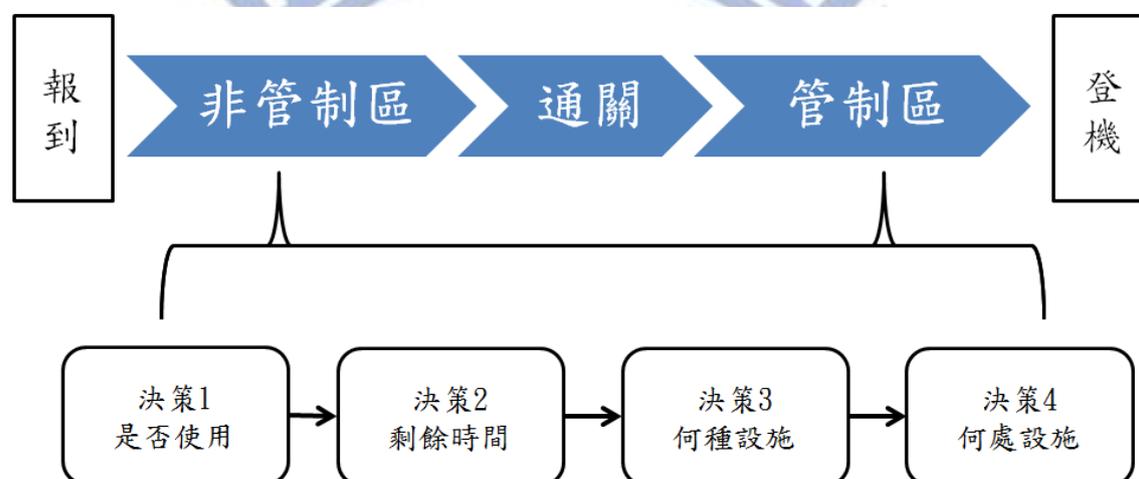


圖 3.4 旅客決策過程圖

### 3.2.3 模擬軟體

本研究所使用的模擬軟體為 AnyLogic 8.1.0，是俄羅斯 AnyLogic 公司在 2000 年所開發的模擬軟體。AnyLogic 軟體是由 Java 程式碼所構成，提供圖形化建模工具與 Java 程式碼來建立模擬模型。AnyLogic 軟體可建構出系統動態、代理人基模型與離散事件三種模擬模型，並可同時結合不同種類的模擬模型。本研究使用代理人基模型與離散事件模型，因此選擇使用 AnyLogic 軟體進行模擬。

## 第四章 研究結果

### 4.1 旅客特性與行為基本分析

本研究在問卷調查的資料，於 2017 年 11 月起至 2018 年 2 月在臺北松山機場國際線出境大廳，以便利抽樣方式，當面訪談旅客，共蒐集了 292 份有效樣本，基本資料彙整於表 4.1。在 292 份樣本中，男女比約為 5：4；年齡的部分，除 41 至 50 歲占 24.7% 較高外，其餘類別分布較均勻，皆在 15% 左右；月收入的部分較為兩極化，5 萬以下為主要族群，占了將近 40%，而 11 萬以上的高收入族群也占了將近 30% 左右；教育程度方面，主要為大學占大多數(59.0%)，其次是碩士(含)以上(33.0%)；居住地的部分，台灣(57.5%)與中國大陸(37.6%)占了大多數。

表 4.1 旅客基本資料表

變數	類別	人數	百分比(%)
性別	男	161	55.1
	女	131	44.9
年齡	19~25 歲	38	13.2
	26~30 歲	45	15.7
	31~40 歲	53	18.5
	41~50 歲	71	24.7
	51~60 歲	50	17.4
	61 歲以上	30	10.5
月收入	3 萬以下	52	18.6
	3 萬~5 萬	59	21.1
	5 萬~7 萬	51	18.3
	7 萬~9 萬	20	7.2
	9 萬~11 萬	19	6.8
	11 萬~15 萬	39	14.0
	15 萬以上	39	14.0
教育程度	高中(含)以下	23	8.0
	大學	170	59.0
	碩士(含)以上	95	33.0
居住地	臺灣	165	57.5
	中國大陸	108	37.6
	其他	14	4.9

表 4.2 為樣本旅次特性彙整，旅次目的最多的是商務旅次(51.3%)，推測與松山機場定位為首都商務機場有關，其次為休閒旅次(26.4%)與探親旅次(18.1%)；旅行天數方面，4 天至 10 天最多(61.6%)；同行者的部分，有無同行者各占將近一半，其中在有同行者的情況，幾乎都是自由行，只有 2.1%的受訪者是跟團旅行；報到方式，於櫃檯報到占比最高，有 76.0%；抵達機場運具，則是計程車(40.8%)最多，其次為捷運(22.3%)以及他人接送(20.3%)。

表 4.2 旅次特性資料表

變數	類別	人數	百分比(%)
旅次目的	休閒	76	26.4
	商務	148	51.3
	探親	52	18.1
	求學	12	4.2
旅行天數	3 天以內	34	12.0
	4~10 天	175	61.6
	11~20 天	50	17.6
	21 天以上	25	8.8
同行者	無	135	47.9
	有，自由行	141	50.0
	有，跟團	6	2.1
報到方式	櫃檯報到	218	76.0
	網路報到	30	10.5
	自助報到機	39	13.5
抵達機場運具	自行開車	13	4.2
	他人接送	62	20.3
	計程車	125	40.8
	捷運	68	22.3
	公車	18	5.9
	高鐵	20	6.5

表 4.3 為受訪者填答機場設施與消費情況，在此次旅行中，有在機場消費的旅客占 65.4%；其中有消費的旅客，消費金額介於 1,001 至 5,000 元最多(48.9%)，其次是 101 至 500 元(23.2%)；在購買商品的部分，伴手禮最多(28.7%)，其次是菸酒(30.6%)以及餐飲(25.0%)。受訪者在過去 3 年搭機頻率方面，5 次以上最多，(47.6%)，其次為 2~4 次以上(37.1%)；在松山機場國際線使用經驗，從未使用最高，占 29.1%，其次為 5 次以上(28.4%)；而在機場飲食頻率，每次一次最多，占 30.5%，其次為每 2 至 3 次一次(28.6%)；在機場購物頻率方面，每 2 至 3 次以上最多(占 32.8%)，其次為每次一次以上(28.6%)。

表 4.3 機場使用資料表

變數	類別	人數	百分比(%)
此次有無消費	無	98	34.6
	有	185	65.4
消費金額	100(含)元以內	6	3.3
	101 元~500 元	42	23.2
	501 元~1,000 元	22	12.1
	1,001 元~5,000 元	89	48.9
	5,001 元~10,000 元	14	7.7
	10,001 元以上	9	4.9
購買商品	餐飲	67	25.0
	書報	5	1.9
	伴手禮	77	28.7
	化妝品	37	13.8
	菸酒	82	30.6
過去 3 年平均 每年搭機頻率	少於 1 次	17	5.9
	1 次	27	9.4
	2 次~4 次	107	37.1
	5 次以上	137	47.6
過去 3 年於 松山機場國際線 搭機次數 (不含此次)	0 次	83	29.1
	1 次	49	17.2
	2 次~4 次	72	25.3
	5 次以上	81	28.4
過去 3 年平均在 機場飲食頻率	每次 1 次以上	62	23.0
	每次 1 次	82	30.5
	每 2-3 次一次	77	28.6
	從未飲食	48	17.9
過去 3 年平均在 機場購物頻率	每次 1 次以上	83	28.6
	每次 1 次	60	20.7
	每 2-3 次一次	95	32.8
	從未購物	52	17.9

在旅客使用設施時間的調查，由於每位受訪者造訪的設施不同，因此各設施樣本數也不盡相同，各設施使用時間分布彙整於表 4.4。廁所的使用時間分布，有超過一半的使用者在 3 分鐘以內，而幾乎所有使用者都能在 10 分鐘以內使用完畢。在管制區外與管制區內時間壓力不相同，因此本研究分開記錄商店使用時間，非管制區商店，使用時間大多介於 4 至 10 分鐘；管制區內商店，時間同樣大多介於 4 至 10 分鐘。座椅區的部分，使用時間較為分散，但超過一半都在 10

分鐘以內。餐飲設施，使用時間相對較長，大多位於 4 至 30 分鐘。服務設施樣本數較少，但使用時間幾乎都在 10 分鐘以內完成。管制區服務設施為貴賓室，貴賓室樣本同樣較少，主要都是長時間的使用，使用時間大多都在 46 分鐘以上，通關設施的部分，列於表 4.5，將近一半的旅客都在 5 分鐘，而大多數旅客則在 10 分鐘以內即可通過安檢與護照查驗設施。

表 4.4 設施使用時間人次分布表

	3 分以內	4-10 分鐘	11-20 分鐘	21-30 分鐘	31-45 分鐘	46 分以上	總樣本數
廁所	82 (66.1%)	39 (31.5%)	3 (2.4%)	0	0	0	124
商店 (非管制區)	20 (28.0%)	46 (57.5%)	14 (17.5%)	0	0	0	80
商店 (管制區)	31 (14.2%)	130 (59.7%)	31 (14.2%)	12 (5.5%)	14 (6.4%)	0	218
座椅	21 (26.6%)	23 (29.1%)	12 (15.2%)	15 (19.0%)	3 (3.8%)	5 (6.3%)	79
餐飲	2 (4.3%)	12 (25.5%)	12 (25.5%)	12 (25.5%)	7 (14.9%)	2 (4.3%)	47
服務	8 (53.3%)	6 (40%)	1 (6.7%)	0	0	0	15
貴賓室	0	0	0	1 (16.7%)	1 (16.7%)	4 (66.6%)	6

表 4.5 安檢與護照查驗時間人次分布表

	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	總樣本數
安檢與護照查驗	134 (46.5%)	102 (35.4%)	39 (13.5%)	13 (4.6%)	288

## 4.2 設施使用時間與行為分配決定

根據前述討論之資料分析流程，以問卷資料進行分析，分別經由 k-s 檢定搭配決策術以及馬可夫鏈找出設施使用時間分布以及設施使用機率，結果如下說明。

### 4.2.1 設施使用時間分布

本研究經由 k-s 檢定配合決策樹之分類，以找出各項設施使用時間分布，管制區與管制區的商店分開進行討論，共有七類設施。

表 4.6 為各項設施以 k-s 檢定找出時間分布之結果，其中只有餐飲、服務和貴賓室三類設施能直接找出時間分布：餐飲設施是參數為(1.79,22.23)的韋伯分布；服務設施是參數為(2.03,6.21)的韋伯分布；貴賓室是參數為(3.68,0.23)的對數常態分布。廁所、商店以及座椅這三類設施則無法直接經由 k-s 檢定找出時間分布。

表 4.6 設施使用時間分布表

設施	時間分布
廁所	N/A
商店(非管制區)	N/A
商店(管制區)	N/A
座椅	N/A
餐飲	Weibull(1.79,22.23)
服務	Weibull(2.03,6.21)
貴賓室	Lognormal(3.68,0.23)

將無法直接找出時間分布的廁所、商店以及座椅設施進行決策樹分類後，再以 k-s 檢定找出時間分布，結果如表 4.7 所示。在非管制區商店的部分，經由決策樹分類後，依照性別、有無松機消費經驗以及剩餘時間三項屬性進行分類：男性且無松機消費經驗的商店使用時間分布是參數為(4.23,0.62)的伽瑪分布，男性且有松機消費經驗的商店使用時間分布是參數為(5.59,1.17)的伽瑪分布，女性且剩餘時間在 66 分鐘以下的商店使用時間分布是參數為(2.38,0.38)的指數常態分布；在管制區商店的部分，經由決策樹分類後，以剩餘時間進行分類：找出在剩餘時間 88 分鐘以上的商店使用時間分布是參數為(2.58,0.76)的指數常態分布。座椅設施經由決策樹分類後，以剩餘時間進行分類：剩餘時間 94 分鐘以下的旅客，是參數為(2.12,0.84)的指數常態分布，剩餘時間 94 分鐘以上的旅客，是參數為(2.65,0.89)的指數常態分布。

表 4.7 決策樹分類結果以及時間分布表

設施	分類 1	分類 2	時間分布
廁所			N/A
商店 (非管制區)	男性	無松機消費經驗	Gamma(4.23,0.67)
	男性	有松機消費經驗	Gamma(5.59,1.17)
	女性	剩餘時間 66 分鐘以下	Lognormal(2.38,2.38)
	女性	剩餘時間 66 分鐘以上	N/A
商店 (管制區)	剩餘時間 88 分鐘以上		Lognormal(2.58,0.76)
	剩餘時間 88 分鐘以下	剩餘時間 44 分鐘以下	N/A
	剩餘時間 88 分鐘以下	剩餘時間 44 分鐘以上	N/A
座椅	剩餘時間 94 分鐘以下		Lognormal(2.12,0.84)
	剩餘時間 94 分鐘以上		Lognormal(2.65,0.89)

廁所設施、非管制區商店在「女性且剩餘時間在 66 分鐘以上」以及管制區商店在「剩餘時間 88 分鐘以下」共四類，無法經由決策樹分類找出時間分布，因此本研究直接依照蒐集到的資料之機率作為該項設施之使用時間，整理成表 4.8 所示。

表 4.8 設施使用機率表

	3 分鐘以內	4 至 10 分鐘	11 至 20 分鐘	21 至 30 分鐘	31 至 40 分鐘
廁所	66.1%	31.5%	2.4%	0.0%	0.0%
非管制區商店(女性且剩餘時間 66 分鐘以上)	14.3%	60.7%	25.0%	0.0%	0.0%
管制區商店(剩餘時間 88 分鐘至 44 分鐘)	15.2%	57.6%	16.0%	5.6%	5.6%
管制區商店(剩餘時間 44 分鐘以下)	16.1%	74.3%	9.7%	0.0%	0.0%

#### 4.2.2 設施使用機率

本研究經由問卷資料以及馬可夫鏈分析，找出各項設施之使用機率，以決定旅客設施使用行為。居住地為中國大陸的旅客比例有三分之一以上，因此將居住地為中國大陸旅客獨立出來探討，而居住地為其他之旅客因樣本數過少，因此不另外分開，與居住地為台灣旅客歸為同一類。因此設施使用機率分為居住地為台灣與其他以及居住地為中國大陸兩類旅客，將這兩類旅客視為有不同的設施使用行為，並找出各自的設施使用機率。

本研究模擬將設施使用機率分為：初始機率、選擇機率以及離開機率三種，以下做詳細之定義。

初始機率：旅客進入非管制區以及管制區後，使用第一個設施之選擇機率，由問卷資料蒐集整理而得出。

選擇機率：旅客選擇設施會受到前一狀態所影響，除使用第一次設施以外之設施選擇，皆為選擇機率，由馬可夫鏈穩定狀態所求出。

離開機率：使用完成設施後，不繼續使用其他設施而前往通關或登機之機率。離開機率受到前一狀態使用何種設施影響，由問卷資料蒐集整理而得出。

結果如表 4.9 至表 4.11 所示：表 4.9 是居住地為台灣與其他的旅客在非管制區之設施使用機率；表 4.10 是居住地為台灣與其他的旅客在管制區之設施使用機率；表 4.11 是居住地為中國大陸的旅客在非管制區之設施使用機率；表 4.12 是居住地為中國大陸旅客在管制區之設施使用機率。

