臺灣警察專科學校警專學報，民國 108.12
第七卷第二期：173-226 頁

高層建築物避難弱者電梯避難安全分析之研究——以使用輪椅輔助為例

A Study on Safety Analysis of Elevator Evacuation of Disabilities in A High-rise Building—Taking Wheelchair Asistance As An Example

邱晨瑋*、林明旦**、陳俊勳***

Chen-Wei Chiu、Ming-Tan Lin、Chun-Hsun Chen

摘要

人口老化加上先天遺傳、後天致殘等因素，導致避難弱者人口數的持續成長。經濟與社會發展趨勢，隨著人口集中而建築物高樓化。當高層建築物發生火災時，部分避難弱者仍能藉由安全梯道逃生，但仰賴輪椅逃生的避難弱者，勢必僅能藉由電梯逃生。

本研究以某高層國際商務旅館為研究對象，針對使用輪椅輔助的避難弱者於高層建築物之中高樓層使用電梯避難逃生安全規劃作研究。使用人員緊急疏散模擬工程軟體 Pathfinder 進行情境模擬推演結果，與 ELVAC 昇降機避難運輸評估模式推算數據做對照比較，藉以探討有關避難弱者收容於高層建築物時，應優先考量樓層安排、人數控制及房間位置設定之建議。

以 Pathfinder 電腦模擬及 ELVAC 手算公式比較後發現，電腦模擬考量輪椅寬度於通過門時會減速而比手算公式的時間慢，顯見電腦模擬較嚴謹務實。同一樓層避難弱者因分配客房之間步距過長而搭乘第二趟次電梯。而兩避難弱者在同一樓層和不同樓層的分配比較下，其影響避難時間主因同樣為搭乘電梯的趟數。避難弱者與非避難弱者同時進行避難，因彼此干擾而降低避難速度。使用輪椅的避難弱者在他人協助下會更快速逃生。

建議使用輪椅的避難弱者於高層建築物利用電梯避難時，可將避難弱者在同一樓層有相近的客房配置，並應強調相對安全區觀念、避難弱者分流管制及在防災中

* 教授；臺灣警察專科學校消防安全科；eswin.wei@gmail.com
** 產業安全與防災學程碩士班；國立交通大學；egg49211@gmail.com
*** 副校長；國立交通大學；chchen@mail.nctu.edu.tw

心設專人操作緊急升降機。

關鍵字：電梯、高層建築物、輪椅輔具、Pathfinder、ELVAC

Abstract

The ageing of the population, combined with congenital inheritance and acquired disability, has led to the continued growth of the population of the asylum-naked. The trend of economic and social development, with the concentration of the population and the high-rise buildings. When a fire breaks out in a high-rise building, some of the asylum-stricken people can still escape through a safe stairway, but the asylum-seekers who rely on wheelchairs to escape will only be able to escape by elevator.

This study takes a high-rise international business hotel as the research object, and uses the wheelchair-assisted evacuation in the high-rise building to use the elevator evacuation safety plan for high-rise buildings. The use of personnel emergency evacuation simulation engineering software Pathfinder to simulate the results of the situation simulation, compared with the ELVAC elevator evacuation transport evaluation model projection data, in order to discuss the evacuation of the weak in the high-rise buildings, priority should be given to floor arrangements, number of people control and room location Suggestions for setting.

Comparing with Pathfinder computer simulation and ELVAC hand calculation formula, it is found that the computer simulation considers that the wheelchair width will slow down when passing through the door and slower than the hand calculation formula. It is obvious that the computer simulation is more rigorous and pragmatic. The asylum-seekers on the same floor took the second elevator after the interval between the allocated rooms was too long. The distribution of the two evacuation weak people on the same floor and different floors, the main reason for the impact of evacuation time is also the number of elevators. The asylum-naked and the non-refugee are evacuated at the same time, and the evacuation speed is reduced due to mutual interference. The asylum-seekers who use wheelchairs will escape faster with the help of others.

It is recommended that the asylum-seekers who use wheelchairs can use the elevators to evacuate in high-rise buildings. The evacuated people can have similar room configurations on the same floor. They should emphasize the concept of relative safety zones, diverting the distressed evacuation control, and setting up a dedicated person is required to operate the emergency lift at the disaster prevention center.

