

# 國立交通大學

土木工程學系

碩士論文

以活動為基礎之教學館舍行為人移動模擬系統之  
建置

An Activity-based Simulation Model for Occupants' Movement in an  
Instructional Facility



研究生：謝燕青

指導教授：曾仁杰 博士

中華民國九十八年一月

以活動為基礎之教學館舍行為人移動模擬系統之建置

An Activity-based Simulation Model for Occupants' Movement in an  
Instructional Facility

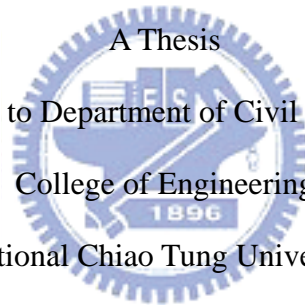
研究生：謝燕青

Student : Yan-Qing Xie

指導教授：曾仁杰

Advisor : Dr. Ren-Jye Dzeng

國立交通大學  
土木工程學系  
碩士論文



Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Civil Engineering

January 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年一月

# 以活動為基礎之教學館舍行為人移動模擬系統之建置

研究生：謝燕青

指導教授：曾仁杰 博士

國立交通大學土木工程學系（研究所）碩士班

## 摘要

本研究以活動基礎旅行需求模型及行人動力模型為基礎，透過適當描述方式表達建築物空間、活動、行為人從事活動行為及行為人移動行為，以建構活動排程模擬模式模擬教學館舍行為人活動樣式，及建構移動過程模擬模式模擬行為人從事各項活動之移動過程，並從行為人、空間單元及通道三方面統計並分析教學館舍空間使用情形。最後實作教學館舍行為人移動過程模擬系統，以協助系統使用者掌握可預期行為人從事活動行為為下，採取不同空間使用調整策略對行為人移動過程之影響，進而分析對教學館舍空間使用效率之影響。

關鍵詞：活動基礎旅行需求模型、行人動力模型、模擬

# An Activity-based Simulation Model for Occupants' Movement in an Instructional Facility

Student : Yan-Qing Xie

Advisor : Dr. Ren-Jye Dzung

Department of Civil Engineering  
National Chiao Tung University

## Abstract

This paper was structured on activity-based modelling and pedestrian dynamics. A suitable description method of space, activities, engagement behavior and movement behavior was designed to propose schedule mold for simulating activity pattern of occupants and pedestrian mold for simulating movement of occupants during activities. The primary objective of simulation is to gather statistics and analyze the usage of space in instructional facility according to three main dimensions : occupants, space unit and passageway. Finally, a simulation system of occupant movement was developed to enrich the understanding of influence of various space usage strategies on occupant movement by system user and then assists system user to analyze the influence on space usage under conditions of expected occupants' behavior.

Key Words : Activity-based modelling 、 Pedestrian dynamics 、 Simulation.

## 誌謝

在此碩士論文即將付梓的時刻，回首歷經多年的研究所生涯，許多生命的片段在這些歲月裡精彩紛呈而又一一謝幕，我也從一個迷茫的懵懂少年成長為一個年近三十的成熟青年，曾經放棄過追逐的夢想，如今得以順利完成，太多的感動與感謝不是這些簡單的文字所能描述。

首先感謝指導教授曾仁杰老師在論文題目、研究方向與論文寫作上給予學生許多指導與研討，也教導學生對學術的嚴謹態度與對問題的思考方法，讓學生茅塞頓開、獲益良多。此外，感謝論文口試委員葉怡成老師與王維志老師對論文的不吝指正與寶貴建議，使論文內容更為完備與充實，在此獻上最崇高的敬意。

感謝研究所學習生涯中所有陪伴我的同窗伙伴，豐富了我的研究生生活，感謝世旭學長、兆平學長、世猶學長、偉豪學長、汎儀學姊、珮茹學姊的經驗分享與研究協助，感謝同窗怡欣、睿陞、忠宏、重堯、雅貞、秉毅、家立、志平、啟綸、世宏、彥群及學弟威傑、文彬、宗勛的相互勉勵與珍貴友誼，讓枯燥的研究生活增添了需多溫馨與歡樂。

感謝女朋友琇櫻以青春歲月陪伴我完成此論文，在我煩躁鬱悶時，以一貫的溫柔體貼安慰我的任性與焦慮，讓我獲得力量與信心，這段歲月的點點滴滴感動，將成為我生命中最美麗的一章。

最後，要對我最親愛的父母致以最深的感激，感謝他們二十幾年來對我無怨無悔地呵護與付出，讓我在學習的路上獲得勇氣與動力，可以無後顧之憂地完成這趟旅程，也讓我的心智更加成熟與堅強。也感謝祖母、大姊及二姊對我的關心與鼓勵，讓我可以堅持著自己的夢想前進。

也感謝您的閱讀，賦予這篇論文新的生命與價值。僅將此論文獻給所有曾經幫助過我的人，謝謝你們，願你們共享這份榮耀。

謝燕青 謹誌 九十八年一月

# 目錄

摘要	I
Abstract	II
誌謝	III
目錄	IV
表目錄	VII
圖目錄	VIII
<b>第一章 緒論</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	1
1.3 研究範圍與限制	2
1.4 研究方法與流程	2
1.5 研究架構	4
1.6 名詞定義	5
<b>第二章 文獻回顧</b>	<b>7</b>
2.1 空間配置問題相關文獻	7
2.1.1 設施配置問題描述	7
2.1.2 設施配置問題解決方法	8
2.1.3 空間配置問題小結	14
2.2 活動基礎旅行需求模型	15
2.2.1 活動基礎旅行需求模型定義與特性	16
2.2.2 活動基礎旅行需求模型類別	16
2.2.3 活動基礎旅行需求模型簡介與整理	17
2.2.4 活動基礎旅行需求模型優缺點比較	26
2.2.5 活動基礎旅行需求模型小結	27
2.3 行人動力模型	28
2.3.1 行人移動行為觀察	28
2.3.2 行人動力模型類別	29
2.3.3 行人動力模型簡介與整理	29
2.3.4 行人動力模型優缺點比較	39
2.3.5 行人動力模型小結	39

2.4	視覺化理論	40
2.4.1	視覺化定義	40
2.4.2	視覺化類型	40
2.4.3	視覺化技術分類	40
2.4.4	視覺化準則	42
<b>第三章</b>	<b>教學館舍行為人移動過程模擬模式</b>	<b>44</b>
3.1	整體架構	44
3.2	建築物空間描述方式	46
3.3	活動描述方式	48
3.4	行為人類別從事活動行為描述方式	49
3.5	行為人類別移動行為描述方式	50
3.6	基本描述小結	55
3.7	活動排程模擬模式	56
3.8	移動過程模擬模式	64
3.9	本研究輔助使用者決策之方式	68
<b>第四章</b>	<b>教學館舍行為人移動過程模擬系統建置</b>	<b>71</b>
4.1	系統架構	71
4.2	建築物空間模組	73
4.3	行為人活動排程模擬模組	75
4.4	行為人移動過程模擬模組	85
4.5	績效模組	87
4.6	視覺化模組	91
<b>第五章</b>	<b>系統驗證與分析</b>	<b>93</b>
5.1	案例操作	93
5.1.1	基本案例	93
5.1.1.1	基本案例輸入資料	94
5.1.1.2	基本案例模擬結果分析	96
5.1.1.3	基本案例改善方式與模擬分析	106
5.1.2	樓層重新隔間案例	110
5.1.2.1	樓層重新隔間案例輸入資料	111
5.1.2.2	樓層重新隔間案例模擬結果分析	113

5.1.2.3	樓層重新隔間案例小結	115
5.1.3	通道障礙案例	116
5.1.3.1	通道障礙案例輸入資料	116
5.1.3.2	通道障礙案例模擬結果分析	117
5.1.3.3	通道障礙案例改善方式與模擬分析	119
5.2	不同類型原始資料之處理與應用	121
<b>第六章</b>	<b>結論與建議</b>	<b>123</b>
6.1	結論	123
6.2	未來研究建議	123
<b>參考文獻</b>		<b>125</b>
<b>附錄一</b>	<b>基本案例輸入資料</b>	<b>129</b>





## 表目錄

表 1	設施配置問題解決模式優缺點比較表	14
表 2	代表性活動基礎旅行需求模型及本研究活動排程模擬模式架構比較表	26
表 3	活動基礎旅行需求模型優缺點比較表	27
表 4	代表性行人動力模型及本研究移動過程模擬模式架構比較表	38
表 5	行人動力模型優缺點比較表	39
表 6	視覺化技術分類表	42
表 7	各類空間描述方式優缺點比較表	47
表 8	約定／非約定活動比較表	55
表 9	約定活動清單中待排程約定活動描述方式	56
表 10	行為人類別活動計畫中待排程約定、非約定活動描述方式	56
表 11	活動排程模擬步驟表	62
表 12	行為人移動過程模擬步驟表	68
表 13	平面圖批次檔格式	73
表 14	屬性描述檔內容及各屬性於活動清單檔之描述對象	76
表 15	活動清單檔內容及其參照屬性描述檔各屬性之方式	77
表 16	提供系統使用者描述各項屬性之機率分佈形式及對應參數表	78
表 17	屬性描述檔輸入資料格式	79
表 18	活動清單檔中待排程約定活動及行為人類別活動計畫輸入格式	82
表 19	活動清單檔中行為人類別移動行為輸入格式	86
表 20	基本案例行為人一週移動距離模擬結果	97
表 21	基本案例主要空間單元各小時內最大流量模擬結果	99
表 22	基本案例主要空間單元Gross Rate、Net Rate模擬結果	102
表 23	基本案例行為人於主要空間單元平均停留時間及標準差模擬結果	103
表 24	基本案例主要空間單元閒置時間間隔模擬結果	104
表 25	基本案例主要空間單元使用人數超過 0~30 人之時段佔模擬期間比例模擬結果	105
表 26	基本案例流量線累積流量模擬結果	106
表 27	基本案例空間配置方式調整前後行為人類別移動距離比較表	109
表 28	基本案例空間配置方式調整前後空間單元受干擾程度比較表	110
表 29	基本案例及重新隔間案例各方案行為人類別移動距離比較表	114
表 30	基本案例及重新隔間案例各方案空間單元受干擾程度比較表	115
表 31	基本案例及通道障礙案例行為人類別移動距離比較表	118
表 32	通道障礙案例施工地點周邊行為人流量表	119
表 33	通道障礙案例方案A—約定活動輸入資料調整表	119
表 34	通道障礙案例採不同方案時施工地點周邊行為人流量比較表	121

## 圖目錄

圖 1	研究流程圖 .....	4
圖 2	設施配置方式與對偶圖對應關係 .....	10
圖 3	歸因函數範例 .....	11
圖 4	設施配置方案 65u4132ulbr 及所對應切割樹 .....	13
圖 5	STARCHILD 模型活動排程架構圖 .....	19
圖 6	SCHEDULER 模型活動排程架構圖 .....	21
圖 7	ALBATROSS 模型活動排程架構圖 .....	22
圖 8	活動基礎旅行需求模型中活動排程架構示意圖 .....	24
圖 9	CA-Ped 行人動力模型變換走道規則範例 .....	31
圖 10	社會力模型示意圖 .....	34
圖 11	磁力模型避免行人碰撞之側向加速度示意圖 .....	36
圖 12	行人動力模型架構示意圖 .....	37
圖 13	教學館舍行為人移動過程模擬模式整體架構 .....	45
圖 14	空間描述方式示意圖 .....	46
圖 15	方向參數、類別參數、前進參數及環境參數相關網格範圍圖 .....	51
圖 16	行為人可移動範圍內各網格方向參數評估方式圖 .....	52
圖 17	活動排程模擬模式架構圖 .....	58
圖 18	行為人移動過程模擬模式架構圖 .....	65
圖 19	教學館舍行為人移動過程模擬系統架構圖 .....	72
圖 20	載入平面圖批次檔後畫面 .....	73
圖 21	完成建築物空間模組輸入後畫面 .....	75
圖 22	行為人類別活動計畫檢視畫面 .....	84
圖 23	活動排程模擬結果檢視畫面 .....	85
圖 24	行為人移動軌跡檢視畫面 .....	87
圖 25	網格累積流量檢視畫面 .....	88
圖 26	流量線流量變化檢視畫面 .....	88
圖 27	空間單元行為人進出流量變化檢視畫面 .....	89
圖 28	空間單元使用人數變化檢視畫面 .....	89
圖 29	空間單元使用人數佔全部行為人人數之比例檢視畫面 .....	90
圖 30	空間單元使用情形統計表檢視畫面 .....	90
圖 31	模擬結果輸出畫面 .....	91
圖 32	行為人移動過程 2D 畫面 .....	91
圖 33	行為人移動過程 3D 畫面 .....	92
圖 34	土木系館 1F 平面圖及 1F 空間配置輸入資料 .....	94
圖 35	土木系館 2F 平面圖及 2F 空間配置輸入資料 .....	94
圖 36	土木系館 3F 平面圖及 3F 空間配置輸入資料 .....	95
圖 37	土木系館 4F 平面圖及 4F 空間配置輸入資料 .....	95

圖 38	基本案例大二學生行為人活動排程模擬結果 .....	97
圖 39	基本案例結構組研究生行為人活動排程模擬結果 .....	98
圖 40	基本案例營管組研究生行為人移動軌跡及各研究生研究室位置圖 .....	98
圖 41	基本案例教室空間單元行為人流量模擬結果 .....	100
圖 42	基本案例研究生研究室空間單元行為人流量模擬結果 .....	100
圖 43	基本案例空間單元RR114 使用人數模擬結果 .....	101
圖 44	基本案例空間單元使用人數佔總行為人數百分比模擬結果 .....	102
圖 45	基本案例通道網格累積流量模擬結果 .....	105
圖 46	基本案例調整前(左圖)、後(右圖)1F空間配置圖 .....	107
圖 47	基本案例調整前(左圖)、後(右圖)2F空間配置圖 .....	107
圖 48	基本案例調整前(左圖)、後(右圖)3F空間配置圖 .....	108
圖 49	基本案例調整前(左圖)、後(右圖)4F空間配置圖 .....	108
圖 50	重新隔間案例方案A—1F空間配置圖 .....	111
圖 51	重新隔間案例方案A—2F空間配置圖 .....	111
圖 52	重新隔間案例方案A—3F空間配置圖 .....	111
圖 53	重新隔間案例方案A—4F空間配置圖 .....	111
圖 54	重新隔間案例方案B—1F空間配置圖 .....	112
圖 55	重新隔間案例方案B—2F空間配置圖 .....	112
圖 56	重新隔間案例方案B—3F空間配置圖 .....	112
圖 57	重新隔間案例方案B—4F空間配置圖 .....	112
圖 58	重新隔間案例方案C—1F空間配置圖 .....	113
圖 59	重新隔間案例方案C—2F空間配置圖 .....	113
圖 60	重新隔間案例方案C—3F空間配置圖 .....	113
圖 61	重新隔間案例方案C—4F空間配置圖 .....	113
圖 62	通道障礙案例 1F空間配置圖 .....	116
圖 63	通道障礙案例 2F空間配置圖 .....	116
圖 64	通道障礙案例 3F空間配置圖 .....	117
圖 65	通道障礙案例 4F空間配置圖 .....	117
圖 66	通道障礙案例方案B—1F空間配置圖 .....	120
圖 67	通道障礙案例方案B—2F空間配置圖 .....	120
圖 68	通道障礙案例方案B—3F空間配置圖 .....	120
圖 69	通道障礙案例方案B—4F空間配置圖 .....	120
圖 70	匯入實際資料畫面 .....	122

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

台灣已由開發中國家進入已開發國家，隨著整修市場擴大，如何調整現有建築物空間使用方式以有效利用空間已成為重要議題，而建築物行為人使用行為扮演著空間利用是否有效率之關鍵角色，不同使用行為需採不同空間使用改善策略，以有效提高空間使用效率，故觀察建築物行為人使用行為為改善空間使用效率重要任務。

傳統上教學館舍整修，乃由建築師透過詢問學校主管之方式瞭解教學館舍行為人使用行為，作為整修規劃之基礎，然而此種方式完全依賴於學校主管之主觀經驗，可能潛藏不正確之錯誤印象，故需採更客觀之觀察方式蒐集實際建築物空間使用情形，以避免主觀印象可能導致之錯誤。

建築物空間使用情形資料之蒐集，需透過現場觀察、攝影或 RFID 等方式紀錄，實驗成本高昂、無法多次反覆進行且受實體限制無法瞭解不同空間配置方式之影響，故本研究擬透過空間描述及行為人行為描述，模擬行為人於教學館舍內部移動過程，進而瞭解教學館舍空間使用情形，並透過多次模擬瞭解不同空間配置及行為人行為對教學館舍空間使用之影響，以協助學校主管評估各種整建或調整策略。

此外，由於傳統上需以人工方式統計建築物空間使用情形，並透過統計圖表表達空間使用績效，但此方式理解不易且無法表現空間使用情形隨時間之動態變化，故本研究嘗試以視覺化方式表達教學館舍空間使用情形，以協助學校主管掌握教學館舍空間使用績效。

## 1.2 研究目的

本研究擬透過空間描述、活動描述及行為人行為描述建置模擬系統，根據行為人可預期行為，模擬教學館舍空間使用情形，以達成下述目的：

- (1) 模擬行為人於教學館舍從事各項活動之移動過程，協助系統使用者瞭解不同空間配置或不同行為模式下，行為人於教學館舍各空間單元間移動過程，以評估不同空間配置方式或空間使用調整策略對空間使用情形之影響。

(2)視覺化行為人於教學館舍內部移動過程，進而評估空間使用績效，以協助系統使用者理解教學館舍空間使用情形。

### 1.3 研究範圍與限制

建築物生命週期包括設計、施工及營運階段，本研究僅針對營運階段建築物行為人行為及空間使用進行探討，包括牽涉實體隔間改變之建築物整建及不牽涉實體隔間改變之建築物空間使用調整(如活動位置或時間之改變)。

建築物使用績效包括實體空間使用績效、能量使用績效、環境績效等面向，本研究僅根據行為人於模擬期間進出建築物實體空間之移動行為探討各空間使用績效，不考量其他類型之實體空間使用績效或其他面向之績效。

本研究僅針對可預期行為進行探討，不考量突發性行為(如未預期之賓客造訪)，可預期行為可能為計畫行為(如 meeting)或非計畫行為(如至系辦收取信件)，其隨機屬性可以機率分佈描述，故一切不可預期行為均不在本研究範圍之內。由於一般公有建築其行為人行為具較高不可預期性，故本研究僅針對行為人行為較固定之教學館舍進行探討，以降低不可預期行為對模擬結果之影響。

此外，本研究僅針對行為人於起始、目標空間單元間移動行為進行模擬，不考量行為人於起始、目標空間單元間其他行為(如談天)或不具目標空間單元之移動行為(如等待他人時之踱步)。

總括而言，本研究以營運階段教學館舍行為人於實體空間單元間可預期移動行為之模擬為範圍。

### 1.4 研究方法與流程

本研究之內容參考圖 1，分為文獻探討、描述方式建置、模擬模式建置、模擬系統建置與驗證及論文撰寫五階段，各階段研究方法與流程說明如下：

#### (1)文獻探討階段

於確立研究動機、目的、方法與流程後，回顧設施配置問題、活動基礎旅行需求模型、行人動力模型及視覺化相關文獻，確立本研究理論基礎。

#### (2)描述方式建置階段

根據文獻資料歸納建築物空間、活動及行為人行為描述方式，以完整表達模



擬模式各項考量因素。

### (3) 模擬模式建置階段

擬定活動排程及移動過程模擬模式，包括輸入待排程活動資料進行排程得到行為人活動樣式輸出及輸入行為人活動樣式得到行為人移動過程輸出之模擬機制，以探討特定空間、活動及行為人行為下，行為人移動過程及教學館舍空間使用情形。

### (4) 系統建置與驗證階段

設計完成模擬模式所需系統模組及相關資源，撰寫系統程式並透過假設案例說明系統使用方式，隨後探討對於不同類型資料之處理方式，以擴大本研究適用範圍。

### (5) 撰寫研究成果階段

最後彙整研究發展過程及所獲得成果，進行論文之撰寫。



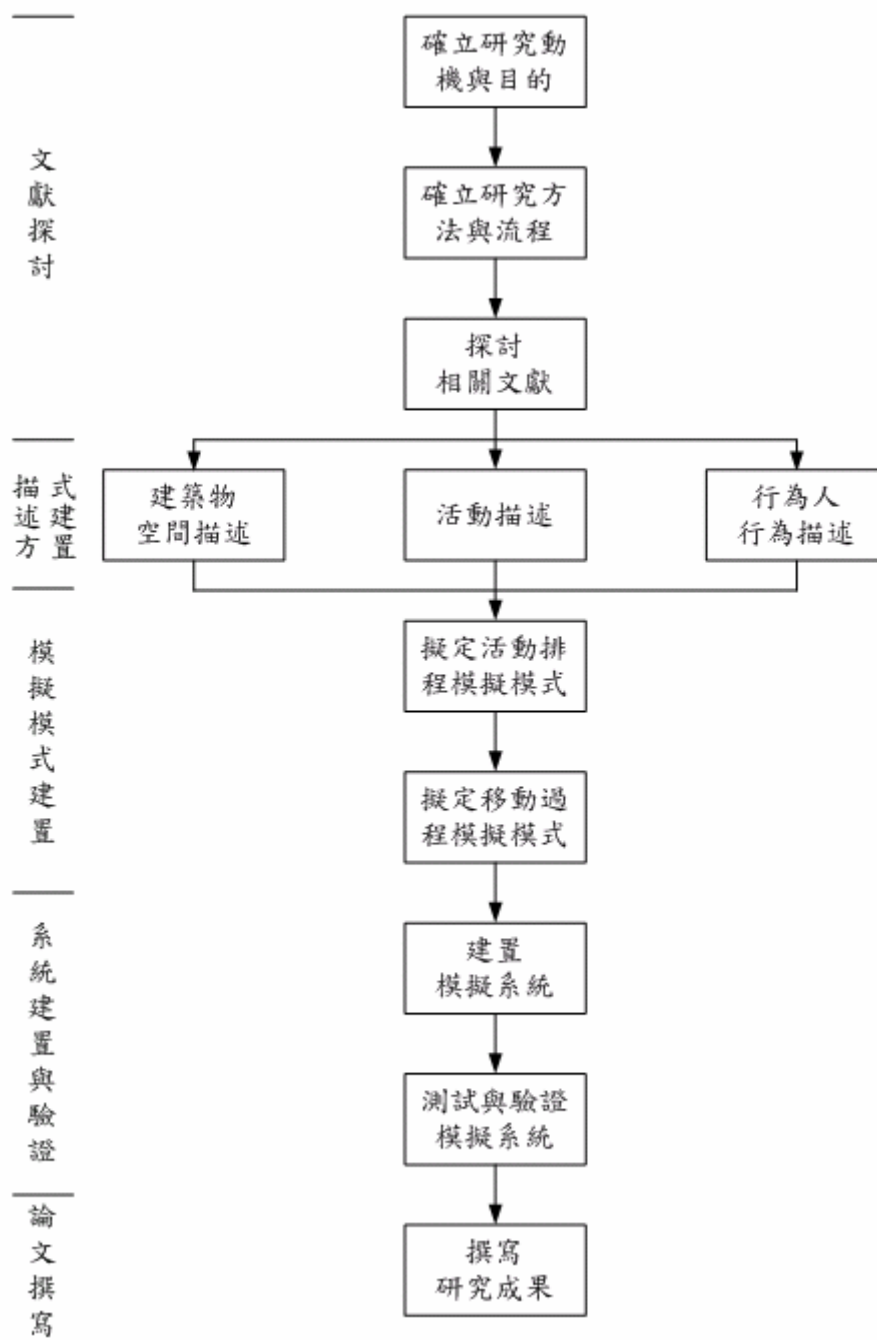


圖 1 研究流程圖

## 1.5 研究架構

本論文分為六章，各章內容摘要說明如下：

### 第一章：緒論

本章敘述本研究之背景、動機、目的、範圍、限制、方法、流程及架構。

## 第二章：文獻探討

本章首先探討類似問題之解決方式，以瞭解各種方法之優缺點，隨後探討活動基礎旅行需求模型，以瞭解行為人所從事活動與行為人移動過程之關聯及行為人進行活動排程過程，隨後探討行人動力模型，以瞭解影響行為人移動過程之因素，最後探討視覺化理論，以瞭解如何透過視覺化幫助系統使用者理解及掌握空間使用情形。

## 第三章：教學館舍行為人移動過程模擬模式建置

本章探討教學館舍內部空間、活動及行為人行為描述方式，以建置模擬行為人活動排程及移動過程之機制，並說明模擬結果如何輔助系統使用者進行決策。

## 第四章：教學館舍行為人移動過程模擬系統建置

本章介紹教學館舍行為人移動過程模擬系統之架構及各模組內容，包括建築物空間模組、行為人活動排程模擬模組、行為人移動過程模擬模組、績效模組及視覺化模組，並說明系統操作流程與模擬結果輸出方式。

## 第五章：系統驗證與分析

本章先以假設案例進行模擬，以瞭解本系統輔助系統使用者進行決策之方式，隨後探討本系統對不同類型資料之處理方式，以確保本系統之實用性。

## 第六章：結論與建議

本章描述本研究具體成果，並探討未來相關研究方向。

## 1.6 名詞定義

為明確描述本研究內容，茲將本研究所使用主要詞彙定義如下：

- (1)活動(activity)：指某人員與特定人員於特定位置不中斷參與特定事件之行為。
- (2)活動排程(activity scheduling)：指決定將於何時、何處從事何項活動及從事活動期間等一系列相關決策之過程。
- (3)活動計畫(activity plan)：指特定人員於特定時間範圍內所欲從事之一系列活動，包括所欲從事各項活動之活動類別、共同參與者、活動期間、活動開始時間及活動位置等活動屬性。
- (4)活動樣式(activity pattern)：指特定人員所從事一系列有序活動，包括各有序活動之共同參與者、活動期間、活動開始時間、活動位置等活動屬性。活動樣式為活動計畫經活動排程之結果。



(5)系統使用者：指使用本研究模擬系統模擬教學館舍行為人移動過程及空間使用情形之人員。

(6)行為人：指本研究模擬系統之模擬對象，即於所模擬教學館舍內部從事各項活動之人員。



## 第二章 文獻探討

本章首先探討解決空間配置問題相關文獻，以瞭解各種解決方法之優缺點，隨後探討活動基礎旅行需求模型，以瞭解行為人所參與活動與行為人移動過程之關聯及行為人進行活動排程過程，隨後探討行人動力模型，以瞭解影響行為人移動過程之因素，最後探討視覺化理論，以瞭解電腦視覺化應用方式及透過視覺化幫助系統使用者理解及掌握空間使用情形之方法。

### 2.1 空間配置問題相關文獻

空間配置問題亦稱為設施配置問題(facility layout problem)，目的為將  $m$  個設施以最有效率方式指派至  $n$  個區域( $n \geq m$ )。設施配置方式對建築物空間使用效率具重大影響，底下將探討設施配置問題之內涵及各種解決方式，作為本研究所採方法之參考。

#### 2.1.1 設施配置問題描述

設施配置問題為將  $m$  個設施指派至  $n$  個區域( $n \geq m$ )以最佳化目標函數之問題，(Meller and Gau, 1996)將設施配置問題之目標函數分為以下兩類：

(1)以部門間距離為基礎之目標函數(定量目標函數)：目的為最小化總物料搬運成本，其函數為

$$C = \min \sum_i \sum_j (f_{ij} C_{ij}) d_{ij}$$

其中  $f_{ij}$  為部門  $i$  與部門  $j$  間物料搬運量， $d_{ij}$  為部門  $i$  與部門  $j$  距離， $C_{ij}$  為部門  $i$  與部門  $j$  間單位物料單位距離搬運成本

(2)以部門相鄰程度為基礎之目標函數(定性目標函數)：目的為考量安全性、彈性、噪音等因素，試圖最大化總體部門鄰近程度，其函數為

$$R = \max \sum_i \sum_j (r_{ij}) x_{ij}$$

其中  $r_{ij}$  為部門  $i$  與部門  $j$  間鄰近程度，當部門  $i$  與部門  $j$  相鄰時，

$$x_{ij} = 1, \text{ 當部門 } i \text{ 與部門 } j \text{ 不相鄰時, } x_{ij} = 0$$

此外，藉由不同權重整合定量目標函數與定性目標函數，可進行設施配置問題之多目標分析，其目標函數為(Mehmet, 1990)

$$Z = aC - (1 - a)hR^s$$

其中  $Z$  為整合目標函數， $a$  為定量目標所佔權重， $C$  為總物料搬運成本， $h$  為調整常數， $R^s$  為總體部門鄰近程度

### 2.1.2 設施配置問題解決方法

為解決上述設施配置問題，學者們已提出許多解決模式(Andrew and Sunderesh, 1987; Meller and Gau, 1996; Robin, 2000; Souman, Nawara, Reyad, and Darandaly, 2003)，彙整文獻中模式，根據能否獲得最佳設施配置方式，可將各模式分為最佳模式(optimal algorithms)及次佳模式(sub-optimal algorithm) 兩類，茲將兩類模式描述如下：

#### (1)最佳模式

採用分枝定界演算法(branch and bound algorithm)搜尋設施配置問題之最佳解，分枝定界演算法為於問題之解空間樹搜尋問題解之方法，其採廣度優先方式搜尋設施配置問題之解空間樹，並根據目標函數邊界，將位於邊界外之解捨棄，以縮小搜尋範圍，如此循環，直至找到最佳解為止。由於該類模式將窮舉並評估所有可能配置方式，導致耗費大量時間，故僅適用於設施數量很少之情形。以最佳模式解決設施配置問題之學者如 Gilmore(1962)。

Gilmore 提出於設施配置問題解空間樹之搜尋過程中，計算各分枝物料搬運成本下限之方法，並藉由捨棄位於邊界外之分枝縮小搜尋範圍，如此循環，直到發現具最低總物料搬運成本之分枝，即為最佳解。

#### (2)次佳模式

因最佳模式需耗費大量時間且僅適用於設施數量很少之情形，故學者們改以尋求次佳解之模式嘗試於有限時間內搜尋實際設施配置問題之可行解，茲將各類次佳解模式描述如下：

#### a. 建構模式(construction approach)

建構模式為從頭開始，一次進行一項設施之配置，直至完成全部設施之配置為止，該模式於設施配置問題之解空間樹各階段，進行分枝選擇之決策，將一未配置設施指派至一未配置地點，如此循環，以獲得次佳解。其優點為可處理大量設施之配置，缺點為設施配置結果將局限於區域最佳解。採建構模式之學者如 Hiier 及 Connors(1966)。

Hiier 及 Connors 於設施配置問題之解空間樹各階段，根據已配置設施之位置計算各分枝總物料搬運成本下限，並根據具最低總物料搬運成本之分枝指派該階段所配置設施及位置，如此循環，直到完成各設施之配置，即獲得設施配置之次佳解。

#### b. 改善模式(improvement approach)

改善模式以隨機方式產生之初始設施配置開始，系統地交換已配置設施並評估交換之結果，保留具最佳改善效果之交換結果，如此循環直至設施配置結果無法進一步改善為止。採改善模式之設施配置結果，其品質將受到初始設施配置之影響，且將導致獲得區域最佳解。採改善模式之學者如 Armour 及 Buffa(1963)。

Armour 及 Buffa 首先計算初始設施配置之總物料搬運成本，隨後評估交換任一組具相同面積或相鄰之設施對總物料搬運成本之影響，選擇具最大總物料搬運成本降低效果之設施進行交換，如此循環直至設施交換無法獲得總物料搬運成本降低效果為止，即獲得設施配置之次佳解。

#### c. 混和模型(hybrid approach)

混合模型結合最佳模式與次佳模式概念進行設施配置問題解之搜尋，藉由產生較佳之初始解及較佳之改善策略，以改善所獲得次佳解之品質，採混和模型之學者如 Burkard 及 Stratman(1978)。

Burkard 及 Stratman 結合分枝定界演算法及改善模式概念，首先以分枝定界演算法於限定時間內搜尋初始解，隨後以特定機制選擇兩個或三個設施彼此交換所配置地點以持續改善總物料搬運成本，直至總物料搬運成本無法再改善為止。

#### d. 圖形理論模式(graph-theoretic approach)

圖形理論模式以平面圖(planar graph)之對偶圖(dual graph)描述設施配置

方式，平面圖指任兩邊不交叉之圖結構；圖G之對偶圖 $G_d$ 為在G每個區域(region)繪製一頂點，並於G每對相鄰區域間以 $G_d$ 邊連結所得之圖形結構。對偶圖之頂點代表設施，而對偶圖之邊代表設施間相鄰關係，設施配置方式與對偶圖之對應關係如圖 2 所示。圖形理論模式為兩階段過程，首先根據所要求設施間相鄰關係建置平面圖，隨後建置該平面圖之對偶圖，此對偶圖即直接對應至設施配置方式。圖形理論模式僅考量設施間相鄰關係需求，不考量設施間之物料搬運成本。採圖形理論模式之學者如Seppannen及Moore(1970)。

Seppannen 及 Moore 提出設施間所要求相鄰關係無法以平面圖描述時，建置最大平面圖以最大程度滿足所要求相鄰關係之機制，一旦完成最大平面圖之建置，便能建置其對偶圖獲得所對應設施配置方式。

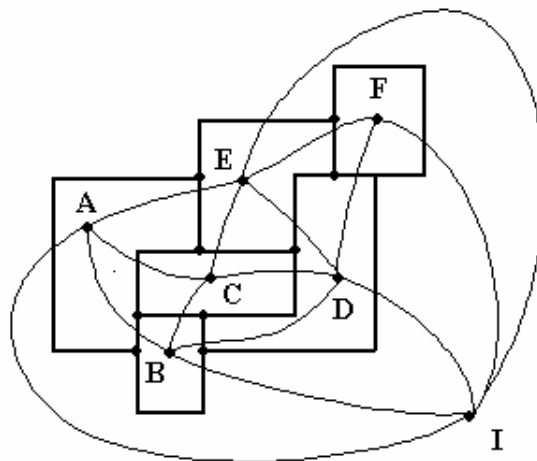


圖 2 設施配置方式與對偶圖對應關係(Seppannen and Moore, 1970)

#### e. 模糊系統模式(fuzzy system approach)

模糊集合理論為以不確定性資訊進行表達及推理之正式系統，模糊集合理論以語意變數(linguistic variable)描述對象，以歸屬函數(membership function)描述對象之歸屬程度。語意變數有別於數值變數(numerical variable)，是由一個詞或句子所組成之自然語言，可包含多個模糊項(fuzzy term)，而歸屬函數為函數值介於[0,1]間之任意函數。舉例而言，身高(語意變數)可能為高、普通或矮(模糊項)，而符合身高高者之實際身高可以圖 3 描述(歸因函數)。

由於設施配置問題之輸入資料，如物料搬運量、設施間相鄰程度等具不確

定特質，但一般設施配置解決模式均要求精確之輸入，而模糊系統模式以語意變數描述物件，故可避免需輸入精確資料之困難，採模糊系統模式之學者如 Evans、Wilhelm 及 Karwowski(1987)。

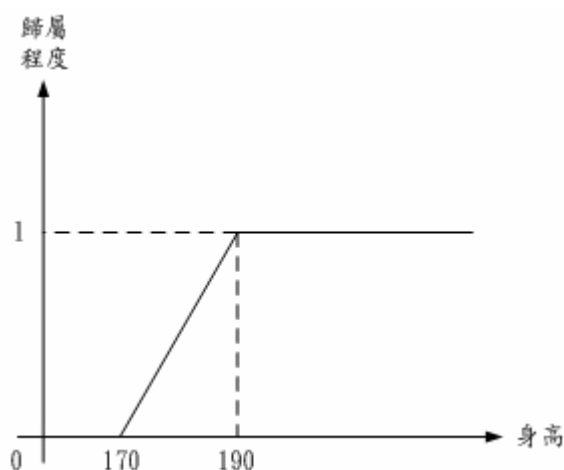


圖 3 歸因函數範例

Evans、Wilhelm 及 Karwowski 使用語言變數：接近程度(closeness)及重要性(importance)，描述任意兩設施間適當相鄰關係，透過推論所得各設施間模糊相鄰關係決定各設施之配置先後順序，但尚未提供實際配置設施之功能。

#### f. 專家系統模式(expert systems approach)

專家系統為一具特定目的之電腦程式，用以仿效具特定領域知識專家進行決策之過程，專家系統透過整合人類及電腦之環境，提供使用者專家級建議。專家系統之優點為可用以解決非結構化問題，且當系統遭遇新問題時，可透過與使用者互動學習新知識，其缺點為需取得人類專家解決問題之知識及明確準則，且發展專家系統根據領域差異可能耗費很長時間，此外，專家系統不善於表達時間、空間相關或不一致之知識。採專家系統模式之學者如 Kumara、Kashyap 及 Moodie(1987)。

Kumara、Kashyap 及 Moodie 將設施配置問題視為多目標問題，同時考量最小化物料搬運成本、最大化安全等級、最大化人員需求、最大化設施特殊需求及最小化噪音等級，並發展一專家系統協助使用者解決該問題，由使用者輸入各項設施配置之資訊與要求，隨後專家系統將於各設施完成配置時顯示該設



施配置結果並說明該設施配置之理由及各目標滿足程度，使用者亦可根據目標滿足程度檢視其他可行設施配置方式。

#### g. 模擬模式(simulation)

一般設施配置問題解決方式皆由靜態觀點進行探討，即假設各設施間物料流量已知且為定值，且以簡化之目標函數(如最小化總物料搬運成本、最大化設施間相鄰關係)表達設施配置方式績效，然而設施運作為一動態過程，設施間物料流量會因產品需求或物料供應情形而變化，且應同時考量設施產量、設施使用率、物料等待時間等動態績效，而模擬為考量隨機變數唯一選擇、亦為評估設施配置結果之有效工具(Ramesh, Nashwan, and Brian, 2001)，透過模擬設施配置結果於特定時間內之使用過程，亦可發覺可能之潛在問題，而模擬模式之缺點為需耗費大量時間且無法提供最佳化之結果。採模擬模式之學者如 Mehmet(1990)。

Mehmet 根據目前各設施間物料流量之機率分佈，以模擬方式隨機產生各設施間目前物料流量及設施配置方式，隨後同時考量最小化總物料搬運成本及最大化設施間相鄰關係，選擇目前最佳之設施配置方式，隨後依同樣方式根據未來各設施間物料流量之機率分佈及模擬結果，選擇未來最佳之設施配置方式，最後考量由目前設施配置方式改變為未來設施配置方式之成本，選擇最具彈性之設施配置方式為最終解。

#### h. 模擬退火模式(simulated annealing approach)

模擬退火模式模擬物質加熱熔化後給予徐徐降溫，則分子在高溫時因具較高能量，故活動力較強，結晶排列亦呈現多樣化，隨著溫度降低，結晶將逐漸冷卻穩定之過程。模擬退火模式為改善模式之改良，該模式於交換已配置設施之過程，允許比目前設施配置方式所得目標函數值更差之設施配置方式透過接受機率(probability of acceptance)而被接受，因而可跳脫區域最佳解而有機會搜尋到全域最佳解，即模擬退火模式之優點為有機會搜尋到全域最佳解，避免最終解受到初始解之影響，其缺點為具多個待設定參數(如初始溫度、降溫比例、降溫次數等)且最終解受各參數設定之影響。採模擬退火模式之學者如 Jojodia、Minis、Harhalakis 及 Proth(1992)。

Jojodia、Minis、Harhalakis 及 Proth 首先以隨機方式產生初始設施配置方式，並選取適當初始溫度、降溫比例、降溫次數及各降溫階段結束條件，隨後

於各降溫階段，重複以隨機方式選取可能進行位置交換之設施，若所選取設施交換後可降低總物料搬運成本，則進行設施位置交換；若所選取設施交換後導致總物料搬運成本提高，則以接受機率  $p = \exp(-\Delta/T)$  之機率進行設施位置交換，其中  $\Delta$  為總物料搬運成本提高值， $T$  為目前降溫階段溫度，經由比較各降溫階段所能獲得最佳設施配置方式，選擇具最低總物料搬運成本者，即為最終設施配置方式。

i. 基因模式(genetic algorithms approach)

基因模式為仿效生物界中物競天擇、優勝劣敗之自然演化法則，藉由適當編碼方式表達所要解決問題，以隨機方式產生原始族群(population)，隨後透過染色體複製(chromosome reproduction)、染色體交配(chromosome crossover)及基因突變(genes mutation)之演化步驟，期望能產生較母代更優秀之子代，如此不斷重複直到產生具最佳適應性(fitness)之結果。因基因模式以平行方式同時搜尋解空間中多個點，而非單一點，故具良好搜尋效率，且透過演化操作之隨機性，可跳脫區域最佳解而有機會搜尋到全域最佳解，其缺點為需尋找適當編碼方式表達所要解決問題、具多個待設定參數(如演化代數、交配率、突變率)及最終解受各參數設定之影響。採基因模式之學者如 Tam(1992)。

Tam 同時考量總物料搬運成本及各設施幾何限制，使用切割樹(slicing tree)作為設施配置方式之編碼架構，切割樹為遞迴地將一矩形區域分割為兩個矩形區域，其中間節點代表分割方式、葉節點代表所配置設施(圖 4)，不同切割樹之切割方式代表不同設施配置方式，透過演化操作搜尋具最大適應性之切割方式，即為設施配置方式之最終解。