表 4.9 居住地為台灣與其他的旅客在非管制區各項設施使用機率

	廁所	商店	座椅	餐飲	服務
初始機率	35.96%	25.84%	25.84%	6.74%	5.62%
選擇機率	22.41%	37.37%	25.79%	8.29%	6.14%
離開機率	46.81%	64.58%	53.33%	76.92%	35.00%

表 4.10 居住地為台灣與其他的旅客在管制區各項設施使用機率

	廁所	商店	座椅	餐飲	貴賓室
初始機率	18.68%	60.44%	14.28%	3.33%	3.33%
選擇機率	10.98%	78.82%	3.75%	6.44%	0.00%
離開機率	76.92%	59.80%	21.43%	75.00%	33.33%

表 4.11 居住地為中國大陸的旅客在非管制區各項設施使用機率

	廁所	商店	座椅	餐飲	服務
初始機率	36.51%	31.75%	20.63%	3.17%	7.94%
選擇機率	34.37%	20.24%	15.39%	18.46%	11.53%
離開機率	61.17%	51.61%	45.45%	45.45%	60.00%

表 4.12 居住地為中國大陸的旅客在管制區各項設施使用機率

設施	廁所	商店	座椅	餐飲	貴賓室
初始機率	22.22%	59.72%	9.72%	2.78%	5.56%
選擇機率	12.14%	78.72%	3.35%	9.14%	0.00%
離開機率	58.33%	52.04%	11.11%	66.67%	50.00%



## 第五章 模擬模式建立與分析結果

### 5.1 模擬模式建立

#### 5.1.1 模擬假設

本研究模擬建立過程中設立多項假設條件，如下所示：

1. 模擬時間為一整天，松山機場營業時間為早上 5 點至晚上 11 點。但由於國際線最晚之航班為晚上 8 點 45 分起飛，因此本研究選擇模擬從早上 5 點開始至晚上 9 點結束。
2. 航班資料選用松山機場每日實際起飛之航班資料。每天的航班數量不同，從 21 班次至 24 班次不等，一週之中 21 班次有 4 天，23 班次有 2 天，其餘 22 和 24 班次各有一天。本研究模擬除尖離峰之情境分析外，其餘情境皆選用星期一之航班資料進行模擬，原因為星期一共有 21 班次，為一週之中最常見班次數量之其中一天。
3. 根據民航局公布之資料顯示，松山機場載客率約為 80%~90%，因此本研究選用 85% 作為各航班之載客率，並以此設置各航班之旅客人數。
4. 根據現場觀察，航空公司開櫃時間約為起飛前 2.5 小時至起飛前 40 分鐘，因此本研究模擬之各航班旅客抵達時間設置為起飛前 2.5 小時至起飛前 45 分鐘。
5. 根據調查資料，航班登機開始時間為起飛前 30 分鐘。但由於模擬之登機為旅客離開模擬系統之時間點，因此本研究模擬設置各航班登機時間為起飛前 15 分鐘。
6. 行李檢查設施數量設置 3 個，為排隊等候設施，尖離峰有不同的服務率，由於模擬中不能更動設施數量，因此以旅客服務時間來代表尖離峰服務率之差異。尖峰時旅客服務時間為 10 至 20 秒，離峰時為 20 至 30 秒，皆為均勻分布。
7. 護照查驗設施數量設置 4 個，為排隊等候設施，尖離峰有不同的服務率，尖峰時旅客服務時間為 20 至 60 秒，離峰時為 60 至 100 秒，皆為均勻分布。
8. 自動通關設施數量設置 5 個，為排隊等候設施，旅客服務時間為 10 至 30 秒，為均勻分布。
9. 使用自動通關旅客之比例，參考移民署公布之資料，本研究模擬設置有 25% 的旅客選用自動通關。
10. 旅客步行速度之設置，初始速度為 0.3~0.7(m/s)，舒適速度為 0.5~1(m/s)，皆為均勻分布。
11. 本研究模擬將旅客依居住地分為台灣旅客與中國大陸旅客，各有不同之設施使用行為。目的地為中國大陸之航班，台灣旅客與中國大陸旅客比例各半。日韓旅客因調查資料不足，因此不將旅客做分類，行為與台灣旅客相同。
12. 各項情境皆模擬 25 次，標準誤為可接受之範圍。

13. 本研究模擬依照圖 3.4 所設計，旅客在報到結束後進入機場模擬環境，反覆進行決策，依序在非管制區、通關以及管制區使用設施，最後在登機時間進行登機，離開模擬。

### 5.1.2 模擬參數設定

本研究模擬參數分為輸入參數以及輸出之績效參數兩部分，整理成表 5.1 與表 5.2。表 5.1 為輸入參數表，輸入參數共有 3 項，分別為航班資料、設施使用機率與設施使用時間分布。航班資料使用松山機場國際線每日起飛之航班數量；旅客使用設施之機率與使用設施之時間分布，根據資料蒐集與資料分析得出之結果輸入模擬。

表 5.1 輸入參數表

參數	資料來源
航班資料	實際航班
設施使用機率	資料蒐集與分析
設施使用時間分布	資料蒐集與分析

表 5.2 為績效輸出參數表，輸出之績效參數分為設施與旅客兩類。在設施的部分，為使用人數、使用平均時間以及人數乘以時間。在旅客的部分，為旅客在各項區域使用設施總時間，分為非管制區、通關與管制區三個區域。設施使用總時間為旅客在機場內使用設施的時間：在非管制區，當旅客開始使用第一個設施即開始記錄，直到決定離開非管制區前往通關為止總共花費的時間；在管制區同樣以旅客開始使用第一個設施開始記錄，直到旅客決定不再使用設施而前往候機室等待登機為止總共花費的時間，此時間並不包含最後在候機室座椅區等待登機之花費時間。

表 5.2 輸出績效參數表

參數	單位
設施	
人數	人
平均使用時間	分鐘
人時間	人*分鐘
旅客	
非管制區使用設施總時間	分鐘
通關使用設施總時間	分鐘
管制區使用設施總時間	分鐘

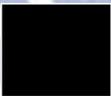
### 5.1.3 模擬軟體建置

根據研究方法所討論之模擬設計，進行模擬模式在模擬軟體 AnyLogic 的建置。本研究模擬模式如圖 5.1 至圖 5.3 所示。圖 5.1 為本研究模擬模式的模擬環境，為臺北松山機場國際線一樓與二樓，根據松山機場所提供之平面圖所繪製。各顏色方格與線條為機場航廈內設施的位置，不同顏色代表不同種設施，整理成表 5.3 所示。圖 5.1 左半部為機場二樓，主要是管制區的區域，中間線條為包含

行李檢查、護照查驗以及自動通關之通關設施，右半部為機場一樓，為非管制區的區域。

在圖 5.1 中，旅客報到完後進入模擬環境，由銀色方格的報到櫃台進入機場一樓非管制區，接著依照自身的決策行為使用非管制區內各項設施；中間走道設計為連接一樓與二樓，進入二樓後也有設施可使用。旅客接著進入通關設施的部分，紅線與藍虛線為行李安全檢查設施，紫色虛線箭頭為護照查驗設施，綠色虛線箭頭為自動通關設施。旅客通關完成進入管制區後，依照自身決策行為使用管制區內之各項設施，直到最後於座椅區等待登機，並在登機時間於綠色線條之登機門離開模擬環境。

表 5.3 設施類型參照圖

圖示	設施類型
	廁所
	商店
	座椅
	餐飲
	服務
	貴賓室
	報到櫃台
	安檢
	護照查驗
	自動通關
	登機門

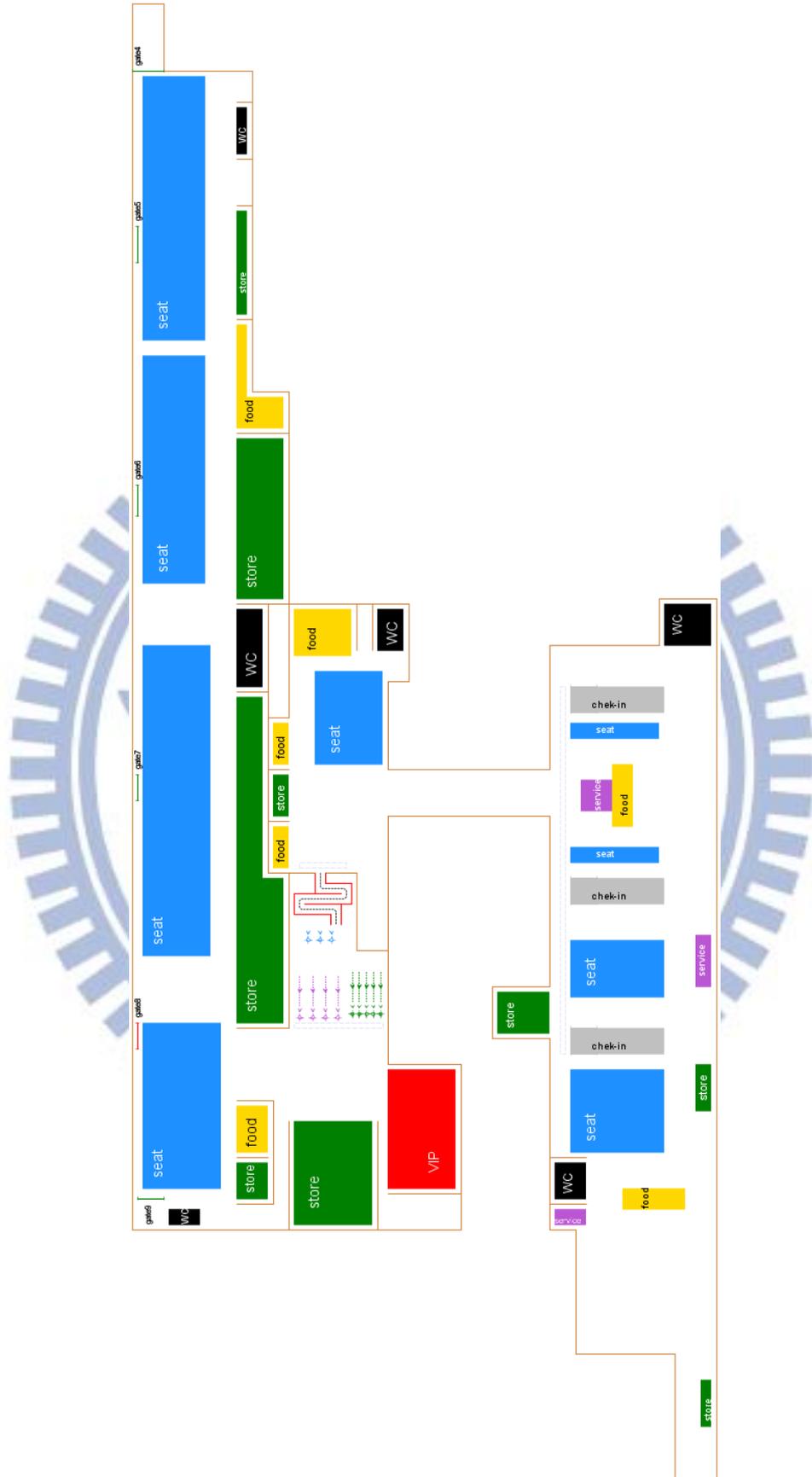


圖 5.1 模擬環境圖

圖 5.2 為設施參數設立介面，以貴賓室為例，上半部為基本資料，可依序設置此設施之名稱、位置型態、位置、選擇等候點、等候結束方式、等候時間、等候開始方式與最大容量限制；中間部分為設立代理人(旅客)在等候開始以及等候結束時之行為，本研究模擬設置記錄代理人旅客在此設施之停留時間，以計算剩餘時間；下半部分為代理人之型態設置。

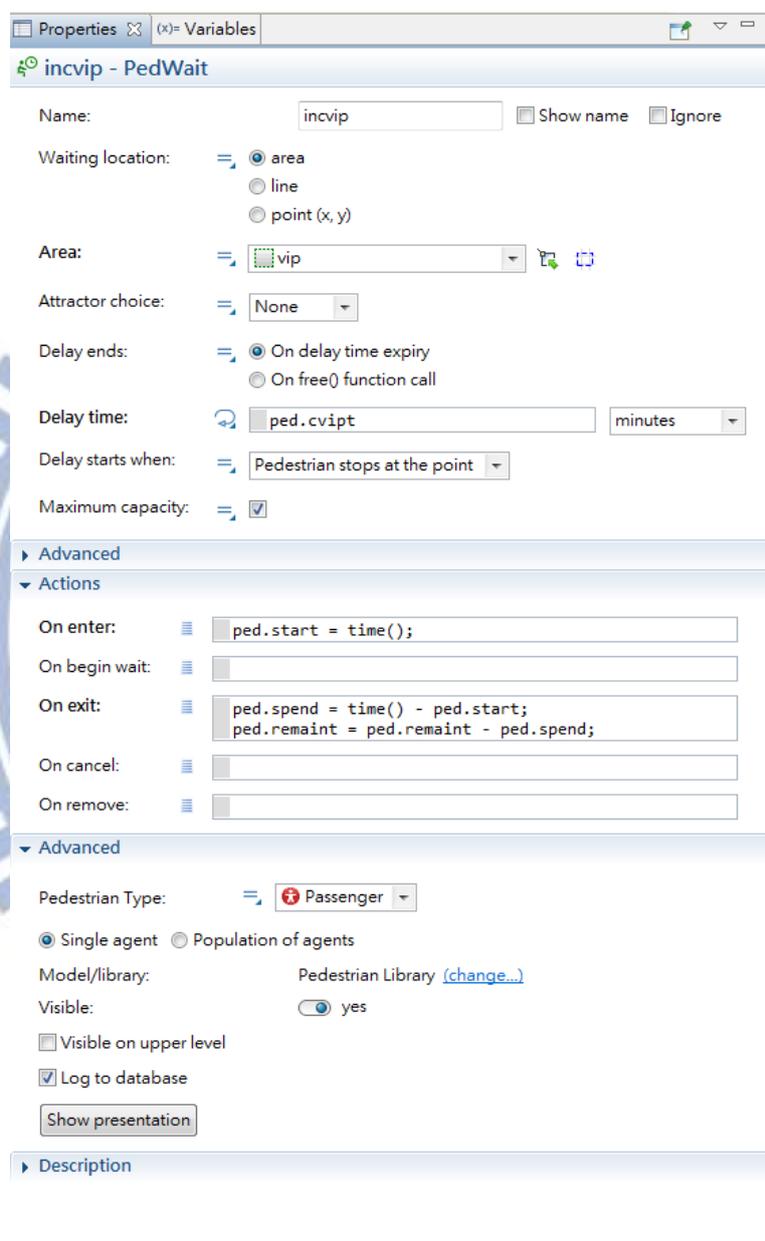


圖 5.2 設施參數設立介面圖

圖 5.3 與圖 5.4 為本研究模擬邏輯之建置圖，本研究依照 3.3.2 探討之旅客決策流程設立模擬邏輯流程。表 5.4 為圖 5.3 與圖 5.4 中所使用到的圖示名稱與功能說明圖。