Key words：Elevators, high-rise buildings, wheelchair assists, Pathfinder, ELVAC

壹、前言

一、研究動機

全球人口正以前所未有的速度老化中，而我國老年人口亦是急遽增加，據中華民國內政部統計國內 65 歲以上人口比率在 2018 年達到 14.5%，進入高齡社會，預估至 2026 年達到 20.6%，邁入超高齡社會。老年人面臨年老體衰導致避難行動緩慢，再加上包括先天遺傳、後天致殘或失能的避難弱者人口數的持續成長；又隨著社會經濟成長趨勢，人口集中而高樓化，避難弱者於高層建築物遇災時的應變，將會是國家政府及社會的重大課題。

當高層建築物發生火災時，建築物內人員編成自衛消防編組及消防設備必須及時有效運作，即便如此受困者仍將遭遇火災所產生的毒性氣體及高溫火焰威脅致命，部分避難弱者能藉由安全梯道逃生，但對於仰賴輪椅輔具逃生的避難弱者，勢必僅能藉由電梯昇降機逃生。對於高層建築物內使用輪椅輔具的避難弱者，萬一火災發生時該如何應變？有關收容樓層（高、中、低樓層）要如何安排？使用輪椅輔具的避難弱者的收容規劃安排，如能第一時間爭取到多一點逃生時間，且不影響其他正常行動者逃生，為本研究動機之發想。

二、研究目的

避難弱者因為身體上的缺陷而顯示出許多特徵與行動特性，相較於一般正常人有明顯的差異。為了探討高層建築物火災發生時，使用輪椅輔具的避難弱者是否能夠安全的避難逃生，本研究是以 Pathfinder 避難軟體及 ELVAC 評估模式推算進行模擬驗證，並透過文獻探討避難弱者使用輪椅輔具避難逃生的安全時間，達成以下的目的：

（一）利用文獻探討使用輪椅輔具的避難弱者避難逃生的行動速度，用模擬軟體計算出人員避難時間，驗證是否能夠達到安全的避難時間。

（二）現行避難弱者之收容安排以低樓層為主。本研究使用量化之方式分析使用輪椅輔具的避難弱者於高樓層收容安排上，其收容位置、人數與樓層是否應有特殊考量，冀望研究結果可具體改善建議供設計規劃或收容管理上參考依據。

貳、研究範圍及研究限制

一、研究範圍

（一）本研究選定之建築物其用途係高層國際商務旅館，係針對第 15 樓住宿標準客房進行情境模擬之探討。

（二）本研究案係以避難弱者使用輪椅輔具之避難需求為研究主題，使用輪椅輔具的避難弱者依人員之類型可區分為以下二類：

1.自行避難困難者，重度殘障或聽視覺障礙須借助旁人協助使用輪椅輔具移動者。

2.避難行動緩慢，高齡者年老體衰，或因部分器官（視、聽覺）退化，需自行以輪椅輔具輔助行動。

二、研究限制

（一）本研究之避難係採用 Pathfinder 人員緊急疏散模擬工程軟體及 ELVAC 昇降機避難運輸評估模式推算數據進行模擬分析。

（二）本研究之避難弱者係指以輪椅輔具行動為主。

（三）本研究使用輪椅的避難弱者須以緊急升降機為逃生至避難層之避難逃生工具。

以 Pathfinder 避難軟體及 ELVAC 評估模式推算進行模擬時，對於所需輸入以輪椅輔助之避難弱者移動速度等相關數據，係採用文獻參考參數或在合理範圍內自行假設。