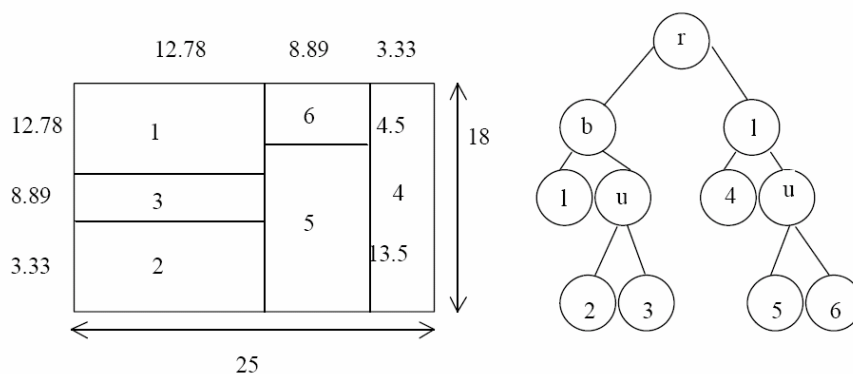


圖 4 設施配置方案 65u4l32ulbr 及所對應切割樹



### 2.1.3 空間配置問題小結

比較 2.1.2 小節各類解決設施配置問題之方式，可將其優缺點彙整於表 1：

表 1 設施配置問題解決模式優缺點比較表(本研究整理)

最佳 模式	優點	(1)能獲致最佳設施配置方式。
	缺點	(1)需耗費大量時間，故僅適用於設施數量很小之情形。
次 佳 模 式	建構 模式	優點 (1)可處理大量設施之配置。 缺點 (1)設施配置結果將局限於區域最佳解。
	改善 模式	優點 (1)可處理大量設施之配置。 缺點 (1)設施配置結果受到初始設施配置之影響，故局限於區域最佳解。
	混和 模型	優點 (1)可處理大量設施之配置。 (2)可改善設施配置結果之品質。
		缺點 (1)設施配置結果將局限於區域最佳解。
	圖形 理論 模式	優點 (1)客觀描述設施間相鄰關係。
		缺點 (1)僅考量設施間相鄰關係需求，無法考量設施間物料搬運成本。 (2)無法處理具複雜相鄰關係之設施配置。
	模糊 系統 模式	優點 (1)以語意變數描述對象，可避免需輸入精確資料之困難。
		缺點 (1)語意變數之選擇與歸屬函數之定義困難。
	專家 系統 模式	優點 (1)可處理大量設施之配置。 (2)可透過與使用者互動學習新知識。 (3)考量設施配置問題所存在多目標特質。
		缺點 (1)需取得人類專家解決問題之知識及明確準則。 (2)發展專家系統根據領域差異可能耗費很長時間。 (3)不善於表達時間、空間相關或不一致之知識。
模擬 模式	優點 (1)可以隨機變數考量設施配置問題之不確定性。 (2)為評估設施配置結果之有效工具。 (3)可發覺設施配置結果可能之潛在問題。	
	缺點 (1)需耗費大量時間。	

		(2)僅能提供有限之最佳化能力。
模擬	優點	(1)可避免最終解受到初始解之影響。 (2)可跳脫區域最佳解而有機會搜尋到全域最佳解。
退火 模式	缺點	(1)需耗費大量時間。 (2)具多個待設定參數。 (3)最終解受各待設定參數之影響。
基因 模式	優點	(1)可處理大量設施之配置。 (2)以平行方式同時搜尋解空間中多個點，具良好搜尋效率。 (3)透過演化操作之隨機性，可跳脫區域最佳解而有機會搜尋到全域最佳值。
	缺點	(1)需尋找適當編碼方式表達所要解決問題。 (2)具多個待設定參數(如演化代數、交配率、突變率)。 (3)最終解受各參數設定之影響。

設施配置問題應用於工廠配置時主要考量為物料搬運成本及部門相鄰關係，而應用於建築物空間配置時主要考量為行為人移動距離及空間單元相鄰關係，故 2.1.2 小節各種設施配置解決方法亦適用本研究。

由於本研究考量教學館舍行為人使用行為具高度不確定性，且為瞭解特定期間各行為人移動過程及各空間單元動態績效，如空間單元使用人數、人員進出流量等，故適合採模擬方式探討教學館舍空間配置之問題。

## 2.2 活動基礎旅行需求模型

為探討教學館舍空間使用情形，需掌握行為人於教學館舍各空間單元間之進出情形及移動過程，根據活動基礎旅行需求模型理論，旅行(移動)需求來自於活動參與，故透過分析及模擬行為人於教學館舍參與活動之情形，便能掌握行為人之移動過程，進而掌握空間使用情形，底下將依序探討活動基礎旅行需求模型之定義、特性、類別、簡介與比較，作為模擬行為人於教學館舍所從事各項活動之基礎。

## 2.2.1 活動基礎旅行需求模型定義與特性

活動基礎旅行需求理論起源於時間地理學(Hägerstrand, 1970), 在時間地理學中, 時間和空間被視為一種資源, 而個人選擇所從事活動行為之決定因素即為個人於時間、空間資源使用上之限制, 該限制分為三方面:

- (1)能力限制: 指個人物理及技術上之限制(如無法從事距離太遠之活動)。
- (2)聯合限制: 指個人與他人必須於特定空間及時間共同進行特定活動之限制(如學校課程活動必須由老師與學生共同進行)。
- (3)授權限制: 指制度與法規上之限制(如僅能於辦公時間或營業時間從事之活動)。

活動基礎旅行需求模型為藉由瞭解個人活動參與特質以建立旅行行為之方法(Kulkarni and McNally, 2000), 因此可將活動基礎旅行需求模型定義為用以描述各種活動參與觀點並包含必要限制與連結以建立旅行行為模型之方法, 必需以時間觀點整合活動屬性、活動排程及活動位置(Kulkarni and McNally, 2000)。因此本研究將活動基礎旅行需求模型定義為在個人活動選擇之限制條件下, 藉由個人活動參與及活動間關聯以建置旅行行為模式之方法。

McNally 將活動基礎旅行需求模型之主要特徵歸納如下(McNally, 1996):

- (1)旅行需求來自於活動參與。
- (2)活動參與包括活動產生、活動空間選擇及活動排程。
- (3)活動及旅行行為受到時間及空間上限制。
- (4)活動屬性、活動位置、活動頻率及活動參與者間存在相互關聯。
- (5)活動過程牽涉決策準則。

## 2.2.2 活動基礎旅行需求模型類別

Behrens 將活動基礎旅行需求模型分為限制基礎模型、效用基礎模型、規則基礎模型及混和模型四類, 分述如下(Behrens, 2000):

- (1)限制基礎模型: 限制基礎模型直接根植於時間地理學, 該類模型在能力限制、聯合限制及授權限制條件下, 以組合演算法產生並檢驗所有可能活動樣式, 以剔除不適當活動樣式, 如活動時間發生重疊之活動樣式或於不同地點進行卻沒有足夠旅行時間之活動樣式。
- (2)效用基礎模型: 效用基礎模型根植於個體經濟學之效用最大化行為, 該類模

型延伸限制基礎模型概念，於活動排程過程中，添加活動選擇機制，該類模型根據個別選擇理論(discrete choice model)預測活動排程結果，如使用多項邏輯特模型(multinomial logit model)預測個人選擇各可能活動樣式之機率。該類模型根據個人所可能獲得最大效用選擇最佳活動樣式，因此當環境發生改變時，個人將重新尋找具最大效用之活動樣式。

(3)規則基礎模型：規則基礎模型根植於心理學，該類模型以決策過程及決策過程所得經驗為基礎，並假設個人根據其偏好及對環境之不完全資訊(認知)進行活動選擇，且個人經由選擇過程及經驗不斷累積並更新其個人選項與認知。該類模型根據個人經驗所得規則模擬個人活動排程過程，即根據個人對特定條件之特定反應方式解釋個人決策之過程。

(4)混和模型：混和模型結合兩種以上活動基礎旅行需求類型之理論架構，如 SMASH(Simulation model of activity scheduling heuristics)模型結合了規則基礎模型與效用基礎模型之理論基礎。

### 2.2.3 活動基礎旅行需求模型簡介與整理

對於上述各活動基礎旅行需求模型類別，本小節將介紹其代表性模型，並分析各類模型之優缺點，作為建置行為人活動排程模擬模式之參考：

(1) CARLA(Combinatorial algorithm for rescheduling lists of activities)模型：

(Jones, Dix, Clarke, and Heggie, 1983)

CARLA 為限制基礎模型，該模型假設個人對環境改變之反應為重新安排活動順序或活動期間，但不改變所參與活動、活動地點及活動交通方式，並假設個人僅考量有限之活動順序調整方式以滿足新環境限制，因此該模型所預測之新活動樣式為滿意解而非最佳解，僅當有限之活動順序調整方式無法滿足環境限制時，個人才考量更複雜之活動調整方式，該模型對現有活動樣式重新調整之步驟如下：

- a. 輸入目前活動樣式，包括各活動活動期間、最早開始時間及最晚開始時間。
- b. 在邏輯限制(如個人無法同時進行兩項活動)、環境限制(如特定活動僅允許於特定地點、時間進行)、行為準則(如個人對於吃飯活動開始時間僅願意於目前排定時間前後 30 分鐘內進行調整)之限制條件下，以組合演算法列舉所有可行活動樣式，並簡單地以調整前後活動樣式中各活動開始時間差異佔總活動時間百分比作為比較各可行活動樣式之目標函數，以選擇最佳可行活動樣式。



(2) STARCHILD (Simulation of travel/activity responses to complex household interactive logistic decisions) 模型：

(Recker, McNally, and Root, 1986)

STARCHILD 為效用基礎模型，該模型假設存在家庭活動計畫，並將家庭活動分為生存活動(如工作活動)、維持活動(如購物)及休閒活動(如娛樂活動)，其中某些活動必須由特定家庭成員完成(如工作活動)，某些活動可在限制條件下指派予不特定家庭成員完成，該模型將各家庭成員之活動排程分為五階段(圖 5)，分述如下：

- a. 家庭成員互動與活動產生階段：根據活動彈性將各家庭活動指派予家庭成員，優先指派生存活動，而後在家庭成員互動限制下指派具彈性活動，從而得到個人活動計畫，包括個人待排程活動之活動期間(由使用者給定)、活動位置(由使用者給定)及活動順序(由使用者給定)。
- b. 於限制條件下根據組合演算法進行排程階段：首先根據個人活動計畫，將各項待排程活動依任何可能方式穿插於任何可能活動順序任何可能位置，以產生所有可能活動順序，隨後刪除違反活動順序限制之活動順序，得到所有可行活動順序，並假設後項活動皆可於前項活動結束時立即進行，則活動開始時間為到達活動地點時間與活動最早開始時間兩者中較大者，隨後根據各活動最早、最晚開始、結束時間、活動期間及旅行時間進行活動樣式可行性測試，刪除不符合條件之活動樣式，得到可行活動樣式。
- c. 活動樣式分類階段：個人可行活動樣式集可能包含大量活動樣式，但就個人感知而言，並非所有可行活動樣式皆具顯著差異，因此該模型根據給定參數使用分類技術識別具代表性活動樣式，並以代表性活動樣式取代不具顯著差異之活動樣式集。
- d. 多目標規劃演算法階段：雖然活動樣式分類階段已大量減少可行活動樣式之數目，但對於所受限制條件較少之情形，其代表性活動樣式數目仍然很大，此時可透過多目標決策方法並根據個人決策目標從所有非劣代表性活動樣式中選擇效用最大者，得到最佳非劣代表性活動樣式。
- e. 選擇階段：對於各最佳非劣代表性活動樣式，根據多項邏輯特模型評估個人選擇該活動樣式之機率。

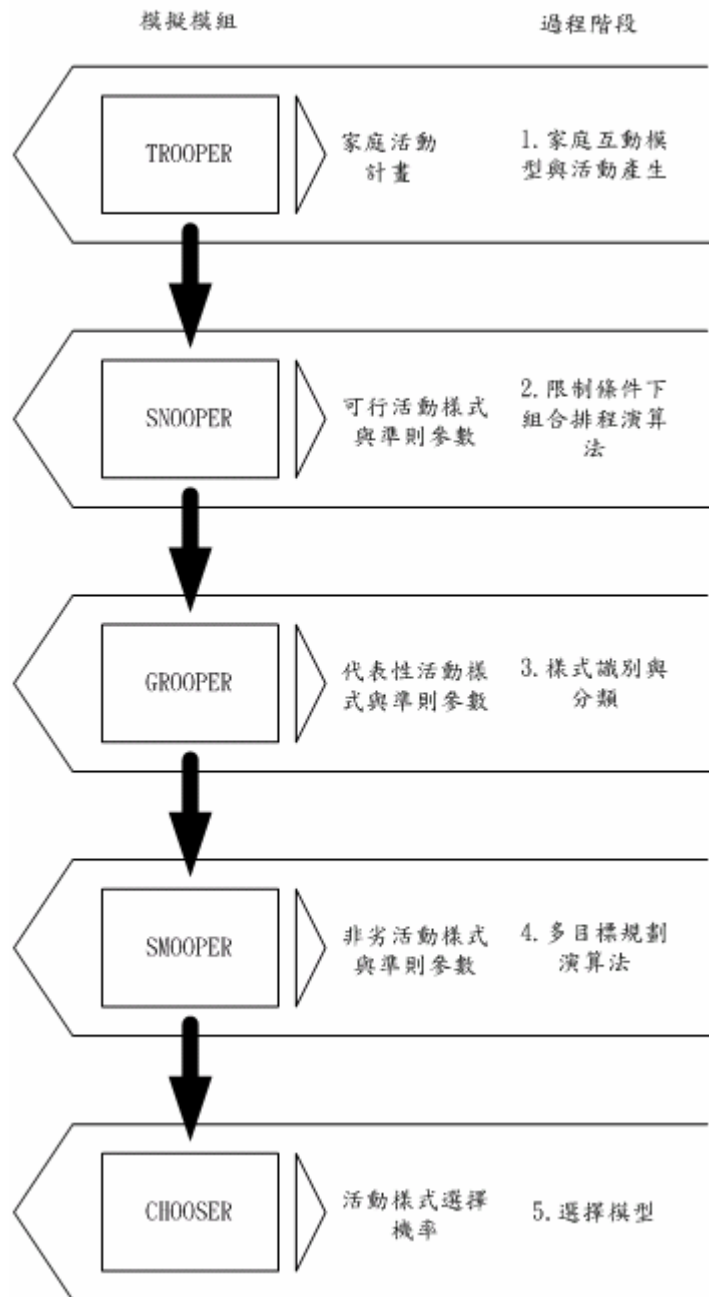


圖 5 STARCHILD 模型活動排程架構圖(Recker, McNally, and Root, 1986)

(3)SCHEDULER 模型：

(Gärling, Brännäs, Garvill, Golledge, Gopal, Holm, and Lindberg, 1989)

SCHEDULER 為規則基礎模型，該模型將活動分為必須由多位家庭成員共同進行者、必須由特定家庭成員進行者及可由任一家庭成員進行者三種，並假設活動期間為固定。該模型假設個人擁有長期記憶及短期記憶，長期記憶儲存著個人活動計畫，而個人將從長期記憶取出部分活動進行排程，並將排程結果儲存於

短期記憶以執行所排程活動，該模型將活動排程過程分為四階段(圖 6)，分述如下：

- a. 限制識別階段：根據給定之限制從長期記憶選擇待排程活動並根據活動偏好函數計算各待排程活動之優先性。
- b. 排序階段：根據所選擇活動優先性高低依序決定是否從事該項活動，其決策準則為每次判斷是否從事某一活動時，觀察前後兩活動優先性減少情形及總活動期間變化情形，當活動優先性大量降低、總活動期間變化接近 0 或總執行活動數超過指定上限時，即停止選取下一項待排程活動。隨後根據所選取各待排程活動最早開始時間排序，並根據最近相鄰位置經驗法則選擇移動距離最小之活動地點。
- c. 虛擬執行階段：將排序階段所得到部分活動樣式(包括所從事各活動之順序及活動地點)，配合各活動活動期間及交通方式虛擬地執行該活動樣式，因不同活動之活動期間可能發生重疊，故目前之活動樣式未必可行。
- d. 衝突解決階段：一旦活動排程過程發生時間衝突，該模型將嘗試於時間限制範圍內改變發生衝突活動之順序以避免時間衝突，若時間衝突仍存在，則嘗試於發生衝突活動之前項活動時間限制範圍內改變發生衝突活動之前項活動順序，依此方式反覆進行，但存在可改變順序活動數之上限。若達到可改變順序活動數上限仍無法解決時間衝突，則將發生衝突活動中優先性較低者由短期記憶移至長期記憶，等待時機再重新嘗試將該活動加入活動樣式。最後將得到可行之高優先性活動活動樣式。
- e. 機會階段：完成高優先性活動之排程後，即可在長期記憶中尋找可於高優先性活動時間空窗進行之低優先性活動，並將該低優先性活動加入活動樣式，得到最終可行活動樣式。

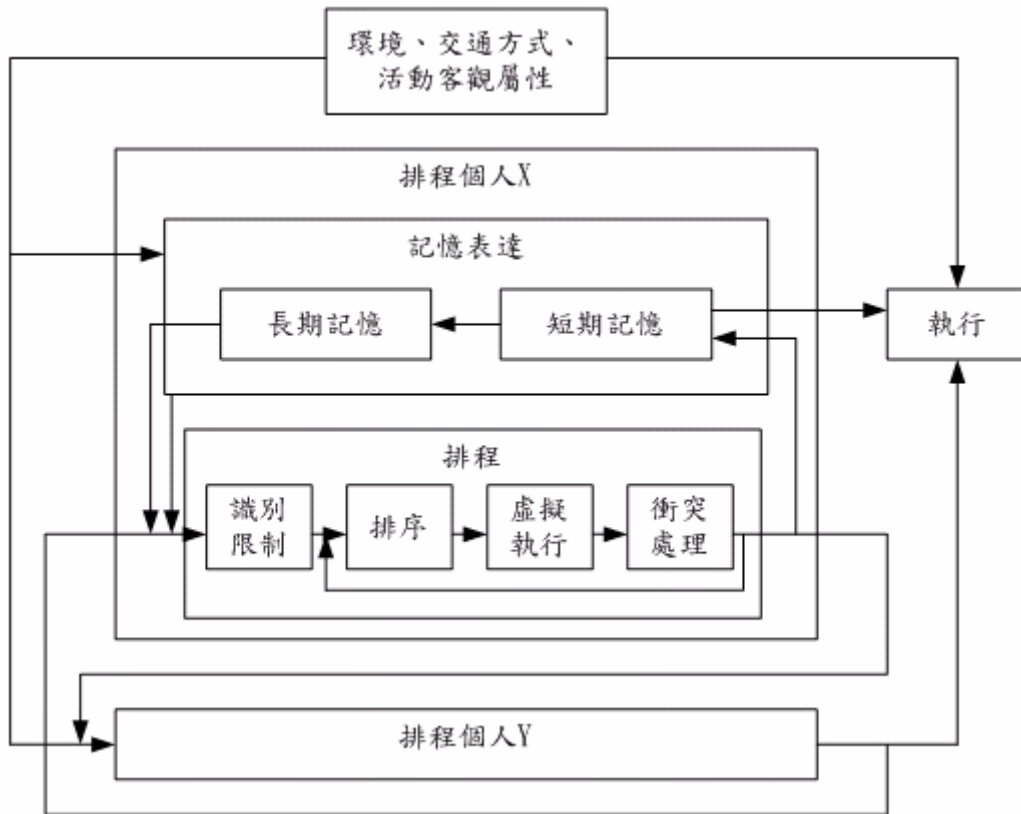


圖 6 SCHEDULER 模型活動排程架構圖

(Gärling, Brännäs, Garvill, Golledge, Gopal, Holm, and Lindberg, 1989)

(4)ALBATROSS(A learning-based transportation oriented simulation system)模型：

(Arentze, and Timmermans, 2000)

ALBATROSS 為規則基礎模型，該模型假設個人選擇行為乃基於個人與環境或他人互動過程所習得之準則。該模型將活動分為固定活動和彈性活動，其中固定活動(如工作活動)之活動參與意願、活動位置、活動期間及活動開始時間為給定，因此排程過程為將彈性活動加入活動樣式並決定彈性活動各活動屬性(包括共同參與者、活動期間、活動開始時間、活動位置、交通方式及旅行時間)之決策，該模型根據給定之活動優先性及活動屬性優先性進行各項排程決策，並將活動排程過程分為兩階段(圖 7)，分述如下：

- a. 循序決策階段：首先進行工作活動交通方式決策，隨後對各待排程彈性活動進行是否將該活動加入活動樣式決策，若要將某彈性活動加入活動樣式，則進行該活動共同參與者決策及活動期間決策，並根據指定之活動總參與時間判斷是否能從事該活動及該活動之可行活動期間。隨後根據各彈性活動優先性進行各



彈性活動開始時間決策，即根據時間範圍(如上午、中午)選擇活動開始時間所屬時間範圍，初步決定該彈性活動開始時間，若該彈性活動於所選擇時間範圍具多個可行開始時間，則選擇具最小時間空窗之開始時間以保留最大排程彈性予後續待排程彈性活動。隨後根據各彈性活動優先性進行活動間旅次連結之決策，並調整各彈性活動開始時間以插入必要之家庭活動同時符合旅次連結決策。隨後進行各旅行交通方式之決策並假設旅行過程中交通方式不發生改變。最後，根據各彈性活動可能活動地點、活動地點開放時間、旅行時間及最短活動期間，進行活動地點之決策。

b. 動態限制階段：對於循序決策階段各項決策，該模型將根據限制條件決定某特定決策之可行選項，隨後以具學習機制決策樹表達之個人經驗準則選擇決策之結果，以獲得個人活動樣式。

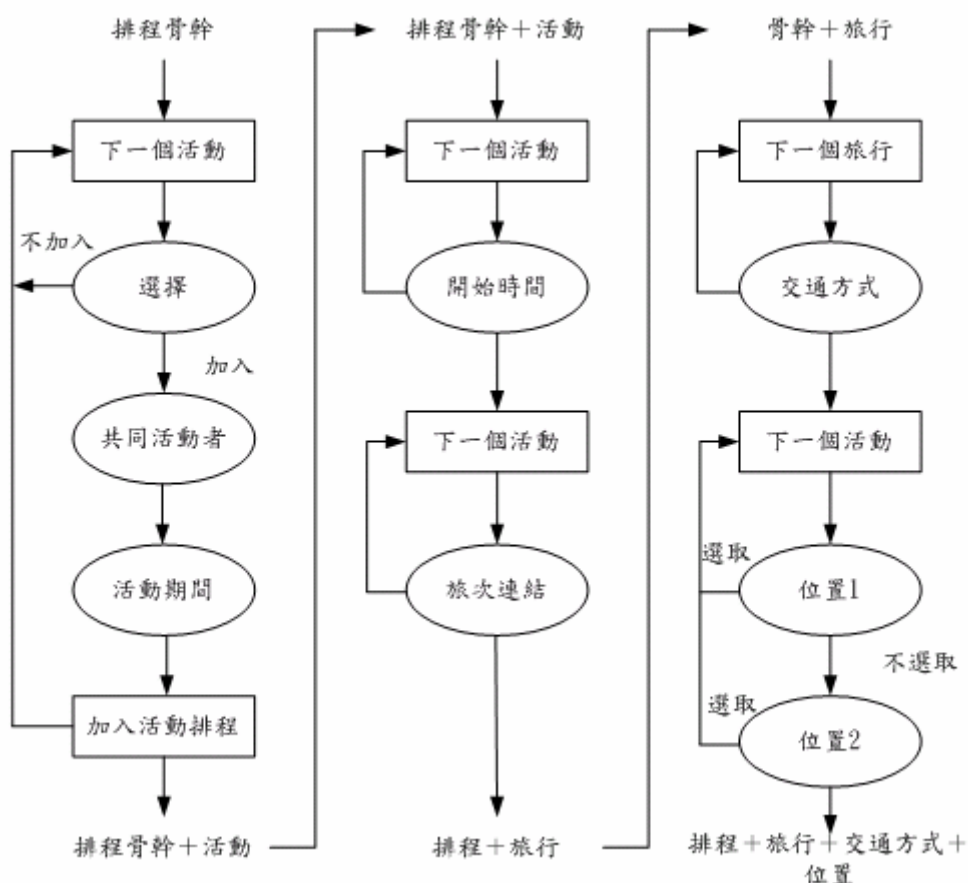


圖 7 ALBATROSS 模型活動排程架構圖(Arentze and Timmermans, 2000)

(5) SMASH(A simulation model of activity scheduling heuristics)模型：

(Ettema, Borgers, and Timmermans, 2000)

SMASH 為混和模型，結合了效用基礎理論與決策理論，該模型假設活動排程為逐步決策過程，透過重複調整活動樣式直到滿足個人需求為止，而每次調整為選擇具最大效用排程策略之過程。該模型需指定各項待排程活動之活動優先性、活動期間及可行活動地點，並假設個人可選擇四種排程決策，分述如下：

- a. 從活動計畫中選擇一項待排程活動加入活動樣式，並決定該活動之活動地點、活動開始時間及交通方式等屬性。
- b. 從目前活動樣式中刪除某已排程活動。
- c. 將目前活動樣式中某已排程活動重新排程，即重新選擇該已排程活動之活動地點、活動開始時間及交通方式等屬性。
- d. 結束活動排程。

該模型將活動排程過程分為三階段，分述如下：

- a. 排程決策選擇：使用組合演算法，尋找在符合活動順序、活動可行性限制下，除結束活動排程外各類排程決策可能之決策選項，並假設各排程決策之效用為所考量活動目前被加入、刪除、重新排程次數、總旅行時間、活動類別及總活動時間之函數，根據排程決策效用函數計算採行各排程決策之效用並選擇各類決策中具最大效用者為該類決策之候選排程決策。
- b. 排程決策類別選擇：完成選擇各類排程決策具最大效用之排程決策後，尚須選擇所要進行排程決策類別為加入活動決策、刪除活動決策、重新排程活動決策或結束排程決策，該模型假設各類排程決策之效用為目前活動樣式、排程歷程、各排程決策類別預期最大效用、總活動期間、總旅行時間及已進行排程決策次數之函數，根據排程決策類別效用函數計算各排程決策類別效用並選擇具最大效用決策類別之候選排程決策進行活動樣式之調整。
- c. 重複上述 a、b 步驟直至排程決策類別選擇為結束活動排程為止，即為最終活動樣式。

歸納上述各代表性活動基礎旅行需求模型，可將活動基礎旅行需求模型中活動排程架構以示意圖描述(圖 8)，其中外部客觀環境之反饋箭頭代表活動開始執行後，將持續根據當時環境進行重新排程及活動樣式之調整，即活動排程為一不斷進行之過程，但本研究為簡化活動排程模擬過程，假設排程過程為根據活動計

畫進行一次性活動安排得到活動樣式之過程，且該活動樣式於整個活動執行期間不發生變化。

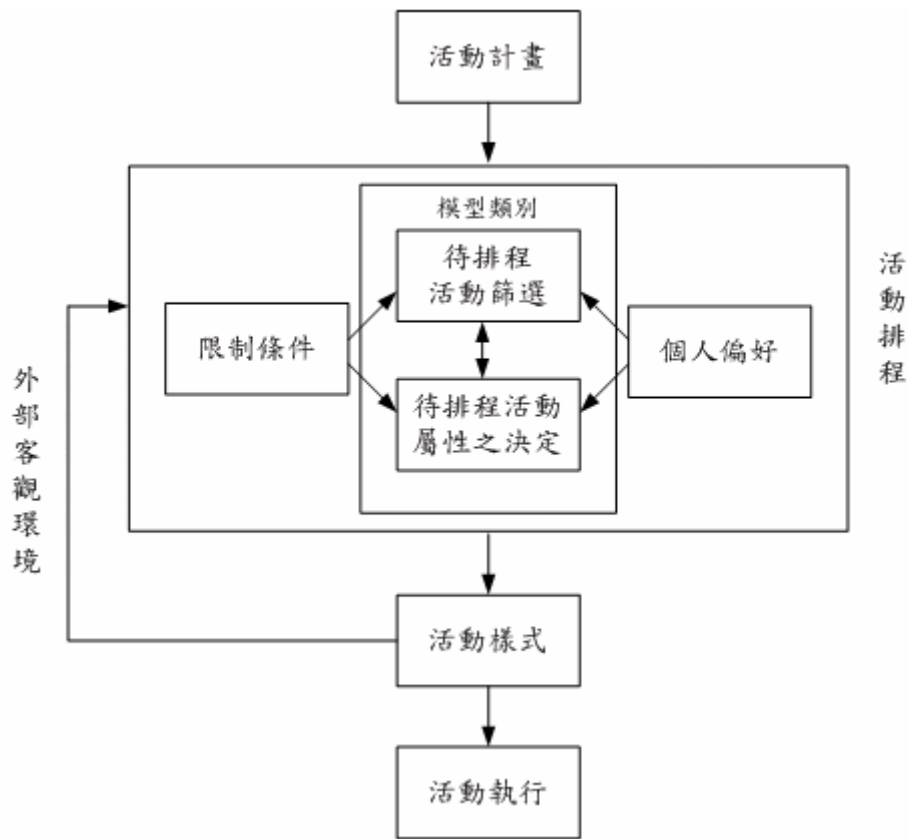


圖 8 活動基礎旅行需求模型中活動排程架構示意圖

示意圖中活動排程部分可分為待排程活動篩選及待排程活動活動屬性之決定兩部分，待排程活動篩選指由活動計畫中選擇適當之待排程活動進行活動排程，待排程活動活動屬性之決定指對所篩選待排程活動各項活動屬性中未指定者(其餘活動屬性為系統使用者已給定)賦予適當屬性值。待排程活動篩選及待排程活動活動屬性決定兩者之具體內容取決於活動基礎旅行需求模型類型，雖然不同活動基礎旅行需求模型類型具不同理論基礎，但其排程過程皆需考量限制條件(能力限制、聯合限制及授權限制)及個人偏好對排程結果之影響，以完整描述影響活動排程之因素。

經由歸納各代表性活動基礎旅行需求模型，可將活動屬性整理為活動優先性、活動地點、活動開始時間、活動期間、活動共同參與人員及參與活動所採交通方式，由於本研究僅考量位於教學館舍內部之移動行為，故所有行為人所採交

通方式皆為步行，即可忽略參與活動所採交通方式此項活動屬性。

總括而言，可將活動排程描述為在限制條件及個人偏好考量下，由活動計畫篩選適當待排程活動並決定該活動各項活動屬性(包括活動優先性、活動地點、活動開始時間、活動期間及活動共同參與人員)之過程。此結論為建置本研究活動排程模擬模式之基礎架構，據此架構分析及比較各代表性活動基礎旅行需求模型及本研究活動排程模擬模式於模型類別、活動屬性、限制條件及個人偏好四方面內容，結果如表 2，茲將各欄位內容說明如下：

(1)模型類別：指該模型所採理論基礎類型。

(2)活動優先性、活動地點、活動開始時間、活動期間及共同參與人員：指該模型考量各項活動屬性之方式，欄位內容為給定者，代表該模型假設待排程活動該項活動屬性為由系統使用者指定；欄位內容為推論者，代表該模型經由特定規則決定待排程活動該項屬性；欄位內容為機率者，代表該模型經由隨機取樣方式決定待排程活動該項屬性；欄位內容為斜線者，代表該模型不考量待排程活動該項屬性。活動開始時間欄位內容為順序→時間者，代表該模型優先決定各待排程活動之先後順序，再決定各待排程活動之活動開始時間；活動開始時間欄位內容為時間→順序者，代表該模型優先決定各待排程活動之活動開始時間，因而決定各待排程活動之先後順序。

(3)聯合限制、能力限制及授權限制：指該模型是否於活動排程過程中考量各種限制條件，其中聯合限制在此指必須由特定人員共同參與某活動之限制；能力限制在此指個人不得同時從事多項活動之限制；授權限制在此指活動必須於特定最早開始時間及最晚結束時間範圍內從事之限制。

(4)個人偏好：指該模型是否於活動排程過程中考量個人偏好，即其他條件不變下，排程結果是否因個人偏好不同而不同。

表 2 代表性活動基礎旅行需求模型及本研究活動排程模擬模式架構比較表

(本研究整理)

模型名稱	模型類別	活動優先性	活動地點	活動開始時間	活動期間	共同參與人員	聯合限制	能力限制	授權限制	個人偏好
CARLA (1983)	限制基礎	給定	給定	順序→ 時間	給定			V	V	
STARCHILD (1986)	效用基礎	給定	給定	順序→ 時間	給定	給定	V	V	V	V
SCHEDULER (1989)	規則基礎	推論	推論	時間→ 順序	給定	給定	V	V		
ALBATROSS (2000)	規則基礎	給定	推論	時間→ 順序	推論			V	V	V
SMASH(2000)	混和	推論	推論	順序→ 時間	給定			V	V	
本研究(2008)	規則基礎	給定	機率	時間→ 順序	機率			V	V	V

#### 2.2.4 活動基礎旅行需求模型優缺點比較

比較各類活動基礎旅行需求模型特徵，可將其優缺點彙整如表 3，以作為本研究活動排程模擬模式所採模型類型之基礎：

表 3 活動基礎旅行需求模型優缺點比較表(本研究整理)

限制基礎模型	優點	(1)不需使用決策準則或行為假設。
	缺點	(1)使用組合演算法產生活動樣式將導致大量可行活動樣式，需進行適當活動樣式之篩選。 (2)無篩選適當活動樣式之機制，需輔以其他篩選方法。
效用基礎模型	優點	(1)不需使用決策準則或行為假設。 (2)基於效用理論，可計算各選項選擇機率，以精確描述選擇行為。 (3)基於統計誤差理論，可使用統計方法進行模型適合度、參數顯著性等效度檢定。
	缺點	(1)使用組合演算法產生活動樣式將導致大量可行活動樣式，需進行適當活動樣式之篩選。 (2)該類模型假設個人擁有所有可行選項之資訊，且能選擇具最大效用之選項，但由於能力限制，個人排程過程乃採經驗準則產生滿意解而非採最佳化準則產生最佳解。
規則基礎模型	優點	(1)可表達個人於活動排程過程之決策行為。 (2)決策過程符合個人採經驗準則產生滿意解而非採最佳化準則產生最佳解之行為。 (3)該類模型並不考量所有可行活動樣式，而是根據經驗進行可行活動樣式之選擇，故所產生可行活動樣式選項遠少於使用組合演算法所產生可行活動樣式選項。
	缺點	(1)需使用決策準則或行為假設，以描述決策過程。 (2)無法使用統計方法進行模型適合度、參數顯著性等效度檢定。
混和模型	優點	(1)整合效用基礎模型及規則基礎模型之優點。
	缺點	(1)需使用決策準則或行為假設，以描述決策過程。 (2)僅能部分使用統計方法進行模型適合度、參數顯著性等效度檢定。

### 2.2.5 活動基礎旅行需求模型小結

參考 2.1.4 節各類活動基礎旅行需求模型之優缺點，本研究為簡化活動排程



模擬過程，避免產生大量可行活動樣式及探討複雜之效用關係，因此適合採規則基礎模型發展本研究活動排程模擬模式，以適當規則表現行為人進行活動排程之決策過程。

## 2.3 行人動力模型

根據活動基礎旅行需求模型理論，旅行需求來自於活動參與(McNally, 1996)，透過活動排程之模擬可瞭解行為人從事活動樣式，而透過行為人移動過程模擬可瞭解行為人為從事各項活動於教學館舍各空間單元間移動過程，進而瞭解行為人之移動距離、行為人進出空間單元之情形及教學館舍通道之使用情形，故需模擬行為人於教學館舍從事各項活動之移動過程，以充分瞭解教學館舍空間使用情形。底下將依序探討行人移動行為之觀察、行人動力模型類別、簡介及比較，作為模擬行為人於教學館舍移動過程之基礎。

### 2.3.1 行人移動行為觀察

Helbing 等學者將行人移動行為之觀察結果彙整如下(Helbing, Molnar, Farkas, and Bolay, 2001)：

- (1)行人移動行為為自動化行為，即行人移動行為並非經過詳細移動策略評估之結果，而是經由時間所學習經驗之結果。
- (2)儘管目標路線擁擠，行人仍通常不願意繞路或朝與目標方向相反之方向移動。
- (3)行人通常選擇可到達目標各路線中最短者。
- (4)若有兩條以上等距路線可到達目標，行人通常選擇較接近直線之路線，除非其他路線具特殊之吸引因素，如較安全、較不壅塞等。
- (5)行人傾向於依其自我期望速度移動，無論時間上寬裕或迫切。
- (6)行人會與其他行人或障礙物保持適當距離。當行人時間倉促或單位面積行人數(行人密度)增加時，此距離將減少。
- (7)若行人間彼此不認識，則停止移動之行人將平均分佈於整個可行走區域。
- (8)對行人具吸引力之區域，其行人密度較高，即行人間距離減短。
- (9)若行人團體中各成員彼此熟識，則該行人團體之移動行為將如同單一個體。

### 2.3.2 行人動力模型類別

行人動力模型可分為流體基礎模型、細胞自動機基礎模型及粒子基礎模型三類，分述如下(Leggett, 2004)：

(1)流體基礎模型：該類模型基於巨觀觀點觀察中高密度人群，發現人群移動行為為類似於流體流動，因而可根據流體力學之物理法則建立人群移動模型，該類模型以偏微分方程式(如 Boltzmann 方程式)描述行人密度、平均速度隨時間之變化關係，進而探討人群移動行為與流體方程式參數之關聯。Helbing 等學者將人群移動與流體移動相似之處彙整如下(Helbing, Molnar, Farkas, and Bolay, 2001)：

- a. 雪地上之人群足跡類似於流體流線。
- b. 於以相反方向移動人群之交界處，可觀察到類似於將水注入高黏性液體時，水將以許多細小分枝方式流動之黏性指進(viscous fingering)現象。
- c. 當動態人群經過靜態人群時，動態人群將以類似於液體流動之方式移動。
- d. 高密度人群中行人向前推擠之行為，類似於流體中波之傳遞。

(2)細胞自動機基礎模型：該類模型基於微觀觀點觀察行人移動行為，以具狀態值(被佔據狀態或未被佔據狀態)之均勻離散網格表達空間，以佔據網格之實體(自動機)表達行人，並以網格被實體佔據狀態之改變表達行人移動行為，該類模型於各模擬時間單位，將根據網格與相鄰網格之互動規則更新各網格狀態，即各網格更新後狀態為該網格目前狀態與相鄰網格目前狀態之函數。在延伸之細胞自動機基礎模型中，各網格更新後狀態可為該網格目前狀態與相鄰網格及遠處網格目前狀態之函數。

(3)粒子基礎模型：該類模型基於微觀觀點觀察行人移動過程，將行人視為個別粒子，並根據物理力學或行為準則建立行人間互動關聯。

### 2.3.3 行人動力模型簡介與整理

對於上述各行人動力模型類別，本小節將介紹其代表性模型，並分析各類模型優缺點，作為建置行為人移動過程模擬模式之參考：

(1)Henderson 行人動力模型(Henderson, 1974)

Henderson 行人動力模型為流體基礎模型，該模型根據流體力學關係式描述人群通過不同寬度通道及具障礙物通道之情形，即根據質量守恆、動量守恆及能



量守恆之流體現象推導人群流量、通道寬度、密度及平均速度之關係，並認為人群移動行為應視為自由粒子流(流動情形受流體粒子與物體表面碰撞之影響遠大於受流體粒子間碰撞之影響，且流體於流道邊界可發生滑動)而非連續流(流動情形受流體粒子間碰撞之影響遠大於受流體粒子與物體表面碰撞之影響，且流體於流道邊界不發生滑動)。

## (2) CA-Ped 行人動力模型(Blue and Adler, 2001)

CA-Ped 行人動力模型為細胞自動機基礎模型，該模型以網格狀態及自動機位置之改變描述朝相反方向移動行人之移動過程，並根據下列規則於各模擬時間單位更新各行人位置：

- a. 計算各行人於目前所在走道及左側、右側走道之可行走距離，即觀察所處理行人目前所在網格及其左側、右側未被佔據網格前方八網格範圍內最接近之行人，若最接近行人之移動方向與所處理行人之移動方向相同，則將參數 $gap_{same}$ 設定為最接近行人與所處理行人間距離所包含網格數；若最接近行人之移動方向與所計算行人之移動方向相反，則將參數 $gap_{opp}$ 設定為最接近行人與所處理行人間距離所包含網格數\*0.5；最後將所處理行人於各走道之可行走距離設定為該行人於各走道 $gap_{same}$ 、 $gap_{opp}$ 及該行人期望移動速率中最小者。
- b. 將所處理行人移動至目前所在走道及其左側、右側走道中具最大可行走距離之走道，若存在多個走道同時具最大可行走距離，則以隨機方式選擇所處理行人所行走走道。若所處理行人改變走道後與其他行人發生位置衝突，則以隨機方式決定哪位行人可佔用該衝突網格。
- c. 將所處理行人之移動速率設定為該行人於所選擇走道之可行走距離，若所處理行人於所選擇走道之可行走距離為0或1且該行人前方最接近行人之移動方向與該行人相反，則根據指定之位置交換機率 $p_{exchange}$ 以隨機方式決定此兩行人是否發生位置交換，若取樣結果為發生位置交換，則將所計算行人之前進速率設定為可行走距離+1，並交換此兩行人位置，否則將所計算行人之前進速率設定為0，並維持此兩行人目前所在位置。
- d. 根據所計算行人之前進速率將行人向前移動，並根據上述規則於各模擬時間單位計算及更新各行人位置。