表 5.4 圖示名稱與功能說明表

圖示	名稱	功能
	進入 (Ped Source)	旅客進入模擬環境(機場)
	前往 (Ped Go To)	旅客前往某地
	等待 (Ped Wait)	旅客於某地等待
	服務 (Ped Service)	旅客前往服務設施
	離開 (Ped Sink)	旅客離開模擬環境(機場)
	選擇 (Select Output)	做二選一之選擇
	選擇 5 (Select Output5)	做五選一之選擇
	時間計算開始 (Time measure Start)	經由此處開始計算時間
	時間計算結束 (Time measure End)	經由此處停止計算時間
	時間表 (Schedule)	定義時間表(航班時間)
	事件 (Event)	定義事件發生(登機)
	程式 (Function)	藉由程式寫入指令

圖 5.3 為旅客從報到結束後在非管制區以及通關之活動。左方程式指令的部分定義旅客如何選擇何處位置之設施以及設施使用機率。每個航班有各自的時間表，且對應一個旅客進入的圖示。旅客由進入圖示開始，先由選擇圖示將旅客依居住地做屬性分類，接著經過進入圖示由報到櫃台進入機場，然後依序經過多個選擇圖示，分別判斷剩餘時間、判斷是否使用設施以及判斷是否為第一次使用設施；接著經過選擇 5 圖示，決定使用何種設施，並在不同的設施中經由選擇圖示決定使用時間，最後進入等候圖示使用設施。當旅客決定離開非管制區即進入下排之通關流程：首先為經由選擇圖示決定設施使用時間，接著依序通過行李安檢設施與護照查驗設施。時間計算開始與時間計算結束圖示為本研究設立用來計算旅客使用設施總時間指標之功能。

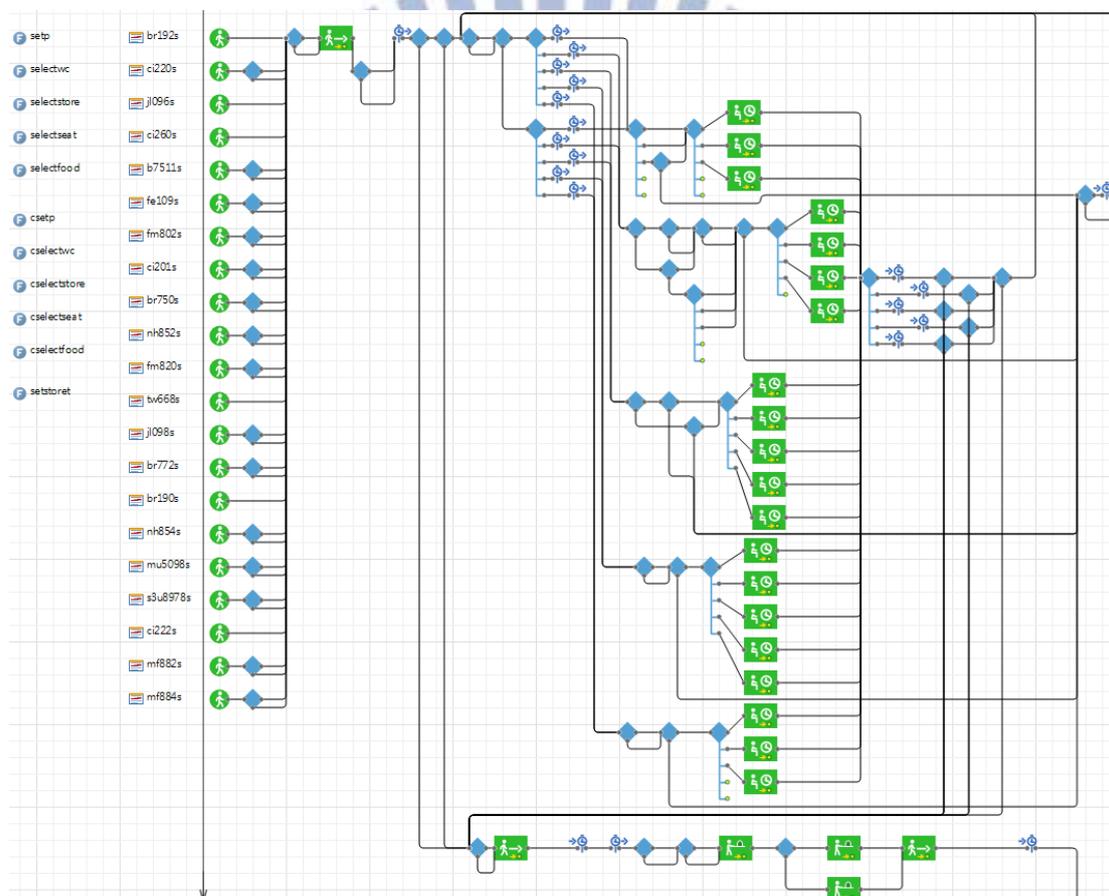


圖 5.3 非管制區邏輯圖

圖 5.4 為旅客通過安檢及護照查驗設施以及在管制區內之活動。旅客在管制區之流程與非管制區相同，分別經過選擇圖示判斷剩餘時間、判斷是否使用設施以及判斷是否為第一次使用設施；接著經過選擇 5 圖示選擇使用何種設施後，經由選擇圖示決定設施使用時間；最後進入等候圖示使用設施。當旅客決定離開不繼續使用設施後，即進入下方之選擇圖示，依自身航班選擇登機門前座椅區等待，等登機時間到即進入離開圖示，離開模擬。左方閃電圖示為定義事件之發生，在本研究模擬即為登機之時間點。

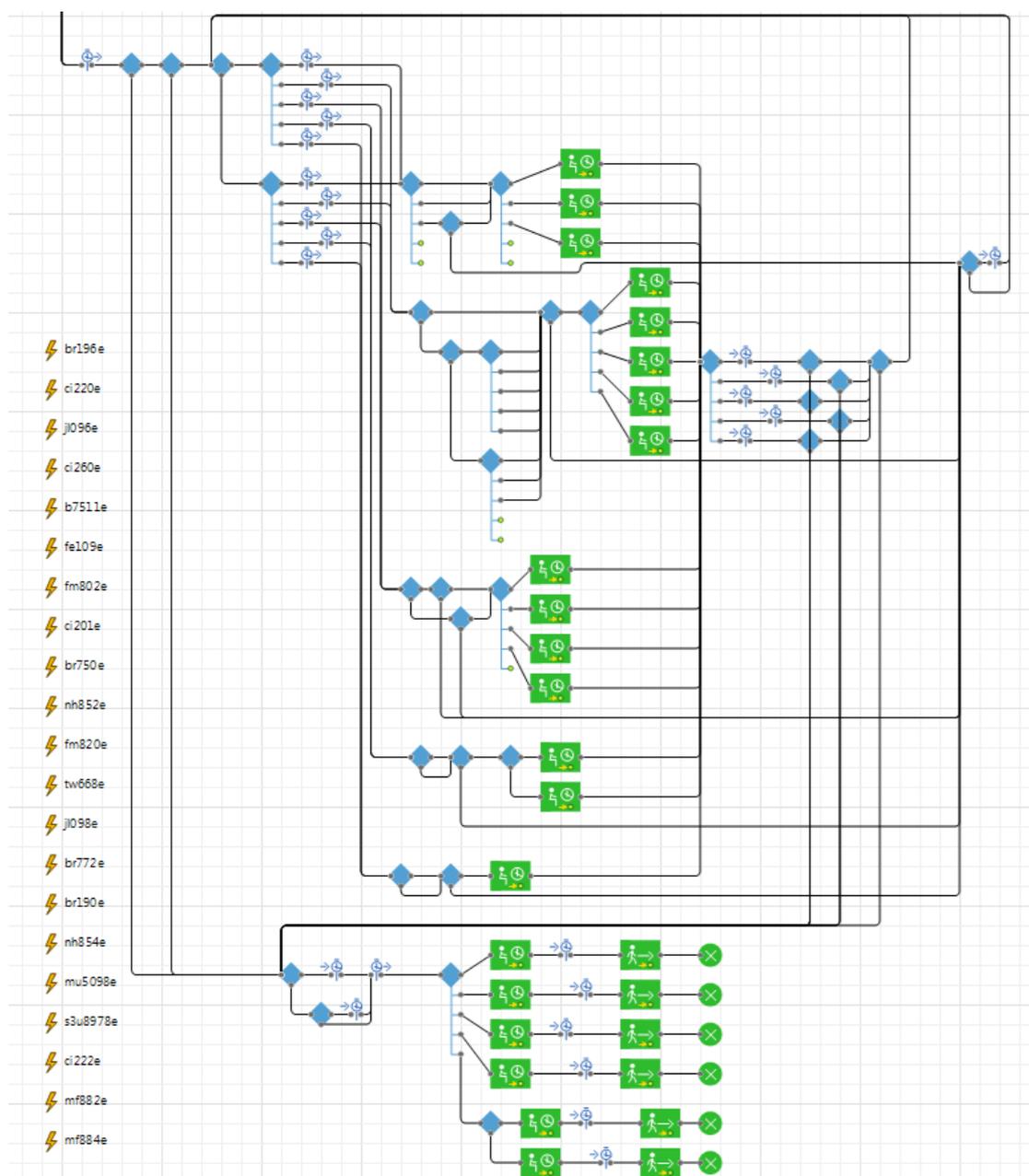


圖 5.4 管制區邏輯圖

## 5.2 模擬模式驗證

模擬模式之驗證目的在於檢驗模式之正確性，確認模式可使用於任何情境下之模擬。模擬模式驗證方法之一為將模擬結果與歷史資料做比較(Sargent 2014)，本研究採用此種方法進行模擬驗證。

各項設施使用時間為模擬輸入參數，而非管制區與管制區設施使用總時間為模擬旅客選擇行為與設施使用時間之組合結果，因此本研究將平均設施使用總時間作為驗證指標，將模擬結果與調查資料進行比較。設施使用總時間調查資料，只有旅客使用設施的時間，而模擬中包含旅客步行的時間，因此本研究假設旅客在步行時平均花費兩分鐘，而將調查資料結果作加成。

除了設施使用總時間，本研究也將通關時間視為模擬驗證指標。通關設施的數量與時間，為本研究自行假設，因此將通關平均時間與實際調查資料做比較，以驗證模擬之正確性。

驗證結果如表 5.5 所示，非管制區設施使用總時間平均 14.8 分鐘與調查資料 15.4 分鐘相近；管制區設施使用總時間平均 14.8 分鐘與調查資料 11.9 分鐘相差較大，但也落在調查資料的一倍標準差之內；通關平均時間 7.2 分鐘與調查資料 8.8 分鐘相近。以上結果驗證本研究模擬模型之結果與現實情況相符合。

表 5.5 模擬驗證表(單位：分鐘)

	非管制區	管制區	通關
模擬結果(平均時間)	14.8	14.8	7.2
模擬結果(標準誤)	0.08	0.09	0.22
調查資料(平均時間)	15.4	11.9	8.8
調查資料(標準差)	15.3	15.8	4.8

## 5.3 模擬結果與分析

本節依照所建立之模擬模型，不做參數調整或是情境更動，建立目前現況的現實情境，以作為情境分析中之參照情境；並由現實情境進行尖離峰分析以及旅客屬性分析。

### 5.3.1 現況分析

本研究選用松山機場星期一之班表做為現實情境之模擬分析，模擬 25 次的結果如表 5.6 至表 5.8 所示，列出各項設施與區域之使用人數、使用人數標準誤、平均使用時間、使用時間標準誤以及人時間指標。

表 5.6 為非管制區五類設施之結果，廁所為最多旅客使用之設施，其次為商店、座椅、餐飲以及服務設施；以人時間指標來看，由於廁所使用時間較短，座椅使用時間較長，因此人時間最高為座椅、接著為商店、廁所、餐飲以及服務設施。

表 5.7 為管制區內五種設施之結果，在管制區使用最多的設施為商店，遠高於其餘設施，其次為廁所、座椅、餐飲以及貴賓室；以人時間指標來看，同樣是

商店最高，其餘排序也相同。

表 5.8 為非管制區、通關以及管制區三個區域之設施使用總時間，非管制區與管制區大致相同，而通關平均時間為 7.2 分鐘。

表 5.6 現實情境非管制區設施結果統整表

	非管制區				
	廁所	商店	座椅	餐飲	服務
使用人數(平均)(單位：人次)	1206	1150	916	299	248
使用人數(標準誤)	6.78	8.95	6.96	3.43	3.39
使用時間(平均)(單位：分鐘)	5.57	9.55	16.07	21.63	6.78
使用時間(標準誤)	0.02	0.03	0.13	0.13	0.03
人時間	6,714	10,986	14,726	6,447	1,683

表 5.7 現實情境管制區設施結果統整表

	管制區				
	廁所	商店	座椅	餐飲	貴賓室
使用人數(平均)(單位：人次)	570	2335	326	167	78
使用人數(標準誤)	5.59	16.59	3.48	2.25	1.73
使用時間(平均)(單位：分鐘)	6.76	12.74	16.38	22.62	41.58
使用時間(標準誤)	0.02	0.05	0.18	0.17	0.22
人時間	6,714	29,739	5,351	3,776	3,257

表 5.8 現實情境各區域結果統整表

	非管制區	通關	管制區
使用人數(平均)(單位：人次)	3101	3101	3101
使用人數(標準誤)	7.54	7.54	7.54
使用時間(平均)(單位：分鐘)	14.84	7.22	14.84
使用時間(標準誤)	0.08	0.22	0.09
人時間	46,031	22,422	46,020

### 5.3.2 尖離峰分析

本小節由現實情境進行尖離峰分析，本研究模擬輸入的航班為實際航班資料，因此可藉由觀測安檢及護照查驗設施之人數，找出尖峰與離峰的時段。以松山機場星期一之航班為例，星期一為松山機場一週之中航班數量最少的一天之一，共有 21 班次，最早為早上 7 點 45 分起飛之 BR192 航班，最晚為晚上 8 點 45 起飛之 MF884 航班。圖 5.5 為星期一模擬其中一次護照查驗設施人數時間圖，圖中橫軸為時間，從早上 5 點至晚上 9 點，每一分鐘記錄一筆資料，縱軸為護照查驗設施內之人數。由圖 5.5 配合每一個航班旅客之平均通關時間結果可得知星期一之尖峰大約為早上 7 點半至早上 8 點半、中午 12 點至下午 2 點以及下午 4 點至下午 5 點半。