參、文獻探討

一、避難弱者之適用範疇

根據世界衛生組織定義，65 歲以上老年人口占總人口比率達到 7%時稱為「高齡化社會」，達到 14%則為「高齡社會」，若達 20%則稱為「超高齡社會」；受到戰後嬰兒潮世代陸續成為 65 歲以上老年人口影響，中華民國內政部統計我國老年人口自民國 100 年起加速成長，並於民國 106 年 2 月首度超過幼年人口（老化指數達 100.18），直至 107 年 3 月，我國 65 歲以上老年人口占總人口比率達 14.05%，也代表者每 7 個人中就有 1 個是老人，臺灣正式宣告邁入「高齡社會」。國家發展委員會人口推估(105 至 150 年)我國由高齡社會轉為超高齡社會之時間僅需 8 年，預估將較日本（11 年）、美國（14 年）、法國（29 年）及英國（51 年）為快，顯

現我國老化速度之嚴重。

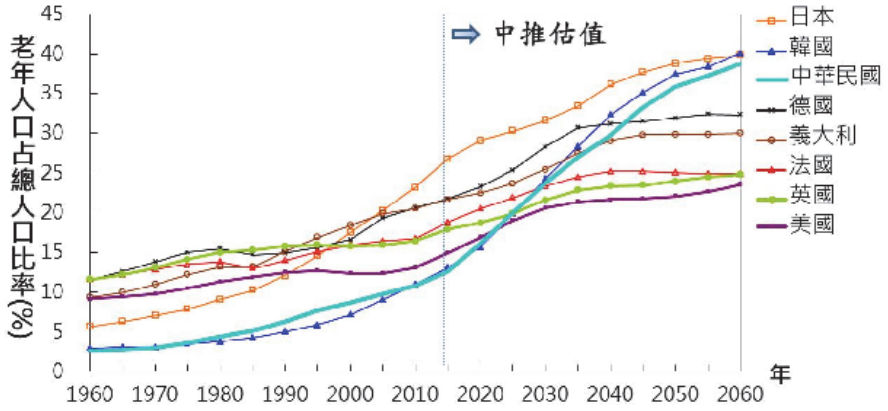


圖 1　世界各國老年人口占總人口比率

（資料來源：國家發展委員會「中華民國人口推估（105 至 150 年）」簡報）

依據美國人口普查局（U.S. CENSUS BUREAU）報告[1]發現，如圖 2 所示殘疾率隨著年齡的增長而上升。65 歲以上的老年人罹患疾病和殘疾的風險最高，其中殘疾患病率隨著年齡的增長而迅速增加。依據美國殘疾人法案（Americans With Disabilities Act）對於殘疾的定義，是指個人的身體或精神遭受損害，而嚴重限制了該個人的一項或多項主要生活行動能力。因此可以顯見未來老年化殘疾而造成的行動障礙將日益增多，若遭遇有避難需求的災害時，對於避難弱者將會是一大隱憂。

[1] Wan He,Luke J. Larsen, “Older Americans With a Disability: 2008−2012” , American Community Survey Reports ,December 2014