CA-Ped 行人動力模型變換走道規則之範例如圖 9 所示：行人 1 之左側、右側走道皆為可行走走道，且行人 1 於目前所在走道之可行走距離(1)大於於左側、

右側走道之可行走距離(皆為 0)，故行人 1 將選擇目前所在走道。行人 4 之左側、右側走道皆為可行走。行人 6 僅左側走道為可行走走道。若行人 4 與行人 6 於共同可行走網格(斜線處)發生位置衝突，則以隨機方式決定哪位行人可佔用該衝突網格，若行人 6 可佔用該衝突網格，則行人 4 僅能選擇於目前所在走道或於左側走道行走，因行人 4 於左側走道之可行走距離(3)較於目前走道之可行走距離(0)大，故行人 4 將選擇左側走道(即移動至 4' 位置)。行人 7 僅能選擇目前所在走道。

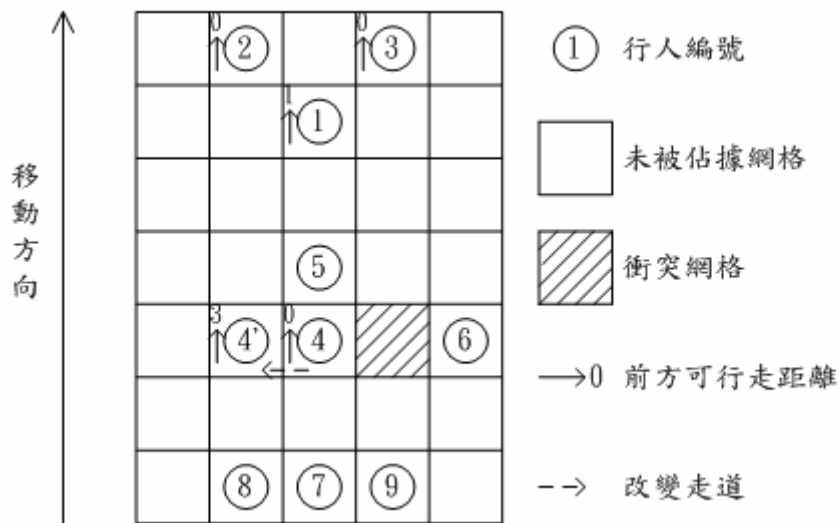


圖 9 CA-Ped 行人動力模型變換走道規則範例(Blue and Adler, 2001)

### (3) Hao 等學者之行人動力模型(Hao, Herui, Xiaoming, and Chunfu, 2007)

Hao 等學者之行人動力模型為細胞自動機基礎模型，以網格狀態及自動機位置之改變描述行人移動過程，該模型假設行人透過評估其可移動範圍(與所處理行人相鄰之八個網格及該行人目前所處網格)內任一網格對該行人之吸引力程度決定該行人所選擇移動方向，若所評估網格對所處理行人之吸引力愈大，則所處理行人移動至該網格之機率亦愈大。該模型以四項範圍為 1~-1 之動態參數：方向參數、佔用參數、前進參數及類別參數描述所評估網格對所處理行人之吸引力程度，茲將此四項動態參數描述如下：

- 方向參數：描述所評估網格考量所處理行人與移動目標距離時，所評估網格對所處理行人之吸引力程度。因行人期望以最短路徑移動至移動目標，故距移動目標愈近之網格，其方向參數愈接近於 1。
- 佔用參數：描述所評估網格考量該網格被佔用狀態時，所評估網格對所處理行

- 人之吸引力程度。因已被其他行人佔用之相鄰網格將對所處理行人產生強烈排斥力，故行人於移動過程中傾向於選擇未被他人佔用之網格，即未被其他行人佔用之網格，其佔用參數為 1，而已被其他行人佔用之網格，其佔用參數為-1。
- c. 前進參數：描述所評估網格考量其他行人佔用空間情形時，所評估網格對所處理行人之吸引力程度。因行人傾向於朝視野範圍內具較多未被佔用空間之方向前進，以避免遭遇擁擠，故於所評估網格特定範圍內具較多未被其他行人佔用網格者，其前進參數愈接近於 1。該模型將所評估網格前方五網格長，左右二網格寬之範圍定義為視野範圍，並將前進參數定義為所評估網格視野範圍內未被佔用網格數占視野範圍內所有網格數之百分比。
- d. 類別參數：描述所評估網格考量其他行人移動方向時，所評估網格對所處理行人之吸引力程度。因行人傾向於以團體方式移動，以減少需閃避對向行人之情形，故於所評估網格特定範圍內具較多與所處理行人相同移動方向行人之網格，其類別參數愈接近於 1。該模型將所評估網格前後二網格長，左右二網格寬之範圍定義為周邊範圍，並將類別參數定義為所評估網格周邊範圍內(與所處理行人同方向行人數 + 未被佔用網格數 - 與所處理行人不同方向行人數)之值占所有周邊範圍內網格數之百分比。

Hao 等學者之行人動力模型根據下列規則於各模擬時間單位更新各行人位置：

- a. 行人於各模擬時間單位僅能選擇停留於目前網格或移動至相鄰八網格中任一網格。
- b. 根據所處理行人移動方向決定各待評估網格之視野範圍、周邊範圍，並計算各待評估網格之方向參數、佔用參數、前進參數及類別參數。
- c. 根據下式計算所處理行人其可移動範圍內各網格對該行人之總吸引力：

$$P_{ij} = D_{ij} + E_{ij} + F_{ij} + C_{ij}$$

其中： $P_{ij}$  為所處理行人可移動範圍內網格  $(i, j)$  對所處理行人之總吸引力， $D_{ij}$  為網格  $(i, j)$  對所處理行人之方向參數， $E_{ij}$  為網格  $(i, j)$  對所處理行人之佔用參數， $F_{ij}$  為網格  $(i, j)$  對所處理行人之前進參數， $C_{ij}$  為網格  $(i, j)$  對所處理行人之類別參數

d. 將行人移動至具最大吸引力之網格，若有兩個以上網格同時具最大吸引力，則以隨機方式選擇其中一網格並將所處理行人移動至該網格。

e. 若發生兩位以上行人佔用同一網格之衝突，則以隨機方式決定哪位行人可佔用該網格，其他行人則維持目前所處位置不進行移動。

f. 僅當兩位行人同時移動至對方目前所佔用網格時，才能發生位置交換之情形。

此外，Hao 等學者之行人動力模型將方向參數、佔用參數視為短期吸引力，將前進參數、類別參數視為長期吸引力，並假設所處理行人之移動行為受網格不同類型吸引力之影響程度可以不同之權重表達，故可將網格  $(i, j)$  對所處理行人之總體吸引力  $P_{ij}$  描述如下：

人之總體吸引力  $P_{ij}$  描述如下：

$$P_{ij} = \alpha(D_{ij} + E_{ij}) + \beta(F_{ij} + C_{ij})$$

其中： $\alpha$ 、 $\beta$  為所處理行人受所評估網格短期吸引力、長期吸引力影響之權重，

且  $\alpha + \beta = 1$

#### (4) 社會力模型(Helbing and Molnar, 1995)

社會力模型為粒子基礎模型，該模型假設行人移動行為受移動目標所產生驅動力、陌生行人所產生排斥力、邊界和障礙物所產生排斥力、特定地點所產生吸引力、團體中其他行人所產生吸引力及個人行為所產生作用力六項社會力之影響，茲將社會力模型中各項社會力顯示於圖 10 並分述如下：

a. 移動目標所產生驅動力  $\vec{f}_\alpha^0$ ：移動目標所產生驅動力描述行人  $\alpha$  以其期望速度向移動目標前進之推動力。

b. 陌生行人所產生排斥力  $\vec{f}_{\alpha\beta}$ ：陌生行人所產生排斥力描述行人  $\alpha$  會根據行人密度與期望速度而與其他陌生行人  $\beta$  保持一段距離之行為，當行人與陌生行人間距離愈短，則該排斥力愈大，隨著距離增加，該排斥力將逐漸減小至 0。

c. 邊界和障礙物所產生排斥力  $\vec{f}_{ab}$ ：邊界和障礙物所產生排斥力描述行人  $\alpha$  會與邊界或障礙物  $b$  保持一段距離之行為，當行人與邊界或障礙物距離愈短，

則該排斥力愈大，隨著距離增加，該排斥力將逐漸減小至 0。

d. 特定地點所產生吸引力  $\vec{f}_{\alpha i}$ ：特定地點所產生吸引力描述行人  $\alpha$  受特定地點（如展售櫥窗）吸引而向該地點移動之行為，該吸引力為時間之函數，隨著時間增加，該吸引力將逐漸減少至 0。

e. 團體中其他行人所產生吸引力  $\vec{f}_{\alpha\beta'}$ ：團體中其他行人所產生吸引力描述團體行人於移動過程中各行人相互聚集以維持團體之行為。

f. 個人行為所產生作用力  $\xi$ ：個人行為所產生作用力描述各行人擁有其個人偏好行為，無法以上述準則完全描述，故以該作用力描述個人隨機行為。

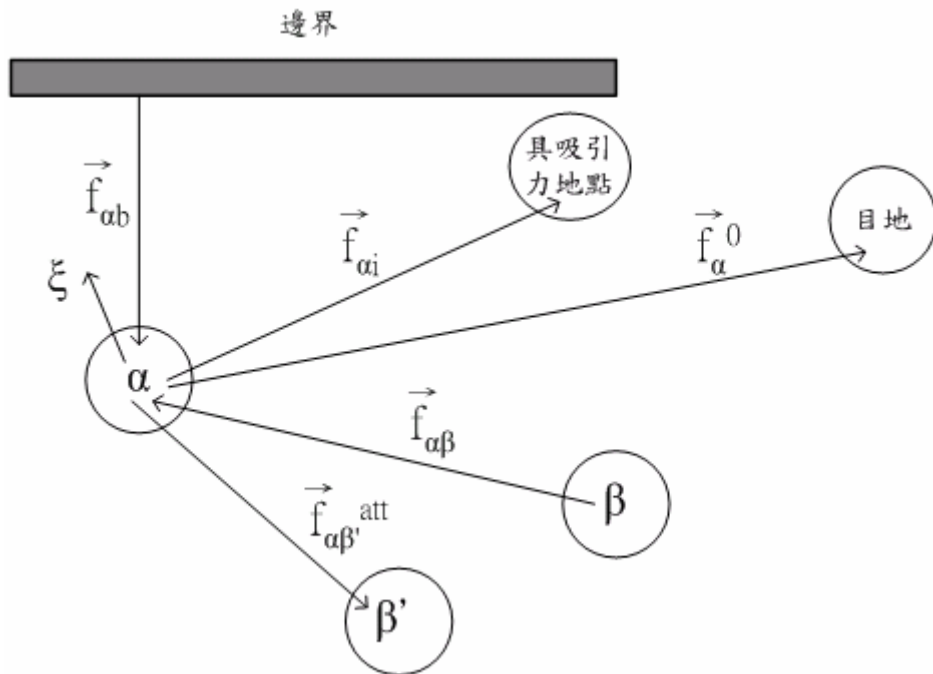


圖 10 社會力模型示意圖(Helbing and Molnar, 1995)

社會力模型將行人移動行為視為各項社會力共同作用之結果，即可以下式描述行人之移動過程：

$$\frac{d\vec{v}_{\alpha}(t)}{dt} = \vec{f}_{\alpha}^0 + \sum_{\beta} \vec{f}_{\alpha\beta} + \sum_b \vec{f}_{ab} + \sum_i \vec{f}_{\alpha i} + \sum_{\beta'} \vec{f}_{\alpha\beta'} + \xi$$

其中： $\vec{v}_{\alpha}(t)$  為行人  $\alpha$  於  $t$  時之真實移動速度



(5)磁力模型(Okasaki and Matsushita, 1993)

磁力模型為粒子基礎模型，該模型以磁性物質於磁場中移動方式模擬行人移動過程。該模型將各行人及障礙物(如牆壁、柱子)視為正極，將行人移動目標視為負極，因此行人將受負極吸引力及正極排斥力之作用而向目標移動同時避免與其他行人或障礙物發生碰撞。該模型根據 Coulomb 定律描述移動目標、其他行人及障礙物對所處理行人所產生磁力，其關係式以下所示：

$$\vec{F} = \frac{K \times q_1 \times q_2 \times \vec{r}}{r^3}$$

其中： $\vec{F}$  為所產生磁力， $K$  為常數， $q_1$  為行人磁極強度， $q_2$  為特定磁極強度， $\vec{r}$  為行人位置至特定磁極位置連線向量， $r$  為向量  $\vec{r}$  長度。

上式中若  $q_1$  與  $q_2$  同號，則兩磁極間產生排斥力，若  $q_1$  與  $q_2$  異號，則兩磁極間產生吸引力。此外，該模型以圖 11 及下式描述當行人即將與他人發生碰撞時，兩行人間所產生之側向加速度，此側向加速度將導致雙方移動方向之改變，進而避免兩行人間發生碰撞：

$$\vec{a} = \vec{VA} \times \cos(\alpha) \times \tan(\beta)$$

其中： $\vec{a}$  為行人 B 對行人 A 之側向加速度，該側向加速度將使行人 A 與行人 B 之相對速度方向由  $\vec{RV}$  方向改變為  $\vec{AC}$  方向， $\vec{AC}$  為通過行人 A 位置且與行人 B 所佔空間(磁力模型將此空間定義為半徑 60 公分圓)相切之向量， $\vec{VA}$  為行人 A 之速度， $\vec{VB}$  為行人 B 之速度， $\vec{RV}$  為行人 A 對行人 B 之相對速度， $\alpha$  為  $\vec{RV}$  與  $\vec{VA}$  夾角， $\beta$  為  $\vec{RV}$  與  $\vec{AC}$  夾角



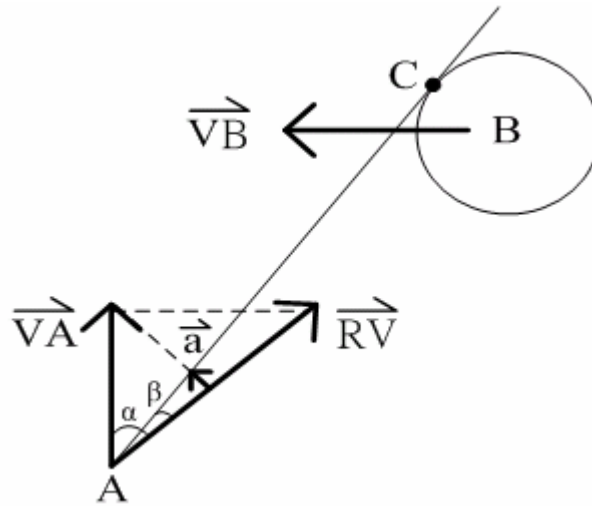


圖 11 磁力模型避免行人碰撞之側向加速度示意圖

(Okasaki and Matsushita, 1993)

磁力模型將行人移動行為視為移動目標、牆壁、及其他行人對所處理行人所產生磁力共同作用之結果。

歸納上述各代表性行人動力模型，可將行人動力模型架構以示意圖(圖 12)描述，即行人動力模型為採特定空間描述方式，於各模擬時間單位選擇行人移動速度(包括移動方向及移動速率)並根據更新規則移動行人所處位置，直至行人到達移動目標為止之過程，其中移動速度選擇方式之具體內容取決於行人動力模型類型，雖然不同行人動力模型類型具不同之移動速度選擇方式，但其選擇過程皆需考量行人受移動目標影響方式、行人受環境影響方式、行人受其他行人影響方式及個人偏好對行人移動速度選擇之影響，以完整描述影響行人移動速度選擇之因素。選擇行人移動速度後，根據更新規則改變行人所處位置，隨後重複進行行人移動速度選擇及位置更新過程，直至到達行人移動目標為止，即為所模擬行人之移動軌跡。

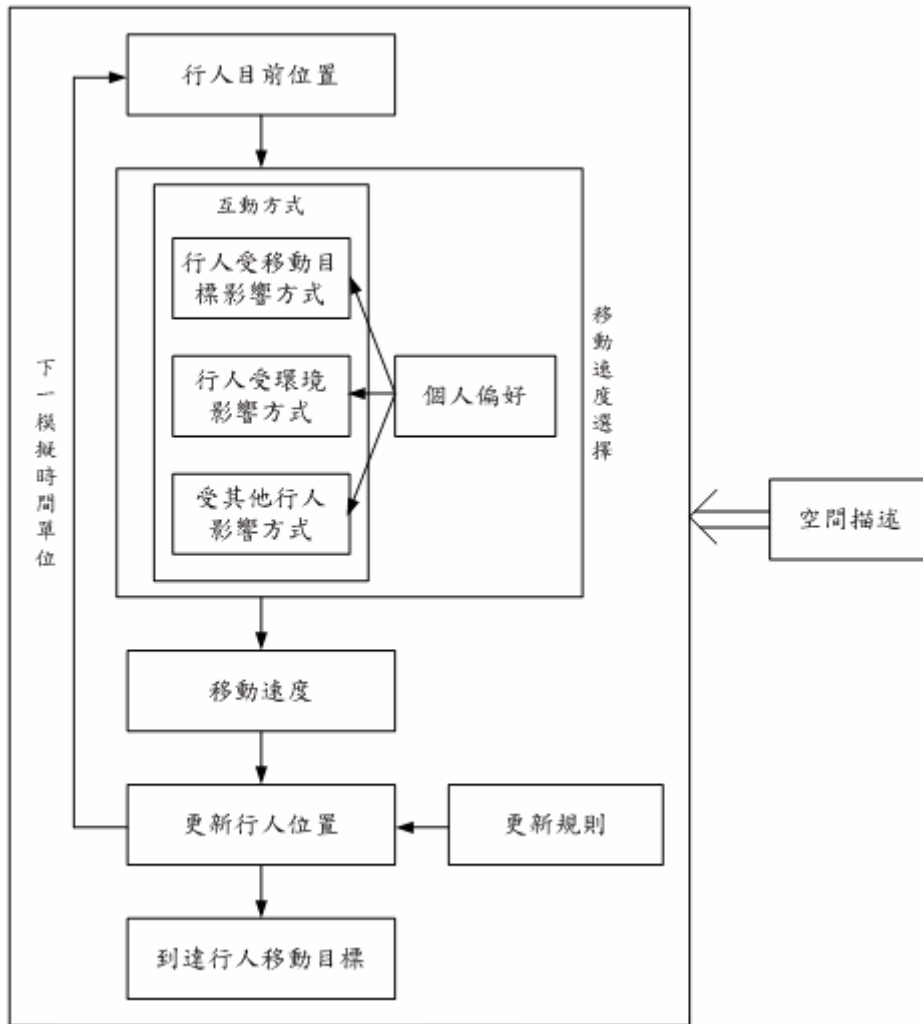


圖 12 行人動力模型架構示意圖

總括而言，行人動力模型為採特定空間描述方式，於各模擬時間單位選擇行人適當移動速度(包括移動方向及移動速率)並根據更新規則移動行人所處位置，直至行人到達移動目標為止之過程，其主要架構可分為空間描述、移動速度選擇及更新規則三部分，據此架構分析及比較各代表性行人動力模型及本研究行人動力模擬模式之內容，結果如表 4，茲將各欄位內容說明如下：

- (1)模型類別：指該模型所採理論基礎類型。
- (2)空間描述：指該模型描述空間之方式，空間描述欄位內容為連續空間者，代表該模型中行人可於可移動空間範圍內任意移動；空間描述欄位內容為離散網格者，代表該模型中行人僅可於有限網格間移動。
- (3)行人受移動目標影響方式、行人受環境影響方式及行人受其他行人影響方式：指該模型描述行人其移動過程受移動目標、環境及其他行人影響之方式，

欄位內容為斜線者，代表該模型不考量該項因素對行人移動過程之影響。

(4)個人偏好：指該模型描述行人移動過程受個人偏好影響之方式，欄位內容為斜線者，代表該模型不考量個人偏好對行人移動過程之影響。

表 4 代表性行人動力模型及本研究移動過程模擬模式架構比較表(本研究整理)

模型名稱	模型類別	空間描述	行人受移動目標影響方式	行人與環境互動方式	行人間互動方式	個人偏好
Henderson 行人動力模型(1974)	流體基礎	連續空間				
CA-Ped 行人動力模型(2001)	細胞自動機基礎	離散網格			變換走道	
Hao 等學者之行人動力模型(2007)	細胞自動機基礎	離散網格	方向參數		佔用參數、前進參數、類別參數	行人受各項因素影響之權重
社會力模型(1995)	粒子基礎	連續空間	移動目標所產生驅動力	邊界和障礙物所產生排斥力、特定地點所產生吸引力	陌生行人所產生排斥力、團體中其他行人所產生吸引力	隨機作用力
磁力模型(1993)	粒子基礎	連續空間	移動目標磁極所產生吸引力	障礙物磁極所產生排斥力	相斥磁極所產生排斥力、避免發生碰撞之側向磁力	
本研究(2008)	細胞自動機基礎	離散網格	方向參數、期望移動速率	環境參數	前進參數、類別參數	行人受各項互動影響權重

### 2.3.4 行人動力模型優缺點比較

比較各類行人動力模型特徵，可將其優缺點彙整於表 5，以作為本研究移動過程模擬模式所採模型類型之基礎：

表 5 行人動力模型優缺點比較表(本研究整理)

流體力學基礎模型	優點	(1)符合以巨觀觀點觀察人群移動之結果。 (2)透過觀察結果探討各可能因子之影響程度，可用統計方法對模型參數進行檢定。
	缺點	(1)流體動力學方程式缺乏彈性。 (2)需求解微分方程式，其過程非常複雜。 (3)以巨觀觀點描述人群移動現象，忽略個別行人間之互動關係。
網格自動機基礎模型	優點	(1)以離散之時間、空間描述行人移動過程，計算效率佳。 (2)考量個別行人間之互動關係。 (3)根據行為準則表達個體間之互動，不需處理複雜之函數。
	缺點	(1)因採行為準則表達個體間之互動，故無法使用統計方法對模型參數進行檢定。 (2)以離散之時間、空間描述行人移動過程，故無法精確表達行人行為。
粒子基礎模型	優點	(1)以連續之時間、空間描述行人移動過程，故可精確表達行人行為。 (2)考量個別行人間之互動行為。 (3)以函數描述個體間之互動，可彈性地表達行人行為。
	缺點	(1)需處理大量函數，以瞭解個體間互動之結果，過程繁瑣且計算效率不佳。 (2)因採物理準則表達個體間之互動，故無法使用統計方法對模型參數進行檢定。

### 2.3.5 行人動力模型小結

參考 2.2.4 節各類行人動力模型之優缺點，本研究為表達個別行人間之互動關係並簡化移動行為模擬過程，避免大量函數之計算，因此適合採網格自動機基

礎模型發展本研究移動過程模擬模式，並以適當更新規則描述行為人於教學館舍內部從事各活動之移動過程。

## 2.4 視覺化理論

為協助使用者理解行為人於教學館舍從事各項活動之移動過程，進而分析教學館舍空間使用情形，本研究透過探討視覺化之定義、類型、技術與準則，並於模擬過程加入適當之視覺化元素，協助使用者認知及掌握模擬過程及模擬結果之各項資料。

### 2.4.1 視覺化定義

Card 等學者將視覺化定義為使用電腦輔助且具互動性之資料視覺表達，目的為增強人類認知，即透過增進使用者記憶、處理有關資料及減少資訊搜尋，以達成強化人類認知目的之方法(Card, Mackinlay, and Shneiderman, 1999)。Bederson 等學者認為視覺化可改善使用者使用電腦之經驗，且視覺化表達為解決大多數問題之最佳方法(Bederson and Shneiderman, 2003)。總括而言，視覺化為透過電腦輔助以視覺形式表達物理資料或抽象資料，以強化人類認知進而輔助決策進行或問題解決之方法；即視覺化不止是透過不同視覺屬性(如形狀、顏色等)將原始資料轉換為視覺形式，亦包含透過視覺感受將該視覺形式轉換為人類認知之過程。

### 2.4.2 視覺化類型

Luras 認為視覺化可根據原始資料類型分為科學視覺化與資訊視覺化，科學視覺化表達具直接空間對應之物理資料，如地形圖、氣象圖；資訊視覺化表達不具明顯空間對應之抽象資料，如財經走勢圖(Luras, 2005)。因資訊視覺化缺乏直接空間對應，需考量如何將不具直接空間對應之抽象資料對應至有效率之視覺形式，故較科學視覺化複雜。

### 2.4.3 視覺化技術分類

Wenzel 認為視覺化技術可根據圖形觀點以下列八屬性進行分類，並將各屬性之屬性值列於表 6(Wenzel, Bernhard, and Jessen, 2003)：

- (1)圖形維度：指視覺化技術所呈現空間維度，包括 1D、2D、2.5D 及 3D。
- (2)圖形表示：指視覺化技術所使用表達方式，包括符號(如文字符號、抽象符號)、

圖示(如表達各種運動之象形圖形)及接近真實圖形(如以接近照片之圖形表達建築物)。

- (3)顯示格式：指視覺化技術呈現資料之格式，包括文字(由有限字元組成)、表格(經結構化安排之文字)、簡圖(經結構化安排之文字、符號或圖示，如長條圖)、圖片、虛擬 3D 世界(可供使用者觀察之 3D 環境)及虛擬實境(具虛擬物件及場景可供使用者操作之 3D 環境)。
- (4)圖形幾何尺度：包括無幾何尺度(未牽涉幾何系統)、線性尺度(使用一般座標軸)、對數尺度(使用對數座標軸)、指數尺度(使用指數座標軸)及分類尺度(不根據數值而根據類別分割之座標軸)。
- (5)幾何投影方式：指視覺化技術所使用將物件由  $n$  維空間變換至較低維度空間之方式，包括無幾何投影(不需進行幾何投影)、垂直投影(投影中心位於無窮遠處之投影)、斜投影(投影中心位於無窮遠處，且投影線與投影平面不垂直之投影)及透視投影(投影中心距投影平面有限距離之投影)。
- (6)圖形時間維度：指視覺化技術所呈現圖形如何隨時間改變而發生變化，包括無時間維度(靜態圖形)、離散時間維度(所呈現圖形僅於離散時間點發生變化)及連續時間維度(所呈現圖形隨時間持續發生變化)。
- (7)圖形時間順序：指視覺化技術所呈現單一圖形或一系列圖形之時間順序，包括固定圖形(僅呈現單一圖形)、非循序圖形(非循序地呈現一系列圖形)及循序圖形(循序地呈現一系列圖形)。
- (8)圖形互動性：指視覺化技術所呈現圖形提供使用者操作之程度，包括無互動(僅能觀察所呈現圖形)、可操作圖形呈現流程(如開始-停止按鈕)、可操作觀察視野(如可縮放觀察視野)、可於特定範圍內進行特定操作(如於廠商所建置模擬系統內進行所允許各項操作)及完全互動(可與整個虛擬世界進行各項操作)。



表 6 視覺化技術分類表(Wenzel, Bernhard, and Jessen, 2003)

分類屬性	內容					
圖形維度	1D	2D	2.5D	3D		
圖形表示	文字符號	抽象符號	象形圖示	接近真實圖示	接近真實圖形	
顯示格式	文字	表格	簡圖	圖片	虛擬 3D 世界	虛擬實境
圖形幾何尺度	無幾何尺度	線性尺度	對數尺度	指數尺度	分類尺度	
幾何投影方式	無幾何投影	垂直投影	斜投影	透視投影		
圖形時間維度	無時間維度	離散時間維度	連續時間維度			
圖形時間順序	固定圖形	非循序圖形	循序圖形—慢動作	循序圖形—正常	循序圖形—快動作	
圖形互動性	無互動	可操作圖形呈現流程	可操作觀察視野	可於特定範圍內進行特定操作	完全互動	

各視覺化技術皆有其表達能力與限制，如 3D 動畫可表達大量動態資訊，卻無法表達統計特徵值，反之，統計圖表可表達重要特徵值，卻無法表達動態行為過程，因此透過上述視覺化技術屬性，根據需求選擇適當視覺化表達方式為提高視覺化效果之重要步驟，本研究將於下一小節回顧進行有效視覺化之準則。

#### 2.4.4 視覺化準則

Luras 將進行有效視覺化表達之準則彙整如下(Luras, 2005)：

- (1)最大化資料／墨水比：資料／墨水比指圖形所使用墨水中用以描述資料部分佔全部所使用墨水之百分比，資料／墨水比代表圖形真正包含之資訊量，透過刪除與資料無關或多餘之視覺表達以最大化資料／墨水比，能讓使用者將注意力集中於所描述資料，進而提高視覺化效率。
- (2)簡化視覺化表達：簡化視覺化表達指透過一致、精簡且適當之方式表達資料，可讓使用者迅速掌握視覺化資料之意涵，可透過僅表達資料本質、探勘資料規

則及合併資料等方法達成以最簡單方式表達最多意義之目的。

(3)視覺化屬性之正確組織：視覺化屬性之組織指所呈現圖形大小、位置及比例等視覺化屬性之關聯。視覺化屬性之正確組織影響使用者對視覺化所表達資料之立即感知與視覺體驗，適當之視覺化屬性組織可給予使用者清楚且協調之視覺感受。

視覺化設計者必須根據任務需求選擇適當之視覺化準則，以協助使用者有效進行決策或解決問題，如有些情況需詳細表達各項資訊，有些情況需簡化表達資訊以提供使用者掌握整體概觀，本研究將根據上述準則擬定適當之視覺化方式，以協助系統使用者有效掌握教學館舍空間使用情形。



### 第三章 教學館舍行為人移動過程模擬模式

根據活動基礎需求模型理論，旅行需求來自於活動參與(McNally, 1996)，故本研究首先透過活動排程模擬模式瞭解行為人於教學館舍從事活動之情形，隨後透過行為人移動過程模擬模式瞭解行為人為從事各項活動於教學館舍各空間單元間移動過程，根據行為人移動過程模擬結果統計各行為人移動情形及各空間單元人員進出情形，以瞭解教學館舍各空間單元使用情形，作為評估教學館舍空間使用效率或擬定空間使用調整策略之基礎。

本章首先描述本研究模擬模式之整體架構，並依序探討各部分考量因素及處理機制，以逐步建置本研究模擬模式。

#### 3.1 整體架構

教學館舍行為人移動過程模擬模式之整體架構如圖 13 所示，可分為基本描述方式、使用者輸入、活動排程模擬、移動過程模擬及模擬結果輸出五部分，分別說明如下：

- (1)基本描述方式：透過適當之建築物空間描述方式、活動描述方式、行為人類別從事活動行為描述方式及行為人類別移動行為描述方式，可彈性地表達建築物內部單元(如空間單元、樓梯單元)、活動屬性(如活動期間、活動地點)、行為人類別從事活動行為(如從事活動意願、對於所從事活動之到達時間)及行為人類別移動行為(如於移動過程中傾向於與其他行人保持距離之行為)，讓系統使用者便於嘗試使用不同建築物內部單元配置、不同活動屬性或具不同行為之行為人進行教學館舍行為人移動過程模擬，以瞭解各項改變對行為人移動過程及教學館舍空間使用情形之影響，進而協助系統使用者選擇最佳之空間使用調整策略。
- (2)使用者輸入：根據建築物空間描述方式，使用者可描述教學館舍內部各空間單元之配置情形；根據活動描述方式及行為人類別從事活動行為描述方式，使用者可描述各類別行為人所可能從事活動及從事各活動之行為，即各行為人類別之活動計畫(特定人員於特定時間範圍內所欲從事之一系列活動，其中各活動之活動屬性尚未決定)；根據行為人類別移動行為描述方式，使用者可描述各類別行為人之移動行為特性。

- (3)活動排程模擬：根據教學館舍內部單元之配置情形及行為人類別之活動計畫，透過活動排程模擬模式模擬各行為人之活動排程過程，可得到各行為人之活動樣式(特定人員於特定時間範圍內所從事一系列有序活動，其中各活動之活動屬性已決定)。
- (4)移動過程模擬：行為人為執行其活動樣式，必須於教學館舍不同空間單元間進行移動，根據 2.3.3 小節可知影響行為人移動過程之客觀因素包括移動目標、環境及其他行為人，且不同類別行為人受相同客觀因素之影響程度亦可能不同，根據各行為人類別之移動行為及移動過程模擬模式模擬各行為人之移動過程，可得到各行為人之移動軌跡，以作為統計空間使用情形之資料來源。
- (5)模擬結果輸出：完成模擬後，將模擬結果以適當之統計形式輸出，以協助使用者進行空間使用調整決策。

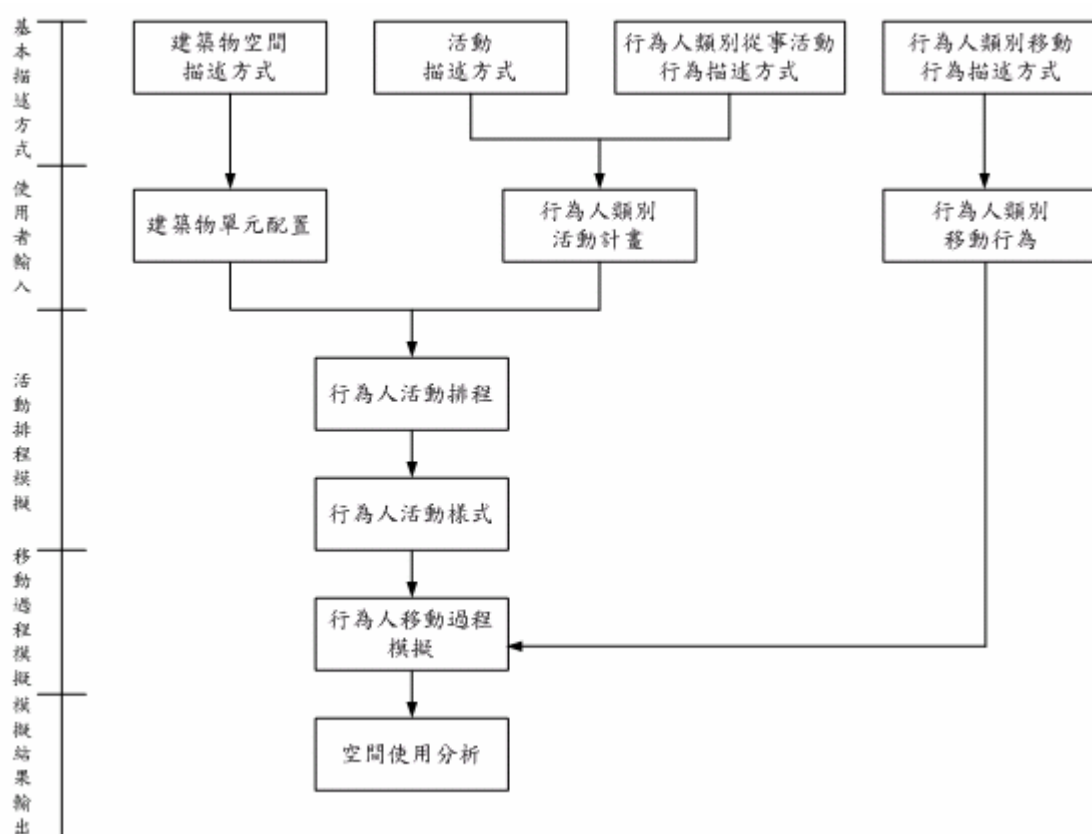


圖 13 教學館舍行為人移動過程模擬模式整體架構

以下章節將依序探討整體架構中各區塊之考量因素及處理機制。

### 3.2 建築物空間描述方式

空間描述方式可根據所描述空間之連續性程度區分為連續空間描述方式、網格空間描述方式及網路空間描述方式。連續空間描述方式不將空間進行任何離散處理，故建築物內部單元可位於任意位置，且行人由特定起點移動至特定終點之路徑具無限多種可能；網格空間描述方式以固定尺寸之離散網格覆蓋建築物內部空間，一個網格僅能被一個建築物內部單元或一位行為人佔用，且行為人之移動過程為在相鄰網格間進行跳躍動作；網路空間描述方式以節點表達建築物內部單元或行為人所處位置，以連線表達行為人可移動通道，以一系列節點和連線表達行為人可行走空間，且行為人僅能沿相鄰節點間連線進行移動，茲將此三類空間描述方式顯示於圖 14。

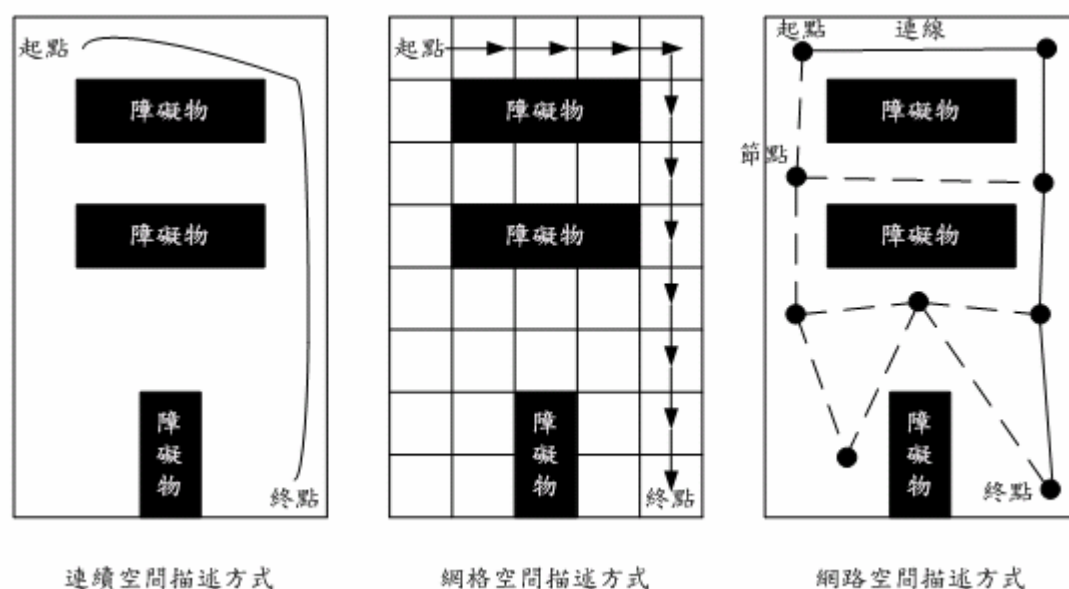


圖 14 空間描述方式示意圖

連續空間描述方式可精確描述各空間位置且適用於任何類型之空間，但需以複雜之方程式表達行人於空間中之移動行為，計算效率低；網格空間描述方式可適用於任何類型之空間且具較高計算效率，但無法精確表達空間位置；網路空間描述方式於特定起點、終點間具最少可能路徑選擇，故具最高計算效率，且可以節點明確表達行人改變移動方向之決策位置，即可以簡單之方式表達行人移動行為之高階決策，但網路空間僅能表達空間中特定位置，故其位置精確度最差，且

無法表達開放空間、無法描述隨機移動行為人之路徑及無法表達行人間互動。茲將此三類空間描述方式優缺點彙整於表 7。

表 7 各類空間描述方式優缺點比較表

連續空間 描述	優點	(1)可精確描述任意空間位置。 (2)適用於任何類型之空間。
	缺點	(1)需以方程式表達行人之移動行為，計算效率低。
網格空間 描述	優點	(1)計算效率較高。 (2)適用於任何類型之空間。
	缺點	(1)無法精確表達空間位置。
網路空間 描述	優點	(1)具最少可能路徑選擇，故具最高計算效率。 (2)明確表達行人改變移動方向之決策位置及決策行為。
	缺點	(1)僅能表達空間中特定位置，故位置精確度最差。 (2)無法表達開放空間。 (3)無法描述隨機移動行人之路徑。 (4)無法表達行人間互動。

根據以上比較結果，本研究為以具彈性方式描述建築物內部單元位置及行為人位置、表達行為人間互動過程且避免以複雜之方程式描述行為人移動行為，故採網格空間描述方式表達教學館舍內部各單元位置及各行為人位置。

因本研究採網格空間描述方式表達建築物內部單元位置及行為人位置，故需選擇適當之網格尺寸，以有效表達建築物內部單元之位置、尺寸及行為人之互動情形，Burstedde 等學者建議以 0.4m\*0.4m 之網格進行空間描述，因為此尺寸為典型擁擠人群中一位行人所佔面積(Burstedde, Klauck, Schadschneider, and Zittartz, 2001)，故本研究亦以 0.4m\*0.4m 之網格進行空間描述。

由於本研究僅模擬行為人於教學館舍內部移動之過程，故僅需考量教學館舍中會對行為人移動行為產生影響之單元，本研究以空間單元(如教室、辦公室)、樓梯單元及限制區域(如花圃、樓地板鏤空處等不可行走區域)描述教學館舍之空間組成。