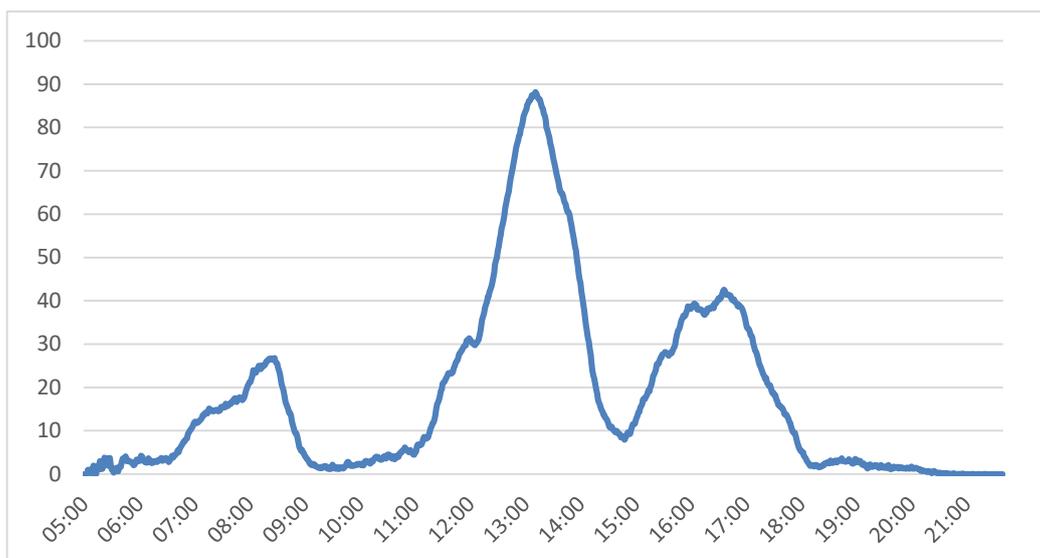


圖 5.5 星期一護照查驗設施人數時間分布圖

本研究接著以找出之尖離峰時段分別記錄旅客在尖峰與離峰設施使用狀況，並比較其差異，模擬結果如表 5.9 與圖 5.6 所示。表 5.9 列出尖離峰時旅客在非管制區、通關與管制區之平均設施使用總時間、模擬 25 次之標準誤以及以成對樣本 t 檢定尖離峰差異之 t 值。圖 5.6 至圖 5.8 為模擬 25 次結果之分布圖。結果可得知旅客在尖離峰時間分配之差異，在三個區域平均使用設施總時間皆有顯著差異；在通關的部分，離峰時平均只需 4.9 分鐘，尖峰則需花費 10.3 分鐘，為差異最大的區域；在管制區的部分，由於通關時間花費較久，受到剩餘時間之限制，旅客在管制區尖峰時段使用設施之總時間顯著小於離峰時段。

表 5.9 星期一尖離峰時間比較表(單位：分鐘)

	時間	標準誤	t 值
非管制區離峰	15.3	0.08	6.4**
非管制區尖峰	14.5	0.09	
通關離峰	4.9	0.14	-17.7**
通關尖峰	10.3	0.41	
管制區離峰	15.9	0.14	11.5**
管制區尖峰	13.9	0.11	

\* :  $p < 0.05$  ; \*\* :  $p < 0.01$



圖 5.6 星期一非管制區模擬 25 次結果之分布圖

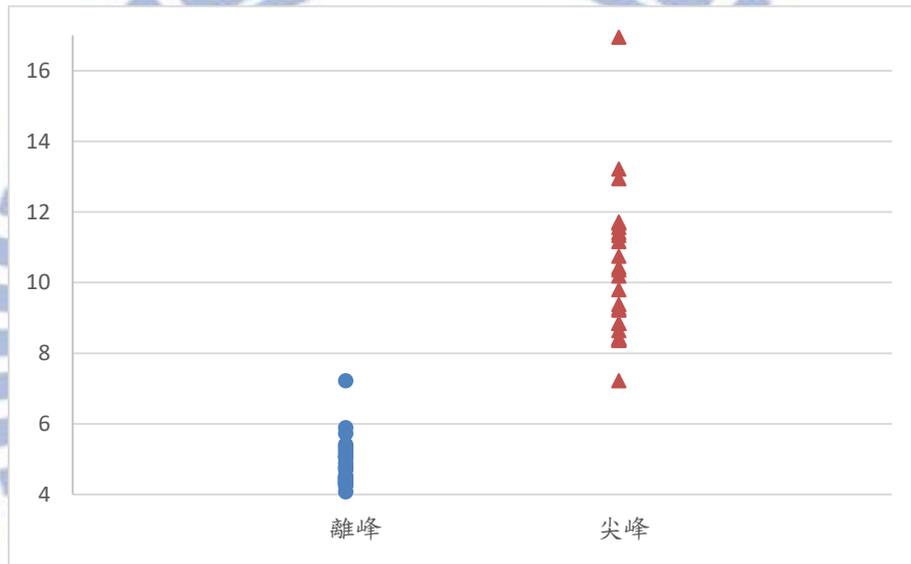


圖 5.7 星期一通關模擬 25 次結果之分布圖

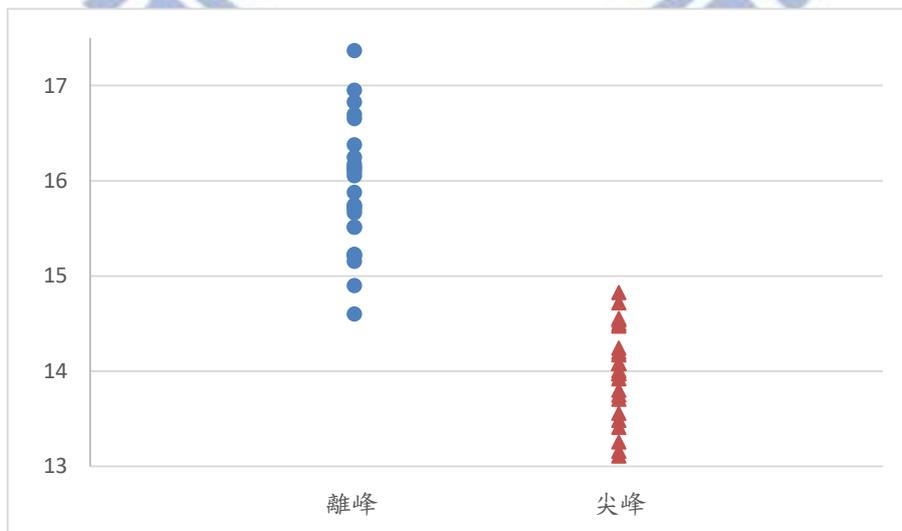


圖 5.8 星期一管制區模擬 25 次結果之分布圖

本研究以同樣方式模擬松山機場星期四之航班，星期四為松山機場一週之中航班數量最多的一天，共有 24 班次，最早為早上 7 點 20 分起飛之 B7510 航班，最晚為晚上 8 點 45 分起飛之 MF884 航班。結果如圖 5.9 至圖 5.12 所示，根據圖 5.9，可找出星期四之尖峰時間約大為早上 7 點至早上 8 點半以及下午 1 點至下午 4 點半。

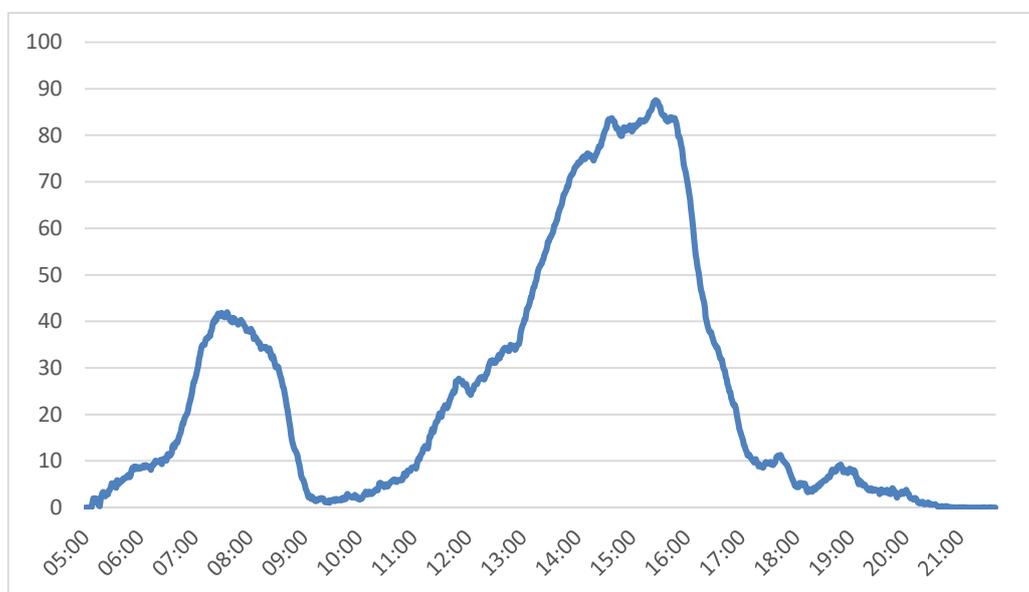


圖 5.9 星期四護照查驗設施人數時間分布圖

接著同樣以找出之尖離峰時段比較交離峰之差異，結果如表 5.10 與圖 5.10 至 5.12 所示。旅客在各個區域之設施使用時間皆有顯著差異，且在管制區差異大於非管制區之差異，與星期一之結果相同。

表 5.10 星期四尖離峰時間比較表(單位：分鐘)

	平均時間	標準誤	t 值
非管制區離峰	15.2	0.08	7.3**
非管制區尖峰	14.6	0.06	
通關離峰	5.2	0.13	-14.6**
通關尖峰	11.9	0.53	
管制區離峰	16.0	0.11	18.9**
管制區尖峰	13.6	0.11	

\* :  $p < 0.05$  ; \*\* :  $p < 0.01$

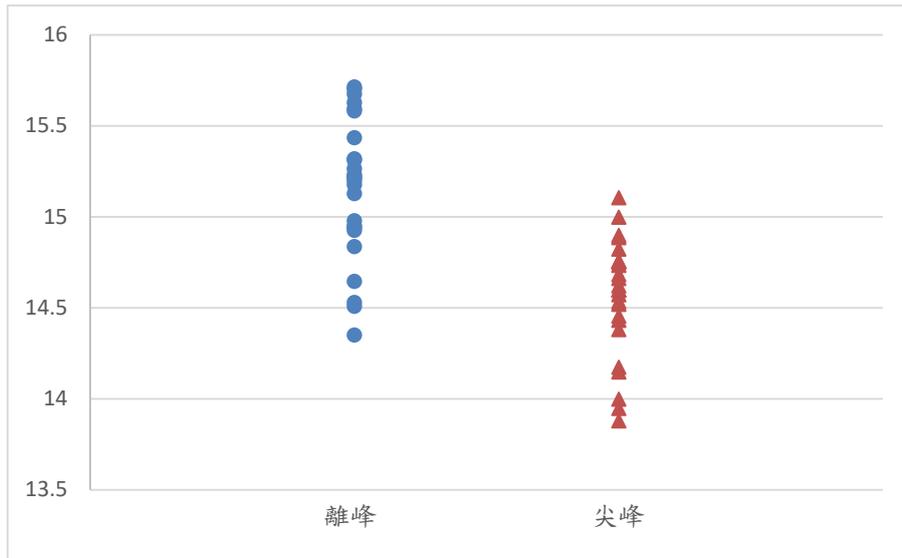


圖 5.10 星期四非管制區模擬 25 次結果之分布圖



圖 5.11 星期四通關模擬 25 次結果之分布圖

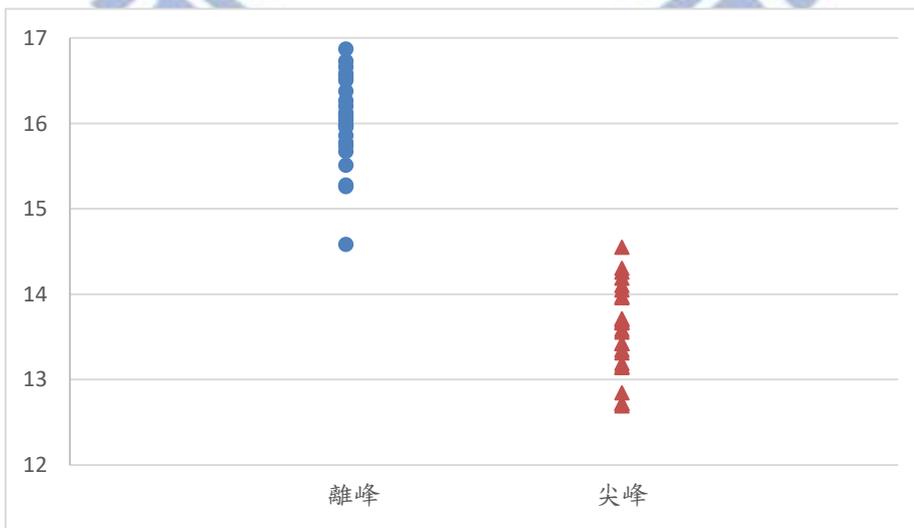


圖 5.12 星期四管制區模擬 25 次結果之分布圖

### 5.3.3 旅客居住地分析

本小節由現實情境進行旅客屬性分析，本研究將旅客依居住地分為居住地為居住地為台灣與其他的旅客以及居住地為中國大陸的旅客，兩類旅客有不同的設施使用行為，可進行分析與比較，結果如表 5.11、圖 5.9 與圖 5.10 所示。

表 5.11 是居住地為台灣與其他的旅客以及居住地為中國大陸的旅客在非管制區與管制區之平均設施使用總時間。不論在非管制區還是管制區，居住地為中國大陸的旅客使用設施總時間平均都大於居住地為台灣與其他的旅客，且在管制區更為明顯；經成對樣本 t 檢定檢定後，t 值均顯著，且管制區之 t 值大於非管制區之 t 值。

表 5.11 不同居住地旅客設施使用總時間比較表(單位：分鐘)

	居住地為 台灣與其他的旅客	居住地為 中國大陸的旅客	t 值
非管制區	14.6	15.7	-5.5**
管制區	13.4	19.8	-32.1**

\*：p<0.05；\*\*：p<0.01

圖 5.13 與圖 5.14 為模擬 25 次結果之散布圖。圖 5.13 為非管制區之結果，圖 5.14 為管制區之結果；在管制區，居住地為中國大陸的旅客使用平均設施時間總明顯大於居住地為台灣與其他的旅客。