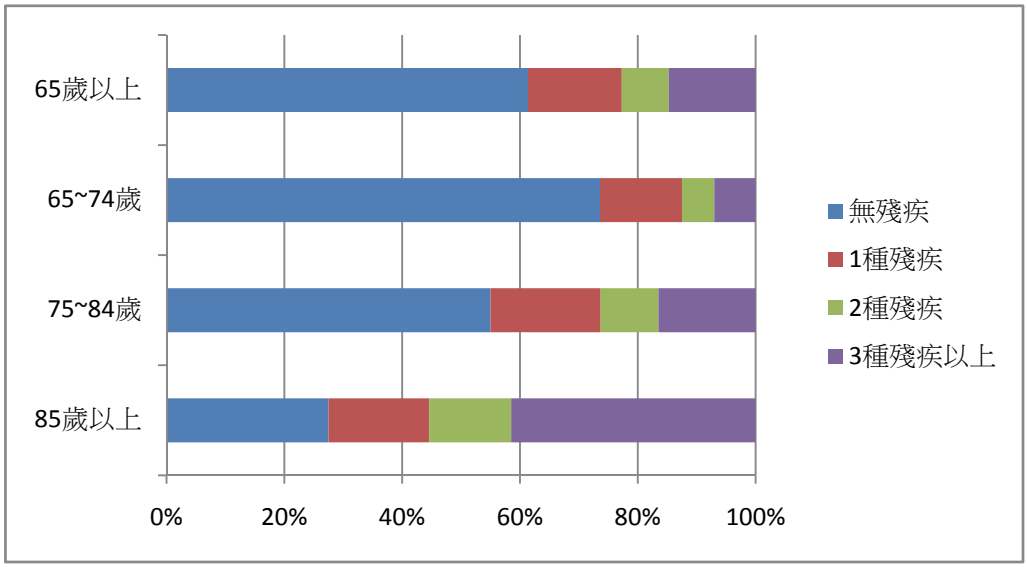


圖 2　美國 65 歲以上人口罹患殘疾數與年齡圖

資料來源：U.S. Census Bureau, American Community Survey, 5-year estimates, 2008−2012.

依據內政部統計處針對我國身心障礙人數統計資料顯示，統計至 107 年底為止，我國身心障礙人口總數為 1,167,450 人，佔我國總人口數 4.95%，且相較於 102 年底 1,125,113 人，5 年增加了 42,337 人。各類身心障礙人數類別統計與避難障礙分析如表 1 所示：

表 1　各類身心障礙者人數統計與避難障礙

身心障礙類別		人數	佔總人口比例（%）	發現火災障礙	垂直避難障礙（使用樓梯）	水平避難障礙	備註
視覺障礙者	Visual Impairment	56,830	0.24		○	○	
聽覺機能障礙者	Hearing Impairment	122,835	0.52	○			
平衡機能障礙者	Motion and Balance Impairment	3,501	0.01				

身心障礙類別		人數	佔總人口比例（%）	發現火災障礙	垂直避難障礙（使用樓梯）	水平避難障礙	備註
聲音機能或語言機能障礙者	Vocal and Speech Impairment	15,007	0.06				
肢體障礙者	Moving Functional Limitation	366,781	1.55		○		可能需要輪椅輔具
智能障礙者	Intellectual and Developmental Disability	101,428	0.43				
重要器官失去功能者	Internal OrganLoss Function and Related Disabilities	154,313	0.65		○	○	可能需要輪椅輔具
顏面損傷者	Facial Disfigurements	4,720	0.02				
植物人	Persistent Vegetative State	3,684	0.01	○	○	○	可能需要輪椅輔具
失智症者	Dementia	50,813	0.02				
自閉症者	Autism	13,905	0.05				
慢性精神病患者	Chronic Mental Health Conditions	125,932	0.53				
多重障礙者	Multiple Disabilities	127,336	0.54	○	○	○	可能需要輪椅輔具

身心障礙類別		人數	佔總人口比例（%）	發現火災障礙	垂直避難障礙（使用樓梯）	水平避難障礙	備註
頑性（難治型）癲癇症者	Intractable Epilepsy	4,873	0.02				
因罕見疾病而致身心功能障礙者	Rare Diseases	1,937	0.01		○	○	可能需要輪椅輔具
其他障礙者	Others	3,862	0.02				
新制類別無法對應舊制類別者		9,693	0.04				
身心障礙總人口數		1,167,450	4.95				

資料來源：106 年 12 月內政部統計資料；張尚文等，2013

各類身心障礙者在行動上大多相較一般正常人遲緩，甚至需要他人照顧協助，而屬於避難弱者。相同的道理也適用於需要引導與協助的幼童，幼童對於危險災害的辨識能力與逃生觀念的缺乏，同屬於避難弱者。

（一）避難弱者之避難型態

當建築物發生緊急災害事故時，建築物內部的收容人員將離開建築物來躲避災難，以確保獲得生命安全保障。當緊急狀況發生時，人員的避難行為[2]將因恐慌心理而降低逃生效率，並需在有限且危急的時間內做出避難逃生決策判斷、建築物內部的人員逃生能力強弱、可逃生時間長短及避難人數多寡均是影響成功避難的關鍵。