### 3.3 活動描述方式

根據 2.2.3 小節歸納各代表性活動基礎旅行需求模型之結果，可將活動屬性整理為活動優先性、活動地點、活動開始時間、活動期間、活動共同參與人員及參與活動所採交通方式六項。此外，由於教學館舍行為人之生活型態以一週為主，各項活動之安排亦以週為主要單位，故本研究以週為進行活動排程模擬及移動過程模擬之單位。為延伸本研究之適用範圍，考量於不同週次重複發生之可預期活動，本研究增加活動起迄週次屬性，以描述於不同週次重複發生之可預期活動其活動可能發生週次，茲將各活動屬性之描述方式分述如下：

(1)活動優先性：Doherty 等學者將活動排程過程中，各待排程活動之優先性以下式描述(Doherty, and Axhausen, 1998)

$$P_i^{m,s} = f(X_i, S_i^t, M_i^l, H, E)$$

其中：

$P_i^{m,s}$  為待排程活動  $i$  於排程模式  $m$  進行排程操作  $S$  時之優先性

$m$  為排程模式，包括活動執行前排程、活動執行當天排程及突發性排程

$S$  為排程操作，包括加入、修改及刪除特定活動

$X_i$  為所處理活動類型

$S_i^t$  為所處理活動於時間  $t$  之排程狀態

$M_i^l$  為所處理活動可於位置  $l$  進行之機率

$H$  為進行活動排程時之家庭特徵

$E$  為進行活動排程時之環境特徵

且認為個人傾向於根據活動優先性順序進行排程，而非根據活動發生先後順序進行排程，即優先決定高優先性活動於活動樣式中位置，僅當高優先性活動間留有時間空窗時，才考量低優先性活動。本研究為簡化活動排程過程中決定活動優先性之複雜度，將行為人於教學館舍內從事之可預期活動依其優先性區分為約定活動及非約定活動，其中約定活動具高優先性，而非約定活動具低優先

性。

- (2)活動頻率、活動地點、活動開始時間及活動期間：本研究為增進活動描述方式之彈性並表達行為人從事活動之各種可能情形，故以機率方式表達活動頻率、活動地點、活動開始時間及活動期間之分佈，且為簡化活動排程模擬過程，假設此四項活動屬性之機率分佈為相互獨立，且可以常見之機率密度函數(如常態分佈)加以描述。此外，由於約定活動具優先決定活動開始時間之特性，故可以較精確之時間描述其活動可能開始時間；而具低優先性之非約定活動僅能於約定活動間之時間空窗進行，故僅以模糊之時間範圍描述其活動可能開始時間。
- (3)活動共同參與人員：本研究為簡化活動排程模擬過程，不考量活動共同參與人員屬性，即假設一行為人從事活動之情形不受其他行為人從事活動之情形所影響。
- (4)參與活動所採交通方式：由於本研究僅考量位於教學館舍內部之移動行為，故所有行為人參與活動所採交通方式皆為步行，即進行活動排程模擬時不需特別考量參與活動所採交通方式。
- (5)活動起迄週次：為描述於不同週次重複發生之可預期活動其活動可能發生週次，本研究以活動起迄週次屬性描述於整個模擬期間，特定活動可能發生之週次起迄範圍，若所模擬週次位於特定活動起迄週次時間範圍內，則需於進行活動排程模擬及移動過程模擬時，將該特定活動視為可能發生之待排程活動；若所模擬週次位於特定活動起迄週次時間範圍外，則於進行活動排程模擬及移動過程模擬時，將該特定活動視為不可能發生並排除該特定活動。

### 3.4 行為人類別從事活動行為描述方式

行為人類別從事活動行為描述表達不同類別行為人對所從事活動各項活動屬性之傾向。本研究為避免描述複雜之個人行為，僅以行為人類別描述具類似行為之行為人，即行為人類別中各行為人具相同之行為描述，僅於模擬過程透過隨機取樣以表現各別行為人之差異。

因行為人於教學館舍所從事約定活動(如課程活動、會議活動等)多為個人所屬組織安排之結果，個人無法依其偏好自由選擇活動屬性；而行為人於教學館舍所從事非約定活動(如圖書資料查詢、個人研究等)則多為個人在限制條件(如不可

與約定活動發生時間衝突)下，依個人偏好自由選擇活動屬性之結果，故行為人類別對所從事活動各項活動屬性之傾向需依所從事活動之類型而異，底下將分別探討行為人類別從事約定活動及非約定活動行為之描述方式。

(1)行為人類別從事約定活動行為描述方式：本研究假設行為人無法依其偏好自由選擇所從事約定活動之活動屬性(包括活動頻率、活動地點、活動開始時間、活動期間及活動起迄週次)，但行為人可依其偏好自由選擇從事約定活動之行為，包括是否從事特定約定活動、到達特定約定活動發生地點之時間及離開特定約定活動發生地點之時間，故本研究以行為人類別活動參與偏好(如高出席率)、活動到達時間偏好(如提早到達)及活動離開時間偏好(如準時離開)描述行為人類別從事約定活動之行為。此外，為增進行為人類別從事約定活動行為描述方式之彈性並表達行為人從事約定活動之各種偏好情形，擬以機率方式表達行為人類別活動參與偏好、活動到達時間偏好及活動離開時間偏好之分佈，且假設可以常見之機率密度函數(如常態分佈)描述各項偏好之分佈。

(2)行為人類別從事非約定活動行為描述方式：本研究假設行為人可依個人偏好自由選擇所從事非約定活動之活動屬性，包括活動頻率、活動開始時間範圍、活動期間、活動地點及活動起迄週次，故本研究以行為人類別活動頻率偏好、活動開始時間範圍偏好、活動期間偏好、活動地點偏好及活動起迄週次偏好描述行為人類別從事非約定活動之行為。此外，為增進行為人類別從事非約定活動行為描述方式之彈性並表達行為人類別從事非約定活動之各種偏好情形，擬以機率方式表達行為人類別活動頻率偏好、活動開始時間範圍偏好、活動期間偏好及活動地點偏好之分佈，且假設可以常見之機率密度函數(如常態分佈)描述各項偏好之分佈。

### 3.5 行為人類別移動行為描述方式

根據 2.3.4 小節之行人動力模型架構示意圖(圖 12)可知行為人移動速度之選擇牽涉行為人受移動目標、環境、其他行人之客觀因素及個人主觀偏好之影響，為表達行人受移動目標、環境和其他行為人影響之方式，本研究參考 Hao 等學者所提出細胞自動機基礎行人動力模型(Hao, Herui, Xiaoming, and Chunfu, 2007)，並延伸其模型以考量行為人移動過程受環境之客觀影響，以所評估網格對行為人之方向參數、類別參數、前進參數及環境參數描述所評估網格對行為人

之客觀吸引力程度，並以行為人類別移動行為描述行為人受各種客觀吸引力影響之主觀權重，以完整描述行為人移動過程中選擇移動速度之過程。茲將本研究描述所評估網格對行為人客觀吸引力程度之各項參數及相關網格範圍(圖 15)敘述如下，其中各參數範圍為 1.0 ~ -1.0，所評估網格特定參數愈高，代表該網格於特定因素考量下，對行為人具愈高之客觀吸引力：

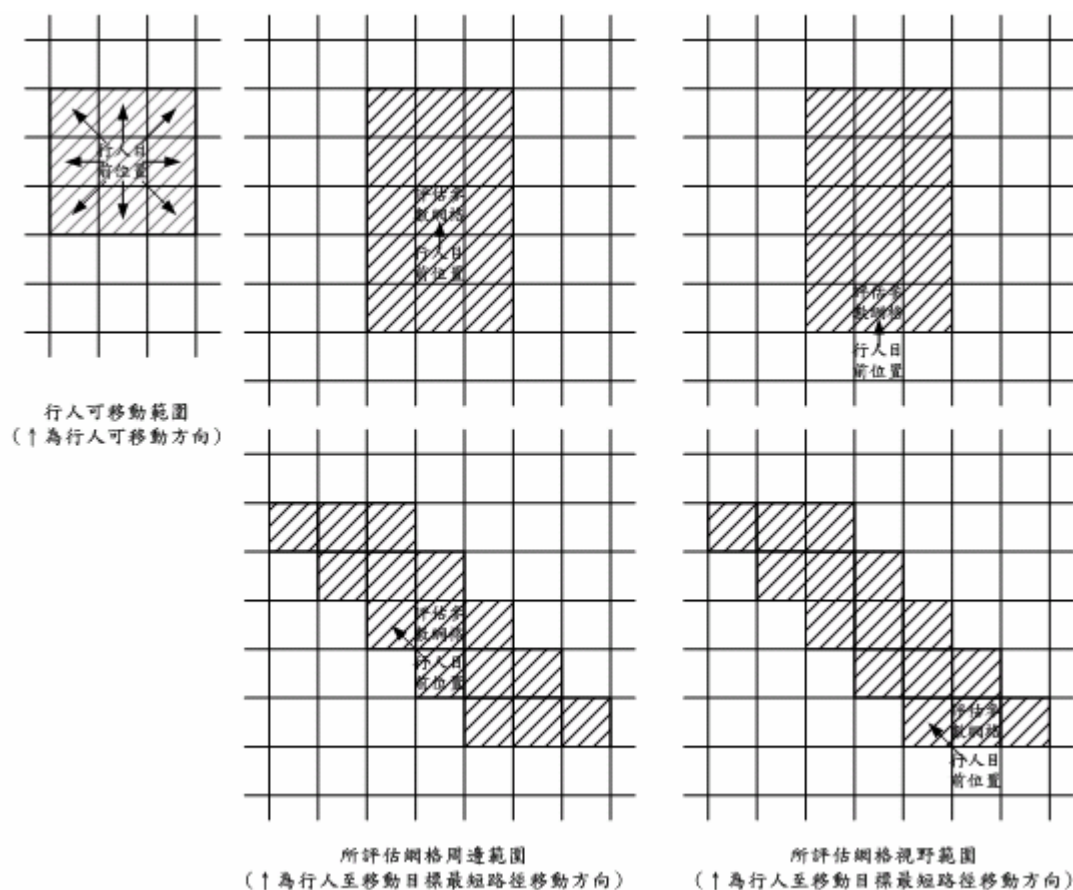


圖 15 方向參數、類別參數、前進參數及環境參數相關網格範圍圖

(1)方向參數：方向參數為所評估網格考量與所處理行為人移動目標距離時，所評估網格對所處理行為人之吸引力程度，用以描述行人通常選擇可到達目標各路線中最短者之行為(Helbing, Molnar, Farkas, and Bolay, 2001)，即移動目標對行為人所產生之吸引力。若所評估網格位於所處理行為人由目前位置移動至目標位置之最短路徑上，代表該行為人移動至所評估網格可最接近其目標位置，故該網格之吸引力程度為 1.0；以所處理行為人由目前位置移動至目標位置之最短路徑為對稱軸，則所處理行為人可移動範圍內位於最高方向參數(1.0)網格

左、右兩側網格雖然未直接位於最短路徑上，但將行為人由目前位置移動至該兩網格時，實際上朝目標位置接近 $1/\sqrt{2} \approx 0.7$ 網格之距離，故該網格之方向參數為0.7；所處理行為人可移動範圍內位於通過行為人目前位置且垂直對稱軸之直線上網格，由於將行為人移動至該網格對接近移動目標沒有任何貢獻，故其方向參數為0；所處理行為人可移動範圍內位於對稱軸上且與最短路徑移動方向相反之網格，因將行為人移動至該網格將導致行為人遠離移動目標，故其方向參數為-1.0；所處理行為人可移動範圍內位於最低方向參數(-1.0)網格左、右兩側網格，因將行為人移動至該網格將導致遠離目標位置0.7網格之距離，故該網格之方向係數為-0.7，茲將行人可移動範圍內 $(i, j)$ 網格方向參數

$D_{ij}$  評估方式描述如圖 16：

$$D_{ij} = \begin{cases} 1.0 & \text{位於最短路徑上網格} \\ 0.7 & \text{位於最高方向參數網格左、右兩側之網格} \\ 0.0 & \text{通過行為人目前位置且與對稱軸垂直之直線上網格} \\ -0.7 & \text{位於最低方向係數網格左、右兩側之網格} \\ -1.0 & \text{與最短路徑方向相反網格} \end{cases}$$

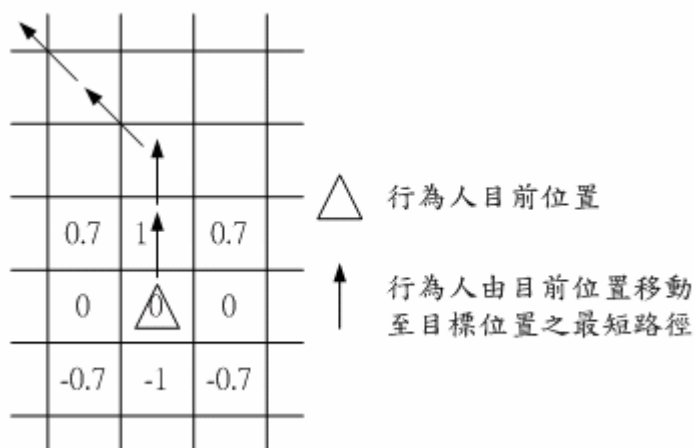


圖 16 行為人可移動範圍內各網格方向參數評估方式圖

此外，行為人由目前所處位置移動至目標位置最短路徑之尋找可以 A\*演算法進行計算，因該演算法能保證在起點、終點移動路徑存在之前提下找到最短路徑(David and Glenn, 2004)。



(2)類別參數：類別參數為所評估網格考量其他行為人移動方向時，所評估網格對所處理行為人之吸引力程度，用以描述行為人傾向於朝與本身移動方向相同之行為人前進，形成同方向之移動團體，以減少需閃避對向行為人之行為，即描述其他行為人對特定行為人所產生吸引力及排斥力。本系統參考並延伸 Hao 等學者之細胞自動機基礎行人動力模型(Hao, Herui, Xiaoming, and Chunfu, 2007)，將所評估網格依所處理行為人移動方向前後延伸二網格長，左右延伸一網格寬之範圍定義為周邊範圍(圖 15)，且將所評估網格考量其他行為人移動方向時，所評估網格對所處理行為人之吸引力程度定義為所評估網格周邊範圍內其他行為人移動狀態之函數，即不受所評估網格周邊範圍外行為人移動狀態之影響。本系統將類別參數定義為所評估網格周邊範圍內(與所處理行為人具相同移動方向行為人數+未被佔用網格數-與所處理行為人具不同移動方向行為人數)占所評估網格周邊範圍內所有可行走網格(非邊界、非障礙物網格)數之比例。茲將行人可移動範圍內  $(i, j)$  網格類別參數  $C_{ij}$  之評估方式描述如下：

$$C_{ij} = \frac{N_{SD} + N_E - N_{DD}}{N_w}$$

，其中

$N_{SD}$ 、 $N_E$ 、 $N_{DD}$ 、 $N_w$  為所評估網格周邊範圍內與所處理行為人具相同移動方向行為人數、未被佔用網格數、與所處理行為人具不同移動方向行為人數及總可行走網格數

(3)前進參數：前進參數為所評估網格考量其他行為人佔用空間情形時，所評估網格對所處理行為人之吸引力程度，用以表達行為人傾向於朝視野範圍內具較多未被佔用網格之方向前進，以期能朝移動目標持續前進並避免發生擁擠之行為，即描述其他行為人對特定行為人所產生之排斥力。本系統參考並延伸 Hao 等學者之細胞自動機基礎行人動力模型(Hao, Herui, Xiaoming, and Chunfu, 2007)，將所評估網格依所處理行為人移動方向向前延伸五網格長(含所評估網格)，左右延伸一網格寬之範圍定義為視野範圍(圖 15)，且將所評估網格考量其他行為人佔用空間情形時，所評估網格對所處理行為人之吸引力程度定義為所評估網格視野範圍內網格被其他行為人佔用狀態之函數，即不受所評估網格視野範圍外網格被其他行為人佔用狀態之影響。本系統將前進參數定義為所評



估網格視野範圍內(未被佔用之可行走網格數—已被佔用之可行走網格數)占所評估網格視野範圍內所有可行走網格數之比例。茲將行人可移動範圍內

$(i, j)$  網格前進參數  $F_{ij}$  之評估方式描述如下：

$$F_{ij} = \frac{N_E - N_O}{N_W}, \text{ 其中 } N_E、N_O、N_W \text{ 為所評估網格視野範圍內未被}$$

佔用之可行走網格數、已被其他行為人佔用之可行走網格數及總可行走網格數

(4)環境參數：環境參數為所評估網格考量周遭環境(如障礙物多寡)時，所評估網格對所處理行為人之吸引力程度，用以表達行為人於移動過程會與建築物邊界或障礙物保持一段距離之行為(Helbing, Molnar, Farkas, and Bolay, 2001)，即描述環境對特定行為人所產生之排斥力。本系統將所評估網格考量周遭行走環境時，所評估網格對所處理行為人之吸引力程度定義為所評估網格視野範圍內建築物邊界和障礙物狀態之函數，即不受所評估網格視野範圍外建築物邊界或障礙物之影響。本系統將環境參數定義為所評估網格視野範圍內(可行走網格數—不可行走網格數)占所評估網格視野範圍內所有網格數之比例。茲將行人

可移動範圍內  $(i, j)$  網格環境參數  $E_{ij}$  之評估方式描述如下：

$$E_{ij} = \frac{N_W - N_{UW}}{N_W + N_{UW}}, \text{ 其中 } N_W、N_{UW} \text{ 為所評估網格視野範圍內可行走網}$$

格數、不可行走網格數

本研究除以方向參數、前進參數、類別參數及環境參數描述特定網格考量各項影響行為人移動之客觀因素時對特定行為人之吸引力外，亦定義方向參數係數、前進參數係數、類別參數係數及環境參數係數描述特定行為人受各項客觀吸引力影響之主觀權重，以表達行為人個人偏好對其移動過程之影響。茲將所評估網格視野範圍內  $(i, j)$  網格考量客觀、主觀因素對所處理行為人之總體吸引力

$S_{ij}$  描述如下：

$$S_{ij} = P_D D_{ij} + P_C C_{ij} + P_F F_{ij} + P_E E_{ij}$$

其中  $P_D、P_C、P_F、P_E$  為所處理行為人之方向參數係數、類別參數係數、

前進參數係數及環境參數係數，而  $D_{ij}$ 、 $C_{ij}$ 、 $F_{ij}$ 、 $E_{ij}$  為  $(i, j)$  網格對所處理行為人之方向參數、類別參數、前進參數及環境參數

### 3.6 基本描述小結

本研究根據活動優先性將行為人於教學館舍內從事之活動區分為約定活動及非約定活動，因不同類型活動之排程優先性不同，故其活動開始時間描述方式亦不同，且因不同類型活動其活動屬性受各人偏好影響不同，故行為人類別從事兩類活動行為之描述方式亦不同，茲將兩類活動之差異彙整於表 8。

表 8 約定／非約定活動比較表

活動類別 差異項目	約定活動	非約定活動
排程優先性	高優先性	低優先性
活動開始時間	以精確之時間描述	以模糊之時間範圍描述
活動屬性是否受個人偏好影響	否	是
行為人類別從事活動行為描述方式	行為人類別活動參與偏好、 行為人類別活動到達時間偏好、 行為人類別活動離開時間偏好	行為人類別活動頻率偏好、 行為人類別活動開始時間範圍偏好、 行為人類別活動期間偏好、 行為人類別活動地點偏好、 行為人類別活動起迄週次偏好

根據建築物空間描述方式，使用者可輸入教學館舍內部各單元之配置情形；根據活動描述方式，使用者可輸入待排程約定活動清單；根據行為人類別從事活動行為描述方式，使用者可輸入行為人類別活動計畫，茲將待排程約定活動清單中一項待排程約定活動及行為人類別活動計畫中一項待排程約定、非約定活動之描述方式彙整於表 9、表 10；最後，根據行為人類別移動行為描述方式，使用者可輸入行為人類別受各項影響移動過程客觀因素之影響權重，以描述該行為人類

別之移動行為。

**表 9 約定活動清單中待排程約定活動描述方式**

活動頻率屬性之機率分佈
活動開始時間屬性之機率分佈
活動期間屬性之機率分佈
活動地點屬性之機率分佈
活動起迄週次屬性之範圍

**表 10 行為人類別活動計畫中待排程約定、非約定活動描述方式**

行為人類別活動計畫中 待排程約定活動描述方式	行為人類別活動參與偏好之機率值、 行為人類別活動到達時間偏好之機率分佈、 行為人類別活動離開時間偏好之機率分佈
行為人類別活動計畫中 待排程非約定活動描述方式	行為人類別活動頻率偏好之機率分佈、 行為人類別活動開始時間範圍偏好之機率分佈、 行為人類別活動期間偏好之機率分佈、 行為人類別活動地點偏好之機率分佈、 行為人類別活動起迄週次偏好之範圍

### 3.7 活動排程模擬模式

根據系統使用者輸入之教學館舍內部單元配置、約定活動清單及行為人類別活動計畫，便能進行活動排程模擬獲得各行為人類別各行為人之活動樣式，作為各行為人於教學館舍內部進行移動之根據。

參考 2.2.3 小節活動基礎旅行需求模型架構示意圖(圖 8)、3.2 小節建築物空間描述方式、3.3 小節活動描述方式、3.4 小節行為人類別從事活動行為描述方式及 3.6 小節約定活動清單描述方式及行為人類別活動計畫描述方式，可將活動排程模擬模式之架構以圖 17 描述，其中輸入資料為以活動描述方式表達之待排程約定活動清單及以行為人類別從事活動行為描述方式表達之行為人類別活動計畫。因本研究假設行為人類別待排程約定活動之活動屬性不受個人偏好影響，故各約定活動活動屬性之決定獨立於行為人類別活動計畫之外，經模擬各約定活動

之活動屬性後，才能根據行為人類別從事約定活動之行為模擬行為人從事各約定活動時之移動過程。而行為人類別待排程非約定活動因其活動屬性可依個人偏好決定，故僅根據行為人類別從事各非約定活動之行為即能模擬行為人從事各非約定活動時之移動過程。



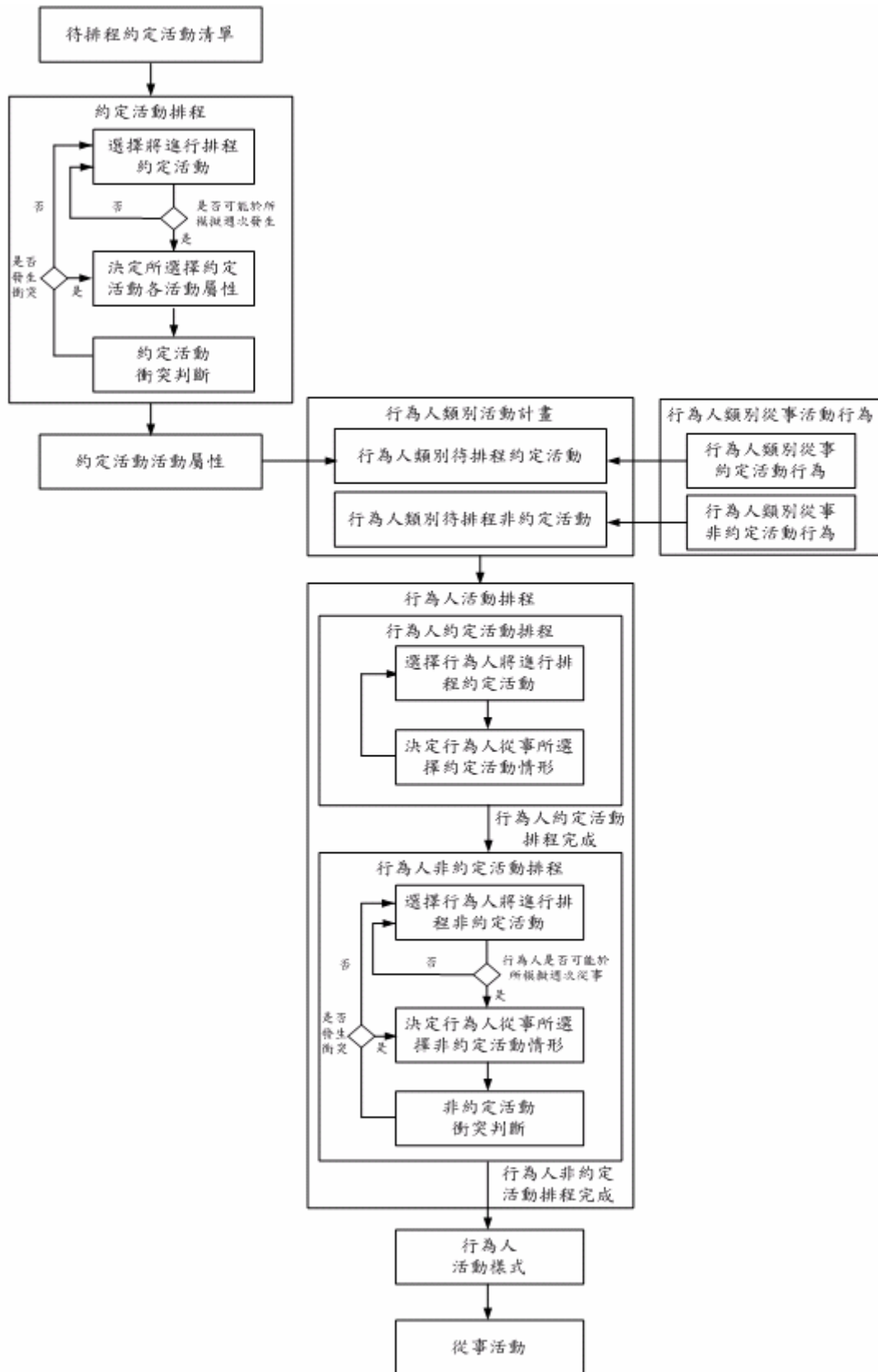


圖 17 活動排程模擬模式架構圖

根據 2.2.4 小節比較各活動基礎旅行需求模型之結果，本研究為簡化活動排程模擬過程，避免產生大量可行活動樣式及探討複雜之效用關係，因此適合採規則基礎模型發展本研究活動排程模擬模式。規則基礎之活動基礎旅行需求模型中，活動排程為一選擇所要從事活動及該活動順序、地點、開始時間、期間、共同參與人員及交通方式之決策過程(Arentze and Timmermans, 2000)，由於本研究以機率方式描述活動屬性及其行為人類別從事活動行為，故本研究活動排程模擬模式為根據活動屬性及其行為人類別從事活動行為之機率分佈依蒙地卡羅(Dagpunar, 2007)方式進行隨機取樣，並根據排程規則選擇適當取樣結果之決策過程，茲將本研究活動排程模擬規則描述如下並彙整於表 11：

#### (1) 進行約定活動排程

因個人傾向於根據活動優先性順序進行排程，而非根據活動發生先後順序進行排程，僅當高優先性活動間留有時間空窗時，才考量低優先性活動(Doherty and Axhausen, 1998)，故需先進行行為人約定活動之排程，完成行為人約定活動排程後才進行行為人非約定活動之排程。由於本研究假設行為人類別待排程約定活動之活動屬性不受個人偏好影響，且不同行為人所從事約定活動具相同活動屬性，故需先根據待排程約定活動各項屬性進行約定活動排程模擬，隨後才進行行為人約定活動排程及行為人非約定活動排程之模擬。約定活動排程模擬之規則描述如下：

- a. 選擇將進行排程之約定活動：本研究為簡化活動排程過程，僅根據活動優先性將活動區分為約定活動及非約定活動，不進一步描述各約定活動或非約定活動之優先性，故此處以隨機方式由約定活動清單中選擇未進行排程之約定活動進行排程。
- b. 決定所選擇約定活動各活動屬性：根據所選擇約定活動之活動起迄週次判斷所選擇約定活動是否可能於目前所模擬週次發生，若目前所模擬週次位於所選擇約定活動起迄週次時間範圍外，代表所選擇約定活動不於目前所模擬週次發生，故排除該約定活動並選擇下一項約定活動進行排程；若目前所模擬週次位於所選擇約定活動起迄週次時間範圍內，代表所選擇約定活動可能於目前所模擬週次發生，故嘗試進行所選擇約定活動之排程，即根據所選擇約定活動之活動頻率、活動開始時間、活動期間及活動地點之機率分佈進行取樣，決定所選擇約定活動之發生頻率及各次活動之活動開始時間、活動期間及活動地點。



- c. 約定活動衝突處理：每當進行所選擇約定活動活動開始時間、活動期間及活動地點屬性之取樣後，因行為人無法同時進行兩項活動且假設各空間單元於同一時間僅允許一項約定活動之進行，故需檢查從事所選擇約定活動之行為人是否於該約定活動期間同時從事其他約定活動及所選擇約定活動活動地點於該約定活動活動期間是否與其他約定活動發生空間衝突，若發生上述兩種衝突情形之一，則重新決定所選擇約定活動之活動開始時間、活動期間及活動地點屬性並重新檢查是否發生衝突；若未發生衝突，則確認該約定活動各項活動屬性並進行下一約定活動之排程；若經多次約定活動屬性取樣後仍發生衝突，則根據規則基礎之活動基礎旅行需求模型理論，個人由於能力限制，其排程過程僅能產生滿意解而非最佳解，故降低所選擇約定活動發生頻率以排除發生衝突之約定活動並進行下一約定活動之排程。
- d. 重複上述 a、b、c 步驟直至所有待排程約定活動都已完成活動排程或被排除為止，以確定各約定活動於目前所模擬週次各項活動屬性。
- e. 根據待排程約定活動清單，重新執行上述 a~d 步驟數次，以模擬各約定活動於模擬期間各週次之活動屬性。

## (2) 進行行為人約定活動排程

經上述步驟模擬行為人所屬組織對各項約定活動之安排，便能根據行為人類別活動計畫及行為人類別從事約定活動行為模擬行為人從事約定活動時進出空間單元之情形，茲將行為人約定活動排程模擬規則描述如下：

- a. 選擇行為人將進行排程之約定活動：以隨機方式由行為人類別活動計畫中選擇未進行排程之約定活動進行排程。
- b. 決定行為人從事所選擇約定活動情形：根據所處理行為人類別對所選擇約定活動之活動參與偏好進行取樣，決定所處理行為人是否出席所選擇約定活動，若所處理行為人出席該活動，則根據所處理行為人類別對所選擇約定活動之活動到達時間偏好及活動離開時間偏好進行取樣，決定該行為人到達該活動地點之時間與該活動開始時間差及該行為人離開該活動地點之時間與該活動結束時間差，並整合所選擇約定活動之活動開始時間、活動結束時間及活動地點於步驟(1)之模擬結果，以模擬該行為人從事該約定活動時進出空間單元之情形。此外，本研究假設根據約定活動活動屬性及其行為人類別從事約定活動行為所模擬行為人從事約定活動時進出空間單元之時間不發生衝突，故不考量時間衝突

而可直接將此模擬結果加入目前所處理行為人之活動樣式。

- c. 重複上述 a、b 步驟直至行為人類別活動計畫中所有行為人類別待排程約定活動都已完成模擬並加入所處理行為人活動樣式為止。

### (3) 進行行為人非約定活動排程

經上述步驟模擬行為人約定活動之排程後，便能根據行為人類別活動計畫及行為人類別從事非約定活動行為模擬行為人從事非約定活動時進出空間單元之情形，茲將行為人非約定活動排程模擬規則描述如下：

- a. 選擇行為人將進行排程非約定活動：以隨機方式由行為人類別活動計畫中選擇未進行排程之非約定活動進行排程。
- b. 決定行為人從事所選擇非約定活動情形：因本研究假設行為人類別從事非約定活動之行為可依個人偏好決定，故可根據行為人類別從事所選擇非約定活動之活動起迄週次判斷該行為人是否可能於目前所模擬週次從事所選擇非約定活動，若目前所模擬週次位於行為人類別從事所選擇非約定活動起迄週次時間範圍外，代表該行為人不於目前所模擬週次從事所選擇非約定活動，故排除該非約定活動並選擇下一項非約定活動進行排程；若目前所模擬週次位於行為人類別從事所選擇非約定活動起迄週次時間範圍內，代表該行為人可能於目前所模擬週次從事所選擇非約定活動，故嘗試進行該行為人所選擇非約定活動之排程，即根據行為人類別從事所選擇非約定活動之活動頻率偏好、活動開始時間範圍偏好、活動期間偏好及活動地點偏好之分佈進行取樣，決定行為人從事所選擇非約定活動之頻率及各次活動之活動開始時間範圍、活動期間及活動地點。
- c. 行為人所從事非約定活動衝突處理：決定行為人從事所選擇非約定活動之頻率及各次活動之活動開始時間範圍、活動期間及活動地點後，因行為人從事非約定活動之活動開始時間以模糊之時間範圍描述，且行為人僅能於其所從事約定(高優先性)活動間之時間空窗從事非約定(低優先性)活動，故需於行為人從事該非約定活動之活動開始時間範圍內尋找可行之時間空窗，當不存在可行之時間空窗，則重新決定行為人從事所選擇非約定活動之活動開始時間範圍及活動期間並重新尋找可行時間空窗；若存在多個可行時間空窗，則選擇最小可行時間空窗安排該非約定活動，以保留最多之彈性予該行為人其他未排程非約定活動；若行為人待排程非約定活動經多次取樣後仍無法找到可行時間空窗，則降

低該行為人從事所選擇非約定活動之頻率以排除發生時間衝突之情形。選擇行為人所從事非約定活動之可行時間空窗後，整合行為人從事所選擇非約定活動之活動地點取樣結果，將此非約定活動加入該行為人活動樣式。

- d. 重複上述 a、b、c 步驟直至所處理行為人活動計畫中所有待排程非約定活動都已完成活動排程並加入該行為人活動樣式或被排除為止，以確定所處理行為人於目前所模擬週次之活動樣式。
- e. 根據行為人各週次待排程約定活動於步驟(2)模擬結果及行為人類別待排程非約定活動，重新執行上述 a~d 步驟數次，以模擬行為人於模擬期間各週次從事非約定活動之情形。

表 11 活動排程模擬步驟表

<p>(1)進行約定活動排程</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. 隨機選擇將進行排程約定活動。</li><li>b. 若目前所模擬週次位於所選擇約定活動起迄週次時間範圍外，則排除該約定活動並選擇下一項約定活動進行排程；若目前所模擬週次位於所選擇約定活動起迄週次時間範圍內，則決定所選擇約定活動之發生頻率及各次活動之活動開始時間、活動期間及活動地點。</li><li>c. 檢查從事所選擇約定活動之行為人是否於該約定活動期間同時從事其他約定活動及所選擇約定活動之活動地點於該活動期間是否與其他約定活動發生空間衝突，若發生衝突，則重新決定所選擇約定活動之活動開始時間、活動期間及活動地點屬性並重新檢查是否發生衝突；若未發生衝突，則確認該約定活動各項活動屬性並進行下一約定活動之排程；若經多次活動屬性取樣後仍發生衝突，則降低所選擇約定活動發生頻率以排除發生衝突約定活動並進行下一約定活動之排程。</li><li>d. 重複上述 a、b、c 步驟直至所有待排程約定活動都已完成活動排程或被排除為止。</li><li>e. 根據待排程約定活動清單，重新執行上述 a~d 步驟數次，以模擬各約定活動於模擬期間各週次之活動屬性。</li></ul>
<p>(2)進行行為人約定活動排程</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. 隨機選擇行為人將進行排程之約定活動。</li></ul>

- b. 決定所處理行為人是否出席所選擇約定活動，若所處理行為人出席該活動，則決定該行為人到達該活動地點之時間與該活動開始時間差及該行為人離開該活動地點之時間與該活動結束時間差，並整合所選擇約定活動之活動開始時間、活動結束時間及活動地點於步驟(1)之模擬結果，將該行為人從事所選擇約定活動時進出空間單元之情形加入該行為人活動樣式。
- c. 重複上述 a、b 步驟直至行為人類別活動計畫中所有行為人類別待排程約定活動都已完成模擬並加入所處理行為人活動樣式為止。

### (3) 進行行為人非約定活動排程

- a. 隨機選擇行為人將進行排程非約定活動。
- b. 若目前所模擬週次位於行為人類別從事所選擇非約定活動起迄週次時間範圍外，則排除該非約定活動並選擇下一項非約定活動進行排程；若目前所模擬週次位於行為人類別從事所選擇非約定活動起迄週次時間範圍內，則決定行為人從事所選擇非約定活動之頻率及各次活動之活動開始時間範圍、活動期間及活動地點。
- c. 於行為人從事所選擇非約定活動之活動開始時間範圍內尋找可行之時間空窗，若不存在可行之時間空窗，則重新決定行為人從事所選擇非約定活動之活動開始時間範圍及活動期間並重新尋找可行時間空窗；若存在多個可行時間空窗，則選擇最小可行時間空窗安排該非約定活動；若行為人待排程非約定活動經多次取樣後仍無法找到可行時間空窗，則降低該行為人從事所選擇非約定活動之頻率以排除發生時間衝突之情形。選擇行為人所從事非約定活動之可行時間空窗後，整合行為人從事所選擇非約定活動之活動期間及活動地點取樣結果，將所選擇非約定活動加入該行為人活動樣式。
- d. 重複上述 a、b、c 步驟直至所處理行為人活動計畫中所有待排程非約定活動都已完成活動排程並加入該行為人活動樣式或被排除為止。
- e. 根據行為人各週次待排程約定活動模擬結果及行為人類別待排程非約定活動，重新執行上述 a~d 步驟數次，以模擬行為人於各週次從事非約定活動時進出各空間單元之情形。

完成行為人活動排程模擬之輸出為行為人活動樣式，包括行為人於各週從事各項約定、非約定活動時進出各空間單元之情形，因本研究假設行為人於活動執



行過程中不進行活動重新排程之行為，故可依行為人活動樣式模擬行為人為從事各項活動於各空間單元間移動之過程。

### 3.8 移動過程模擬模式

根據行為人活動樣式可瞭解行為人為從事各項活動之移動需求，而根據行為人類別移動行為可模擬行為人於各空間單元間移動之過程，以統計並分析教學館舍空間使用情形。

參考 2.3.3 小節之行人動力模型架構示意圖(圖 12)及 3.5 小節行為人類別移動行為描述方式，可將行為人為從事其活動樣式各項活動之移動過程模擬架構以圖 18 描述，其中輸入資料為行為人活動樣式，輸出資料為行為人移動軌跡。因本研究為表達各行為人間之互動行為並簡化移動行為模擬過程，避免大量函數之計算，因此適合採網格自動機基礎模型進行空間描述並發展移動過程模擬模式。當行為人需從前一活動地點移動至下一活動地點時，將於各模擬時間單位透過移動過程模擬架構選擇適當之移動速度並透過更新規則更新行為人所處位置，直到行為人移動至所從事下一活動地點為止。此外，為表達行為人進出教學館舍之行為，本研究假設所有行為人皆必須由 1 樓出入口進出教學館舍，若教學館舍 1 樓具多個出入口，則以隨機方式選擇行為人進出教學館舍之出入口，本研究亦假設當行為人於模擬期間各天活動樣式中前項所從事活動離開時間與後項所從事活動到達時間間隔超過 40 分鐘，則行為人將不會於離開前項活動地點後直接向後項活動地點移動，而選擇離開教學館舍，隨後根據活動樣式中後項活動預期到達時間計算行為人再次進入教學館舍之時間。若行為人已完成模擬期間各天活動樣式中最後一項活動，則行為人亦將以隨機方式選擇出入口離開教學館舍。