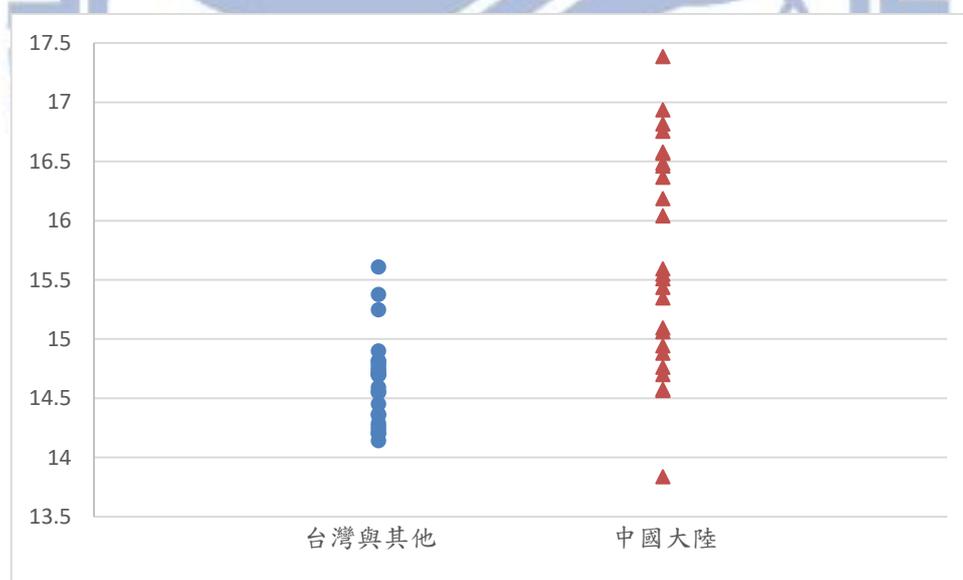


圖 5.13 非管制區不同居住地旅客設施使用總時間 25 次結果分布圖

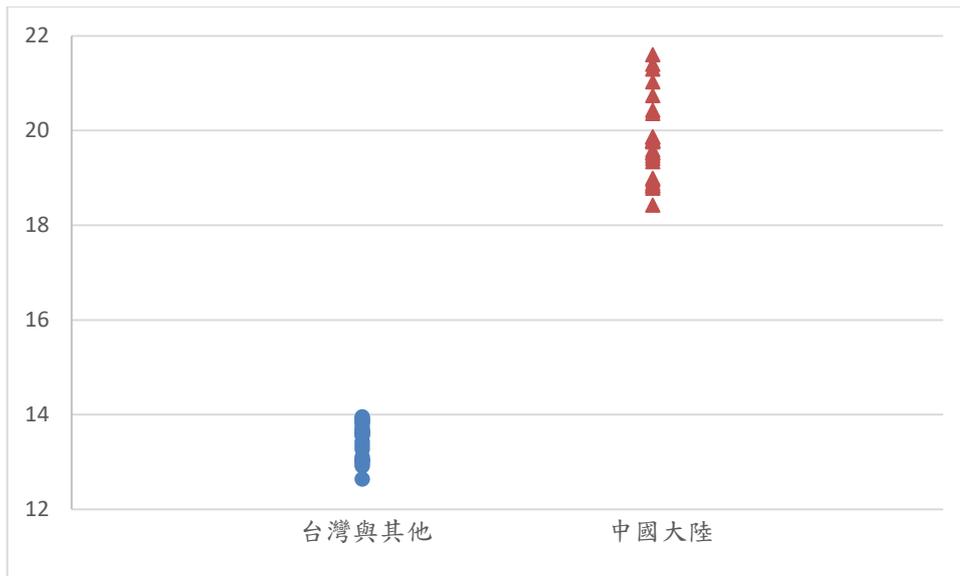


圖 5.14 管制區不同居住地的旅客設施使用總時間 25 次結果分布圖

## 5.4 情境分析與結果

機場內不同利害關係人對於機場設施有不同之目標：機場管理者希望能在維持服務水準下，將設施作最大化使用；零售業者希望能有愈多旅客至機場商店內消費；航空公司則希望旅客準時抵達登機門登機。本研究以機場管理者角度出發，針對機場管理者對於設施所可能採用之措施，進行模擬情境的建立，並做設施使用之分析。

本研究模擬情境分為四種，統整如表 5.12 所示，並在以下各小節加以說明以及探討模擬結果。

表 5.12 本研究情境表

情境	情境說明
機場資訊	機場給予旅客通關擁擠程度資訊
使用商店機率	增加商店使用機率
使用設施機率	增加設施使用機率
商店位置	改變商店位置

### 5.4.1 機場資訊情境

機場可透過航廈內可變資訊看板或是透過手機推播資訊等方式，傳送訊息給旅客得知。此情境即為當機場藉由管道告知旅客現在通關護照查驗設施人數資訊之情境，圖 5.15 為此行為示意圖。根據 Kleinschmidt, et al. (2011) 之研究，當旅客得知前方必要設施擁擠時，會先前往免稅店或其餘設施。本研究則使用剩餘時間作為旅客判斷依據：假設人數超過 30 人即為擁擠，而當旅客得知此一訊息時，會先判斷本身剩餘時間，若超過 30 分鐘則繼續使用非管制區之設施；若小於 30 分鐘，則不再使用設施而直接前往通關。

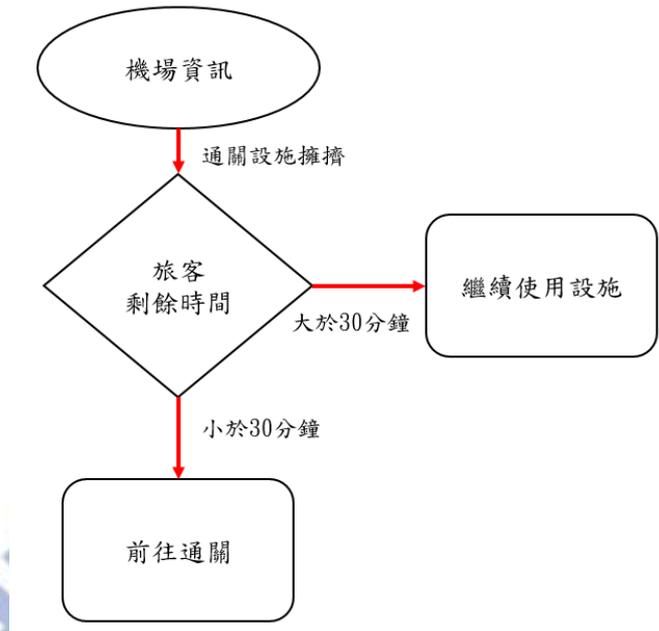


圖 5.15 機場資訊情境示意圖

此情境接續尖離峰情境之分析，選用星期一之航班且分為尖峰與離峰進行分析，結果如表 5.13 以及圖 5.16 至圖 5.21 所示。表 5.13 列出在有無機場資訊情境下，旅客分別在尖峰與離峰時於非管制區、通關與管制區內平均使用設施總時間之差異。經獨立樣本 t 檢定後，發現在非管制區和通關兩個區域無論在尖離峰都有顯著差異；而管制區則是沒有差異。在有機場資訊的情況下，旅客可以得知通關擁擠資訊，而在剩餘時間足夠的情況下，會選擇多停留在非管制區，因此非管制區的設施使用總時間較長，尤其在尖峰時增加更多；也因為旅客選擇多停留在非管制區，分散通關人潮，因此也減少了通關設施之擁擠程度，降低平均通關時間，而此情形同樣在尖峰時更為明顯。

表 5.13 有無機場資訊比較表(單位：分鐘)

	無機場資訊	有機場資訊	t 值
非管制區離峰	15.3	15.7	-2.2*
非管制區尖峰	14.5	19.2	-11.1**
通關離峰	4.9	4.3	3.9**
通關尖峰	10.3	7.0	7.6**
管制區離峰	15.9	15.7	1.2
管制區尖峰	13.9	13.7	1.3

\* :  $p < 0.05$  ; \*\* :  $p < 0.01$

圖 5.16 至圖 5.21 為模擬 25 次之結果分布圖，由圖中可看出有機場資訊因為旅客行為較複雜，因此變異程度普遍較大。

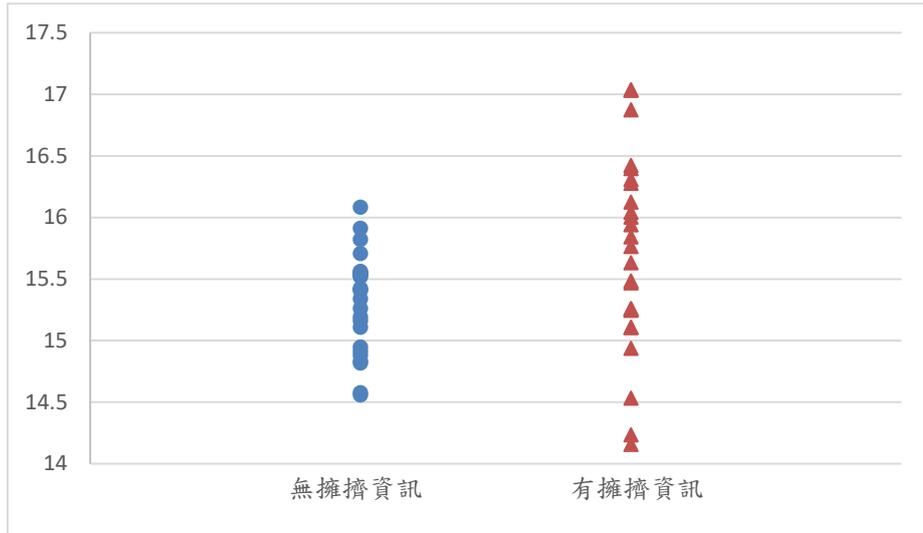


圖 5.16 非管制區離峰模擬 25 次結果分布圖

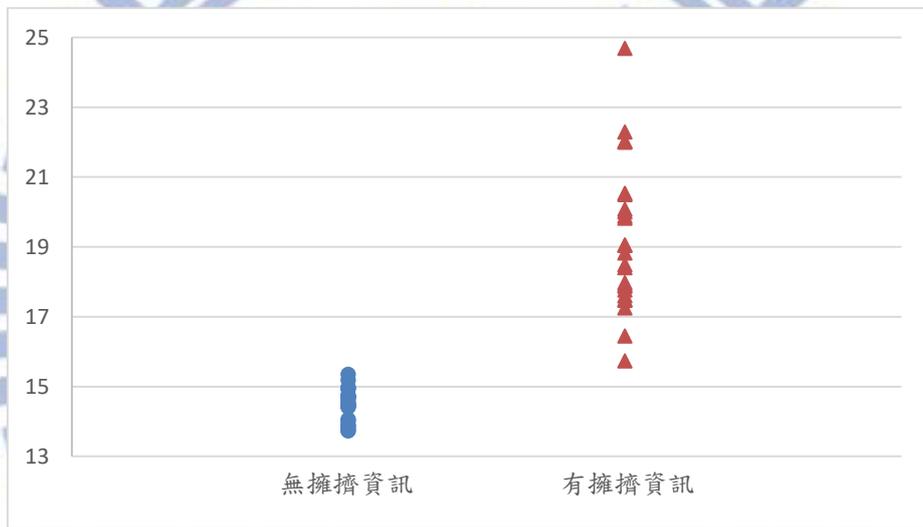


圖 5.17 非管制區尖峰模擬 25 次結果分布圖

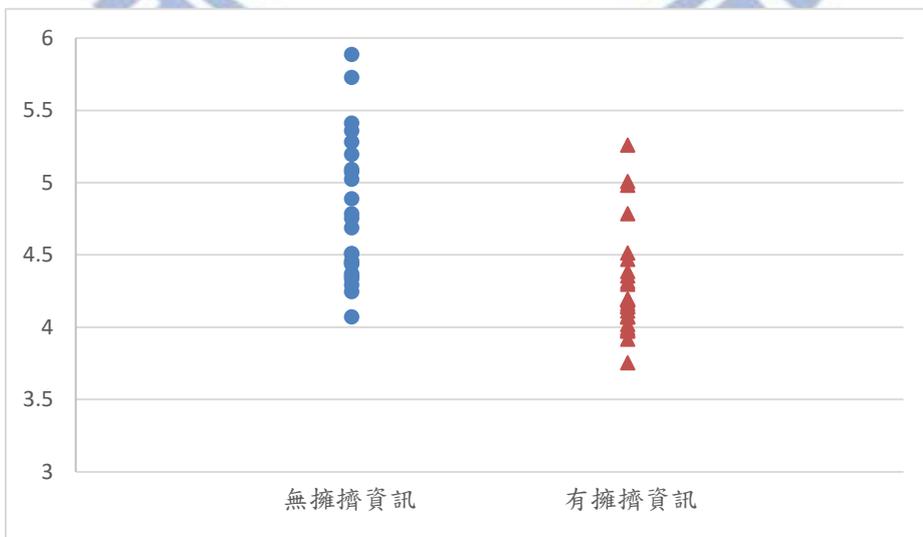


圖 5.18 通關離峰模擬 25 次結果分布圖



### 5.4.2 使用設施情境

此情境為假設機場提升設施服務品質或是進行活動等措施，以增加旅客使用設施之意願，即增加旅客在圖 3.5 中使用設施機率的情境。

此情境分析當旅客使用設施機率增加 0.05 至 0.2 時，設施使用之狀況，結果如表 5.14 與表 5.15 所示。表 5.14 為在設施增加不同機率情境下，各設施使用人數的變化；表 5.15 為在設施增加不同機率情境下，旅客在各區域平均設施使用總時間的變化。

由表 5.14 可得知當設施使用意願增加時，各設施使用人數皆上升，其中非管制區上升比例介於 35%至 55%，而管制區上升比例介於 10%至 30%；非管制區上升比例較管制區多，原因可能為在現況中，非管制區設施使用較管制區少，因此非管制區的潛在需求較管制區多，再加上管制區有剩餘時間限制，因此管制區可增加的旅客會趨近於飽和；由表中也可得知當機率增加至 0.2 時，較 0.15 增加的不多。

由表 5.15 可得知旅客在非管制區與管制區使用設施總時間之變化；圖 5.22 為表 5.15 之分布圖，可得知非管制區上升之比例大於管制區，且管制區機率上升至 0.15 已趨近於飽和。

表 5.14 增加設施使用機率情境比較表(單位：人次)

增加機率	0	0.05	0.1	0.15	0.2
設施					
非管制區					
廁所	1206	1394	1599	1828	2112
商店	1150	1364	1600	1888	2254
座椅	916	1074	1250	1454	1702
餐飲	299	367	443	518	635
服務	248	299	351	524	610
管制區					
廁所	570	634	696	735	787
商店	2335	2684	3014	3332	3651
座椅	326	353	380	393	411
餐飲	167	194	233	253	278
貴賓室	78	81	85	84	80

表 5.15 增加設施使用機率情境比較表之 2(單位：分鐘)

增加機率	0	0.05	0.1	0.15	0.2
區域					
非管制區	14.8	17.1	19.6	22.0	26.4
管制區	14.8	16.4	18.1	19.5	20.2

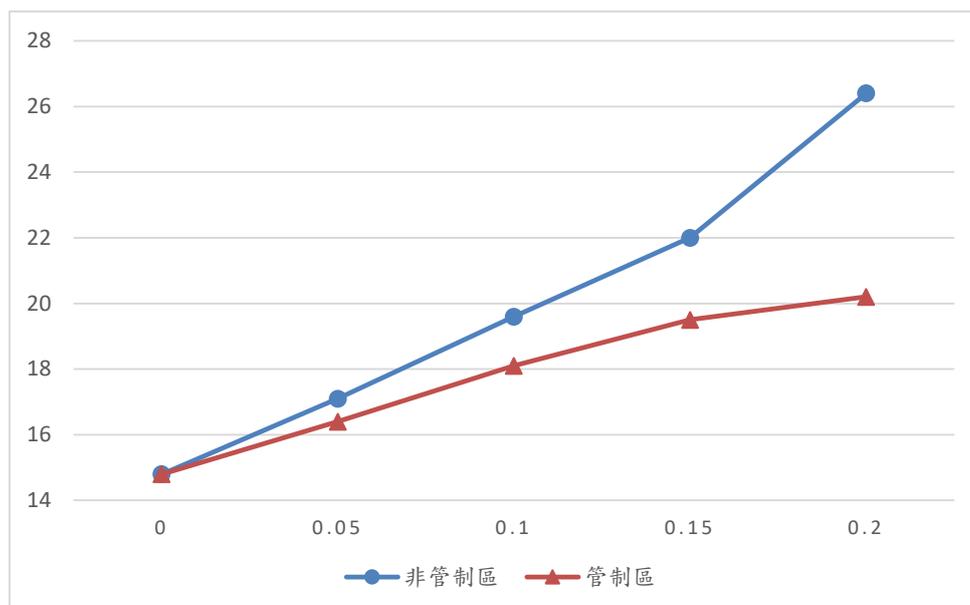


圖 5.22 增加設施使用機率情境分布圖

### 5.4.3 使用商店情境

此情境為增加使用商店機率之情境，假設機場內之商店打廣告或是進行促銷活動，吸引更多旅客使用商店之情況下，探討商店以及其他設施之使用情況改變。旅客選擇何種設施機率總和為固定，因此增加商店使用機率，勢必會影響其他設施使用機率，本研究假設廁所為必要之設施活動，因此選擇廁所機率會固定，受到影響的設施為座椅、餐飲、服務與貴賓室設施。

此情境之模擬結果如表 5.16、表 5.17 與圖 5.23 所示，表 5.16 為在商店增加不同機率情境下，商店和其餘設施使用人數的變化；表 5.17 為在商店增加不同機率情境下，旅客在各區域設施使用總時間的變化；圖 5.23 為表 5.17 之分布圖。

由表 5.16 可得知商店使用人數逐漸增加，而其餘設施使用人數隨著商店使用人數增加而減少。其中在管制區其餘設施數量減少的比例大於非管制區，原因為管制區有剩餘時間之限制，當使用商店數量增加時，會犧牲掉使用其他設施的時間。另外，當使用商店機率從 0.15 上升至 0.2 時，商店使用人數增加有限，而其餘設施使用人數已降低至個位數，因此機場不宜將商店使用機率上升至 0.2，以免導致其餘設施使用人數過度降低。

由表 5.17 與圖 5.23 中可得知當商店使用機率上升，旅客在非管制區以及管制區使用設施總時間反而降低，原因為商店使用時間較犧牲掉的其餘設施(例如：座椅、餐飲)低，因此使用設施使用總時間降低；而管制區平均使用設施使用總時間減少幅度大於非管制區，原因為在犧牲掉的設施中，管制區的貴賓室使用時間較非管制區的服務設施長，且非管制區其餘設施降低之比例也較非管制區多，因此導致管制區使用設施總時間減少幅度大於非管制區。

表 5.16 增加商店使用機率情境比較表(單位：人次)

增加機率	0	0.05	0.1	0.15	0.2
設施					
非管制區					
商店	1150	1288	1569	1768	1950
座椅	916	776	699	585	464
餐飲	299	252	237	188	154
服務	248	200	194	160	104
管制區					
商店	2335	2699	2729	2839	2872
座椅	326	226	145	75	8
餐飲	167	89	36	16	4
貴賓室	78	51	39	20	7

表 5.17 增加商店使用機率情境比較表之 2(單位：分鐘)

增加機率	0	0.05	0.1	0.15	0.2
區域					
非管制區	14.8	14.3	13.9	13.5	13.2
管制區	14.9	13.8	13.4	13.0	12.6

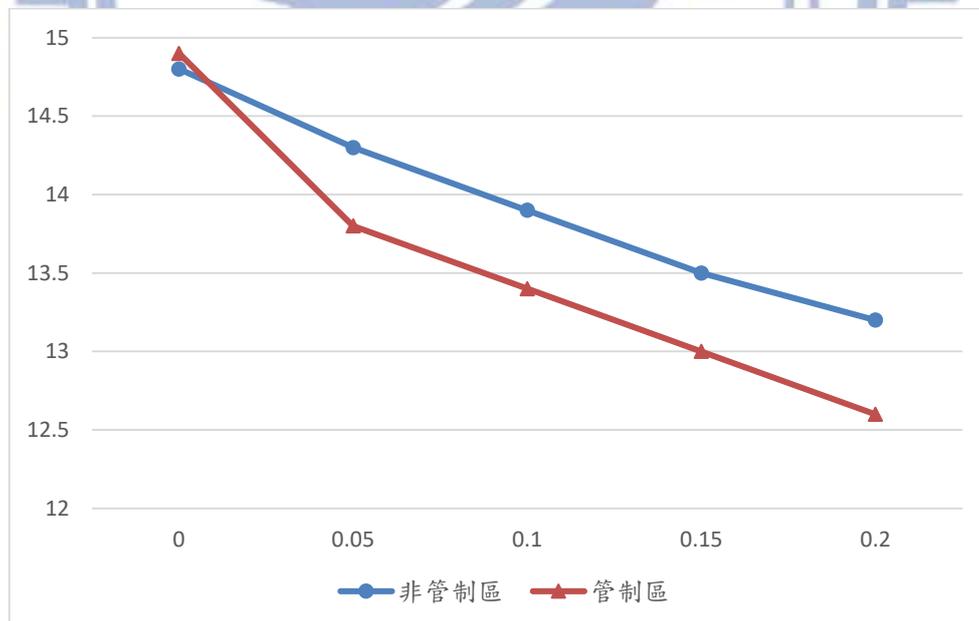


圖 5.23 增加商店使用機率情境分布圖

#### 5.4.4 商店位置情境

此情境為考量商店位置與效用之情境，圖 5.24 為管制區內設施位置圖，本研究將管制區內商店分為五個地段，分別為圖中的 A 至 E 五區。

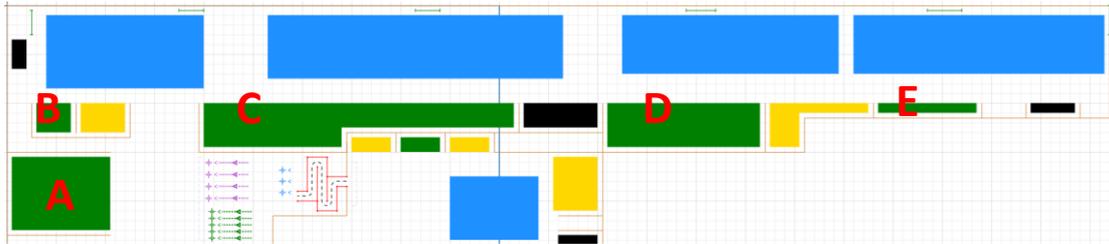


圖 5.24 管制區商店示意圖

本情境先由基本情境分析不同位置之地段因素，基本情境為假設旅客選擇商店只考慮位置因素，因此只會選擇距離最近之商店。結果如表 5.18 所示，商店 A 因位於通關結束之位置，所有人都會經過，因此有最高之使用人數，為地段因素最好之商店。

表 5.18 商店使用人次表(單位：人次)

商店	人次
商店 A	884
商店 B	383
商店 C	385
商店 D	390
商店 E	366

本研究接著探討商店地段因素與商店吸引力之關係。本研究參考 Borgers and Timmermans (1986a)關於城市商店設置之研究，將旅客選擇商店因素分為地段因素與吸引力因素。地段因素為商店與旅客距離的遠近，旅客較偏好選擇距離較近的商店；吸引力因素為店家商品之吸引力，每家商店所販賣的商品不同即有不同的吸引力。舉例來說，根據調查，菸酒類以及伴手禮為最多人所購買的商品，販賣此商品之商店具有較高之吸引力，珠寶精品類為較少人購買的商品，此類型商店有較低之吸引力。

本研究模擬假設商店效用為地段因素與吸引力因素加權之結果，而選擇該商店之機率則為該商店效用占所有商店效用之比例，公式如下所示， $U$  為商店之效用， $x_1$  為地段因素， $x_2$  為吸引力因素， $P_i$  為選擇  $i$  商店之機率。

$$U = 0.5x_1 + 0.5x_2$$

$$P_i = \frac{U_i}{\sum U_n}$$

此情境分析不同商店吸引力之商店位於不同地段時使用人數之變化，結果如表 5.19 所示，情境 1 為將吸引力最高之商店放置於地段因素最好之位置 A，將吸引力最低之商店放置於地段因素最差之位置 E；情境 2 為將吸引力最高之商店放置於地段因素最差之位置 E，將吸引力最低之商店放置於地段因素最好之位置 A。結果顯示出當吸引力最高的商店從地段因素最好之位置移至最差位置後，使用人數由 592 人降低至 493 人，減少 18.4% 的使用人數；而吸引力最差之商店從地段因素最差之位置移至最好位置後，使用人數由 410 人上升至 482 人，增加 17.5%。

表 5.19 地段吸引力情境結果表(單位：人次)

地段	情境 1		情境 2	
	吸引力	人次	吸引力	人次
A	5	592	1	482
B	2	431	2	455
C	4	541	3	507
D	3	456	4	481
E	1	410	5	483

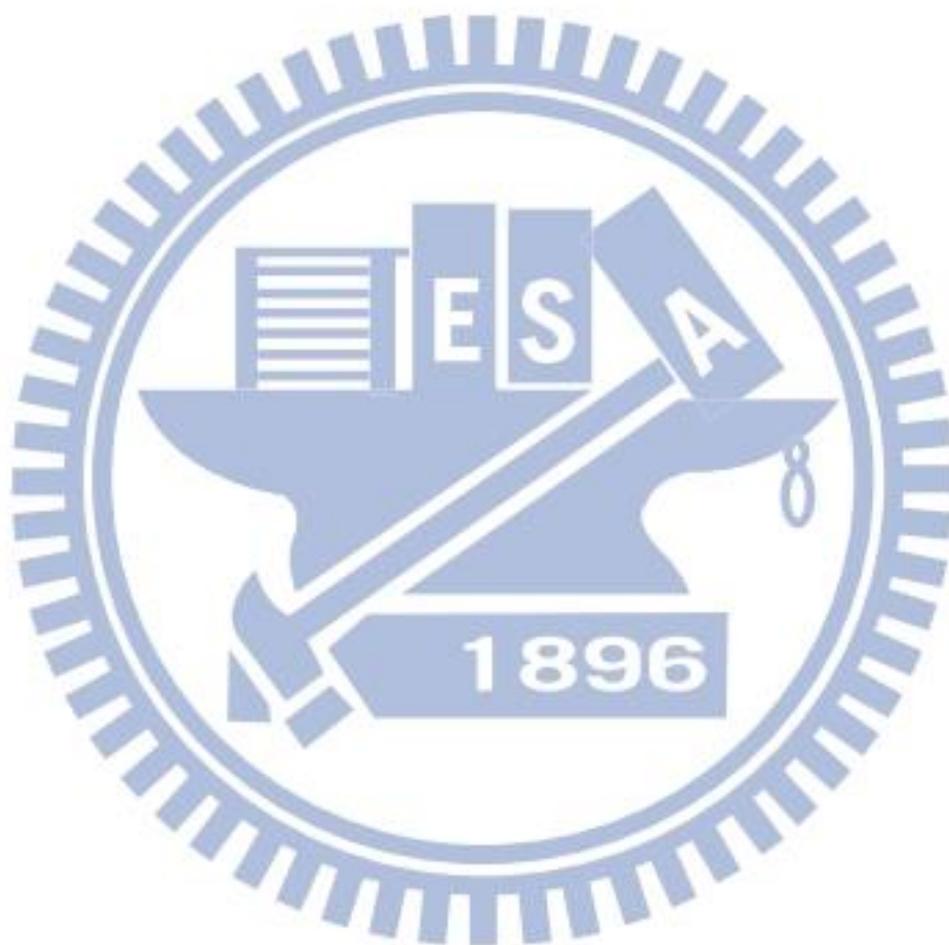
## 5.5 討論

以下針對 5.3 與 5.4 之分析結果進行整理與討論：

1. 現況分析：現實情境為不做任何更動的現況模擬，以進行模擬之驗證，也作為其餘情境之參照基準。在現實模擬中，人時間指標可看出各設施的使用狀況：在非管制區，座椅為最高，原因為使用人數多且使用時間也較長，對此機場應提供足夠且舒適之座椅區提供旅客使用；但旅客於座椅區休息時間愈長，即代表愈不會使用其他設施，因此機場應設法提高其餘設施之吸引力，以吸引旅客在管制區多使用設施，而非只在座椅區休息。在管制區內，商店的人時間最高，原因為管制區內商店為免稅商店，較非管制區之商店更能吸引旅客使用，對此機場以及零售業者應確保高使用人數以及使用時間能確實為機場帶來收入。
2. 尖離峰分析：本研究模擬可藉由每日航班班表找出當日尖峰與離峰之時段，並以松山機場航班數量最少的星期一與航班數量最多的星期四做為案例分析；接著分別針對尖峰與離峰進行分析，發現尖峰時段旅客在通關時間花費時間較長，因此平均設施使用總時間在非管制區與管制區都小於離峰時段之旅客；且在管制區受到剩餘時間且通關完成的影響，在尖峰時設施使用之減少，大於尖峰時非管制區設施使用之減少。
3. 旅客居住地分析：本研究模擬將旅客依居住地分為居住地為台灣與其他的旅客以及居住地為中國大陸的旅客。進一步將此兩類旅客在設施使用上進行分析，發現居住地為中國大陸的旅客不論在非管制區與管制區，設施使用總時間均大於居住地為台灣與其他的旅客，尤其在管制區更為明顯。原因可能為管制區內之商店，對於台灣旅客來說出國購物較不方便，而居住地為中國大陸的旅客旅行結束即將回家，購買商品較為方便，因此有較高之意願使用管制區內的商店設施。
4. 機場資訊情境：此情境為機場告知旅客通關擁擠之資訊，旅客藉由判斷自身剩餘時間決定繼續使用設施或是先行通關。結果為有此機場資訊時，可增加旅客在非管制區的設施使用，且會降低通關設施擁擠程度，此現象在尖峰時更為明顯。
5. 設施使用情境：當機場提升旅客使用設施之意願時，會增加機場內設施使用人數，而非管制區增加比例大於管制區，且非管制區因剩餘時間影響以及原