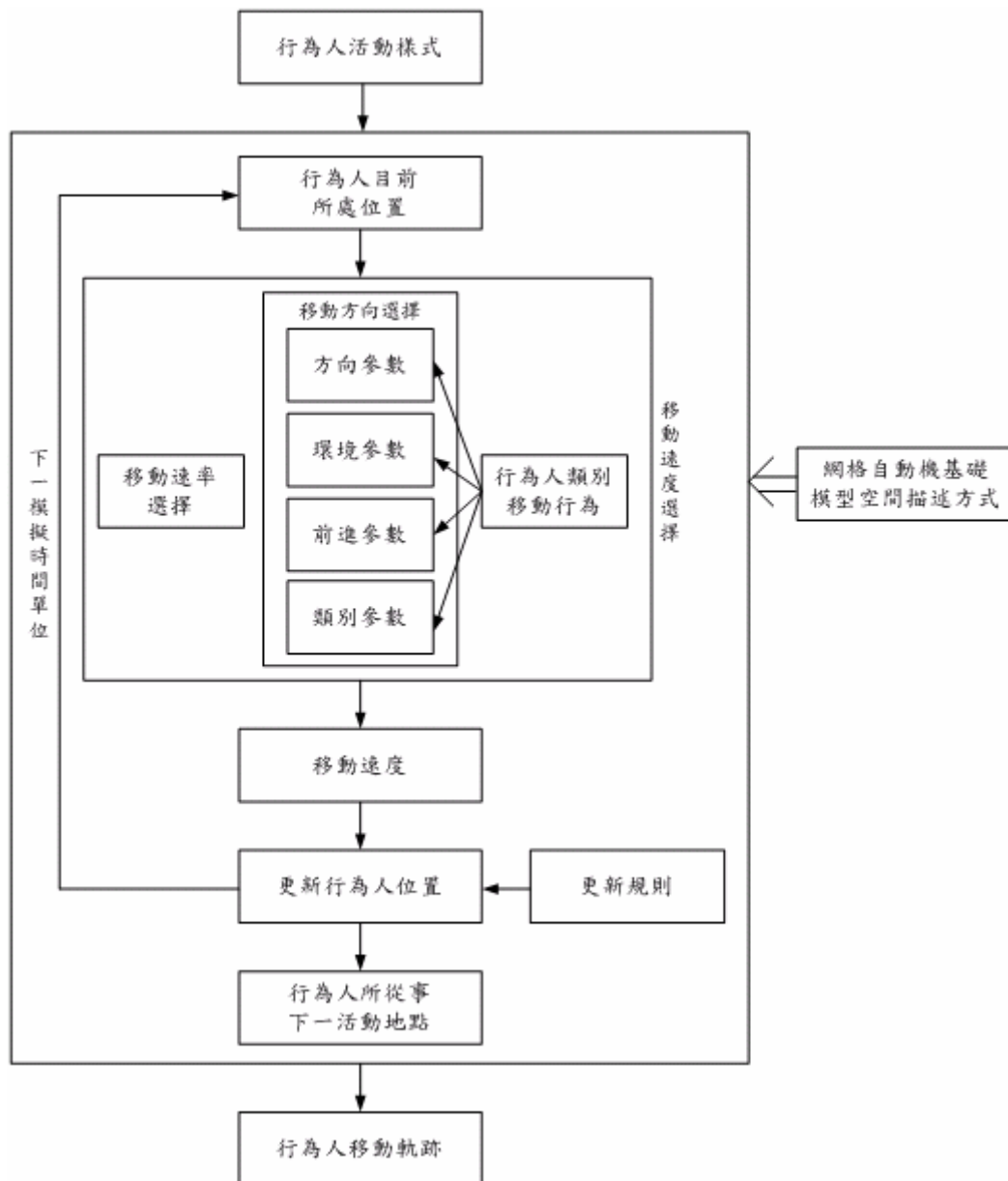


圖 18 行為人移動過程模擬模式架構圖

茲將本研究移動過程模擬模式描述如下並彙整於表 12：

(1)基本規則

本研究根據典型擁擠人群中一位行人所佔面積，即 0.4 公尺\*0.4 公尺之固定尺寸網格表達建築物空間( Burstedde, Klauck, Schadschneider, and Zittartz, 2001)，各網格僅能被一項障礙物或一位行為人所佔用，根據各網格是否已被佔用而無法行走可將各網格狀態區分為已被佔用狀態和未被佔用狀態；此外，本系統採 Moore 相鄰網格定義描述行為人可移動網格範圍，即行為人可由其目前所



處網格移動至相鄰八網格中任一網格或維持其目前所處網格，如(圖 15)所示。

## (2)移動速度選擇

當行為人由前一活動地點移動至下一活動地點過程中，需選擇適當之移動速率與移動方向，以期符合行為人活動樣式中進出各空間單元之情形，茲將移動速度(包括移動速率及移動方向)之選擇描述如下：

a.移動速率選擇：本系統假設行為人移動速率為該行為人活動樣式中前一項活動離開時間與下一項活動到達時間兩者時間差與兩活動地點距離之函數，且行為人於不同活動位置移動過程中速率維持不變，即可將行為人移動速率  $V$  以下式描述：

$$v = \frac{\left| \overrightarrow{L_{i+1}} - \overrightarrow{L_i} \right|}{AT_{i+1} - LT_i}$$

其中  $\overrightarrow{L_{i+1}}$  為行為人活動樣式中第  $i+1$  個活動地點； $\overrightarrow{L_i}$  為行為人活動樣式中第  $i$  個活動地點； $\left| \overrightarrow{L_{i+1}} - \overrightarrow{L_i} \right|$  為兩活動位置間最短路徑之距離； $AT_{i+1}$  為行為人到達活動樣式中第  $i+1$  個活動地點之時間； $LT_i$  該行為人離開活動樣式中第  $i$  個活動地點之時間

根據上式所得之行為人移動速率為符合行為人活動樣式之理想移動速率，然而因本系統以網格方式描述建築物空間，故需以個人於單位模擬時間移動網格數表達移動速率，根據美國聯邦公路管理局(Federal Highway Administration, 2000)統計，行人平均移動速率約為 1.22m/s，以本研究網格方式描述約為 3 網格/s，但因行人於室內之移動速率受能力、環境等限制，不可能高速移動，故本研究亦設定行為人之移動速率範圍為 1~4 網格/s。

b.移動方向選擇：根據 3.5 小節行為人類別移動行為描述方式，可計算行為人可移動範圍內各可行走網格對行為人之方向參數、前進參數、類別參數及環境參數以評估各可行走網格對行為人之各項客觀吸引力，隨後根據行為人類別之方向參數係數、前進參數係數、類別參數係數及環境參數係數計算各可行走網格對行為人之總體吸引力，其中具最高且為正值總體吸引力之網格即為最佳之行為人移動方向。

### (3)更新規則

選擇各行為人之移動速度(包括移動速率及移動方向)後，需以更新規則實際移動行為人所處位置，以模擬行為人之移動過程。網格狀態機基礎模型之更新規則分為平行更新與隨機循序更新(Keßel, Klüpfel, and Schreckenberg, 2002)，平行更新為同時計算所有行為人移動後之假想位置，因計算各行為人移動後之假想位置時並未考量其他行為人移動後之假想位置，故可能導致兩位以上行為人之假想位置發生衝突，因而完成所有行為人移動後之假想位置計算後，尚須處理發生位置衝突之行為人，決定哪位行為人可佔用該衝突位置，其他行為人則維持其目前位置，最後根據各行為人移動後之假想位置同步更新所有行為人位置；隨機循序更新為以隨機順序更新各行為人所處位置，較晚移動之行為人則根據較早移動之行為人移動後位置決定其移動行為。採平行更新可避免循序更新過程中更新順序對模擬結果之影響，而採隨機循序更新可降低更新順序對模擬結果之影響，且可避免發生行為人位置衝突之情形，對於複雜之人類移動行為，採隨機循序更新其更新順序對模擬結果之影響在可接受範圍內，且其模擬結果甚至比採平行更新更好(Klüpfel, Meyer-König, Wahle, and Schreckenberg, 2000)。本研究為避免採平行更新可能遭遇之行為人位置衝突(如一群學生同時進入教室空間單元)，故採隨機循序更新方式於各模擬時間單位更新各行為人所處位置，茲將本研究模擬行為人移動過程之規則描述如下：

- a. 以隨機方式挑選於目前模擬時間單元內尚未進行位置更新之行為人。
- b. 計算所選擇行為人可移動範圍內各可行走網格對該行為人之總體吸引力。
- c. 若所選擇行為人可移動範圍內具未被佔用之可行走網格，則將該行為人移動至具最高且正值總體吸引力之未被佔用可行走網格；若所選擇行為人目前所佔用網格具最高總體吸引力，則維持該行為人目前所處位置不進行移動。此外，因擁擠情況下相反移動方向之行為人存在彼此側身繞過對方並交換彼此目前所佔用位置之行為，故 Blue 提出位置交換機率之概念(Blue and Adler, 2001)，即於擁擠情況下，以位置交換機率描述移動方向相反之兩行為人彼此交換目前所佔用位置之機會，並擴大細胞自動機基礎模型之適用範圍，因此，若所選擇行為人可移動範圍內除目前所佔用網格外所有可行走網格均已被其他行為人佔用，則比較該行為人與佔用具最高總體吸引力可行走網格之行為人兩者之移動方向，若兩行為人之移動方向相反，則以位置交換機率(如 50%)模擬兩行為人

是否發生位置交換，若發生位置交換，則交換該兩行為人所佔用網格，否則維持該行為人目前所處位置；若兩行人之移動方向並非相反，則維持該行為人目前所處位置。

- d. 於各模擬時間單位，根據行為人移動速率，重複步驟 b、c 數次，以模擬不同速率行為人之移動。
- e. 重複步驟 a~d，直到各行為人皆進行過一次移動模擬為止，即完成各行為人於單位模擬時間之移動過程。

**表 12 行為人移動過程模擬步驟表**

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>(1) 計算行為人由前一活動地點移動至下一活動地點之移動速率。</li><li>(2) 以隨機方式挑選於目前模擬時間單元內尚未進行位置更新之行為人。</li><li>(3) 透過 A* 演算法計算該行為人由目前所處位置移動至目標位置之最短路徑，進而計算該行為人可移動範圍內各可移動網格對該行為人之總體吸引力。</li><li>(4) 若所選擇行為人可移動範圍內具未被佔用之可行走網格，則將該行為人移動至具最高且正值總體吸引力之未被佔用可行走網格；若所選擇行為人目前所佔用網格具最高總體吸引力，則維持該行為人目前所處位置不進行移動；若所選擇行為人可移動範圍內除目前所佔用網格外所有可行走網格均已被其他行為人佔用，則比較該行為人與佔用具最高總體吸引力可行走網格之行為人兩者之移動方向，若兩行為人之移動方向相反，則以位置交換機率(如 50%) 模擬兩行為人是否發生位置交換，若發生位置交換，則交換該兩行為人所佔用網格，否則維持該行為人目前所處位置；若兩行為人之移動方向並非相反，則維持該行為人目前所處位置。</li><li>(5) 於各模擬時間單位，根據行為人移動速率，重複步驟(3)~步驟(4)數次，以模擬不同速率行為人之移動過程。</li><li>(6) 重複步驟(2)~步驟(5)，直至各行為人皆進行過一次移動過程模擬為止，即完成各行為人於單位模擬時間之移動行為。</li></ol> |
|--|

### 3.9 本研究輔助使用者決策之方式

透過行為人活動排程模擬及行為人移動過程模擬，可瞭解行為人為從事各項活動於教學館舍各空間單元之移動過程，經由統計各行為人移動過程可瞭解特定

教學館舍空間單元配置、特定約定活動屬性及特定行為人類別行為下，教學館舍空間單元之使用績效，本研究根據分析對象以行為人指標、空間單元指標及通道指標三類指標描述教學館舍空間使用績效並以該指標輔助使用者進行空間使用調整策略之決策，茲將此三類指標之內容描述如下：

(1)行為人指標

a.行為人移動距離：對於具相同活動樣式之行為人類別，若其移動距離愈短，代表教學館舍空間單元之配置愈有效率。

(2)空間單元指標

a.空間單元進出流量：透過統計空間單元行為人進出流量，可分析各空間單元於不同時段之行為人進出情形，若能掌握使用者進出空間單元行為並透過適當活動時間、地點之安排，將能避免行為人同時進出同一空間單元導致空間單元出入口擁擠情形之發生，以提高行為人進出空間單元之舒適性。

b.空間單元使用人數：各空間單元皆有其適當使用人數，若一空間單元使用人數超過該空間單元適當使用人數，將導致空間單元過於擁擠；若一空間使用人數低於該空間單元適當使用人數，將導致空間之浪費，透過分析各空間單元於各時段使用人數，進行適當之時間、空間調配，使空間單元之使用人數符合其適當使用人數，將能充分使用教學館舍之空間。

c.空間單元使用人數佔教學館舍總使用人數之百分比：透過分析空間單元使用人數佔教學館舍總使用人數之百分比可瞭解各空間單元於目前空間配置、約定活動屬性及行為人類別使用行為下之重要性，藉由掌握重點空間單元，將能幫助使用者於擬定空間調整策略時更瞭解各方案對整體教學館舍空間使用之影響程度。

d.空間單元行為人最早進入時間、最晚離開時間：瞭解行為人進入特定空間單元之最早時間及離開特定空間單元之最晚時間，可排除空間單元閒置之時段，僅針對空間單元有效使用之時段進行分析，得到更真實之使用情形。

e. Gross Rate：Gross Rate 為特定空間單元被使用期間佔整個模擬期間之比例，Gross Rate 愈高，代表該空間單元愈被充分利用；Gross Rate 愈低，代表該空間單元被閒置之情形愈嚴重。

f. Net Rate：Net Rate 為特定空間單元被使用期間佔該空間單元從行為人最早進入時間到行為人最晚離開時間之比例，Net Rate 愈高，代表該空間單元於有效



使用期間愈被充分利用；Net Rate 愈低，代表該空間單元於有效使用期間被閒置之情形愈嚴重。

- g. 行為人於空間單元停留時間：依行為人於教學館舍內所從事各項活動選擇行為人於空間單元之適當停留時間，將能避免過於頻繁之行為人移動並充分發揮各類空間單元之功能。
- h. 空間單元閒置時間間隔：空間單元閒置時間間隔愈短，代表空間單元之使用愈密集，即其使用效率愈高；空間單元閒置時間間隔愈長，代表空間單元之使用效率尚待提升。
- i. 空間單元使用人數超過 10(20、30 等)人之時段佔整個模擬期間之比例：分析空間單元內人數超過 10(20、30 等)人之時段佔整個模擬期間之比例可瞭解空間單元於大部分時段之使用情形，對於空間單元使用人數較多者應配置較大之空間，而使用人數較少者應配置較小之空間，然而，較大空間單元應保持於較多使用者之狀態，以避免空間未能充分利用之浪費。

### (3) 通道指標

- a. 通道網格累積流量：透過統計各通道網格累積流量，可分析通道各區域於各時段行為人流動情形，進而推估通道擁擠程度、空間單元受干擾情形及行為人安全性，並擬定適當策略改善行為人於教學館舍移動過程舒適性、安全性及改善空間單元使用者受干擾之情形。
- b. 流量線累積流量：透過統計特定流量線累積流量，可分析特定位置於各時段行為人流動情形，進而推估特定位置擁擠程度、受干擾情形及行為人安全性，並擬定適當策略改善行為人於教學館舍移動過程舒適性、安全性及改善空間單元使用者受干擾之情形。

經由模擬結果統計上述三類指標，使用者可瞭解於目前教學館舍空間配置、約定活動屬性及行為人類別行為下，空間使用之績效，藉著模擬不同教學館舍空間配置、不同約定活動屬性或不同行為人類別行為下之各項指標，系統使用者可比較兩者間差異，以作為空間使用調整決策之參考。

## 第四章 教學館舍行為人移動過程模擬系統建置

根據第三章建築物空間、活動、行為人類別從事活動行為、行為人類別移動行為描述方式及行為人活動排程模擬、行為人移動過程模擬機制，本章將實作各項功能模組，以建置完整之教學館舍行為人移動過程模擬系統。

本章首先描述教學館舍行為人移動過程模擬系統之系統架構及系統使用流程，隨後依序探討各功能模組之操作流程，以完整描述本系統內容。

### 4.1 系統架構

為完成根據建築物空間、活動、行為人類別從事活動行為及行為人類別移動行為描述方式進行行為人活動排程模擬及行為人移動過程模擬之目的，本系統根據主要功能將系統區分為建築物空間模組、行為人活動排程模擬模組、行為人移動過程模擬模組、視覺化模組及空間績效模組，茲將系統架構圖(圖 19)及各模組主要功能描述如下：

- (1)建築物空間模組：提供使用者輸入教學館舍平面圖以協助使用者描述教學館舍各項內部單元之配置，並提供使用者輸入教學館舍各項內部單元之介面，以蒐集教學館舍內部單元配置之資料，根據各項內部單元配置之資料，本模組將能判斷建築物內部可行走通道並尋找任意兩空間單元間之移動路徑，作為模擬行為人移動過程之基礎。
- (2)行為人活動排程模擬模組：根據系統使用者輸入之屬性描述檔(包括活動屬性及個人行為屬性)、待排程約定活動清單及行為人類別活動計畫，本模組將進行蒙地卡羅隨機取樣並根據活動排程模擬模式進行各行為人之活動排程，本模組之輸出為各行為人之活動樣式。
- (3)行為人移動過程模擬模組：根據行為人活動樣式，當行為人從事各項活動過程中有移動需求時，本模組將根據建築物空間模組計算所得之路徑資料及系統使用者輸入之行為人類別移動行為，以移動過程模擬模式模擬行為人於各模擬時間單元之移動過程。
- (4)績效模組：本模組透過統計行為人移動過程模擬模組模擬行為人移動過程之軌跡資料，將教學館舍空間使用績效以行為人指標、空間單元指標及通道指標三類指標表達，以供使用者進行空間使用調整決策之參考。此外，本模組亦提



供將各項績效指標輸出為 PDF 檔或文字檔之功能，以供使用者進一步之分析。

(5) 視覺化模組：為讓使用者瞭解空間單元使用情形及行為人移動過程隨時間之動態變化，透過視覺化模組可將行為人移動過程模擬模組所模擬之行為人移動軌跡以視覺化方式表達，協助使用者理解模擬期間空間使用及行為人移動之過程。此外，為協助使用者理解績效模組所統計之模擬結果，本模組亦透過視覺化(如統計圖、色塊)方式表達行為人指標、空間單元指標及通道指標。

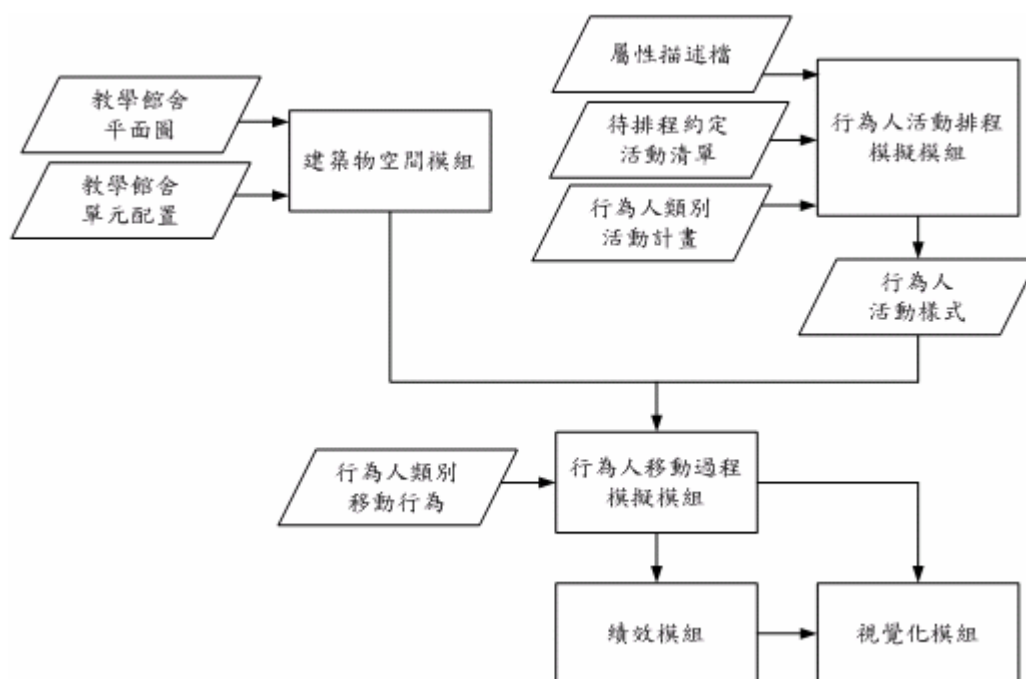


圖 19 教學館舍行為人移動過程模擬系統架構圖

總括而言，建築物空間模組蒐集教學館舍實體空間資訊並提供行為人移動過程模擬模組行為人移動路徑之資訊；行為人活動排程模擬模組蒐集待排程約定活動清單及行為人類別活動計畫之資訊並進行活動排程模擬，以提供行為人移動過程模擬模組各行為人之活動樣式；行為人移動過程模擬模組蒐集行為人類別移動行為並進行行為人移動過程模擬，同時於模擬過程中紀錄必要之資訊，以提供績效模組統計資料之來源，此外，行為人移動過程模擬模組亦將模擬過程之即時資訊提供視覺化模組進行視覺化表達；績效模組統計行為人移動過程模擬模組提供之模擬過程資料並將統計結果提供視覺化模組進行視覺化表達。底下小節將依序介紹各模組之內容與操作方式。

## 4.2 建築物空間模組

本模組提供使用者輸入教學館舍各項內部單元之介面，以蒐集各項內部單元之位置與幾何資訊，作為後續模擬步驟之基礎，茲將本模組輸入資料之步驟及格式描述如下：

(1)載入教學館舍平面圖批次檔：作為教學館舍各項內部單元輸入之底圖，以協助使用者進行內部單元之輸入，平面圖批次檔之格式如表 13，載入平面圖批次檔後之畫面如圖 20 所示。

表 13 平面圖批次檔格式

(#開頭之資料為說明性資料，僅用以說明其後續資料之意義)	
#建築物樓層數	
total_floors	4
#建築物各樓層平面圖檔案路徑	
#1 樓平面圖檔案路徑	
floor_plan_of_1F	plan\\EB-1F.bmp
~其他樓層平面圖檔案路徑~	

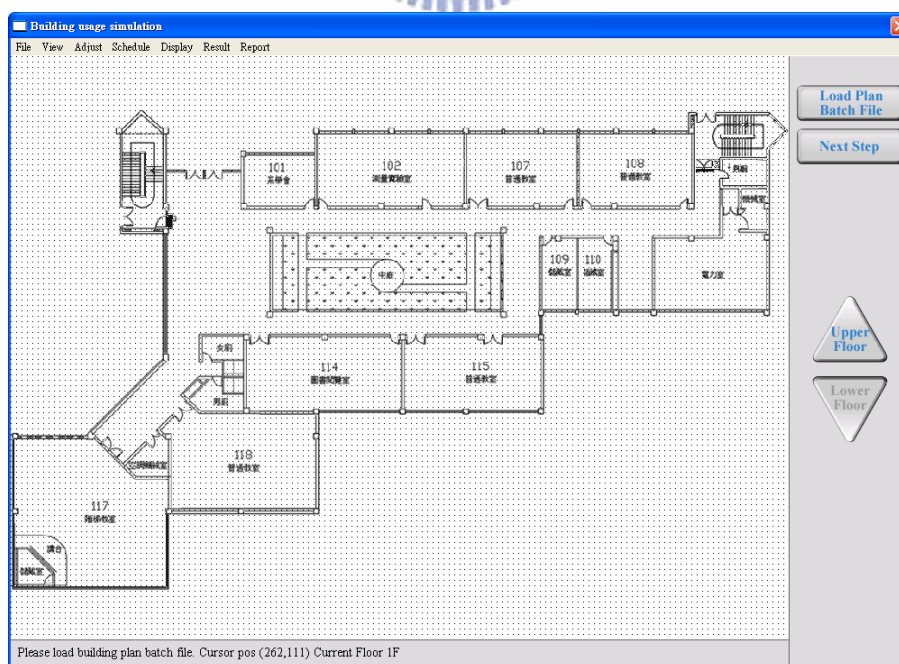


圖 20 載入平面圖批次檔後畫面

- (2)輸入教學館舍樓地板範圍及出入口位置：藉由教學館舍平面圖框選教學館舍樓地板之範圍，以描述教學館舍邊界及建築物內部最大可行走範圍，同時要求使用者指定教學館舍之出入口數及其位置，以描述行為人進出教學館舍時可能之位置。為簡化樓地板範圍及出入口描述之複雜度，本系統假設建築物各樓層之樓地板面積均相同且所有進出教學館舍之行為人皆需通過 1 樓之出入口進入教學館舍，沒有其他方式(如透過相鄰建築物間通道)可以進入教學館舍。
- (3)輸入教學館舍空間單元：完成教學館舍樓地板之輸入後，系統將要求使用者輸入教學館舍各樓層可供各項活動進行之空間單元其位置、幾何資訊、出入口、名稱及所提供功能。
- (4)輸入教學館舍樓梯單元：完成教學館舍空間單元之輸入後，系統將要求使用者輸入教學館舍各樓梯單元之位置與方向，以作為連結不同樓層之通道。為簡化行為者於不同樓層間之移動行為，本系統假設教學館舍內部無電梯，即各樓梯單元為連結不同樓層之唯一通道。
- (5)輸入教學館舍限制區域：完成教學館舍樓梯單元之輸入後，系統將要求使用者輸入各樓層限制區域之位置與幾何資訊，限制區域為位於教學館舍各樓層樓地板範圍內，但不屬於任何空間單元且禁止行為人走動之區域，如樓地板鏤空之區域、花園等。
- (6)輸入流量線位置：完成教學館舍內部各單元之輸入後，使用者可依需求輸入要於模擬過程中紀錄行為人通過流量之線段，以瞭解特定通道於模擬期間之行為人流量變化。

完成上述六項輸入後之畫面如圖 21。根據使用者所輸入樓地板範圍、空間單元、樓梯單元及限制區域，系統便能計算教學館舍內部各可行走通道，即(各樓層樓地板範圍內網格—各空間單元所佔網格—各樓梯單元所佔網格—各限制區域所佔網格)，隨後根據教學館舍內部可行走網格便能計算任意兩網格間之行走路徑，同時避免與牆等障礙物發生碰撞，作為模擬行為人於教學館舍內部移動之基礎。

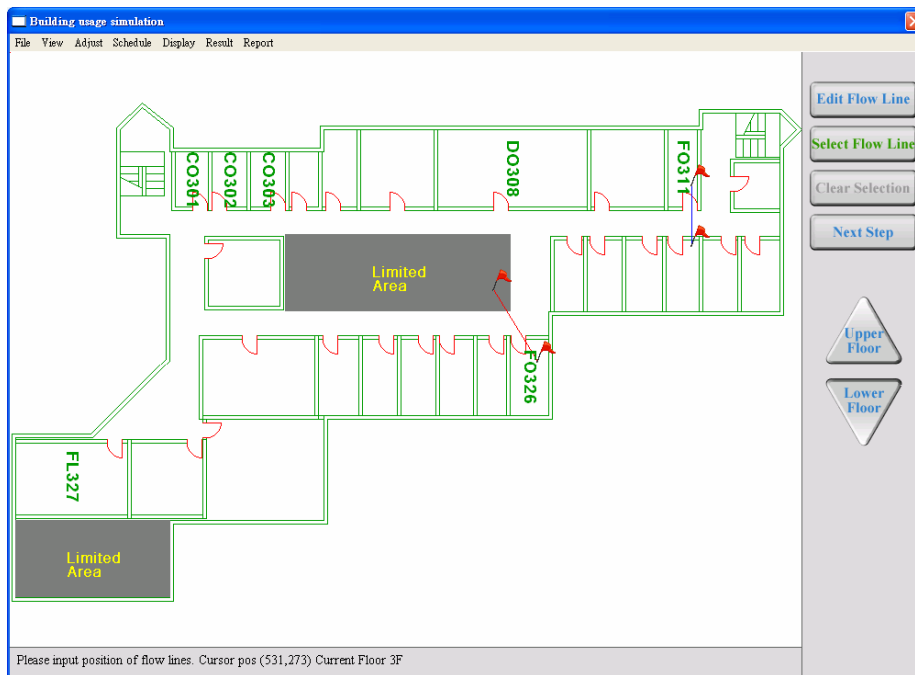


圖 21 完成建築物空間模組輸入後畫面

### 4.3 行為人活動排程模擬模組

本研究以活動頻率、活動地點、活動開始時間、活動期間四項活動屬性之機率分佈及活動起迄週次屬性描述約定活動；以行為人類別活動參與偏好、活動到達時間偏好及活動離開時間偏好三項行為屬性之機率分佈描述行為人類別從事約定活動之行為；以行為人類別活動頻率偏好、活動開始時間範圍偏好、活動期間偏好及活動地點偏好四項行為屬性之機率分佈及活動起迄週次偏好描述行為人類別從事非約定活動之行為。因本研究假設上述各屬性為彼此獨立，故可單獨描述各項屬性，再以參照之方式組合各項屬性以描述各約定活動及行為人類別參與活動行為，以簡化約定活動清單及行為人類別活動計畫之輸入過程。本系統將各項屬性(包括活動屬性及個人行為屬性)之描述整合於屬性描述檔，而將待排程約定活動清單及行為人類別活動計畫之描述整合於活動清單檔，茲將此兩檔案之內容及關聯描述於表 14、表 15。

表 14 屬性描述檔內容及各屬性於活動清單檔之描述對象

屬性描述檔內容	於活動清單檔之描述對象
活動頻率屬性	(1)約定活動之活動頻率 (2)行為人類別對待排程非約定活動之活動頻率偏好
活動開始時間屬性	(1)約定活動之活動開始時間
活動期間屬性	(1)約定活動之活動期間 (2)行為人類別對待排程非約定活動之活動期間偏好
活動地點屬性	(1)約定活動之活動地點 (2)行為人類別對待排程非約定活動之活動位置偏好
活動起迄週次屬性	(1)約定活動之起迄週次 (2)行為人類別對待排程非約定活動之起迄週次偏好
活動參與屬性	(1)行為人類別對待排程約定活動之活動參與偏好
到達活動時間屬性	(1)行為人類別對待排程約定活動之到達活動時間偏好
離開活動時間屬性	(1)行為人類別對待排程約定活動之離開活動時間偏好
活動開始時間範圍屬性	(1)行為人類別對待排程非約定活動之活動開始時間範圍偏好



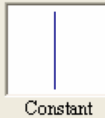





表 15 活動清單檔內容及其參照屬性描述檔各屬性之方式

活動清單檔內容		參照屬性描述檔中屬性	
待排程 約定活 動清單	活動頻率屬性	活動頻率屬性	
	活動開始時間屬性	活動開始時間屬性	
	活動期間屬性	活動期間屬性	
	活動位置屬性	活動位置屬性	
	活動起迄週次屬性	活動起迄週次屬性	
行為人 類別活 動計畫	待排程 約定活動	活動參與偏好	活動參與屬性
		到達活動時間偏好	到達活動時間屬性
		離開活動時間偏好	離開活動時間屬性
	待排程 非約定活動	活動頻率偏好	活動頻率屬性
		活動開始時間範圍偏好	活動開始時間範圍屬性
		活動期間偏好	活動期間屬性
		活動位置偏好	活動位置屬性
		活動起迄週次偏好	活動起迄週次屬性

本研究以機率分佈方式描述約定活動各項活動屬性及行為人類別從事約定、非約定活動之個人行為屬性，依本研究描述方式而言，其中活動開始時間屬性、活動位置屬性、活動開始時間範圍屬性適於以離散之機率分佈形式描述；活動頻率屬性、活動期間屬性、到達活動時間屬性及離開活動時間屬性適於以連續之機率分佈形式描述，而活動參與屬性以單一之出席率表達，為一簡化之離散機率分佈形式；活動起迄週次屬性不以機率方式描述。茲將本系統提供使用者描述各項屬性之機率分佈形式及對應參數列於表 16。



表 16 提供系統使用者描述各項屬性之機率分佈形式及對應參數表

機率分佈類型	機率分佈名稱	機率分佈圖示	機率分佈函數	對應參數及其條件
離散機率分佈	Binomial		$f(x) = C_x^n P^x (1-P)^{n-x}$ $x = 0, 1, \dots, n$	(1) $n$ , 正整數 (2) $P$ , $0 \leq P \leq 1$
	Discrete Uniform		$f(x) = \frac{1}{n}$ $x = 1, 2, \dots, n$	(1) $n$ , 正整數
連續機率分佈	Constant		$f(c) = 1$	(1) $c$ , $c \in R$
	Normal		$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)}$ $x \in R$	(1) $\mu$ , $\mu \in R$ (2) $\sigma$ , $\sigma > 0$ (3) $x$ 上限 , $x$ 上限 $\in R$ (4) $x$ 下限 , $x$ 下限 $\in R$
	Uniform		$f(x) = \frac{1}{b-a}$ $x \in [a, b]$	(1) $b$ , $b > a$ (2) $a$ , $b > a$ (3) $x$ 上限 , $x$ 上限 $\in R$ (4) $x$ 下限 , $x$ 下限 $\in R$
	Beta		$f(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}$ $0 < x < 1$	(1) $\alpha$ , $\alpha > 0$ (2) $\beta$ , $\beta > 0$ (3) $x$ 上限 , $x$ 上限 $\in R$ (4) $x$ 下限 , $x$ 下限 $\in R$
	Gamma		$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-x}}{\Gamma(\alpha)}$ $x > 0$	(1) $\alpha$ , $\alpha > 0$ (2) $x$ 上限 , $x$ 上限 $\in R$ (3) $x$ 下限 , $x$ 下限 $\in R$
	Triangular		$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} , a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} , c < x \leq b \end{cases}$ $a < c < b$	(1) $a$ , $a < c < b$ (2) $b$ , $a < c < b$ (3) $c$ , $a < c < b$ (4) $x$ 上限 , $x$ 上限 $\in R$ (5) $x$ 下限 , $x$ 下限 $\in R$

根據屬性描述檔及活動清單檔之內容，本模組將能進行蒙地卡羅隨機取樣及活動排程模擬，茲將本模組操作步驟及輸入資料之格式描述如下：

(1)載入屬性描述檔：本系統以屬性描述檔輸入約定活動及行為人類別從事活動行為之各項獨立活動屬性及個人行為屬性，使用者可對屬性描述檔中各項獨立屬性輸入多個屬性描述項目，以於活動清單檔中依需求參照對應之屬性描述項目。茲將屬性描述檔之輸入資料與格式描述於表 17。

表 17 屬性描述檔輸入資料格式

(#開頭之資料為說明性資料，僅用以說明其後續資料之意義)	
(_開頭之資料為使用者可任意指定適當數值，不影響系統執行之資料)	
#屬性描述檔	
#活動頻率屬性描述項目數	
frequency_description_item_count	6
#目前所輸入活動頻率屬性描述項目 ID、名稱、分佈形式及對應參數	
_frequency_description_item_ID	1
frequency_description_item_name	2_times_a_week
frequency_distribution	Normal
distribution_parameter	6 2 8 4
~其他活動頻率屬性描述項目~(略)	
#活動期間屬性描述項目數	
duration_description_item_count	3
#目前所輸入活動期間屬性描述項目 ID、名稱、分佈形式及對應參數	
_duration_description_item_ID	1
duration_description_item_name	long_term
duration_distribution	Normal
distribution_parameter	70 10 80 50
~其他活動期間屬性描述項目~(略)	
#活動位置屬性描述項目數	

```

place_description_item_count    10
#目前所輸入活動地點屬性描述項目 ID、名稱、分佈形式、對應參數及
#於各可能空間單元從事活動之機率順序
_place_description_item_ID      1
place_description_item_name      small_conference_room
place_distribution                DUniform
distribution_parameter            3
place_order                      CO301>CO302>CO303
~其他活動位置屬性描述項目~(略)

#活動起迄週次屬性描述項目數
start_end_week_description_item_count    6
#目前所輸入活動起迄週次屬性描述項目 ID、名稱、起迄週次範圍數及各
#起迄週次範圍
_start_end_week_description_item_ID      1
start_end_week_description_item_name      some_week_scope
start_end_week_subitem_count            2
start_end_week                          1    2
start_end_week                          4    5
~其他活動起迄週次屬性描述項目~(略)

#活動開始時間屬性描述項目數
start_time_moment_attribute_item_count    23
#目前所輸入活動開始時間屬性描述項目 ID、名稱、分佈形式、對應參數及於
#各可能活動開始時間從事活動之機率順序，如本範例代表特定活動於
#週一 10:00 開始之機率大於於週一 11:00 開始之機率，並依此類推
_start_time_moment_attribute_item_ID      1
start_time_moment_attribute_item_name      as_early_as_possible
start_time_moment_distribution            Binomial
distribution_parameter                    10    0.5

```

```

start_time_moment_order      Mon10:00>Mon11:00>Mon13:00>Mon14:00>
Mon15:00>Mon16:00>Tue10:00>Tue11:00>Tue13:00>Tue14:00>Tue15:00
~其他活動開始時間屬性描述項目~(略)

#活動參與屬性描述項目數
participant_preference_item_count      3
#目前所輸入活動參與屬性描述項目 ID、名稱及出席率
participant_preference_item_ID      1
participant_preference_item_name      low_attendance_rate
attendance_rate      0.4
~其他活動參與屬性描述項目~(略)

#活動到達時間屬性描述項目數
arrival_time_preference_item_count      3
#目前所輸入活動到達時間屬性描述項目 ID、名稱、分佈形式與對應參數
arrival_time_preference_item_ID      1
arrival_time_preference_item_name      arrive_on_time
arrival_time_distribution      Normal
distribution_parameter      0  1  3  -3
~其他活動到達時間屬性描述項目~(略)

#活動離開時間屬性描述項目數
leave_time_preference_item_count      3
#目前所輸入活動離開時間屬性描述項目 ID、名稱、分佈形式與對應參數
leave_time_preference_item_ID      1
leave_time_preference_item_name      leave_early
leave_time_distribution      Normal
distribution_parameter      -8  3  -3  -10
~其他活動離開時間屬性描述項目~(略)

```

```

#活動開始時間範圍屬性描述項目數
start_time_range_preference_item_count    3
#目前所輸入活動開始時間範圍屬性描述項目 ID、名稱、分佈形式、對應參
#數及於各可能開始時間範圍開始從事活動之機率順序，本系統將一天之時間
#區分為以下時段：Dawn(6:00~8:00)、EarlyMorning(8:00~10:00)、
#LateMorning(10:00~12:00)、Noon(12:00~14:00)、EarlyAfternoon(14:00~16:00)、
#LateAfternoon(16:00~18:00)、EarlyEvening(18:00~20:00)、
#LateEvening(20:00~22:00)並以簡寫方式表達各時段，如本範例代表特定活動
#於週五傍晚開始之機率大於於週五下午開始之機率，並依此類推
_start_time_range_preference_item_ID      1
start_time_range_preference_item_name      as_late_as_possible
start_time_range_distribution              Binomial
distribution_parameter                    5    0.5
start_time_range_order                    Fri:LA>Fri:EA>Fri:LM>Fri:EM>Thu:LA>Thu:EA
~其他活動開始時間範圍屬性描述項目~(略)

```

(2)載入活動清單檔：本系統以活動清單檔輸入各項待排程約定活動及各行為人類別之活動計畫(包括行為人類別各項待排程約定、非約定活動)，使用者需參照屬性描述檔中各項獨立屬性之屬性描述項目，以組合方式完成待排程約定活動及行為人類別活動計畫之描述。因本系統將行為人類別之移動行為描述亦整合於活動清單檔，故在此僅將活動清單檔中待排程約定活動及各行為人類別活動計畫之輸入資料與格式描述於表 18。

**表 18 活動清單檔中待排程約定活動及行為人類別活動計畫輸入格式**

```

(#開頭之資料為說明性資料，僅用以說明其後續資料之意義)
(_開頭之資料為使用者可任意指定適當數值，不影響系統執行之資料)
#活動清單檔
#待排程約定活動數
designated_activity_count    50
#目前所輸入待排程約定活動 ID、名稱、所參照活動頻率屬性、活動開始時間

```



#屬性、活動期間屬性、活動位置屬性及活動起迄週次屬性描述項目名稱

designated\_activity\_ID 1  
designated\_activity\_name surveying(R)  
designated\_activity\_frequency\_attribute 2\_times\_a\_week  
designated\_activity\_start\_time\_moment\_attribute 4CD  
designated\_activity\_duration\_attribute middle\_term  
designated\_activity\_place\_attribute classroom117  
designated\_activity\_start\_end\_week\_attribute three\_weeks

～其他待排程約定活動～(略)

#行為人類別數

behavior\_category\_count 10

#目前所輸入行為人類別 ID、名稱、所包含行為人數

behavior\_category\_ID 1  
behavior\_category\_name diligent\_freshman  
behavior\_category\_people\_count 20



#目前所輸入行為人類別待排程約定活動數

participant\_designated\_activity\_count 3

#目前所輸入行為人類別其目前所輸入待排程約定活動 ID、名稱、所參照活動參與屬性、到達活動時間屬性及離開活動時間屬性描述項目名稱

participant\_designated\_activity\_ID 1  
participant\_designated\_activity\_name surveying(R)  
participant\_preference high\_attendance\_rate  
arrival\_time\_preference arrive\_early  
leave\_time\_preference leave\_on\_time

～目前所輸入行為人類別其他待排程約定活動～(略)

#目前所輸入行為人類別待排程非約定活動數

participant\_undesigned\_activity\_count 1

#目前所輸入行為人類別其目前所輸入待排程非約定活動 ID、名稱、所參照活  
#動頻率屬性、活動開始時間範圍屬性、活動期間屬性、活動位置屬性、活動起  
#迄週次屬性描述項目名稱