本使用人數多，因此增加人數會有上限。

6. 商店使用情境：當只增加商店使用人數時，會對其餘設施造成影響。結果發現管制區之影響會大於非管制區之影響，因此機場在管制區內不宜過度增加商店設施之使用。
7. 商店位置情境：旅客選擇商店受到地段因素與商店吸引力之影響。本研究模擬先找出擁有最好地段因素之區域；接著分析不同吸引力商店放置於不同地段之影響，可找出不同吸引力商店於不同位置對於使用人數之影響比例。



## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

本研究從文獻探討以及資料蒐集與資料分析得出旅客行為，接著以 AnyLogic 建構出旅客於機場航廈內流動以及使用設施行為之模擬模型，並由各種情境模擬分析旅客使用設施之差異。以下為本研究之結論：

1. 本研究藉由問卷蒐集，得知松山機場國際線出境旅客使用設施之數量、順序以及使用時間等行為；接著使用 k-s 檢定搭配決策樹分類找出旅客在各項設施之使用時間分布；以及使用馬可夫鏈求出旅客使用各項設施之機率，並搭配問卷蒐集得知的初始機率與離開機率，組合成旅客在機場內使用各項設施之行為規則，並做為模擬的輸入參數與旅客行為依據。
2. 本研究結合代理人基模擬模型與離散事件模擬模型，以 AnyLogic 軟體建構出機場旅客於航廈內之流動與設施使用行為之模擬模型，並以松山機場作為機場環境。本研究之模擬模型輸入參數為航班資料，以及由資料分析找出的旅客使用設施機率以及設施使用時間分布；輸出指標為各項設施使用人數、使用時間以及旅客在非管制區、通關和管制區三個區域平均使用設施總時間。
3. 本研究使用所建構出之模擬模型進行現況探討以及情境分析，現況探討有現況分析、尖離峰分析、旅客屬性分析，情境模擬有機場資訊情境、設施使用情境、商店使用情境以及商店位置情境。
4. 現況分析找出使用人數與人時間最高之設施，非管制區為廁所與座椅，管制區兩者都為商店；尖離峰分析找出松山機場每日尖離峰時段，且發現尖峰時段會減少旅客在管制區內之設施使用；旅客居住地分析發現居住地為中國大陸旅客較居住地為台灣與其他的旅客平均設施使用總時間高，代表較會使用機場設施。
5. 機場資訊情境發現如旅客能得知通關擁擠程度資訊時，會增加非管制區之設施使用，且能降低通關設施的擁擠程度，在尖峰時此現象更為明顯；設施使用情境發現增加旅客使用設施之意願時，非管制區設施使用增加會大於管制區設施使用增加；商店使用情境發現單純增加商店使用會影響其餘設施之使用狀況，且在管制區內會趨近於飽和；商店位置情境找出松山機場管制區內商店位置最好之地段，並進行商店地段因素與吸引力因素之分析，找出不同吸引力商店於不同位置對於使用人數之影響比例。

### 6.2 建議

本研究建議分為對機場管理者政策及管理意涵之建議以及對於未來後續研究之建議。

#### 6.2.1 管理意涵建議

1. 本研究模擬進行現況分析發現在非管制區座椅設施人時間為最大，建議機場

提供足夠且舒適之座椅供旅客使用，並設法吸引旅客多使用非管制區其餘設施。

2. 本研究模擬尖離峰分析可找出每日之尖離峰時段，機場可以此作為調整航班時間以及人力資源分配之參考依據。
3. 本研究情境模擬發現如果旅客得知通關擁擠程度之資訊會增加非管制區之設施使用且降低通關設施擁擠程度，因此建議機場可透過航廈內可變資訊看板、手機推播資訊或是其他方式在尖峰時將通關擁擠資訊告知旅客，以改善通關擁擠程度以及增加非管制區之設施使用。
4. 本研究情境模擬發現增加旅客使用設施意願會提升設施之使用，在非管制區尤其明顯，因此建議機場可透過改善服務品質、舉辦活動或是其他方法來吸引更多旅客使用設施。
5. 本研究模擬商店位置情境可找出松山機場管制區內地段最好之商店位置，且可分析不同吸引力商店放置於不同位置之使用人數變化。機場可藉由本研究模擬分析結果，做為調整管制區內商店店租之參考依據。

#### **6.2.2 未來研究建議**

1. 本研究受限於環境因素，問卷資料蒐集與模擬環境建置皆使用臺北松山機場。建議未來研究可選用桃園國際機場作為資料蒐集來源，以增加旅客多樣性，並探討不同機場之差異。
2. 本研究受限於時間因素，資料來源只有問卷資料，且問卷發放對象只限會中文之旅客。建議後續研究可增加其他方式如影像資料得知旅客行為，且問卷發放可增加外語版本以得知更多旅客行為資料。
3. 本研究模擬行為將旅客依居住地分為居住地為台灣與其他的旅客以及居住地為中國大陸旅客兩種，建議未來研究可多蒐集樣本以增加不同居住地之旅客，例如：居住地為日、韓的旅客。另外也可增加不同旅客屬性，例如：性別、旅次目的等等，將旅客行為做更詳細的分類，並探討不同屬性旅客之行為差異。
4. 本研究模擬進行三種現況分析與四種情境模擬，建議未來可增加更多種情境，探討分析機場內之設施使用。

## 參考文獻

- Basharin, G. P., Amy, N. L. & Valeriy, A. N. (2004). The life and work of A.A. Markov. *Linear Algebra and its Applications*, 386, 3-26.
- Bezerra, G. C. L. & Carlos, F. G. (2015). The effects of service quality dimensions and passenger characteristics on passenger's overall satisfaction with an airport. *Journal of Air Transport Management*, 44-45, 77-81.
- Bezerra, G. C. L. & Carlos F. G. (2016). Measuring airport service quality: A multidimensional approach. *Journal of Air Transport Management*, 53, 85-93.
- Blue, V. J., Embrechts, M. J. & Adler J. L. (1997) Cellular automata modeling of pedestrian movements. *1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Computational Cybernetics and Simulation*, 2320-2323.
- Borgers, A. & Timmermans, H. J. P. (1986a). City centre entry points, store location patterns and pedestrian route choice behaviour: A microlevel simulation model. *Socio-Economic Planning Sciences*, 20(1), 25-31.
- Borgers, A. & Timmermans, H. J. P. (1986b). A model of pedestrian route choice and demand for retail facilities within inner-city shopping areas. *Geographical Analysis*, 18, 115-128.
- Borshchev, A. & Fillippov, A. (2004). From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling. The 22nd International Conference of the System Dynamics Society. 25-29.
- Bowman, J. L., Bradely, M., Shiftan, Y., Lawton, T. K. & Ben-Akiva, M. E. (1998). Demonstration of an activity based model system for portland. *World Transport Research: Selected Proceedings of the 8th World Conference on Transport Research 1998*, 3, 171-184.
- Bowman, J. L. & Ben-Akiva, M.E. (2000). Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35, 1-28.
- Cheng, L., Reddy, V., Fookes, C. & Yarlaga P. (2014). Impact of Passenger Group Dynamics on an Airport Evacuation Process Using an Agent-Based Model. *2014 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, 161-167.
- Chung, Y. S., Wu, C. L. & Chiang, W. E. (2013). Air passengers' shopping motivation and information seeking behaviour. *Journal of Air Transport Management*, 27,

25-28.

- Correia, A. R. & Wirasinghe, S. C. (2007). Development of level of service standards for airport facilities: Application to São Paulo International Airport. *Journal of Air Transport Management*, 13(2), 97-103.
- Correia, A. R., Wirasinghe, S. C. & Asce, M. (2008a). Analysis of Level of Service at Airport Departure Lounges : Use Perception Approach. *Journal of Transportation Engineering*, 134(2), 105-109.
- Correia, A. R., Wirasinghe, S. C. & De Barros, A. G. (2008b). Overall level of service measures for airport passenger terminals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(2), 330-346.
- Crawford, G. & Melewar, T. C. (2003). The importance of impulse purchasing behaviour in the international airport environment. *Journal of Consumer Behaviour*, 3(1), 85-98.
- Criminisi, A., Shotton, J. & Konukoglu, E. (2011). Decision Forests: A Unified Framework for Classification, Regression, Density Estimation and Semi-Supervised Learning. *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, 7(2-3), 81-227.
- Fodness, D. & Murray, B. (2007). Passengers' expectations of airport service quality. *Journal of Services Marketing*, 21(7), 492-506.
- Massey, Jr. F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253), 68-78.
- Geuens, M., Vantomme, D. & Brengman, M. (2004). Developing a typology of airport shoppers. *Tourism Management*, 25(5), 615-622.
- Guizzi, G., Murino, T. & Romano, E. (2009). A discrete event simulation to model passenger flow in the airport terminal. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> WSEAS international conference on Mathematical methods and computational techniques in electrical engineering (MMACTEE'09)*, 427-434.
- Helbing, D. & Molnar, P. (1995). Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*, 51, 4282-4286.
- Helbing, D., Farkas, I. & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 407, 487-490.
- Horonfeff, R., Mckelvey, F. X., Sproule, W. J. & Young, S. B. (2010). *Planning and design of airports : fifth edition*, McGraw-Hill Education.
- Horton, F. E. & Wagner, W. E. (1968). A markovian analysis of urban travel behavior :

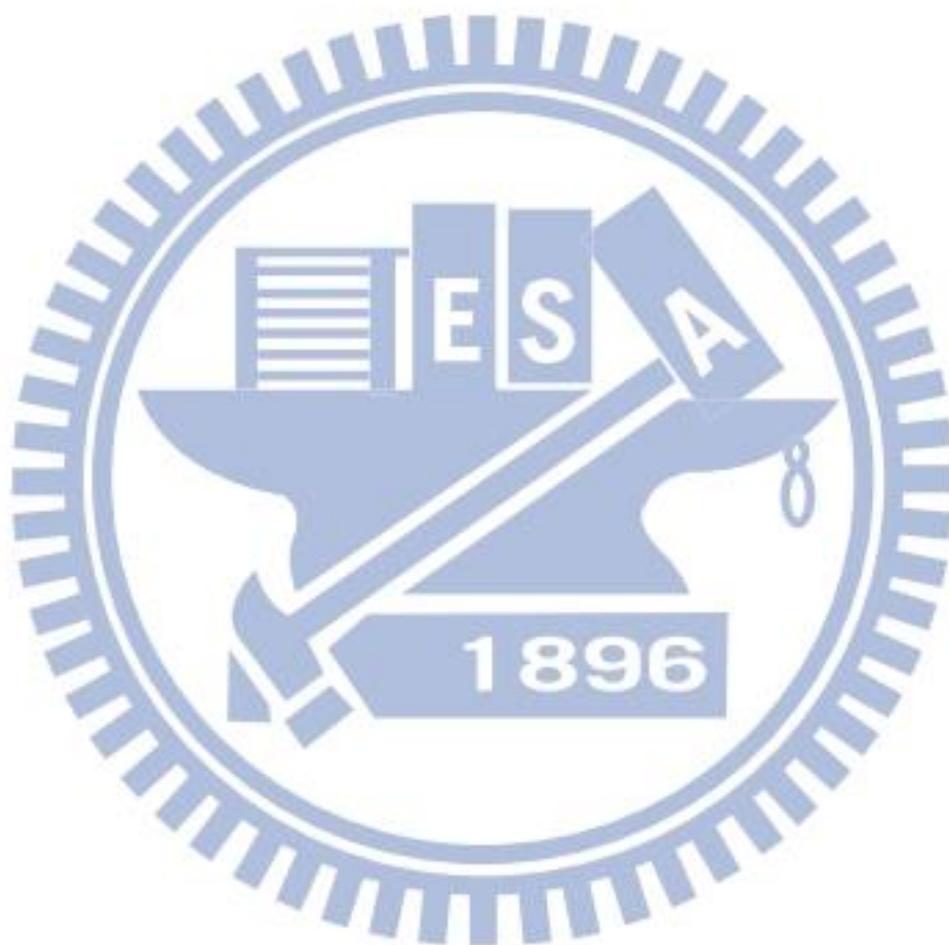
- pattern response by socioeconomic occupational groups. *Highway Research Record*, 283, 19-29.
- Hsu, C. I. & Wen, Y. H. (1998). Improved grey prediction models for the trans-pacific air passenger market. *Transportation Planning and Technology*, 22(2), 87-107.
- Hsu, C. I. & Chao, C. C. (2008). Space allocation for commercial activities at international passenger terminals. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41(1), 29-51.
- Ju, Y., Wang, A. & Chawdhry, K. P. (2007). Simulation and optimization for the airport passenger flow. *2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 6605-6608.
- Koster, G., Seitz, M., Treml, F., Hartmann, D. & Klein, W. (2011). On modelling the influence of group formations in a crowd. *Contemporary Social Science*, 6(3), 397-414.
- Kazda, A. & Caves, R. E. (2010). *Airport design and operation : second edition*, Emerald.
- Kleinschmidt, T., Guo, X., Ma, W. & Yarlagadda, P. (2011). Including airport duty-free shopping in arriving. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference(WSC)*, 210-221.
- Lei, W., Li, A., Gao, R., Hao, X. & Deng, B. (2012). Simulation of pedestrian crowds' evacuation in a huge transit terminal subway station. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(22), 5355-5365.
- Li, W., Gong, J., Yu, P., Shen, S., Li, R. & Duan, Q. (2015). Simulation and analysis of congestion risk during escalator transfers using a modified social force model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 420, 28-40.
- Lin, Y. H. & Chen, C. F. (2013). Passengers' shopping motivations and commercial activities at airports – The moderating effects of time pressure and impulse buying tendency. *Tourism Management*, 36, 426-434.
- Liu, X., Usher, J. M. & Strawderman, L. (2014). An analysis of activity scheduling behavior of airport travelers. *Computers & Industrial Engineering*, 74, 208-218.
- Lu, J. L. (2014). Investigating factors that influence passengers' shopping intentions at airports – Evidence from Taiwan. *Journal of Air Transport Management*, 35, 72-77.
- Ma, W., Kleinschmidt, T., Fookes, C. & Yarlagadda, P. (2011). Check-in processing simulation of passengers with advanced traits. *Proceedings of the 2011 Winter*

*Simulation Conference*, 1783-1794.