\_participant\_undesigned\_activity\_ID 1

participant\_undesigned\_activity\_name book\_reference

frequency\_preference occasionally

start\_time\_range\_preference as\_early\_as\_possible

duration\_preference long\_term

place\_preference reading\_room

start\_end\_week\_preference all\_weeks

完成屬性描述檔及活動清單檔之載入後，可檢視各行為人類別之活動計畫，  
以確認檔案之載入無誤，檢視畫面如圖 22 所示。

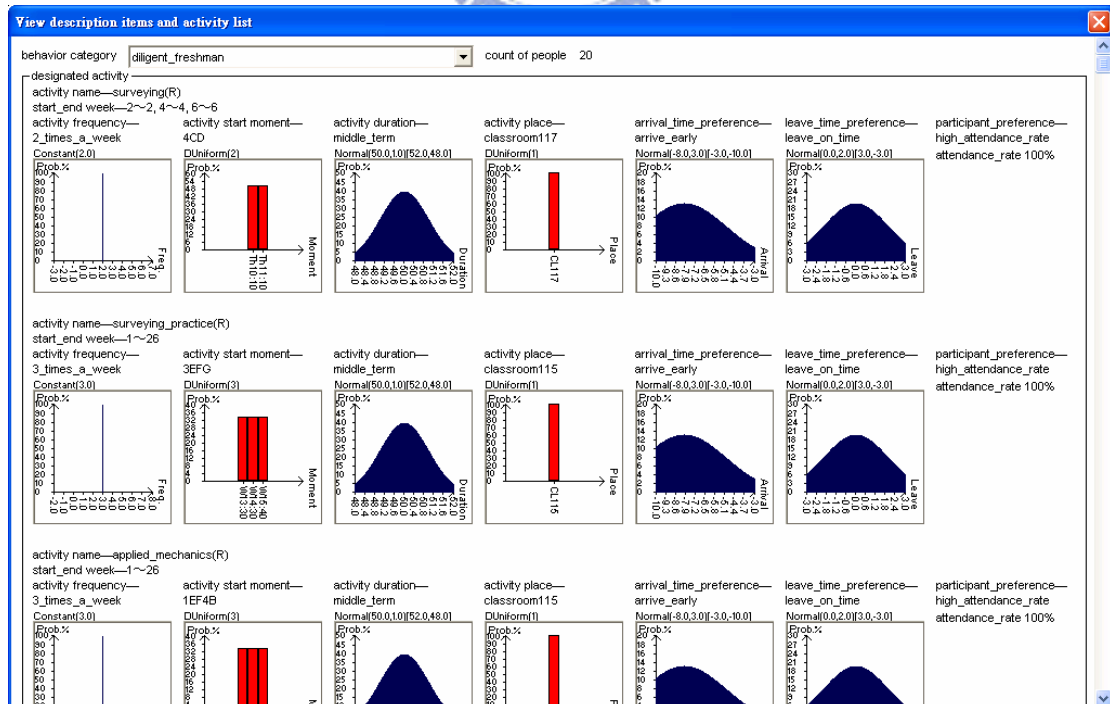


圖 22 行為人類別活動計畫檢視畫面

(3)進行活動排程模擬：完成本模組所需資料輸入、行為人移動過程模擬模組所需資料輸入及模擬設定後，本系統即進行各行為人活動排程及移動過程之模擬，使用者可於模擬開始後檢視各行為人活動排程模擬之結果，其檢視畫面如圖 23 所示。

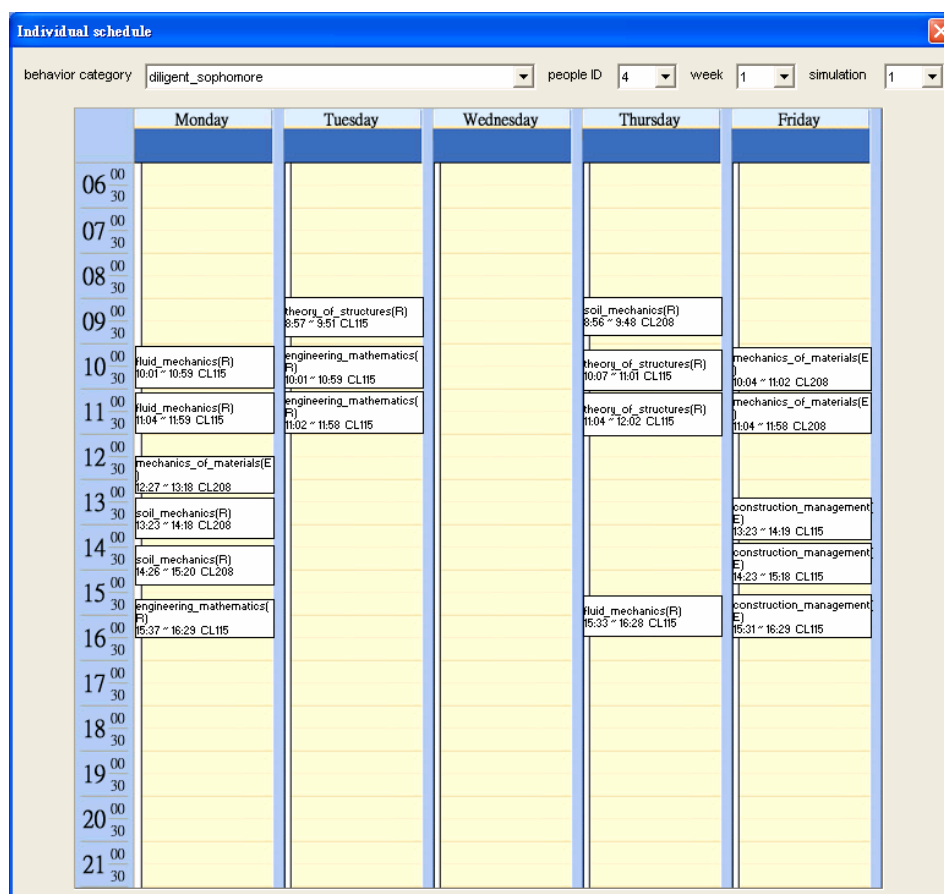


圖 23 活動排程模擬結果檢視畫面

#### 4.4 行為人移動過程模擬模組

本研究以方向參數係數、前進參數係數、類別參數係數及環境參數係數描述行為人類別受各項客觀吸引力影響之權重，以表達行為人類別之移動行為。本系統將行為人類別受各項客觀吸引力之影響程度整合於活動清單檔，茲將本模組操作步驟及輸入資料之格式描述如下：

(1)載入活動清單檔：本系統除以活動清單檔輸入各項待排程約定活動及各行為人類別活動計畫外，亦以活動清單檔輸入各行為人類別於移動過程中受各項客

觀吸引力之影響程度，茲將活動清單檔中行為人類別於移動過程中受各項客觀吸引力影響程度之輸入資料及格式描述於表 19。

表 19 活動清單檔中行為人類別移動行為輸入格式

(#開頭之資料為說明性資料，僅用以說明其後續資料之意義)	
(_開頭之資料為使用者可任意指定適當數值，不影響系統執行之資料)	
#活動清單檔	
~待排程約定活動資料~(略)	
#行為人類別數	
behavior_category_count	10
#目前所輸入行為人類別 ID、名稱、所包含行為人數	
_behavior_category_ID	1
behavior_category_name	diligent_freshman
behavior_category_people_count	20
~目前所輸入行為人類別待排程約定活動資料~(略)	
~目前所輸入行為人類別待排程非約定活動資料~(略)	
#目前所輸入行為人類別方向參數係數、類別參數係數、前進參數係數及環境	
#參數係數	
direction_coefficient	1.0
category_coefficient	1.0
forward_coefficient	1.0
environment_coefficient	1.0

完成屬性活動清單檔之載入後，可檢視各行為人類別之移動行為描述(圖 22)，以確認資料輸入無誤。

(2)進行行為人移動過程模擬：完成建築物空間模組、行為人活動排程模擬模組

及行為人移動過程模擬模組所需資料輸入及模擬設定後，本系統即進行各行為人活動排程及移動過程之模擬，並透過視覺化模組表達行為人於模擬期間移動之動態過程。

## 4.5 績效模組

完成教學館舍空間使用之模擬後，本系統將統計各項模擬資料並提供使用者透過系統選單檢視模擬過程中各行為人移動軌跡(圖 24)、各網格之累積流量(圖 25)、各流量線之行為人流量變化(圖 26)、各空間單元之行為人流量變化(圖 27)、各空間單元之使用人數變化(圖 28)、各空間單元之使用人數佔全部行為人人數之比例(圖 29)及各空間單元使用情形統計表(圖 30)，以供使用者透過行為人績效指標、空間單元績效指標及通道績效指標進行空間使用調整決策之參考。另外，本系統亦提供使用者將各項統計資料之一部份或全部輸出為 PDF 檔或文字檔之功能(圖 31)，以供使用者進一步之分析。

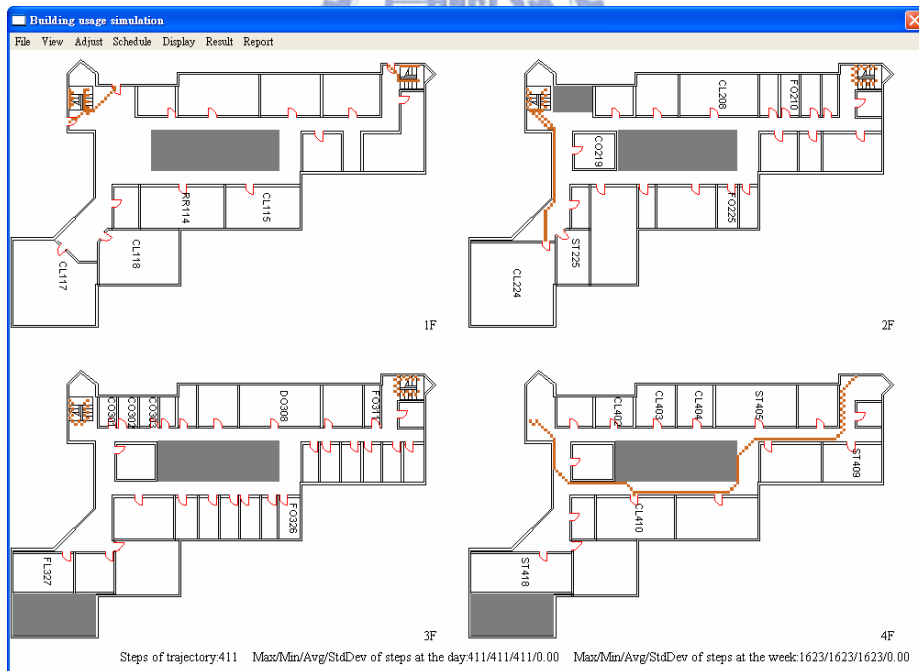


圖 24 行為人移動軌跡檢視畫面





圖 25 網格累積流量檢視畫面

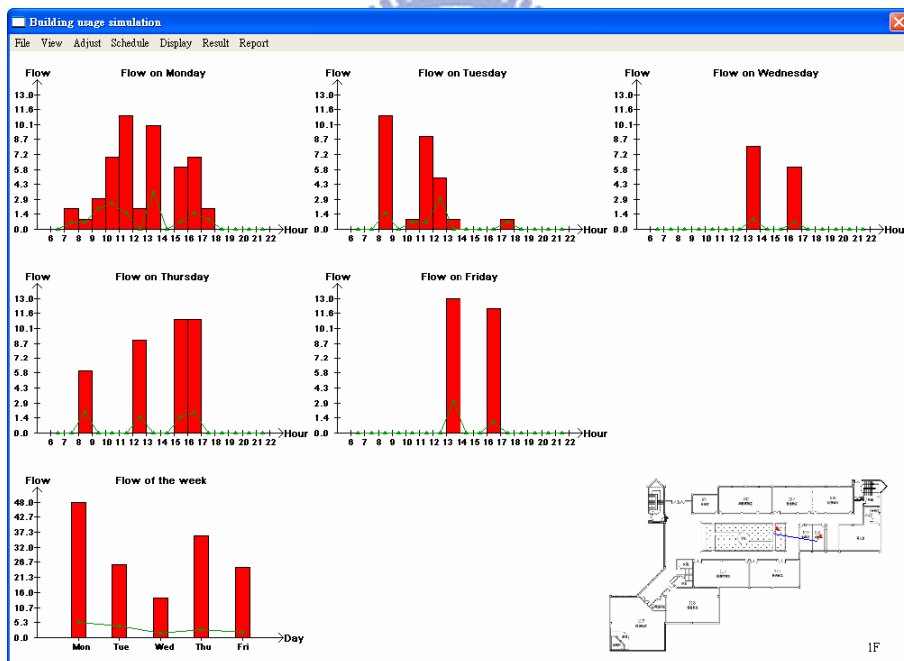


圖 26 流量線流量變化檢視畫面

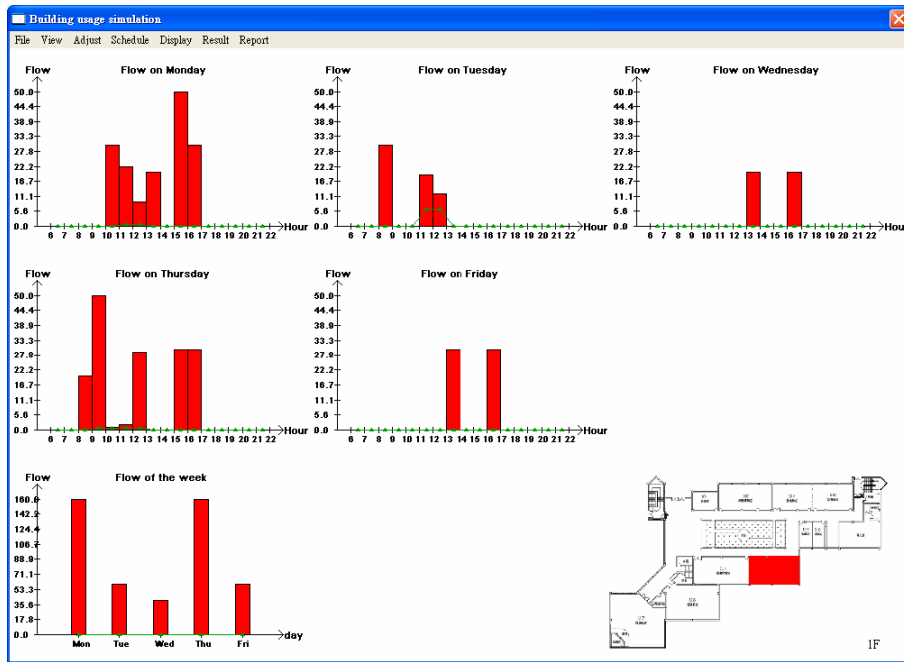


圖 27 空間單元行為人進出流量變化檢視畫面

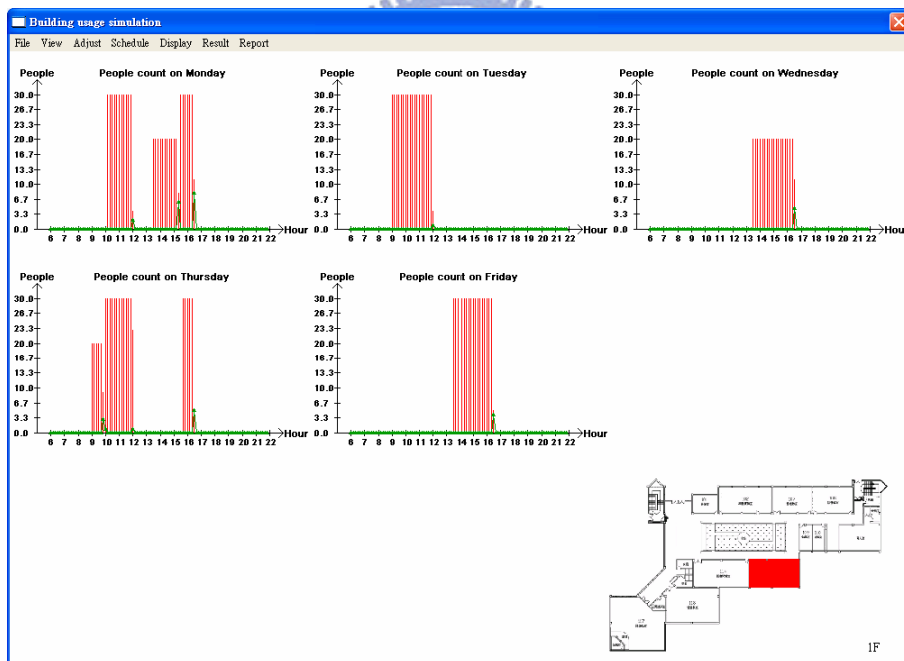


圖 28 空間單元使用人數變化檢視畫面

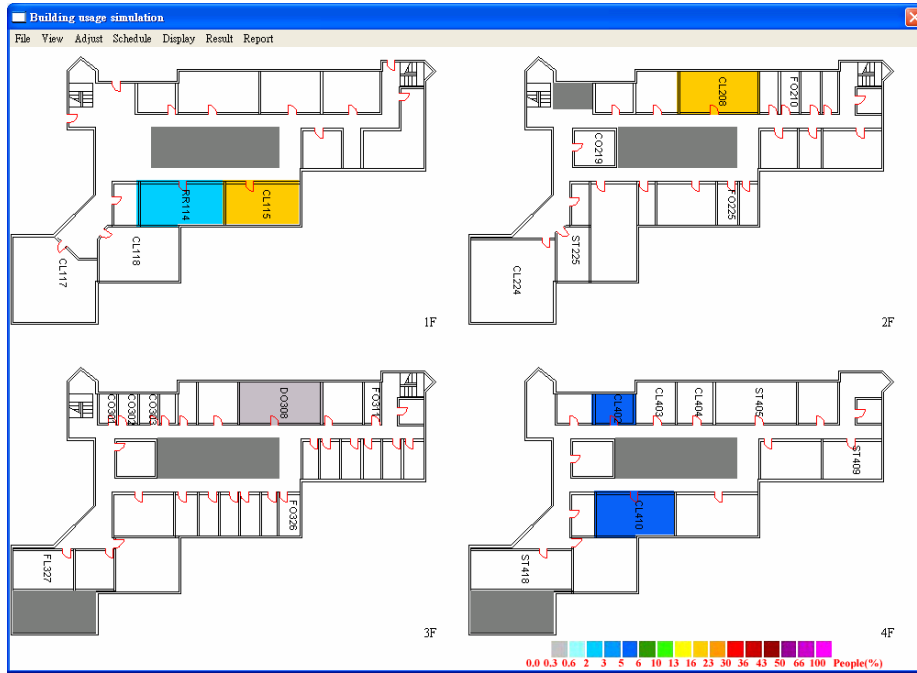


圖 29 空間單元使用人數佔全部行為人人數之比例檢視畫面

Figure 30 displays a table titled "Usage of the space unit" from a building usage simulation. The table shows usage metrics for five days of the week (Mon, Tue, Wed, Thu, Fri).

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri
<b>Time of first entrance</b>	10:00	8:50	13:20	8:50	13:20
<b>Time of last exit</b>	16:32	12:01	16:32	16:31	16:31
<b>Gross rate</b>	32.29%	19.79%	19.79%	25.52%	19.79%
<b>Net rate</b>	79.49%	100.00%	100.00%	53.26%	100.00%
<b>Average stay time</b>	1.38	3.05	3.07	1.24	3.06
<b>StdDev of stay time</b>	0.23	0.02	0.01	0.35	0.02
<b>Average usage internal</b>	1:30	non	non	3:40	non
<b>People count &gt; 0</b>	32.29%	19.79%	19.79%	25.52%	19.79%
<b>People count &gt; 10</b>	30.21%	18.75%	19.27%	24.48%	18.75%
<b>People count &gt; 20</b>	17.71%	18.75%	0.00%	18.75%	18.75%
<b>People count &gt; 30</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>People count &gt; 40</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>People count &gt; 50</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>People count &gt; 60</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>People count &gt; 70</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>People count &gt; 80</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>People count &gt; 90</b>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

圖 30 空間單元使用情形統計表檢視畫面

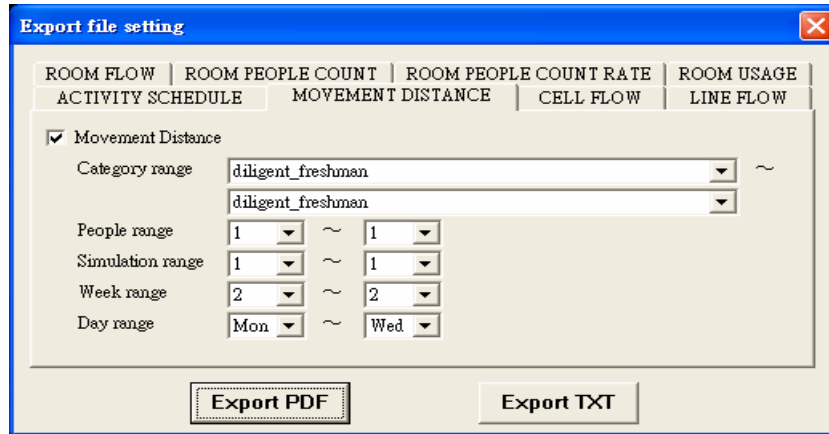


圖 31 模擬結果輸出畫面

## 4.6 視覺化模組

本模組提供使用者以不同視覺化方式表達行為人於教學館舍內部為從事各項活動之移動動態過程及各空間單元使用人數之即時資訊，使用者可由系統選單選擇模擬期間行為人移動軌跡之顯示方式(以色塊、線條顯示行為人移動軌跡或不顯示)，亦可選擇以 2D(圖 32)或 3D(圖 33)方式表現行為人移動過程。完成行為人移動過程模擬後，本模組亦提供長條圖(如圖 27)及顏色色塊(如圖 29)之視覺化功能協助使用者掌握教學館舍空間使用情形。

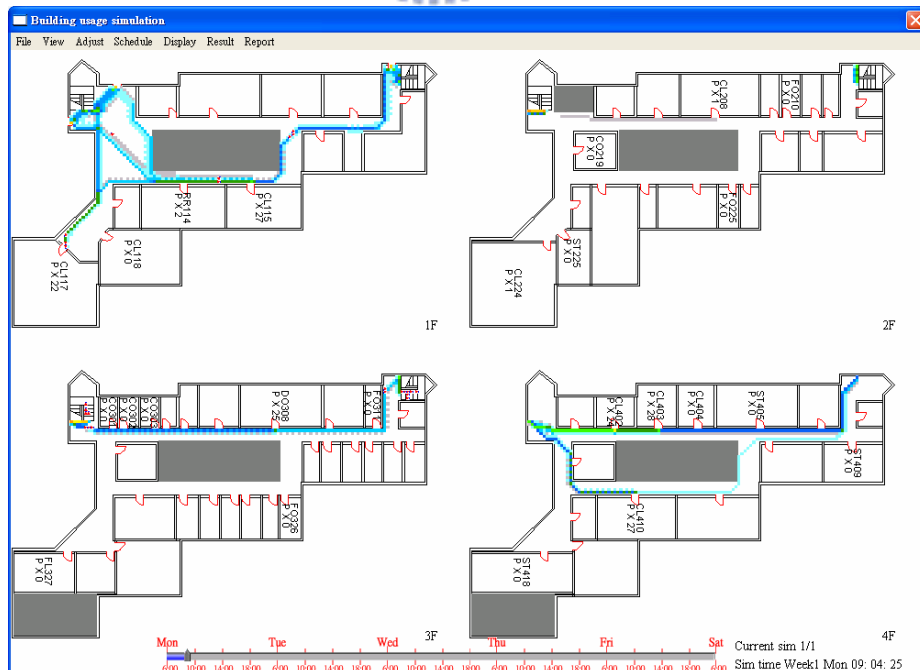


圖 32 行為人移動過程 2D 畫面

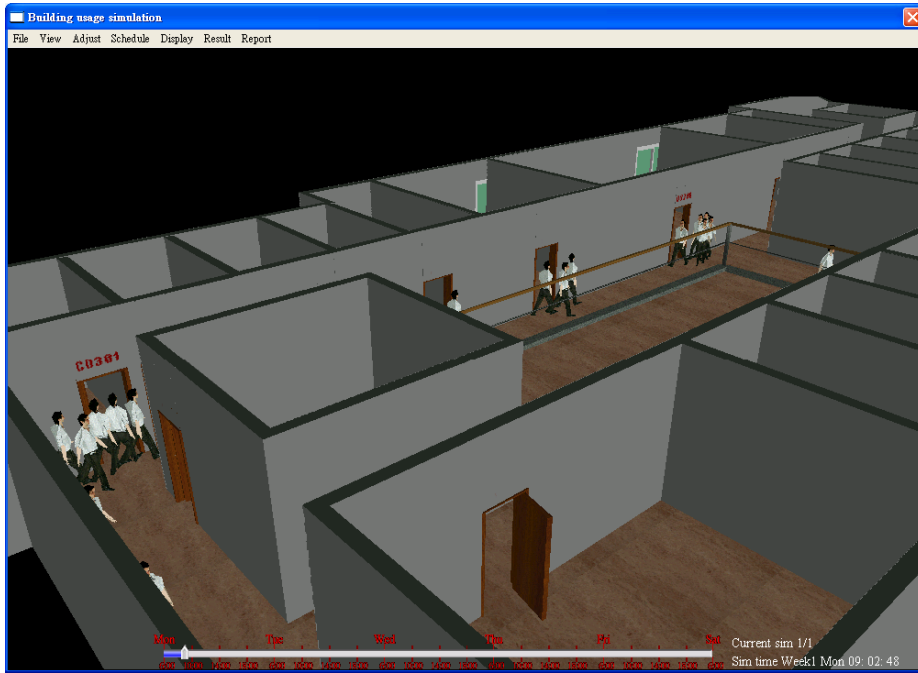


圖 33 行為人移動過程 3D 畫面



## 第五章 系統驗證與分析

本章首先以三個假設案例進行模擬並分析模擬結果，以瞭解本系統輔助使用者進行不同空間單元使用調整決策之方式，隨後探討本系統面對不同類型原始資料之處理方式，以驗證本系統之實際可行性。

### 5.1 案例操作

本研究以交通大學土木工程系館內部單元配置為背景，以假想之待排程約定活動清單及行為人類別活動計畫模擬行為人移動過程並分析系館空間使用情形。交通大學土木工程系館為一 4 層樓建築，1 樓具 3 個出入口，各樓層均有 2 個樓梯單元，內部空間單元主要可分為教室、會議室、教授研究室、研究生研究室、圖書室、系辦及教授休息室等，1 樓中庭為花園，2 樓至 4 樓中間區域為天井。系館內部主要行為人為大學生、研究生及教授等。於系館內進行之活動主要為教學、研究、會議及辦公等。本研究以下述三案例描述本系統輔助系館管理者擬定空間使用調整策略之方式：

- (1) 系館管理者希望藉由本系統瞭解目前系館空間使用情形，並發掘及改善潛在問題。
- (2) 因系館空間規劃之改變，將進行重新隔間，為滿足不同需求而存在多種空間配置策略，系館管理者希望透過本系統模擬採取特定空間配置策略時，教學館舍空間使用情形，以比較不同方案之差異並輔助系館管理者進行空間使用長期策略之選擇。
- (3) 因樓梯施工，導致部分樓梯單元無法通行，故系館管理者希望透過本系統模擬施工對行為人移動行為之影響，並輔助系館管理者擬定空間使用短期策略以降低施工對教學館舍行為人安全性之影響。

#### 5.1.1 基本案例

本案例以交通大學土木工程系館目前內部單元配置、假想之約定活動屬性及行為人類別活動計畫模擬行為人移動過程，隨後分析目前系館空間使用情形，進而發掘及改善潛在問題。



### 5.1.1.1 基本案例輸入資料

根據土木系館各樓層平面圖，可輸入系館內部各空間單元、樓梯單元及限制區域之配置，各樓層平面圖與輸入完成之畫面如(圖 34~37)，各空間單元之名稱由代表其功能之二位英文字母、所在樓層及空間單元流水號所組成，其中以 CL 開頭之空間單元代表教室空間單元、以 ST 開頭之空間單元代表研究生研究室空間單元、以 FO 開頭之空間單元代表教授研究室空間單元、以 CO 開頭之空間單元代表會議室空間單元、以 RR 開頭之空間單元代表圖書室空間單元、以 DO 開頭之空間單元代表系辦空間單元、以 FL 開頭之空間單元代表教授休息室空間單元，無標示之空間單元為未考量之空間單元。另外，因圖書室空間單元及教授研究室空間單元具安靜之需求，為了解圖書室空間單元及教授研究室空間單元受其他行為人走動干擾之情形，本案例於圖書室空間單元及各教授研究室空間單元出入口處設置流量線，以於模擬期間蒐集該處行為人流量之資料。

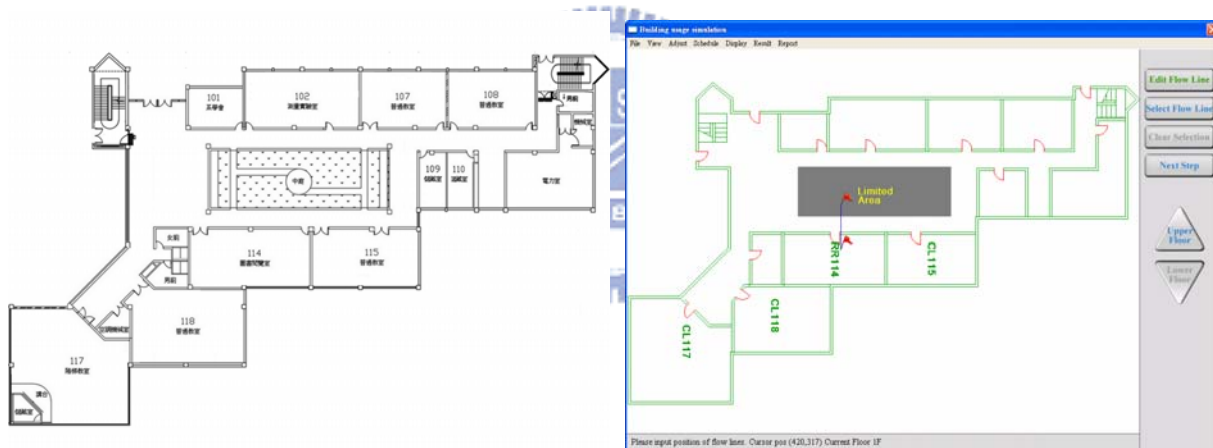


圖 34 土木系館 1F 平面圖及 1F 空間配置輸入資料



圖 35 土木系館 2F 平面圖及 2F 空間配置輸入資料

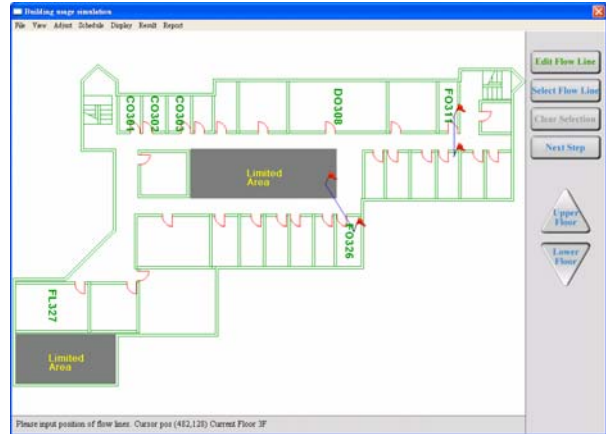
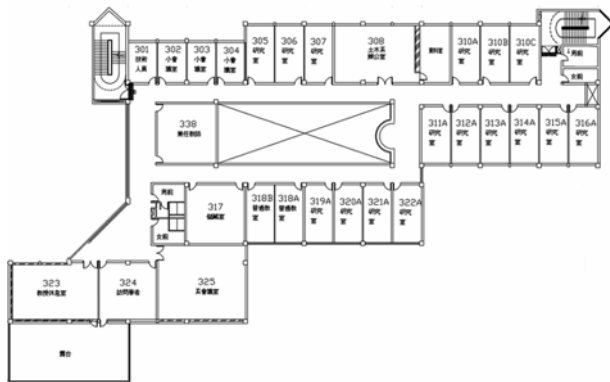


圖 36 土木系館 3F 平面圖及 3F 空間配置輸入資料

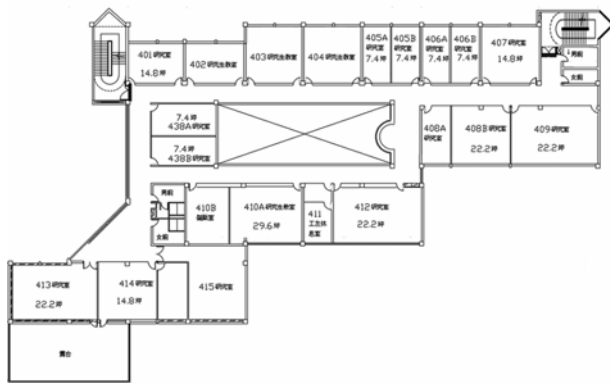


圖 37 土木系館 4F 平面圖及 4F 空間配置輸入資料

本案例假想之行為人包括大一至大四用功學生各 30 名，結構組、水利組、測量組、營管組用功學生各 10 名，及各組教授各 1 名(包括結構組教授 Dr. Fu-Ping Cheng、水利組教授 Dr. Liang-Cheng Chang、測量組教授 Dr. Chein-way Hwang 及營管組教授 Dr. Ren-Jye Dzens)；大學生行為人於系館可能從事之約定活動為課程活動，可能從事之非約定活動為圖書室資料查詢活動；研究生行為人於系館可能從事之約定活動為課程活動及與指導教授之論文研討活動，可能從事之非約定活動為個人研究；教授於系館可能從事之約定活動為課程活動、與指導學生之論文研討活動及校務會議活動，可能從事之非約定活動為個人研究、至系辦處理文件及至教授休息室晤談之活動，茲將本案例屬性描述、約定活動清單及各行為人類別活動計畫輸入內容列於附錄一。

根據附錄一約定活動清單及各行為人類別活動計畫資料，以屬性描述檔及活動清單檔格式(表 17、18、19)載入系統後，假設各行為人類別之移動行為僅受移動目標之影響，不受其他行為人佔用空間狀態、其他行為人移動方向及環境之影響，即各行為人類別之方向參數係數為 1.0，而前進參數係數、類別參數係數及環境參數係數為 0.0，則所有行為人將以最短路徑於教學館舍各空間單元間移動。完成上述資料輸入後，即能進行教學館舍行為人移動過程之模擬。

#### 5.1.1.2 基本案例模擬結果分析

將基本案例之模擬結果依行為人、空間單元及通道三類指標分析如下：

##### (1) 行為人指標

- a. 行為人移動距離：根據模擬一週期間各行為人移動過程之結果，可將行為人一週內之移動距離彙整於表 20，由表 20 可發現研究生行為人與教授行為人具移動距離較長之趨勢，分析各行為人類別活動排程及移動軌跡模擬結果可發現，雖然大二、大三學生行為人於一週內所從事活動數與研究生行為人相近，但因大學生行為人所從事活動以課程活動(約定活動)為主，且各課程活動時間安排相近(圖 38)，故不需頻繁進行進出系館之移動，而研究生行為人因其用功之行為特質，故從事”個人研究”活動之頻率較高，且因研究生行為人從事”個人研究”活動(非約定活動)之時間較零散(圖 39)，導致研究生行為人需於 1 樓出入口及研究室間來回移動而增加其移動距離。

表 20 基本案例行為人一週移動距離模擬結果

行為人類別	一週移動距離模擬結果
diligent_freshman	695
diligent_sophomore	1343
diligent_junior	1550
diligent_senior	958
diligent_graduate_student_with_advisor_Fu-Ping_Cheng	1869
diligent_graduate_student_with_advisor_Liang-Cheng_Chang	2165
diligent_graduate_student_with_advisor_Chein-way_Hwang	1603
diligent_graduate_student_with_advisor_Ren-Jye_Dzeng	2070
Dr_Fu-Ping_Cheng	1755
Dr_Liang-Cheng_Chang	1719
Dr_Chein-way_Hwang	2198
Dr_Ren-Jye_Dzeng	1774
平均移動距離	1346.9

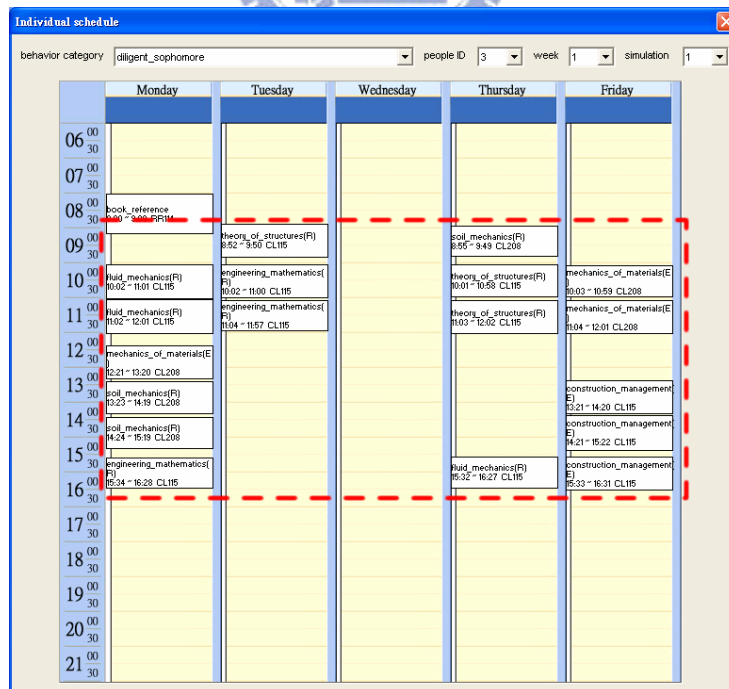


圖 38 基本案例大二學生行為人活動排程模擬結果

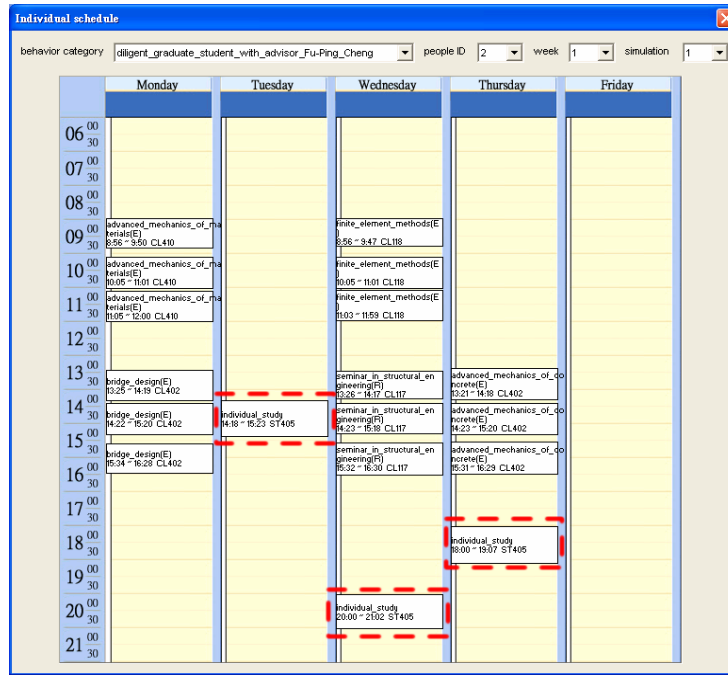


圖 39 基本案例結構組研究生行為人活動排程模擬結果

此外，由於研究生研究室多位於較高樓層(圖 40)，更導致研究生行為人移動距離明顯增加。同理，由於教授行為人從事“個人研究”、“文件處理”等非約定活動之時間較為零散，導致其移動距離亦有較長之趨勢，故應透過空間單元使用調整，改善研究生行為人或教授行為人之移動距離。

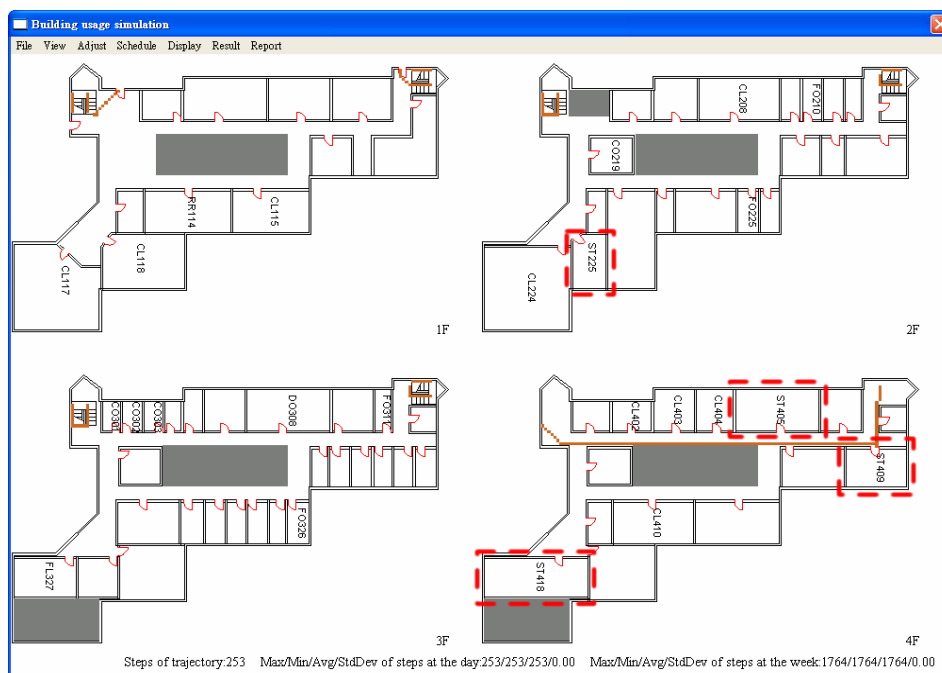


圖 40 基本案例營管組研究生行為人移動軌跡及各研究生研究室位置圖

(2)空間單元指標

a.空間單元進出流量：根據模擬一週期間各行為人移動過程之結果，可將主要空間單元於模擬期間各小時內最大流量彙整於表 21，由表 21 可發現具高流量之空間單元皆為教室空間單元，因此應將具高流量之教室空間單元配置於不相鄰位置或將發生高流量之活動時間錯開，以避免發生擁擠之情形。

表 21 基本案例主要空間單元各小時內最大流量模擬結果

空間單元	各小時內最大流量	空間單元	各小時內最大流量
CL115	60	CO301	11
CL117	30	CO302	11
CL118	11	CO303	11
CL208	60	ST225	7
CL224	60	ST405	7
CL402	10	ST409	7
CL403	11	ST418	7
CL404	11	RR114	11
CL410	60	DO308	4

此外，比較教室空間單元(圖 41)和研究室空間單元(圖 42)行為人進出流量，可發現教室空間單元因其為從事課程活動(約定活動)之地點，故具高尖峰流量且於特定時間點湧現人潮，而於其他時間點則無人進出；而研究室空間單元因其為從事”個人研究”(非約定活動)之地點，故相對具低尖峰流量且於特定時間範圍(依行為人類別從事活動行為而定，本案例為傍晚及晚上時段)將有較平均之行為人進出。因此，系館管理者需注意教室空間單元人潮湧現之時間點，以避免發生擁擠之情形並提高行為人進出空間單元之舒適性。



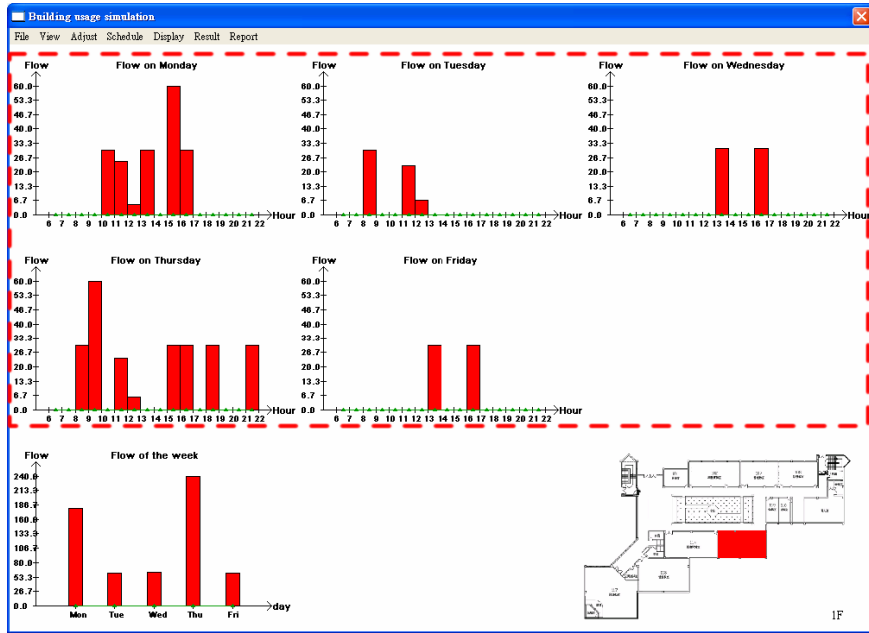


圖 41 基本案例教室空間單元行為人流量模擬結果



圖 42 基本案例研究生研究室空間單元行為人流量模擬結果

b. 空間單元使用人數：透過分析各空間單元於各時段使用人數，進行適當時間、空間調配，將能充分使用各空間單元，避免空間浪費，如本案例中模擬大學生行為人欲於一週中盡早從事”圖書室資料查詢”活動(非約定活動)，但因非約定活動不可與約定活動(如課程活動)發生時間衝突，導致行為人僅能於特定時段

進行”圖書資料查詢”活動(圖 43)，若能掌握此特性，根據行為人行為調整圖書室開放時段，將能提供行為人更加充分使用空間單元。

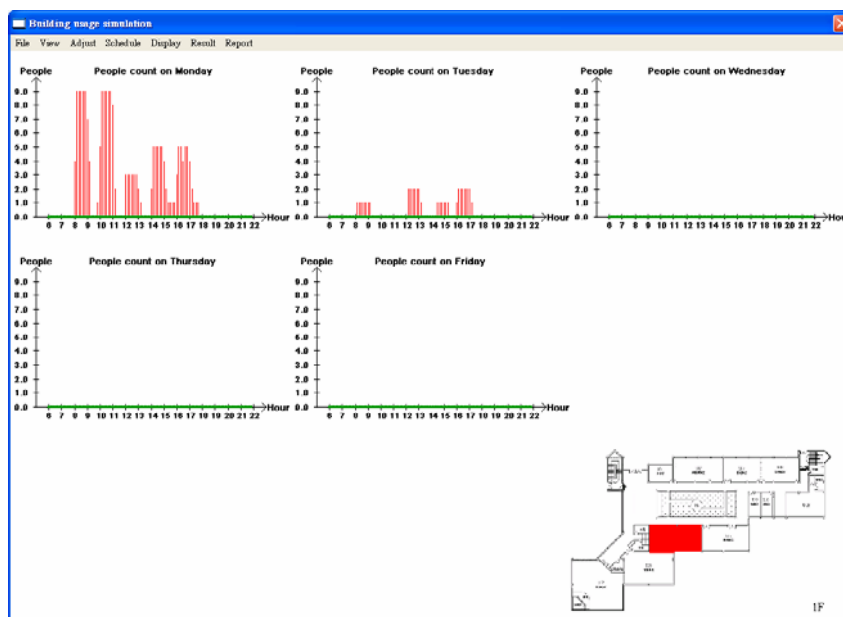


圖 43 基本案例空間單元 RR114 使用人數模擬結果

- c. 空間單元使用人數佔教學館舍總使用人數之百分比：透過分析空間單元使用人數佔教學館舍總使用人數之百分比可瞭解各空間單元於目前空間配置、約定活動屬性及其行為人使用行為下之重要性，藉由掌握重點空間單元，可協助空間使用調整策略之擬定，本案例中空間單元使用人數佔教學館舍總使用人數百分比達 25%(澄色)之空間單元為 CL115、CL117、CL208、CL224 及 CL410(圖 44)，故擬定空間使用調整策略時，因上述空間單元將影響較大比例之行為人，需特別注意與其相關之行為人類別及活動。

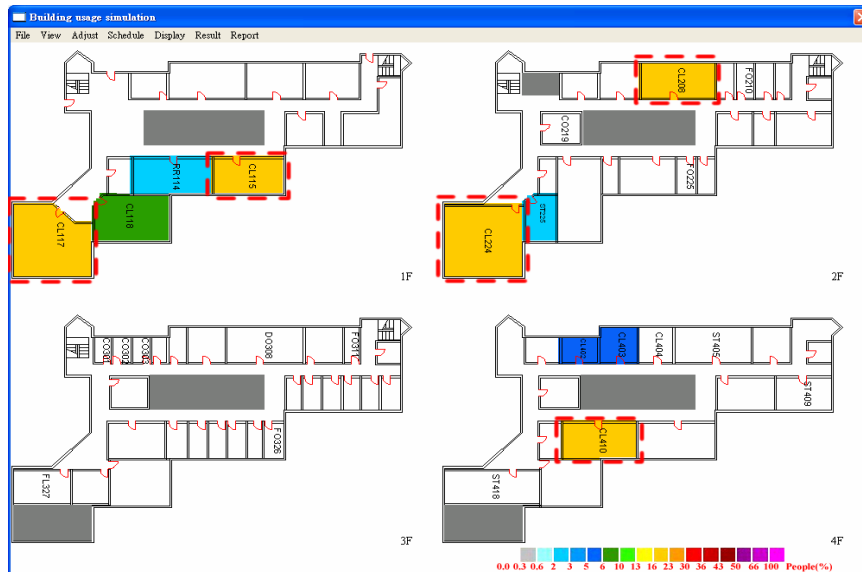


圖 44 基本案例空間單元使用人數佔總行為人數百分比模擬結果

d. Gross Rate、Net Rate：由各主要空間單元 Gross Rate 及 Net Rate 於模擬期間各天最大值及最小值(表 22)可發現 Gross Rate 最大值僅為 47.9%，而最小值多為 0.0%，代表大多數空間單元尚未被充分利用。部分空間單元之 Net Rate 達 100.0%乃來自於僅有一項活動於該空間單元發生，實際上仍有大量之閒置時間可供行為人從事其他新活動，故本案例中大多數空間單元應更充分利用，減少不必要之閒置，以提高空間單元之 Gross Rate 及 Net Rate。

表 22 基本案例主要空間單元 Gross Rate、Net Rate 模擬結果

空間單元	Gross Rate (Max、Min)	Net Rate(%) (Max、Min)	空間單元	Gross Rate(%) (Max、Min)	Net Rate(%) (Max、Min)
CL115	41.6%、19.7%	100.0%、54.0%	CO301	0.0%、0.0%	0.0%、0.0%
CL117	34.3%、0.0%	100.0%、0.0%	CO302	6.2%、0.0%	100.0%、0.0%
CL118	18.75%、0.0%	100.0%、0.0%	CO303	0.0%、0.0%	0.0%、0.0%
CL208	40.6%、6.2%	100.0%、68.0%	ST225	40.6%、15.6%	100.0%、65.1%
CL224	35.4%、0.0%	100.0%、0.0%	ST405	33.3%、21.8%	88.0%、74.4%
CL402	31.5%、0.0%	100.0%、0.0%	ST409	35.4%、15.6%	100.0%、78.9%
CL403	38.5%、0.0%	100.0%、0.0%	ST418	40.6%、16.6%	100.0%、67.4%
CL404	19.79%、0.0%	100.0%、0.0%	RR114	47.9%、0.0%	100.0%、0.0%
CL410	19.7%、0.0%	100.0%、0.0%	DO308	8.3%、0.0%	53.3%、0.0%

e. 行為人於空間單元停留時間：由行為人於主要空間單元平均停留時間及標準差(表 23)，可發現行為人從事約定活動時於空間單元停留時間近似於約定活動活動期間，如行為人於教室空間單元停留時間約為 1~3 小時；而行為人從事非約定活動時於空間單元停留時間，因可由行為人偏好自由決定，故其停留時間標準差具較大之趨勢，如行為人於空間單元 ST225 從事”個人研究”活動之停留時間標準差。透過行為人實際從事活動資料之蒐集與輸入，將能使模擬結果更具變化性與真實性。

表 23 基本案例行為人於主要空間單元平均停留時間及標準差模擬結果

空間單元	停留時間平均值 (時：分)	停留時間標準差 (分)	空間單元	停留時間平均值 (時：分)	停留時間標準差 (分)
CL115	2：32	15.6	CO301		
CL117	2：43	12.0	CO302	0：56	1.0
CL118	3：04	2.0	CO303		
CL208	1：42	13.4	ST225	1：22	25.0
CL224	2：41	13.0	ST405	1：13	19.0
CL402	3：06	2.0	ST409	1：08	15.4
CL403	3：05	1.0	ST418	1：14	16.4
CL404	3：07	1.0	RR114	1：03	14.0
CL410	2：35	9.2	DO308	0：25	11.0

f. 空間單元閒置時間間隔：由空間單元閒置時間間隔模擬結果(表 24)可發現多個空間單元不存在閒置時間間隔，如同空間單元 Gross Rate、Net Rate 模擬結果(表 22)所示，代表大多數空間單元尚未被充分利用。而已被利用之空間單元其閒置時間都在 41 分鐘至 1 小時 46 分鐘間，不至於閒置過久導致空間浪費，亦無閒置時間過短導致同一空間單元前後使用行為人發生擁擠之情形。

表 24 基本案例主要空間單元閒置時間間隔模擬結果

空間單元	平均閒置時間(時：分)	空間單元	平均閒置時間(時：分)
CL115	1：46	CO301	
CL117	1：30	CO302	
CL118		CO303	
CL208		ST225	0：57
CL224	1：00	ST405	0：55
CL402	1：40	ST409	0：41
CL403	1：40	ST418	1：42
CL404		RR114	1：16
CL410		DO308	1：30

g. 空間單元使用人數超過 0~90 人之時段佔整個模擬期間之比例：由空間單元使用人數超過 0~30 人之時段佔整個模擬期間比例(表 25)，可發現空間單元 CL115 及 CL117 存在使用人數超過 30 人情形，故此兩空間單元應配置較大之空間以滿足人數需求，而空間單元 CL117 因人數需求應配置較大空間，但空間單元 CL117 使用人數超過 0~20 人之時段佔整個模擬期間之比例偏低，造成大空間閒置之浪費，故應提高多人同時使用空間單元 CL117 之機會，以避免較大空間之浪費。而使用人數從未超過 20 人之空間單元，如 CL402、CO302、ST225 等，應配置較小之空間單元，以避免多餘空間之浪費。

表 25 基本案例主要空間單元使用人數超過 0~30 人之時段佔模擬期間比例模擬結果

空間單元	使用人數超過 n 人之時段 佔整個模擬期間比例				空間單元	使用人數超過 n 人之時段 佔整個模擬期間比例			
	n = 0	n = 10	n = 20	n = 30		n = 0	n = 10	n = 20	n = 30
CL115	26.6%	25.4%	25.4%	3.75%	CO301	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CL117	10.8%	6.4%	2.5%	2.2%	CO302	1.2%	1.0%	0.0%	0.0%
CL118	3.7%	3.7%	0.0%	0.0%	CO303	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CL208	18.7%	17.0%	16.8%	0.0%	ST225	29.1%	0.0%	0.0%	0.0%
CL224	18.9%	14.5%	6.8%	0.0%	ST405	25.2%	0.0%	0.0%	0.0%
CL402	19.3%	0.0%	0.0%	0.0%	ST409	24.1%	0.0%	0.0%	0.0%
CL403	15.6%	7.5%	0.0%	0.0%	ST418	26.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CL404	3.9%	3.7%	0.0%	0.0%	RR114	16.2%	0.6%	0.0%	0.0%
CL410	15.4%	10.6%	2.0%	0.0%	DO308	2.9%	0.0%	0.0%	0.0%

(3)通道績效指標

a. 通道網格累積流量：根據模擬期間特定時段通道網格累積流量(圖 45)，可發掘出現較大行為人流量之通道區域及樓梯單元(圖 45 中紅色框線處)，透過分析該通道及樓梯單元各時段行為人流量並檢視是否超過通道設計流量，可確保行為人於教學館舍移動之舒適性。



圖 45 基本案例通道網格累積流量模擬結果



b. 流量線累積流量：因圖書室空間單元(RR114)及各教授研究室空間單元(FO210、FO225、FO311 及 FO326)具安靜之需求，故本案例於上述空間單元處設置流量線，以觀察上述空間單元使用者受其他行為人干擾之情形，由各流量線累積行為人流量模擬結果(表 26)，可發現位於 1 樓之空間單元 RR114 受其他行為人干擾最為嚴重，而位於 2 樓之教授研究室空間單元 FO210、FO225 受其他行為人干擾之情形較位於 3 樓之教授研究室空間單元 FO311、FO326 嚴重，故若實際可行的話，將具安靜需求之空間單元配置於 3 樓將能減少空間單元使用者受其他行為人干擾之情形。

表 26 基本案例流量線累積流量模擬結果

所觀察空間單元	流量線一週累積流量(人次)
RR114	656
FO210	262
FO225	129
FO311	28
FO326	22
總累積流量	1097

### 5.1.1.3 基本案例改善方式與模擬分析

根據 5.1.1.2 小節模擬結果，目前系館空間使用方式可能之改善方向為減少總體行為人移動距離、減少空間單元閒置時間及降低具安靜需求空間單元受其他行為人干擾之情形，其中減少空間單元閒置時間涉及行為人從事活動行為之改變或約定活動之增加，而本案例為簡化模擬之複雜性，假設行為人從事活動行為不變且約定活動數量不變，故僅以減少總體行為人移動距離及降低具安靜需求空間單元受其他行為人干擾之情形為改善目標。

為減少總體行為人移動距離，嘗試將移動距離較長之研究生行為人(表 20)從事”個人研究”活動之研究室空間單元由 4 樓移至 3 樓，以減少研究生行為人移動距離，由於本案例 3 樓目前所考量空間單元中面積與研究生研究室空間單元相仿者有限，故本案例僅嘗試將研究生研究室空間單元 ST409 與教授休息室空間

單元 FL327 互換，並觀察模擬結果之差異。

為降低具安靜需求空間單元受其他行為人干擾之情形，本案例嘗試將圖書室空間單元 RR114 與面積相仿之系辦空間單元 DO308 互換、將教授研究室空間單元 FO210、FO225 與面積相仿之會議室空間單元 CO301、CO302 互換，並觀察模擬結果之差異。

調整前後各樓層空間配置情形比較如圖 46~圖 49 所示，調整後各空間單元以調整前對應空間單元名稱加"N"命名，並將配置發生改變之空間單元以紅色方框表達。

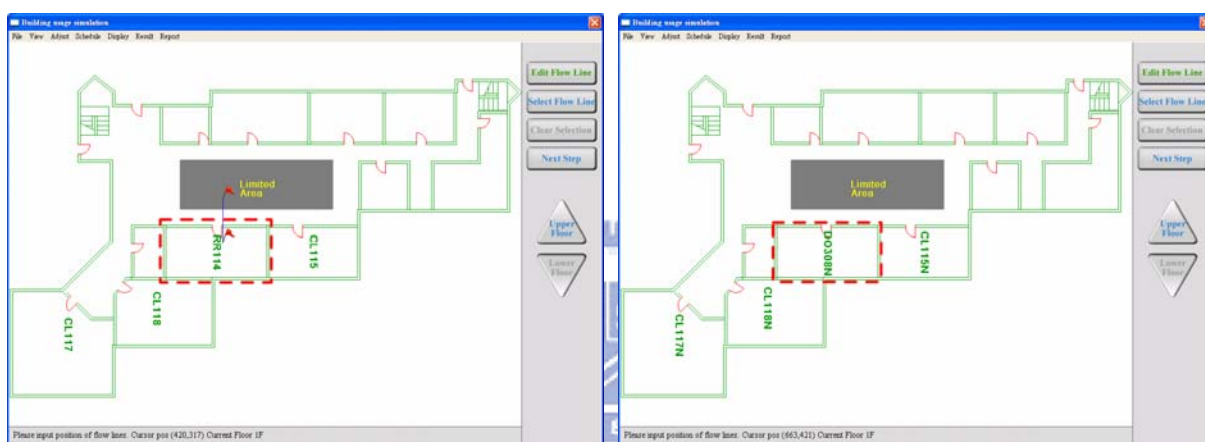


圖 46 基本案例調整前(左圖)、後(右圖)1F 空間配置圖

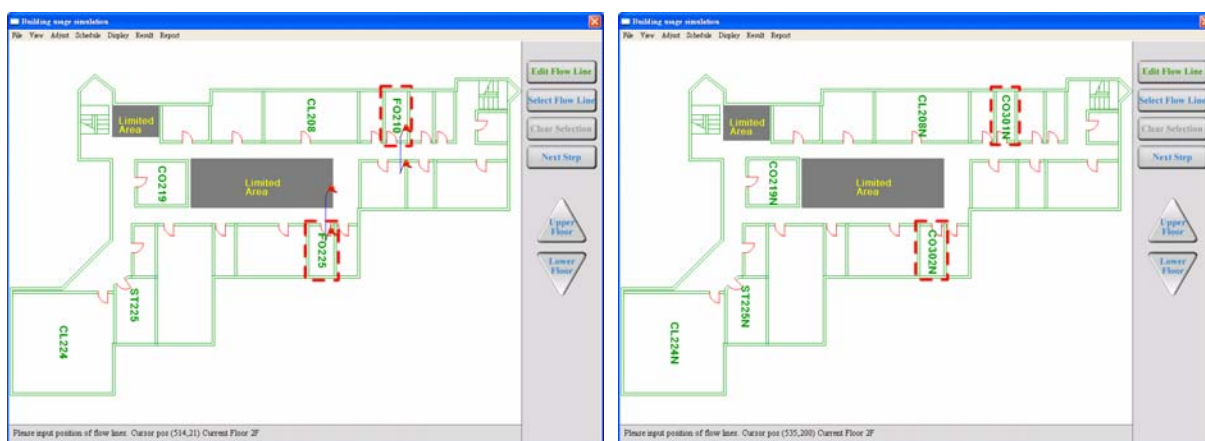


圖 47 基本案例調整前(左圖)、後(右圖)2F 空間配置圖

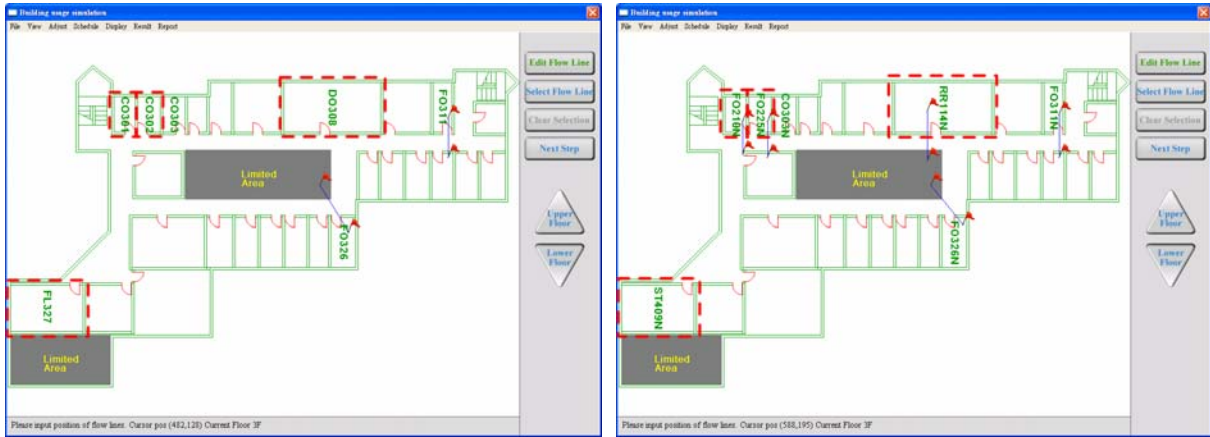


圖 48 基本案例調整前(左圖)、後(右圖)3F 空間配置圖

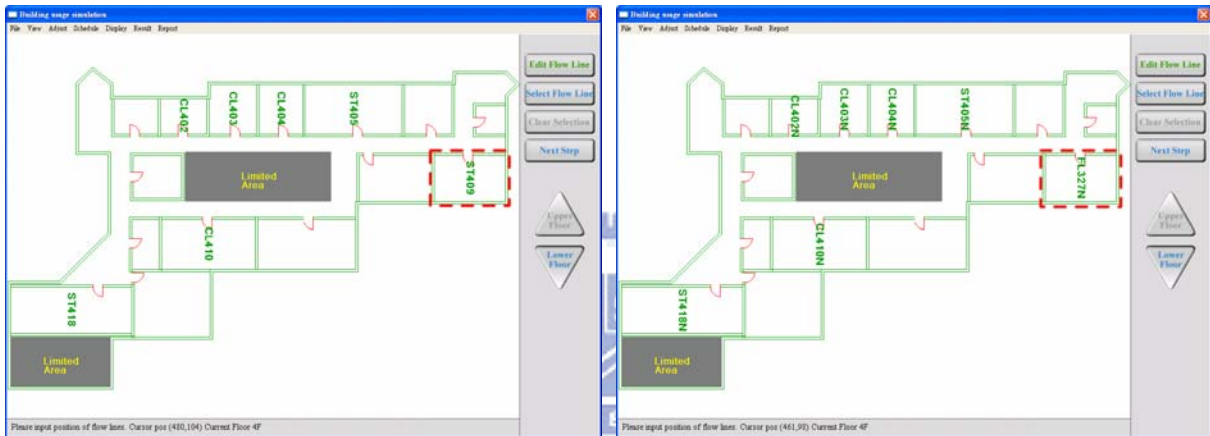


圖 49 基本案例調整前(左圖)、後(右圖)4F 空間配置圖

假設約定活動屬性及行為人類別從事活動行為不變，以調整後之空間配置進行模擬，所得結果分析如下：

(1)行為人指標

- a.行為人移動距離：比較空間配置方式調整前後各行為人類別移動距離(表 27)，可發現大學生行為人類別因圖書室空間單元 RR114(從事圖書資料查詢活動所在位置)由 1 樓移至 3 樓，導致其移動距離有些微增加之趨勢；而除營管組研究生行為人類別外，其餘研究生行為人類別因會議室空間單元 CO301、CO302(從事論文研討活動所在位置)由 3 樓移至 2 樓，雖與 1 樓出入口距離縮短，但與研究生研究室空間單元之距離卻增長，導致其移動距離可能增加亦可能減少；而營管組研究生行為人類別因營管組研究室空間單元 ST409 由 4 樓移至 3 樓，導致其移動距離明顯減少 25.4%；教授行為人類別因會議室空間單

元 CO301 及 CO302 由 3 樓移至 2 樓、系辦空間單元 DO308 由 3 樓移至 1 樓、教授休息室空間單元 FL327 由 3 樓移至 4 樓，及教授研究室空間單元 FO210、FO225 由 2 樓移至 3 樓，導致教授行為人類別從事相同活動之移動距離相對增加或減少，而最終移動距離即為各項移動距離改變加總之結果。儘管營管組研究生行為人類別移動距離如本改善方案所預期，達到移動距離減少 25.4%之效果，然而因各空間單元相對距離之改變，各行為人類別總體移動距離僅減少 0.4%，故透過本系統可模擬空間配置方式改變對整體空間使用之影響，協助系館管理者由更全面之角度擬定空間使用調整策略。

表 27 基本案例空間配置方式調整前後行為人類別移動距離比較表

行為人類別	一週移動距離模擬結果		
	調整前	調整後	變化百分比
diligent_freshman	695	705	+1.4%
diligent_sophomore	1343	1433	+6.7%
diligent_junior	1550	1600	+3.2%
diligent_senior	958	987	+3.0%
diligent_graduate_student_with_advisor_Fu-Ping_Cheng	1869	2006	+7.3%
diligent_graduate_student_with_advisor_Liang-Cheng_Chang	2165	2132	-1.5%
diligent_graduate_student_with_advisor_Chein-way_Hwang	1603	1463	-8.7%
diligent_graduate_student_with_advisor_Ren-Jye_Dzeng	2070	1543	-25.4%
Dr_Fu-Ping_Cheng	1755	1626	-7.3%
Dr_Liang-Cheng_Chang	1719	2167	+26.0%
Dr_Chein-way_Hwang	2198	1540	-29.9%
Dr_Ren-Jye_Dzeng	1774	1362	-23.3%
平均移動距離	1346.9	1340.7	-0.4%

## (2)空間單元指標

因本案例假設約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為不變，故模擬結果中各項空間單元指標於空間配置方式調整前後並無明顯差異。

## (3)通道績效指標

a. 流量線累積流量：根據基本案例調整後空間配置方式進行模擬並統計圖書室空間單元及教授研究室空間單元處流量線累積流量(表 28)，可發現圖書室空間單元 RR114N、教授研究室空間單元 FO210N、FO225N 受其他行為人干擾程度得到很大的改善，然而新空間配置方式導致原本受其他行為人干擾程度較低之教授研究室空間單元 FO311N 及 FO326N 其受干擾程度大為提升，最後，總體空間單元受其他行為人干擾程度獲得 67.6%之改善，故本改善方案確實能達到降低總體空間單元受干擾程度之目標。

表 28 基本案例空間配置方式調整前後空間單元受干擾程度比較表

所觀察空間單元	一週流量線累積流量(人次)		
	調整前	調整後	變化百分比
RR114(N)	656	60	-90.8%
FO210(N)	262	74	-71.7%
FO225(N)	129	95	-26.3%
FO311(N)	28	93	+232.1%
FO326(N)	22	33	+50.0%
總累積流量	1097	355	-67.6%

### 5.1.2 樓層重新隔間案例

經由 5.1.1 小節之基本案例，可證實本研究具協助系館管理者分析並改善教學館舍目前空間使用方式之功能，然由於目前教學館舍實體隔間面積、管線配置及室內設備等因素，僅能有限地改善目前空間使用效率。本小節之案例假設土木系館將進行重新隔間，並根據不同空間規劃理念提出三種空間配置方案，系館管理者希望透過本系統分析及比較各方案特性，以協助管理者評估及選擇最佳方案。



### 5.1.2.1 樓層重新隔間案例輸入資料

本案例假設根據不同空間規劃理念，提出下列三種空間配置方案：

- (1)方案 A：為減少具安靜需求之空間單元受其他行為人干擾之程度，根據各空間單元對安靜需求之程度，將類似空間單元配置於相同樓層，即將具最低程度安靜需求之教室空間單元配置於 1 樓、2 樓；將具中等程度安靜需求之會議室空間單元、系辦空間單元配置於 2 樓；將具中高度安靜需求之研究生研究室空間單元配置於 3 樓；將具最高程度安靜需求之圖書室空間單元、教授研究室空間單元配置於 4 樓。依上述空間規劃理念所得系館空間配置方式如圖 50～53 所示，其中與基本案例空間單元相對應之空間單元以基本案例中該空間單元名稱加”N”命名。



圖 50 重新隔間案例方案 A—1F 空間配置圖 圖 51 重新隔間案例方案 A—2F 空間配置圖

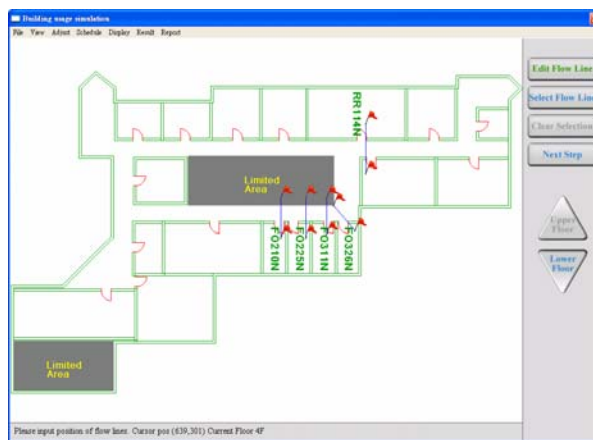


圖 52 重新隔間案例方案 A—3F 空間配置圖 圖 53 重新隔間案例方案 A—4F 空間配置圖



(2)方案 B：為增進行為人類別從事各項活動之便利性，將特定行為人類別從事各項活動所在空間單元配置於同一樓層，即將大學生行為人類別從事課程活動、圖書資料查詢活動所在教室空間單元、圖書室空間單元配置於 1 樓；將研究生行為人類別從事課程活動、個人研究活動所在教室空間單元、研究生研究室空間單元配置於 2 樓；將教授行為人類別從事個人研究活動、會議活動及文件處理活動所在教授研究室空間單元、會議室空間單元、系辦空間單元配置於 3 樓。依上述空間規劃理念所得系館空間配置方式如圖 54~57 所示，其中與基本案例空間單元相對應之空間單元以基本案例中該空間單元名稱加”N”命名。



圖 54 重新隔間案例方案 B—1F 空間配置圖 圖 55 重新隔間案例方案 B—2F 空間配置圖

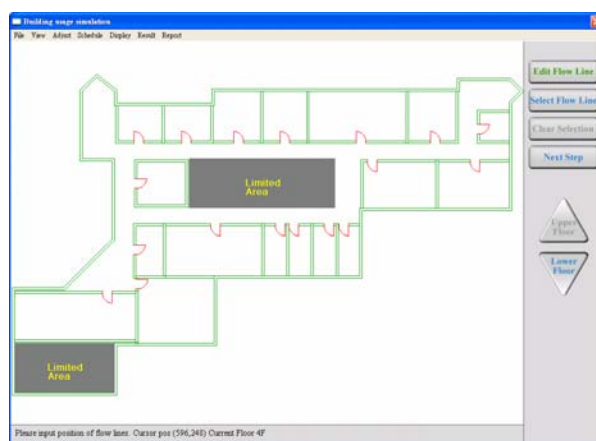


圖 56 重新隔間案例方案 B—3F 空間配置圖 圖 57 重新隔間案例方案 B—4F 空間配置圖

(3)方案 C：考量各項活動間之關聯性，將相關活動所在空間單元配置於相鄰位置，以增進相關行為人類別彼此溝通之便利性，即將課程活動所在教室空間單

元、圖書資料查詢活動所在圖書室空間單元及教授休息室空間單元配置於 1 樓、2 樓；將教授研究室空間單元與研究生研究室空間單元配置於 3 樓；將會議室空間單元與系辦空間單元配置於 4 樓。依上述空間規劃理念所得系館空間配置方式如圖 58~61 所示，其中與基本案例空間單元相對應之空間單元以基本案例中該空間單元名稱加”N”命名。

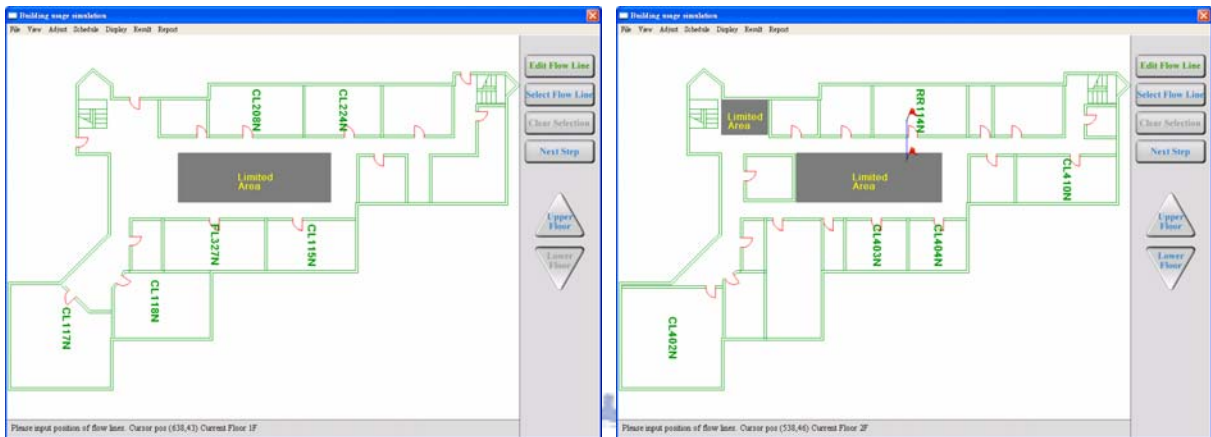


圖 58 重新隔間案例方案 C—1F 空間配置圖 圖 59 重新隔間案例方案 C—2F 空間配置圖

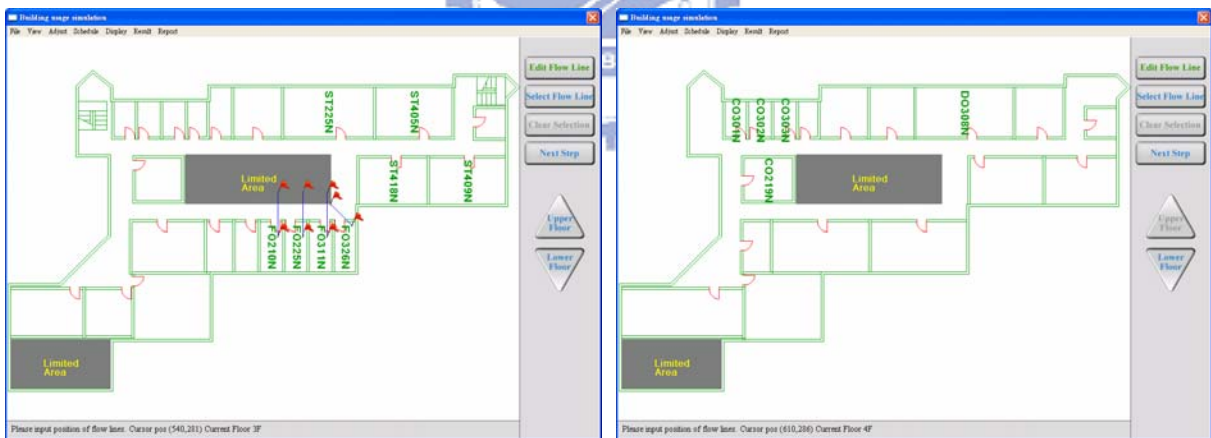


圖 60 重新隔間案例方案 C—3F 空間配置圖 圖 61 重新隔間案例方案 C—4F 空間配置圖

本案例假設約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為不變，依各空間配置方案進行教學館舍行為人移動過程模擬，以協助系館管理者評估各方案之優劣，進而選擇最佳方案。

### 5.1.2.2 樓層重新隔間案例模擬結果分析

根據各重新隔間方案進行模擬，所得結果分析如下：

(1)行為人指標

a.行為人移動距離：比較各重新隔間方案行為人類別移動距離及基本案例行為人類別移動距離(表 29)，可發現三個重新隔間方案對縮短總體移動距離皆有顯著效果(縮短總體移動距離 17.5%以上)，其中方案 B 具最短總體移動距離，故從總體移動距離而言，方案 B 為最佳空間配置方案。

表 29 基本案例及重新隔間案例各方案行為人類別移動距離比較表

行為人類別	一週移動距離模擬結果			
	基本案例	方案 A (變化百分比)	方案 B (變化百分比)	方案 C (變化百分比)
diligent_freshman	695	707(+1.7%)	629(-9.4%)	656(-5.6%)
diligent_sophomore	1343	1057(-21.2%)	1012(-24.6%)	1055(-21.4%)
diligent_junior	1550	1174(-24.2%)	1035(-33.2%)	1143(-26.2%)
diligent_senior	958	838(-12.5%)	691(-27.8%)	672(-29.8%)
diligent_graduate_student_with_advisor_Fu-Ping_Cheng	1869	1671(-10.5%)	1424(-23.8%)	1678(-10.2%)
diligent_graduate_student_with_advisor_Liang-Cheng_Chang	2165	1830(-15.4%)	1537(-29.0%)	1494(-30.9%)
diligent_graduate_student_with_advisor_Chein-way_Hwang	1603	1277(-20.3%)	1055(-34.1%)	1232(-23.1%)
diligent_graduate_student_with_advisor_Ren-Jye_Dzeng	2070	1366(-34.0%)	1374(-33.6%)	1436(-30.6%)
Dr_Fu-Ping_Cheng	1755	2029(+15.6%)	1963(+11.8%)	1906(+8.6%)
Dr_Liang-Cheng_Chang	1719	1808(+5.1%)	1343(-21.8%)	1713(-0.3%)
Dr_Chein-way_Hwang	2198	1597(-27.3%)	1554(-29.2%)	2304(+4.8%)
Dr_Ren-Jye_Dzeng	1774	2013(+13.4%)	1875(+5.6%)	1519(-14.3%)
平均移動距離	1346.9	1110.7(-17.5%)	985.6(-26.8%)	1046.4(-22.3%)

(2)空間單元指標

因本案例假設約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為不變，故各空間配置

方案模擬結果中各項空間單元指標與基本案例並無明顯差異。

### (3) 通道績效指標

a. 流量線累積流量：根據各空間配置方案進行模擬並統計圖書室空間單元及教授研究室空間單元處流量線累積流量(表 30)，可發現三個重新隔間方案對減少具安靜需求空間單元受干擾程度皆有顯著效果(減少空間單元受干擾程度 54.5% 以上)，其中方案 A 具最低總體受干擾程度，故從空間單元受干擾程度而言，方案 A 為最佳空間配置方案。

**表 30 基本案例及重新隔間案例各方案空間單元受干擾程度比較表**

所觀察空間單元	一週流量線累積流量(人次)			
	基本案例	方案 A (變化百分比)	方案 B (變化百分比)	方案 C (變化百分比)
RR114(N)	656	40(-93.9%)	434(-33.8%)	212(-67.6%)
FO210(N)	262	29(-88.9%)	23(-91.2%)	19(-92.7%)
FO225(N)	129	13(-89.9%)	13(-89.9%)	17(-86.8%)
FO311(N)	28	13(-53.5%)	17(-39.2%)	13(-53.5%)
FO326(N)	22	30(+36.3%)	12(-45.5%)	22(-0.0%)
總累積流量	1097	125(-88.6%)	499(-54.5%)	283(-74.2%)

#### 5.1.2.3 樓層重新隔間案例小結

經上述模擬結果，可知採將具類似安靜需求之空間單元配置於相同樓層之策略，可使具安靜需求之空間單元受干擾程度降至最低，但因行為人需於具不同安靜需求之空間單元間穿梭(即於不同樓層間移動)，以從事各項活動，導致其移動距離增加；而採將特定行為人類別從事各項活動所在空間單元配置於同一樓層之策略，可使行為人類別從事各項活動所需移動距離最短，但具不同安靜需求之空間單元彼此相鄰導致空間單元受干擾程度嚴重；採將相關活動所在空間單元配置於相同樓層策略，將得到中等程度之空間單元干擾及中等程度之移動距離，但當不同行為人類別間具頻繁溝通需求時，如研究生行為人類別與教授行為人類別間可能存在頻繁之文件傳遞需求，則採本策略將能獲得最佳之溝通便利性。

對於各項空間使用績效指標，系館管理者可指定不同權重並考量可能之需求(如空間單元面積、行為人類別間相互溝通)與限制(如空間配置方式之可行性)，以評估並選擇最佳方案。

### 5.1.3 通道障礙案例

5.1.2 小節之案例探討本系統輔助使用者進行空間使用調整長期策略擬定之方式，本小節案例將探討本系統輔助使用者進行空間使用調整短期策略擬定之方式，本案例假設系館因樓梯施工，導致 2 樓左側樓梯單元(連接 2 樓及 3 樓)無法通行，故系館管理者希望透過本系統模擬施工對行為人移動過程之影響，並擬定空間使用調整短期策略以維護系館行為人之安全。