- Ma, W., Fookes, C., Kleinschmidt, T. & Yarlagadda, P. (2012). Modelling passengers flow at airport terminals - Individual Agent Decision Model for Stochastic Passenger Behaviour. *Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH-2012)*, 109-113.
- Macal, C. M. & North, M. J. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, 4(3), 151-162.
- Majid, M. A., Fakhreldin, M. & Zuhairi, K. Z. (2016). Comparing Discrete Event and Agent Based Simulation in Modelling Human Behaviour at Airport Check-in Counter. *Proceedings, Part I, of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction*, 510-522.
- Manataki, I. E. & Zografos, K. G. (2009). A generic system dynamics based tool for airport terminal performance analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17(4), 428-443.
- Manataki, I. E. & Zografos, K. G. (2010). Assessing airport terminal performance using a system dynamics model. *Journal of Air Transport Management*, 16(2), 86-93.
- Matsuo, S., Hatori, T. & Fukuda, D. (2010). Evaluation of Passenger Flow Lines in International Airport Terminals. *12th World Conference on Transport Research*.
- Popovic, V., Kraal, B. & Kirk, P. (2010). Towards Airport Passenger Experience Models. *Proceedings of 7th International Conference on Design & Emotion*, 2827-2837.
- Rauch, R. & Klajic, M. (2006). Discrete event passenger flow simulation model for an airport terminal capacity analysis. *ORGANIZACIJA (Journal of management, information systems and human resources)*, 39(10), 652-660.
- Sargent, R. G. (2011). Verifying and validating simulation models. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, 183-198.
- Schadschneider, A., Klingsch, W., Klupfel, H., Kretz, T., Rogsch, C. & Seyfried, A. (2009). Evaluation Dynamics Empirical : Results, Modeling and Applications. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, 5, 3142-3176.
- Siebers, P. O., Macal, C. M., Garnett, J., Buxton, D. & Pidd, M. (2010). Discrete-event simulation is dead, long live agent-based simulation. *Journal of Simulation*, 4(3), 204-210.

- Takakuwa, S. & Oyama, T. (2003). Simulation analysis of international-departure passenger flows in an airport terminal. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, 1627-1634.
- Torres, E., Domínguez, J. S., Valdés, L. & Aza, R. (2005). Passenger waiting time in an airport and expenditure carried out in the commercial area. *Journal of Air Transport Management*, 11(6), 363-367.
- Verma, A., Tahlyan, D. & Bhusari, S. (2018). Agent based simulation model for improving passenger service time at Bangalore airport. *Case Studies on Transport Policy*.
- Von Neumann, J. (1966). *Theory of Self-Reproducing Automata*.
- Wan, J., Sui, J. & Yu, H. (2014). Research on evacuation in the subway station in China based on the Combined Social Force Model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 394, 33-46.
- Weiss, E. (2008). Dynamic security : An agent-based model for airport defense. *2008 Winter Simulation Conference*, 1320-1325.
- Wheeler, J. O. (1972). Trip purposes and urban activity linkages. *Annals of the Association of American Geographers*, 62, 641-654.
- Wu, P. P. Y. & Mengersen, K. (2013). A review of models and model usage scenarios for an airport complex system. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 47, 124-140.
- Zhao, J., Xu, Y., Yang, X. & Yan, Q. (2011). Crowd instability analysis using velocity-field based social force model. *2011 Visual Communications and Image Processing (VCIP)*, 1-4.
- Zografos, K. G. & Madas, M. A. (2006). Development and demonstration of an integrated decision support system for airport performance analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 14(1), 1-17.
- 呂錦隆、李宗純 (民 102)。臺灣地區機場旅客國際機場消類行為模式之研究。運輸學刊，27，281-310。
- Federal Aviation Administration (2016). *Airport Terminal Planning and Design*.
- International Air Transport Association (2004). *Airport Development Reference Manual : 9<sup>th</sup> edition*.
- International Air Transport Association (2017). Air Passenger Market Analysis, Retrieved December 14, 2017, website:  
<https://www.iata.org/whatwedo/Documents/economics/passenger-analysis-jan-2017.pdf>.

臺北國際航空站，臺北國際航空站 101-105 年年報，擷取日期：2017 年 12 月 14 日，網站：[https://www.tsa.gov.tw/tsa/info\\_annual\\_report.aspx](https://www.tsa.gov.tw/tsa/info_annual_report.aspx)。



## 附錄：問卷

您好：我們是國立交通大學運輸與物流管理系碩士班的研究生，首先感謝您參與本問卷的填寫。這是一份學術性的問卷調查，此份問卷主要目的是想了解旅客在機場內的時間安排和活動型態。您的填答將有助了解旅客使用機場設施的情形，並對未來機場設施及零售服務的改善提供參考。您所填答的資料僅供研究整理分析之用，絕不外流作其他用途，敬請放心作答，由衷感謝您的幫忙與支持！

敬祝 旅途愉快

國立交通大學運輸與物流管理系碩士班

指導教授：鍾易詩 教授

研究生：蔡尚霖、陸冠宏、蕭惟中 敬上

### 第一部分：登機證資料

1. 請問您的航班編號為：\_\_\_\_\_；登機時間(Boarding time)為：\_\_\_\_\_點\_\_\_\_\_分。
2. 請問您的航班所在登機門編號為：9 8 7 6 5 4

### 第二部分：機場使用經驗

1. 請問您過去3年平均每1年搭飛機幾次？  
過去3年未曾搭過飛機 少於1次 1次 2次 3次 4次 5次(含)以上
2. 請問您過去3年曾利用松山機場搭飛機幾次(不含這次)？  
國內線：0次 1次 2次 3次 4次 5次(含)以上  
國際線：0次 1次 2次 3次 4次 5次(含)以上

### 第三部分：此次行為描述

1. 請問您今天抵達松山機場的時刻為：\_\_\_\_\_點\_\_\_\_\_分。
2. 請問您辦理完成報到和行李托運時刻為：\_\_\_\_\_點\_\_\_\_\_分。
3. 請問您約花多久完成報到和托運？5分 10分 15分 20分 30分(含)以上
4. 請問您在二樓辦理完安全檢查和護照查驗的時刻為：\_\_\_\_\_點\_\_\_\_\_分。
5. 請問您約花多久完成安檢和護照查驗？5分 10分 15分 20分 30分(含)以上
6. 請問您何時開始在登機門前的座椅休息等候登機：\_\_\_\_\_點\_\_\_\_\_分。
7. 請問您辦理報到的方式為？ 臨櫃報到 網路報到 自助報到機報到
8. 請問您此次旅行約花多少時間抵達機場？  
15分(含)以內 16~30分 31~45分 46~60分 1~1.5(含)小時 1.5小時以上
9. 請問您此次旅行搭乘何種交通工具抵達機場(可複選)？  
自行開車 他人接送 計程車 捷運 公車 高鐵 其他( )
10. 請問您此次旅行到機場時攜帶了幾件行李(可複選)？  
沒攜帶行李 行李箱\_\_件 手提包\_\_件 後背包\_\_件 其他\_\_件
11. 請問您此次旅行托運了幾件行李(可複選)？  
沒托運行李 行李箱\_\_件 手提包\_\_件 後背包\_\_件 其他\_\_件

12. 請問您此次利用松山機場出國，在松山機場購買何種商品(可複選)?  
(未購物請跳至第 16 題)  
餐飲兌換外幣書報印刷品模型、玩具食用伴手禮工藝品  
珠寶化妝品服飾香菸酒類巧克力日常用品3C 產品其他
13. 請問您此次在松山機場的消費總金額約\_\_\_\_\_元(新台幣)。
14. 請問您此次在松山機場的消費為?  
有事先計畫臨時起意部份事先計畫，部分臨時起意
15. 請問您此次在松山機場的消費用途為?  
自己使用送禮用部份自己使用，部分送禮用
16. 請問您過去三年在機場購買飲食的頻率約為(不限松山機場)?  
每 2 次在機場購買飲食 1 次以上 每次在機場購買飲食 1 次  
每 2-3 次在機場購買飲食 1 次 從未購買
17. 請問您過去三年在機場購買免稅品、紀念品的頻率約為(不限松山機場)?  
每次在機場購買 1 次以上 每次在機場購買 1 次  
每 2-3 次在機場購買 1 次 從未購買
18. 此次旅行的天數為：\_\_\_\_\_天
19. 此次旅行的目的：休閒商務探親訪友求學其他(請註明：\_\_\_\_\_)
20. 此次旅行是否有其他同行成員?是，包含自己共有\_\_人否
21. 此次旅行的同行成員(可複選):  
伴侶、配偶6 歲以下子女6 歲以上子女同事  
同學、朋友兄弟姊妹親戚其他(請註明：\_\_\_\_\_)
22. 此次旅行為：自由行 跟團
23. 此次旅行是否有人陪同到航廈內送機?是 否

#### 第四部分：旅客基本資料

1. 性別：男性女性
2. 個人月所得約(新台幣):  
3~5 萬 5~7 萬 7~9 萬 9~11 萬 11~15 萬 15 萬以上
3. 年齡(歲): 19-25 26-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71 以上
4. 教育程度：高中(含)以下 大學 碩士 博士
5. 目前主要居住地：台灣中國大陸港澳日本韓國其他(\_\_\_\_\_)
6. 是否有加入任何航空公司的飛行常客計畫或會員?是 否

### 第三部分：此次行為描述

24. 以下為松山機場的商店及設施與其代號。請依照您踏進機場後造訪以下設施或商店的順序，將相應代號依造訪順序填寫在下方表格，勾選您在該地停留時間，並在您有消費的商店打勾(代號可重複填寫)

<u>安全檢查之前的設施、商店代號</u>	
一樓	
(1)報到櫃台 (2)洗手間 (3)座椅區 (4)銀行/ATM (5)郵局 (6)退稅服務 (7) 7-11/全家 (8)Subway (9)模型玩具店 (10)伴手禮食品店(1F) (11)燒臘店 (12)寄物櫃 (13)其他(請註明:_____)	
二樓、三樓	
(14)二樓座椅區 (15)二樓洗手間 (16)觀景台 (17)星巴克 (18)伴手禮店(2F) (19)牛肉麵店 (20)大心麵食 (21)素食料理 (22)復興航棧 (23)摩斯漢堡	
<u>安全檢查後之設施、商店代號</u>	
(24)座椅區(25)洗手間(26)電腦/平板上網區(27)手機充電(28) VIP 室(29)按摩小站 (30)免稅菸酒 (31)免稅彩妝 (32)歷史博物館文創 (33)輕食/簡餐店 (34)精品專櫃(包包、服裝、珠寶)(35)藥妝區 (36)伴手禮/紀念品店 (37)書店 (38)保健商品	

↓將代號依造訪順序填至下方表格↓

造訪 順序	設施或商店 代號	有消費 請打勾	停留時間(分鐘)					
			3分以下	4~10分	11~20分	21~30分	31~45分	46分以上
範例	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 第五部分：旅客習慣調查

對我而言，抵達後利用候機時間在松山機場四處看看：

	非常不同意	不同意	有點不同意	普通	有點同意	同意	非常同意
(1)是一種享受	<input type="checkbox"/>						
(2)是有趣的	<input type="checkbox"/>						
(3)可以讓我心情愉悅	<input type="checkbox"/>						
(4)可以讓我暫時忘記不開心的事	<input type="checkbox"/>						
(5)帶給我比做其他事更大的滿足	<input type="checkbox"/>						
(6)除了為前往設施，也是為了享受當中的樂趣	<input type="checkbox"/>						
(7)單純是為了尋找需要的設施	<input type="checkbox"/>						
(8)只為了能盡快找到所需設施，以從事其他活動	<input type="checkbox"/>						
(9)只會留意和所需設施相關的指引、資訊	<input type="checkbox"/>						

## 第六部分：在機場四處看看的看法和逛街意願

1. 我認為利用候機時間在松山機場四處看看是：

(請比較兩邊的敘述並勾選，4 為中立)

	1	2	3	4	5	6	7	
(1)不愉快的	<input type="checkbox"/>	愉快的						
(2)有壓力的	<input type="checkbox"/>	輕鬆的						
(3)無趣的	<input type="checkbox"/>	有趣的						
(4)沒有吸引力的	<input type="checkbox"/>	有吸引力的						
(5)不必要的	<input type="checkbox"/>	必要的						
(6)不值得的	<input type="checkbox"/>	值得的						
(7)無益處的	<input type="checkbox"/>	有益處的						

2. 請勾選您認為自己對下述項目的能力：

	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
(1)我有信心能在松山機場找到欲前往的設施	<input type="checkbox"/>				
(2)在松山機場裡找到欲前往的設施對我是容易的	<input type="checkbox"/>				
(3)人潮多寡並不會影響我去探索松山機場的空間	<input type="checkbox"/>				
(4)手提行李的多寡並不會影響我去探索機場的空間	<input type="checkbox"/>				
(5)我對時間的掌控允許我充分探索機場的空間	<input type="checkbox"/>				

### 第七部分:候機時四處看看的看法

	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
(1)我的家人認同我利用候機時間在松山機場四處看看	<input type="checkbox"/>				
(2)我的好朋友或男女朋友認同我利用候機時間在松山機場四處看看	<input type="checkbox"/>				
(3)我的同事(或同學)認同我利用候機時間在松山機場四處看看	<input type="checkbox"/>				
(4)我的家人會利用候機時間在松山機場四處看看	<input type="checkbox"/>				
(5)我的好朋友或男女朋友會利用候機時間在松山機場四處看看	<input type="checkbox"/>				
(6)我的同事(或同學)會在利用候機時間在松山機場四處看看	<input type="checkbox"/>				
(7)我有意願利用候機時間在松山機場四處看看	<input type="checkbox"/>				

### 第八部分:對機場環境的看法

	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
(1)尋找機場設施(如登機門)時,我感覺到很有壓力	<input type="checkbox"/>				
(2)尋找機場設施(如登機門)時,我感覺到很匆忙	<input type="checkbox"/>				
(3)尋找機場設施(如登機門)時,我感覺到時間有限	<input type="checkbox"/>				
(4)尋找機場設施(如登機門)時,我感覺到時間緊迫	<input type="checkbox"/>				
(5)尋找機場設施(如登機門)時,我有足夠的時間找到並使用之	<input type="checkbox"/>				
(6)松山機場的環境是乾淨的	<input type="checkbox"/>				
(7)松山機場的環境是舒適的	<input type="checkbox"/>				
(8)松山機場的環境令人感到放鬆	<input type="checkbox"/>				
(9)松山機場的環境是整體動線規劃是順暢的	<input type="checkbox"/>				
(10)在松山機場,我不必花太多時間和心力就能取得前往設施所需的資訊	<input type="checkbox"/>				
(11)在松山機場,在提供類似服務(例如餐飲)的設施中做出選擇的相關資訊是容易取得的	<input type="checkbox"/>				
(12)松山機場目前提供的方向和種類指示,可以減少我在尋找和選擇設施時所付出的時間和精力	<input type="checkbox"/>				

本問卷填答至此,感謝您的協助!

## 簡歷



姓名：蕭惟中

電子信箱：con8431@gmail.com

學歷：

民國 105 年 8 月 國立交通大學 運輸與物流管理學系 碩士

民國 105 年 6 月 國立交通大學 運輸與物流管理學系 學士