#### 5.1.3.1 通道障礙案例輸入資料

為表達系館 2 樓左側樓梯單元無法通行，僅需將基本案例空間配置中該樓梯單元移除即可，此外，為瞭解樓梯施工對行為人安全性之影響，故於施工範圍周遭(2 樓及 3 樓樓梯口)設置流量線，觀察工地周遭行為人流量，作為評估行為人安全性之指標，本案例輸入之空間配置如圖 62~65。



圖 62 通道障礙案例 1F 空間配置圖

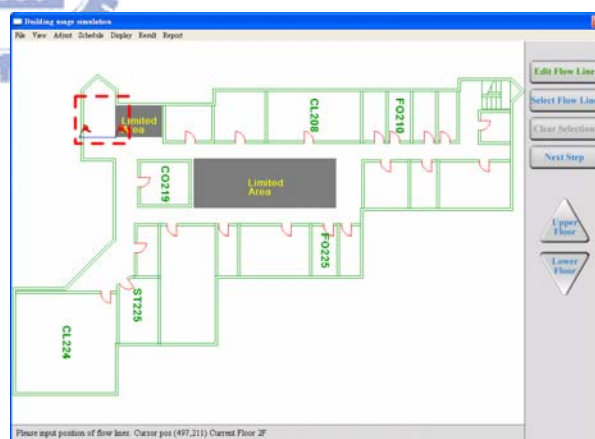


圖 63 通道障礙案例 2F 空間配置圖



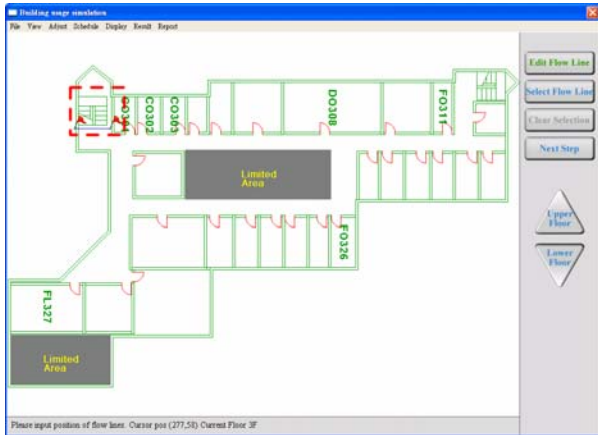


圖 64 通道障礙案例 3F 空間配置圖



圖 65 通道障礙案例 4F 空間配置圖

本案例假設約定活動屬性及行為人類別從事活動行為不受樓梯單元施工影響，故以基本案例之約定活動清單及行為人類別活動計畫資料載入系統，進行教學館舍行為人移動過程之模擬。

### 5.1.3.2 通道障礙案例模擬結果分析

以系館 2 樓左側樓梯單元進行施工而無法通行之空間配置進行模擬，所得結果分析如下：

#### (1) 行為人指標

- a. 行為人移動距離：比較基本案例與發生通道障礙案例行為人類別移動距離(表 31)，可發現除大一學生行為人類別及大二學生行為人類別因其從事活動之空間單元皆位於 1 樓及 2 樓，故其移動距離受 2 樓樓梯單元施工影響最小，其餘行為人類別因從事位於 3 樓及 4 樓活動時需繞行 2 樓右側樓梯單元，故其移動距離有明顯增加之趨勢。



表 31 基本案例及通道障礙案例行為人類別移動距離比較表

行為人類別	一週移動距離模擬結果		
	未發生通道障礙	發生通道障礙	變化百分比
diligent_freshman	695	719	+3.4%
diligent_sophomore	1343	1293	-3.7%
diligent_junior	1550	2138	+37.9%
diligent_senior	958	1320	+37.7%
diligent_graduate_student_with_advisor_Fu-Ping_Cheng	1869	2649	+41.7%
diligent_graduate_student_with_advisor_Liang-Cheng_Chang	2165	4004	+84.9%
diligent_graduate_student_with_advisor_Chein-way_Hwang	1603	2105	+31.3%
diligent_graduate_student_with_advisor_Ren-Jye_Dzeng	2070	2241	+8.2%
Dr_Fu-Ping_Cheng	1755	2619	+49.2%
Dr_Liang-Cheng_Chang	1719	2457	+42.9%
Dr_Chein-way_Hwang	2198	2524	+14.8%
Dr_Ren-Jye_Dzeng	1774	2423	+36.5%
平均移動距離	1346.9	1732.3	+28.6%

(2)空間單元指標

因本案例假設約定活動屬性及行為人類別從事活動行為不變，故各項空間單元指標受樓梯單元施工之影響不明顯。

(3)通道績效指標

a.流量線累積流量：根據通道障礙案例施工地點周邊行為人流量模擬結果(表

32)，可發現行經施工地點周邊之行為人主要為行經 2 樓左側樓梯口，故為降低行經施工地點周邊之行為人數，以提高系館行為人之安全性，應試圖減少行經 2 樓左側樓梯口之行為人數。

表 32 通道障礙案例施工地點周邊行為人流量表

所觀察位置	一週流量線累積流量(人次)
2 樓左側樓梯口	1776
3 樓左側樓梯口	5
總累積流量	1781

### 5.1.3.3 通道障礙案例改善方式與模擬分析

為減少行經 2 樓左側樓梯口之行為人數，以提高系館行為人之安全性，本案例考量下列兩方案：

(1)方案 A：將部分於 2 樓、3 樓或 4 樓空間單元從事之約定活動改於 1 樓進行，如將約定活動”fortran\_programming”、”engineering\_geology”及”hydraulic\_engineering”之活動地點由 2 樓空間單元 CL208 改為 1 樓空間單元 CL117，即將基本案例約定活動輸入資料(附錄一)進行表 33 之修改。

表 33 通道障礙案例方案 A—約定活動輸入資料調整表

約定活動名稱	活動頻率 屬性	活動開始 時間屬性	活動期間 屬性	活動地點 屬性	活動起迄 週次屬性
fortran_programming	3_times_a_week	1B3CD	middle_term	classroom208 改為 classroom117	all_weeks
engineering_geology	3_times_a_week	1CD3A	middle_term	classroom208 改為 classroom117	all_weeks
hydraulic_engineering	3_times_a_week	2BCD	middle_term	classroom208 改為 classroom117	all_weeks

(2)方案 B：暫時封閉 1 樓左側進出口，誘導系館行為人經由右側樓梯上下樓層，進而減少行為人行經施工地點周邊(2 樓左側樓梯口及 3 樓左側樓梯口)。為表

達封閉系館 1 樓左側進出口之策略，僅需將基本案例空間配置中 1 樓出入口數減少即可，採本方案之空間配置輸入資料如圖 66~69 所示。

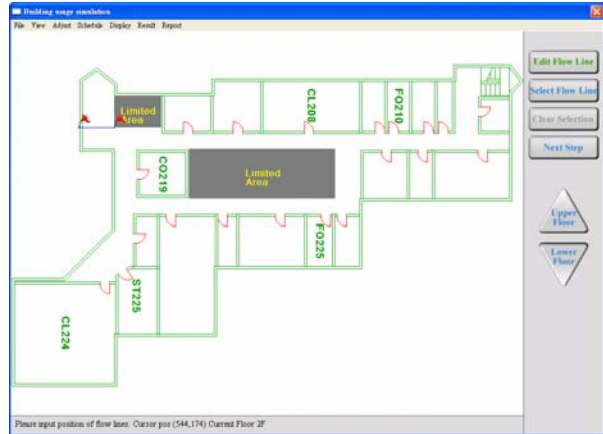
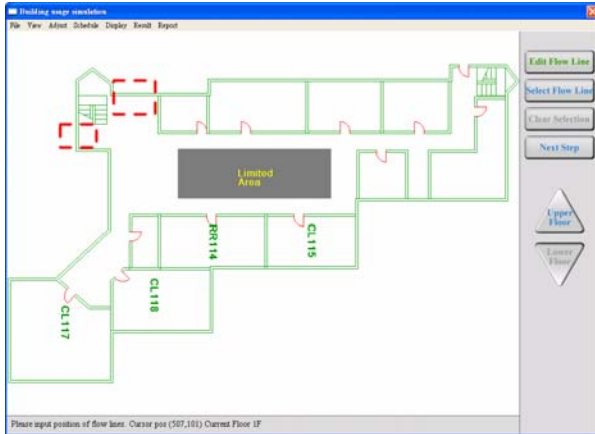


圖 66 通道障礙案例方案 B—1F 空間配置圖 圖 67 通道障礙案例方案 B—2F 空間配置圖

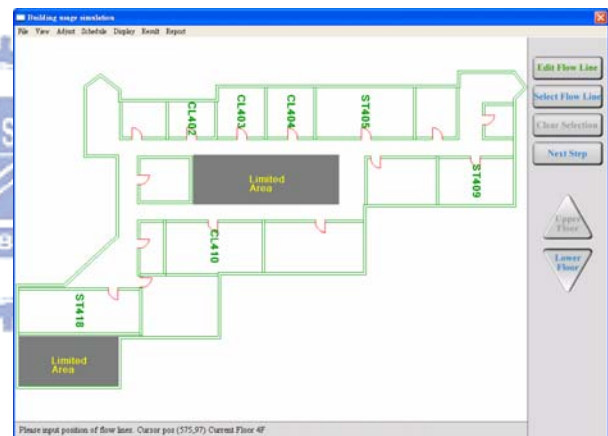
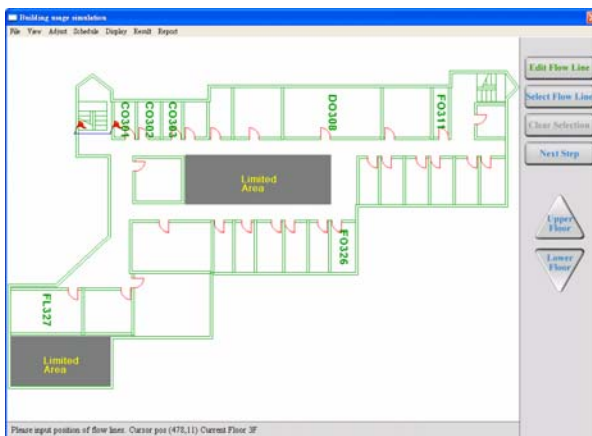


圖 68 通道障礙案例方案 B—3F 空間配置圖 圖 69 通道障礙案例方案 B—4F 空間配置圖

根據方案 A 及方案 B 進行行為人移動過程模擬，並比較未採取任何方案 (5.1.3.2 小節)、採取方案 A 及採取方案 B 時，施工地點周邊行為人流量之差異(表 34)，可發現採方案 A 及方案 B 均能有效減少施工地點周邊行為人流量，即降低行為人發生意外之機率，提高行為人之安全性，其中方案 B 對於減少施工地點周邊行為人流量較方案 A 佳，且因不需調整約定活動活動地點，故亦無需考量活動地點是否衝突，為較佳之空間使用調整短期策略。

表 34 通道障礙案例採不同方案時施工地點周邊行為人流量比較表

所觀察位置	一週流量線累積流量(人次)		
	未採取任何方案	採取方案 A (變化百分比)	採取方案 B (變化百分比)
2 樓左側樓梯口	1776	1190(-32.9%)	198(-88.8%)
3 樓左側樓梯口	5	3(-40.0%)	3(-40.0%)
總累積流量	1781	1193(-33.0%)	201(-88.7%)

經由 5.1.1 小節、5.1.2 小節及 5.1.3 小節，驗證本系統應用於教學館舍空間使用現況分析、長期空間使用策略擬定及短期空間使用策略擬定之方式，然而模擬過程中約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為之資料輸入有賴於實際行為人資料之蒐集與適當處理，以正確模擬行為人於教學館舍各空間單元間移動之過程，底下將探討本系統面對不同類型原始資料之處理與應用方式，以驗證本系統之實際可行性。



## 5.2 不同類型原始資料之處理與應用

根據蒐集約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為資料之方式，可將蒐集所得原始資料分為機率資料與實際資料兩類，對於不同類型原始資料需進行不同之前置處理，以符合本系統輸入格式，茲將兩種原始資料之處理與應用方式描述如下：

### (1) 機率資料

機率資料以機率分佈形式及對應參數描述各項約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為，機率資料可透過下列方式蒐集：

- a. 以問卷調查各項約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為，並透過統計軟體(如 BestFit、@RISK)分析各屬性適當之機率分佈形式與對應參數。
- b. 透過與管理者訪談，根據管理者經驗推估各項約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為合理之機率分佈形式與對應參數。

完成機率資料之蒐集後，將各項約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為以屬性描述檔及活動清單檔格式(表 17、18、19)輸入本系統，即能進行行為人活動排程及移動過程之模擬。

## (2) 實際資料

實際資料以行為人實際進出空間單元之詳細時間記錄描述行為人於教學館舍各空間單元間移動之過程，實際資料可透過下列方式蒐集：

- a. 以人工方式觀察並紀錄行為人進出空間單元之詳細時間。
- b. 以攝影、RFID 等方式自動紀錄行為人進出空間單元之詳細時間。

完成實際資料之蒐集後，透過統計軟體(如 BestFit、@RISK)分析各項約定活動屬性及其行為人類別從事活動行為之機率分佈形式與對應參數，隨後以屬性描述檔及活動清單檔格式(表 17、18、19)輸入本系統，即能進行行為人活動排程及移動過程之模擬。

此外，本系統亦提供使用者將實際資料直接匯入系統進行行為人移動過程展示及各項空間使用指標統計之功能，直接匯入實際資料之介面如圖 70 所示。

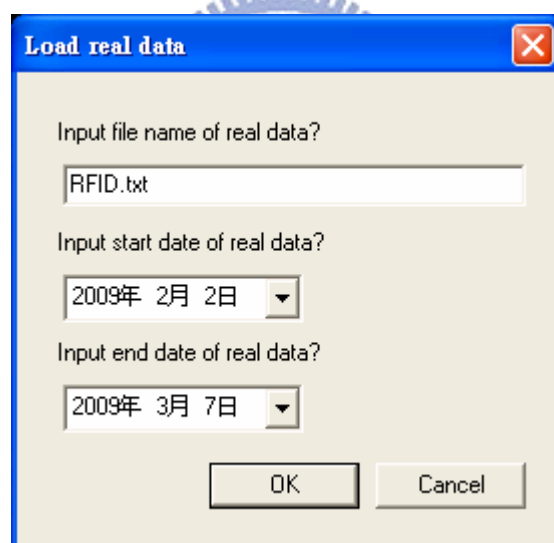


圖 70 匯入實際資料畫面

經由機率資料與實際資料之處理與應用，驗證了本系統結合活動基礎旅行需求模型理論、行人動力模型理論與實際行為人移動行為之可行性。

## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

隨著整修市場擴大，如何調整現有建築物空間使用方式以有效利用空間已成為重要議題，然而傳統上完全依賴學校主管之經驗進行空間使用調整存在過於主觀及忽略行為人從事活動行為之問題，而採人工或自動化觀察方式紀錄行為人進出空間單元行為亦存在實驗成本高昂、無法反覆進行及受實體限制之問題，故本研究擬透過教學館舍行為人移動模擬系統之建置，協助管理者以具彈性方式分析目前空間使用效率及擬定空間使用調整長期、短期策略。

經上述章節之探討，本研究之具體成果如下：

- (1)藉由文獻探討比較空間配置問題解決方式，並歸納活動排程模擬架構及移動過程模擬架構。
- (2)整合活動基礎旅行需求模型及行人動力模型，提出建築物空間描述方式、活動描述方式、行為人類別從事活動行為描述方式及行為人類別移動行為描述方式，以進行活動排程模擬及行為人移動過程模擬。
- (3)建置教學館舍行為人移動模擬系統及提出空間使用效率指標，以輔助系館管理者進行空間使用長期、短期調整策略之評估與選擇。

### 6.2 未來研究建議

教學館舍內部行為人之移動牽涉複雜之組織與個人行為，本研究僅針對其中一部份進行探討，仍有許多不足之處有待進一步研究，以期獲得更完整之成果：

- (1)本研究僅針對可預期行為進行探討，對於無法以機率分佈簡單描述之複雜行為尚無表達之機制，若能尋得適當表達機制，則本研究或可應用於具更複雜使用行為之公、私有建築物。
- (2)本研究僅以假設案例驗證系統之可行性，尚須藉由實際空間使用行為資料之蒐集，分析並比較系統模擬結果與實際觀察結果之差異，以進一步驗證本系統之實用性。
- (3)本研究假設行為人行為於不同空間配置方式下均不發生改變，然而行為人行為與空間配置方式或許存在關聯性，而非一成不變，故尚須深入研究兩者間之



關聯性。

- (4)本研究模擬結果深受行為人類別行為輸入資料之影響，需以更真實之行為資料進行模擬才能獲得更可靠之結果，且所蒐集實際行為資料之品質受資料蒐集方式、資料表達方式及缺乏資料來源等干擾因素而存在相當之困難，故如何蒐集適當行為資料以提供系統進行模擬為一值得探討之方向。
- (5)本研究僅以簡化之方式描述活動屬性及其行為人從事活動行為(如忽略活動共同參與人員、僅將活動區分為約定活動及非約定活動)，並假設各屬性間彼此獨立，尚須探討更嚴謹之描述方式及各屬性間之關連性，以完整表達影響行為人移動過程之各項因素。



## 參考文獻

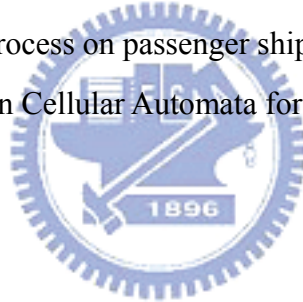
1. Meller, R.D., and Gau, K.Y., "The facility layout problem: recent and emerging trends and perspectives", *Journal of Manufacturing Systems*, 15(5), pp. 351-366, 1996
2. Mehmet, S., "Flexible facility layout by simulation", *Computers and Industrial Engineering*, 20(1), pp. 155-165, 1990
3. Robin S.L., "Automated facilities layout: past, present and future", *Automation in Construction*, 9, pp. 197-215, 2000
4. Souman, M.A., Nawara, G.M., Reyad, A.H., and Darandaly, K.E., "Facility layout problem (FLP), and intelligent techniques: a survey", *Proceedings of 7th International Conference on Production Engineering, Design and Control*, 2003
5. Kusiak A., and Heragu, S.S., "The facility layout problem", *European Journal of Operational Research*, 29, pp. 229-251, 1987
6. Gilmore, P.C., "Optimal and suboptimal algorithms for the quadratic assignment problem", *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 10, pp. 305-313, 1962
7. Hiier, F.S., and Connors, M.M., "Quadratic assignment problem algorithms and the location of indivisible facilities", *Management Science*, 13(1), pp. 42-57, 1966
8. Armour, G.C., and Buffa, E.S. "A heuristic algorithm and simulation approach to relative allocation of facilities", *Management Science*, 9(2), pp. 294-300, 1963
9. Burkard, R.E., and Stratman, K.H., "Numerical investigations on quadratic assignment problems", *Naval Research Logistics Quarterly*, 25, pp. 129-144, 1978
10. Seppanen, J.J., and Moore, J.M., "Facilities planning with graph theory", *Management Science*, 17(4), pp. 242-253, 1970
11. Evans, G., Wilhelm, M., and Karwowski, W., "A layout design heuristic employing the theory of fuzzy sets", *International Journal of Production Research*, 25(10), pp. 1431-1450, 1987
12. Kumara, S.R., Kashyap, R.L., and Moodie, C.L., "Expert system for industrial facilities layout planning and analysis", *Computers and Industrial Engineering*, 12(2), pp. 143-152, 1987

13. Marasini, R., Dawood, N.N., and Hobbs B., "Stockyard layout planning in precast concrete products industry: a case study and proposed framework", *Construction Management and Economics*, 19, pp. 365-377, 2001
14. Jojodia, S., Minis, I., Harhalakis, G., and Proth, J., "CLASS: Computerized layout solutions using simulated annealing", *International journal of production research*, 30(1), pp. 95-108, 1992
15. Tam, K., "Genetic algorithms, function optimization, and facility layout design", *European Journal of Operational Research*, 63, pp. 322-346, 1992
16. Hägerstrand, T., "What about people in regional science?", *Papers of the Regional Science Association*, 24, pp.7-24, 1970
17. Kulkarni, A. and McNally, M., "A microsimulation of daily activity patterns", Institute of Transportation Studies, University of California, Irvine, USA, 2000
18. McNally, M., "An activity-based microsimulation model for travel demand forecasting", Institute of Transportation Studies, University of California, Irvine, USA, 1996
19. Behrens, R., "Activity-travel analysis: A review of theoretical origins, recent developments and local application", *Proceedings of the South African Transportation Conference*, 2000
20. Jones, P., Dix, M., Clarke, M., and Heggie, I., "Mathematical models based on the activity approach", Gower, 1983
21. Recker, W., McNally, M., and Root, G., "A model of complex travel behavior: part II", *Transportation Research*, 20A, pp. 319-330, 1986
22. Gärling, T., Brännäs, K., Garvill, R., Golledge, R.G., Gopal, S., Holm E., and Lindberg, E., "Household activity scheduling", *Transport Policy, Management and Technology Towards 2001: Selected Proceedings of the Fifth World Conference on Transport Research*, 4, pp. 235-248, 1989
23. Arentze, T. and Timmermans, H., "ALBATROSS: A learning-based transportation oriented simulation system", *European Institute of Retailing and Services Studies*, Eindhoven, 2000
24. Ettema, D., Borgers, A., and Timmermans, H., "A simulation model of activity

- scheduling heuristics: an empirical test”, *Geographical and Environmental Modelling*, 4, 175-187, 2000
25. Helbing, D., Molnar, P., Farkas, I. J., and Bolay, K., “Self-organizing pedestrian movement”, *Environment and Planning B*, 28, pp. 361-383, 2001
  26. Leggett, R., “Real-time crowd simulation: A review”,  
<http://www.citeulike.org/user/l314/author/Leggett>, 2004
  27. Henderson, L., “On the fluid mechanics of human crowd motion”, *Transpn Res.*, 8, pp. 509-515, 1974
  28. Blue, V., and Adler, J., “Cellular automata microsimulation for modeling bi-direction pedestrian walkways”, *Transportation research part B*, 35, pp. 293-312, 2001
  29. Hao, Y., Herui, H., Xiaoming, C., and Chunfu, S., “Simulation of pedestrian flow on square lattice based on cellular automata model”, *Physica A*, 384, pp. 567-588, 2007
  30. Helbing, D., and Molnar, P., “Social force model for pedestrian dynamics”, *Physical Review E*, 51(5), pp. 4282-4286, 1995
  31. Okasaki, S., and Matsushita, S., “A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and queuing”, *Engineering for Crowd Safety*, Elsevier, pp. 271-280, 1993
  32. Card, S., Mackinlay, J., and Shneiderman, B., “Information visualization using vision to think”, Morgan Kaufmann, NY, 1999
  33. Bederson, B., and Shneiderman, B., “The craft of information visualization: Reading and reflections”, Morgan Kaufmann, 2003
  34. Luras, S., “Information visualization: The art of presenting information”,  
<http://www.ivt.ntnu.no/ipd/fag/PD9/2004/>, 2005
  35. Wenzel, S., Bernhard, J. and Jessen, U., “A taxonomy of visualization techniques for simulation in production and logistics”, In *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, pp. 729-736, 2003
  36. Burstedde, C., Klauck, K., Schadschneider, A., and Zittartz, J., “Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton”, *Physica A*, 295,

pp. 507–525, 2001

37. Doherty, S., and Axhausen, K., “A conceptual model of the weekly household activity-travel scheduling process”, Network on European Communications and Transport Activities Research Euroconference, Israel, 1998
38. David, M., and Glenn, S., “AI for game developers”, O'Reilly, 2004
39. Dagpunar, J., “Simulation and Monte Carlo: With applications in finance and MCMC”, John Wiley & Sons, 2007
40. Federal Highway Administration, “Manual on uniform traffic control devices for streets and highways”, Washington, D.C., 2000
41. Keßel, A., Klüpfel, H., and Schreckenberg, M., “Microscopic simulation of pedestrian crowd motion”, Pedestrian and Evacuation Dynamics, pp. 193-202, Berlin: Springer-Verlag, 2002
42. Klüpfel, H., Meyer-König, T., Wahle, J., and Schreckenberg, M., “Microscopic simulation of evacuation process on passenger ships”, Proceedings of the 4th International Conference on Cellular Automata for Research and Industry, pp. 63-71, 2000



# 附錄一 基本案例輸入資料

## 基本案例屬性描述輸入資料

屬性類型	活動頻率屬性	屬性項目數			6	
屬性項目名稱	機率分佈形式	對應參數				
		參數 1	參數 2	參數 3	上限	下限
2_times_a_week	Constant	2	/	/	/	/
3_times_a_week	Constant	3	/	/	/	/
always	Normal	5	2	/	7	3
often	Normal	3	1	/	4	2
occasionally	Normal	0.3	1	/	2	0
rarely	Gamma	1.5	/	/	2	0
屬性類型	活動期間屬性	屬性項目數			3	
屬性項目名稱	機率分佈形式	對應參數				
		參數 1	參數 2	參數 3	上限	下限
long_term	Normal	70	20	/	90	50
middle_term	Normal	50	15	/	60	30
short_term	Normal	20	10	/	35	10
屬性類型	到達活動時間屬性	屬性項目數			3	
屬性項目名稱	機率分佈形式	對應參數				
		參數 1	參數 2	參數 3	上限	下限
arrive_early	Normal	-10	5	/	-3	-12
arrive_on_time	Normal	0	3	/	5	-5
arrive_late	Triangular	5	10	18	15	5
屬性類型	離開活動時間屬性	屬性項目數			2	
屬性項目名稱	機率分佈形式	對應參數				
		參數 1	參數 2	參數 3	上限	下限
leave_early	Normal	-8	3	/	-3	-10
leave_on_time	Normal	0	3	/	5	-2



屬性類型	活動地點屬性		屬性項目數	22
屬性項目名稱	機率分佈 形式	對應參數		樣本出現機率順序
		參數1	參數2	
classroom115	DUniform	1	/	CL115
classroom117	DUniform	1	/	CL117
classroom118	DUniform	1	/	CL118
classroom208	DUniform	1	/	CL208
classroom224	DUniform	1	/	CL224
classroom402	DUniform	1	/	CL402
classroom403	DUniform	1	/	CL403
classroom404	DUniform	1	/	CL404
classroom410	DUniform	1	/	CL410
small_conference_room	DUniform	3	/	CO301>CO302>CO303
middle_conference_room	DUniform	1	/	CO219
reading_room	DUniform	1	/	RR114
structural_engineering_study_room	DUniform	1	/	ST405
hydraulic_engineering_study_room	DUniform	1	/	ST418
surveying_engineering_study_room	DUniform	1	/	ST225
construction_management_study_room	DUniform	1	/	ST409
faculty_office326	DUniform	1	/	FO326
faculty_office311	DUniform	1	/	FO311
faculty_office210	DUniform	1	/	FO210
faculty_office225	DUniform	1	/	FO225
department_office	DUniform	1	/	DO308

faculty_lounge	DUniform	1	/	FL327
屬性類型	活動開始時間屬性		屬性項目數	23
屬性項目名稱	機率分佈 形式	對應參數		樣本出現機率順序
		參數1	參數2	
4CD	DUniform	2	/	Thu10:10>Thu11:10
3EFG	DUniform	3	/	Wed13:30>Wed14:30>Wed15:40
1EF4B	DUniform	3	/	Mon13:30>Mon14:30>Thu9:00
1G2CD	DUniform	3	/	Mon15:40>Tue10:10>Tue11:10
1CD4G	DUniform	3	/	Mon10:10>Mon11:10>Thu15:40
2B4CD	DUniform	3	/	Tue9:00>Thu10:10>Thu11:10
1X5CD	DUniform	3	/	Mon12:30>Fri10:10>Fri11:10
5EFG	DUniform	3	/	Fri13:30>Fri14:30>Fri15:40
1B3CD	DUniform	3	/	Mon9:00>Wed10:10>Wed11:10
4BCD	DUniform	3	/	Thu9:00>Thu10:10>Thu11:10
1CD3A	DUniform	3	/	Mon10:10>Mon11:10>Wed8:00
2BCD	DUniform	3	/	Tue9:00>Tue10:10>Tue11:10
4EFG	DUniform	3	/	Thu13:30>Thu14:30>Thu15:40
1BCD	DUniform	3	/	Mon9:00>Mon10:10>Mon11:10
3BCD	DUniform	3	/	Wed9:00>Wed10:10>Wed11:10
5BCD	DUniform	3	/	Fri9:00>Fri10:10>Fri11:10
4IJK	DUniform	3	/	Thu18:30>Thu19:30>Thu20:30
2EFG	DUniform	3	/	Tue13:30>Tue14:30>Tue15:40
1EFG	DUniform	3	/	Mon13:30>Mon14:30>Mon15:40
as_early_as_possible	Binomial	13	0.5	Mon10:00>Mon11:00>Mon13:00>Mon14:00> Mon15:00>Mon16:00>Mon17:00>Tue10:00> Tue11:00>Tue13:00>Tue14:00>Tue15:00> Tue16:00>Tue17:00
as_late_as_possible	Binomial	13	0.5	Fri17:00>Fri16:00>Fri15:00>Fri14:00> Fri13:00>Fri11:00>Fri10:00>Thu17:00>

				Thu16:00>Thu15:00>Thu14:00>Thu13:00> Thu11:00>Thu10:00
middle_days_of_the_week	Binomial	19	0.5	Wed10:00>Wed11:00>Wed14:00>Wed15:00> Wed16:00>Wed17:00>Wed18:00>Tue10:00> Tue11:00>Tue14:00>Tue15:00>Tue16:00> Tue17:00>Tue18:00>Thu10:00>Thu11:00> Thu14:00>Thu15:00>Thu16:00>Thu17:00
Mon_Fri_first	DUniform	14		Mon9:00>Mon10:00>Mon11:00>Mon13:00> Mon14:00>Mon15:00>Mon16:00>Fri8:00> Fri9:00>Fri10:00>Fri11:00>Fri13:00> Fri14:00>Fri15:00
屬性類型	活動開始時間範圍		屬性項目數	6
	屬性			
屬性項目名稱	機率分佈形式	對應參數 參數1 參數2	樣本出現機率順序	
as_early_as_possible	Binomial	11	0.5	Mon:EM>Mon:LM>Mon:EA>Mon:LA> Tue:EM>Tue:LM>Tue:EA>Tue:LA> Wed:EM>Wed:LM>Wed:EA>Wed:LA
as_late_as_possible	Binomial	7	0.5	Fri:LA>Fri:EA>Fri:LM>Fri:EM> Thu:LA>Thu:EA>Thu:LM>Thu:EM
morning_first	Binomial	9	0.5	Mon:EM>Mon:LM>Tue:EM>Tue:LM> Wed:EM>Wed:LM>Thu:EM>Thu:LM> Fri:EM>Fri:LM
afternoon_first	Binomial	9	0.5	Mon:EA>Mon:LA>Tue:EA>Tue:LA> Wed:EA>Wed:LA>Thu:EA>Thu:LA> Fri:EA>Fri:LA
afternoon_and_evening_first	DUniform	18		Mon:EA>Mon:LA>Mon:EE>Mon:LE> Tue:EA>Tue:LA>Tue:EE>Tue:LE>Wed:EA> Wed:LA>Wed:EE>Wed:LE>Thu:EA> Thu:LA>Thu:EE>Thu:LE>Fri:EA>Fri:LA

every_2_days	DUniform	12		Mon:LM>Wed:LM>Fri:LM>Mon:EA> Wed:EA>Fri:EA>Mon:LA>Wed:LA> Fri:LA>Mon:EE>Wed:EE>Fri:EE
屬性類型	活動參與屬性		屬性項目數	2
屬性項目名稱	出席率			
high_attendance_rate	1.0			
low_attendance_rate	4.0			
屬性類型	活動起迄週次屬性	屬性項目數		4
屬性項目名稱	起始週次		結束週次	
all_weeks	1			
preliminary_weeks	1		3	
intermediate_weeks	7		12	
final_weeks	16		18	



基本案例約定活動輸入資料

活動名稱	活動頻率 屬性	活動開 始時間 屬性	活動期間 屬性	活動地點 屬性	活動起迄 週次屬性
engineering_materials_lab	3_times_a_week	4IJK	middle_term	classroom115	all_weeks
surveying	2_times_a_week	4CD	middle_term	classroom117	all_weeks
surveying_practice	3_times_a_week	3EFG	middle_term	classroom115	all_weeks
applied_mechanics	3_times_a_week	1EF4B	middle_term	classroom115	all_weeks
engineering_mathematics	3_times_a_week	1G2CD	middle_term	classroom115	all_weeks
soil_mechanics	3_times_a_week	1EF4B	middle_term	classroom208	all_weeks
fluid_mechanics	3_times_a_week	1CD4G	middle_term	classroom115	all_weeks
theory_of_structures	3_times_a_week	2B4CD	middle_term	classroom115	all_weeks
mechanics_of_materials	3_times_a_week	1X5CD	middle_term	classroom208	all_weeks
construction_management	3_times_a_week	5EFG	middle_term	classroom115	all_weeks
fortran_programming	3_times_a_week	1B3CD	middle_term	classroom208	all_weeks
programming_in_computer_aided_design	3_times_a_week	4BCD	middle_term	classroom224	all_weeks
photogrammetry_remote_sensing	3_times_a_week	4XEF	middle_term	classroom410	all_weeks
design_of_steel_structures	3_times_a_week	5BCD	middle_term	classroom410	all_weeks
engineering_geology	3_times_a_week	1CD3A	middle_term	classroom208	all_weeks
hydraulic_engineering	3_times_a_week	2BCD	middle_term	classroom208	all_weeks
engineering_Japanese	3_times_a_week	2BCD	middle_term	classroom224	all_weeks
practice_in_geotechnical_engineering	3_times_a_week	3BCD	middle_term	classroom410	all_weeks
advanced_mechanics_of_concrete	3_times_a_week	4EFG	middle_term	classroom402	all_weeks
bridge_design	3_times_a_week	1EFG	middle_term	classroom402	all_weeks
finite_element_methods	3_times_a_week	3BCD	middle_term	classroom118	all_weeks
advanced_mechanics_of	3_times_a_week	1BCD	middle_term	classroom410	all_weeks

of_materials					
seminar_in_structural_engineering	3_times_a_week	3EFG	middle_term	classroom117	all_weeks
heuriseic_algorithms_with_matlab	3_times_a_week	1BCD	middle_term	classroom402	all_weeks
computational_hydraulics	3_times_a_week	5BCD	middle_term	classroom402	all_weeks
subsurface_flow_and_contaminant_transport_model	3_times_a_week	4BCD	middle_term	classroom403	all_weeks
seminar_in_hydraulic_and_ocean_engineering	3_times_a_week	1EFG	middle_term	classroom224	all_weeks
mechanics_of_sediment_transport	3_times_a_week	2EFG	middle_term	classroom402	all_weeks
geographic_information_system	3_times_a_week	2BCD	middle_term	classroom403	all_weeks
satellite_geodesy	3_times_a_week	3BCD	middle_term	classroom404	all_weeks
seminar_in_survey_and_geometrics_engineering	3_times_a_week	2EFG	middle_term	classroom224	all_weeks
seminar_in_construction_management	3_times_a_week	3EFG	middle_term	classroom224	all_weeks
public_works_investment	3_times_a_week	4EFG	middle_term	classroom117	all_weeks
risk analysis and decisionMaking	3_times_a_week	3BCD	middle_term	classroom403	all_weeks
construction cost management	3_times_a_week	2EFG	middle_term	classroom403	all_weeks
paper meeting with advisor Fu-Ping_Cheng	occasionally	middle_days_of_the_week	middle_term	small_conference_room	all_weeks
paper meeting with_advisor Liang-Cheng_Chang	occasionally	middle_days_of_	middle_term	small_conference_	all_weeks



		the_week		room	
paper meeting with advisor Chein-way_Hwang	occasionally	middle_ days_of_ the_week	middle_term	small_ conference_ room	all_weeks
paper meeting with advisor Ren-Jye_Dzeng	occasionally	middle_ days_of_ the_week	middle_term	small_ conference_ room	all_weeks
university senate	rarely	Mon_Fri _first	middle_term	middle_ conference_ room	preliminary weeks



基本案例行為人類別活動計畫輸入資料

行為人類別	diligent_freshman					人數	30
待排程約定活動名稱	活動參與偏好		活動到達時間偏好		活動離開時間偏好		
engineering_materials_lab	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
surveying	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
surveying_practice	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
applied_mechanics	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好		
book_reference	occasionally	as_early_as_possible	long_term	reading_room	all_weeks		
行為人類別	diligent_sophomore					人數	30
待排程約定活動名稱	活動參與偏好		活動到達時間偏好		活動離開時間偏好		
engineering_mathematics	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
soil_mechanics	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
fluid_mechanics	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
theory_of_structures	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
mechanics_of_materials	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
construction_management	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好		
book_reference	occasionally	as_early_as_possible	long_term	reading_room	all_weeks		

行為人類別	diligent_junior					人數	30
待排程約定活動名稱	活動參與偏好		活動到達時間偏好		活動離開時間偏好		
Fortran_programming	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
Programming_in_CAD	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
photogrammetry_remote_sensing	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
design_of_steel_structures	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
Engineering_geology	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
Hydraulic_engineering	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好		
book_reference	occasionally	as_early_as_possible	long_term	reading_room	all_weeks		
行為人類別	diligent_senior					人數	30
待排程約定活動名稱	活動參與偏好		活動到達時間偏好		活動離開時間偏好		
engineering_Japanese	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
praticice_in_geotechnical_engineering	high_attendance_rate		arrive_early		leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好		
book_reference	occasionally	as_early_as_possible	long_term	reading_room	all_weeks		
行為人類別	diligent_graduate_student_with_advisor_Fu-Ping_Cheng					人數	10

待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
advanced_mechanics_of_concrete	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
bridge_design	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
finite_element_methods	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
advanced_mechanics_of_materials	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
seminar_in_structural_engineering	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Fu-Ping_Cheng	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率偏好	活動開始時間範圍偏好	活動期間偏好	活動位置偏好	活動起迄週次偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	structural_engineering_study_room	all_weeks
行為人類別	diligent_graduate_student_with_advisor_Liang-Cheng_Chang			人數	10
待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
heuristics_algorithms_with_matlab	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
computational_hydraulics	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
subsurface_flow_and_contaminant_transport_model	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		

seminar_in_hydraulic_and_ocean_engineering	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
mechanics_of_sea_and_transport	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Liang-Cheng_Chang	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週次 偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	hydraulic_engineering_study_room	all_weeks
行為人類別	diligent_graduate_student_with_advisor_Chein-way_Hwang			人數	10
待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
geographic_information_system	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
satellite_geodesy	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
seminar_in_survey_and_geomatics_engineering	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Chein-way_Hwang	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週次 偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	hydraulic_engineering_study_room	all_weeks

				y_room	
行為人類別	diligent_graduate_student_with_advisor_Ren-Jye_Dzeng				人數 10
待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
seminar_in_construction_management	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
public_works_investment	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
risk_analysis_and_decisionMaking	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
construction_cost_management	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Ren-Jye_Dzeng	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率偏好	活動開始時間範圍偏好	活動期間偏好	活動位置偏好	活動起迄週次偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	construction_management_study_room	all_weeks
行為人類別	Dr_Fu-Ping_Cheng				人數 1
待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
seminar_in_structural_engineering	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
finite_element_methods	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Fu-Pi	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		



ng_Cheng					
university_senate	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	faculty_office 326	all_weeks
document_processing	often	morning_first	short_term	department_office	all_weeks
take_a_break	occasionally	morning_first	short_term	faculty_lounge	all_weeks
行為人類別	Dr_Liang-Cheng_Chang				人數 1
待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
seminar_in_hydraulic_and_ocean_engineering	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
subsurface_flow_and_contaminant_transport_model	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Liang-Cheng_Chang	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
university_senate	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	faculty_office 311	all_weeks
document_processing	often	morning_first	short_term	department_office	all_weeks
take_a_break	occasionally	morning_first	short_term	faculty_lounge	all_weeks

			m	e	
行為人類別	Dr_Chein-way_Hwang				人數 1
待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
surveying	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
surveying_practice	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
satellite_geodesy	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Chein-way_Hwang	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
university_senate	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	faculty_office 210	all_weeks
document_processing	often	morning_first	short_term	department_office	all_weeks
take_a_break	occasionally	morning_first	short_term	faculty_lounge	all_weeks
行為人類別	Dr_Ren-Jye_Dzeng				人數 1
待排程約定活動名稱	活動參與偏好	活動到達時間偏好	活動離開時間偏好		
seminar_in_construction_management	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
risk_analysis_and_decisionMaking	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
paper_meeting_with_advisor_Ren-	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		

Jye_Dzeng					
university_senate	high_attendance_rate	arrive_early	leave_on_time		
待排程非約定活動名稱	活動頻率 偏好	活動開始時間範圍 偏好	活動期間 偏好	活動位置 偏好	活動起迄週 次偏好
individual_study	always	afternoon_and_evening_first	long_term	faculty_office 225	all_weeks
document_processing	often	morning_first	short_term	department_office	all_weeks
take_a_break	occasionally	morning_first	short_term	faculty_lounge	all_weeks