避難人員考量身處所在環境的災害程度及自身避難能力進行避難，其避難行為可分為兩類型態：

1.垂直避難

[2] 曾瓊萱，「高層建築物火災避難策略之研究——以台北 101 金融大樓為例」，碩士論文，中央警察大學消防科學研究所，2008 年 6 月

利用逃生梯、避難器具、一般電梯及緊急昇降機[3]等垂直逃生路徑進行向下至避難層或向上至屋頂等相對安全區域避難。

2.水平避難

利用水平逃生路徑內之屋外平台、鄰棟建築、逃生梯道間、緩衝區[4]及相對安全區就地避難[5]等空間進行避難。

（二）避難弱者之避難能力

避難弱者對於環境危害程度及事故應變的能力較正常人弱勢，以至於當災害事故來臨時，其所引發的危險性必當增高。對於各類避難弱者所表現的障礙特徵及行為應變能力各有不同，及所能對應的避難疏散輔助工具，如表 2 分析：

表 2　避難弱者之障礙特徵與避難疏散輔助工具分析表[6]

避難弱者類別	障礙特徵[7]	疏散避難輔助工具[8]
老人： 1.健康但體力較弱者。 2.借助輔助器可自由行動者。 3.使用輪椅可獨立行動者。 4.完全無法行動者。	1.對訊息的辨視、認知能力不足。 2.運動機能及行為反應均較遲緩。 3.不易接受聲音訊息或信號。	1.拐杖 2.助行器 3.輪椅 4.擔架 5.爬梯機 6.病床

[3] 陳建忠、邱文豐、江崇誠、王鵬智、姚怡然，「運用一般電梯及緊急升降機進行避難管理之可行性評估研究」， 內政部建築研所研究報告，2005 年 12 月。

[4] 張尚文、鍾基強、紀人豪、陳又嘉、陳政洞，「避難弱者之避難緩衝區加壓防煙設計之研究」，內政部建築研所委託研究報告，2015 年 12 月。

[5] 潘國雄，「醫院特殊空間之防火效能評估」，100 年度中華民國災難醫學會年會暨醫院消防安全學術研討會，1~9 頁，台北，2011 年 10 月 15 日

[6] 雷明遠，「行動弱勢者照護機構火災風險自主檢核指南之研究」，內政部建築研所自行研究報告，2014 年。

[7] 張尚文、莊英吉、邱晨瑋、陳政洞，「避難弱者避難路徑無障礙空間之研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2013 年。

[8] 鄧子正、曾偉文、沈子勝、蔡真益、楊肅強，「建築物火災避難弱者避難影響因子及人因數據調查之研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2010 年。

避難弱者類別	障礙特徵[7]	疏散避難輔助工具[8]
幼童： 1.不具避難行動能力的嬰幼兒。 2.需避難引導及輔助的學齡前兒童。 3.需避難引導的學童。	1.對訊息的辨視、認知能力不足。 2.運動機能及行為反應均較遲緩。 3.不易接受聲音訊息或信號。	1.嬰幼兒背袋 2.嬰幼兒推車 3.引導繩或類似工具
病患、行動不便者： 1.健康步行者。 2.需藉助他人或醫療器具或移動工具移動者。 3.需由他人幫助並藉助醫療器具或移動工具移動者。	1.對訊息的辨視、認知能力不足。 2.運動機能及行為反應均較遲緩。 3.上肢、下肢或體幹畸形麻痺，各關節無法活動或肢體不能站立。 1.無法辨視物體形狀，視野狹窄，光覺能力異常及不易分辨顏色。 2.聽覺麻痺、聽野狹窄，或有複聽、聲音強弱敏感度差等聽覺障礙。 3.不易接受聲音訊息或信號。	1.輪椅 2.擔架 3.床單 4.病床

不同類型的避難弱者為了達到成功避難需求，會選擇不同的避難行為模式，避難弱者若可自行移動進行避難，會因為逃生動線規劃與自身生理因素影響避難時間多寡；若無法自主行動者，會因為需要輪椅輔具甚至照護者使用推床等協助，而避難時間增加。避難弱者的步行逃生速度依據其障礙程度及所使用的輔助工具而有所不同，如表 3 所示：

表 3　避難弱者水平步行速度[9]

研究調查文獻	無步行障礙者	中度步行障礙者	重度步行障礙者
蔡秀芬（2001）[10]	61.2	使用拐杖 36.0	使用輪椅 18.6
林慶元等人（2011）[11]	63.6	使用拐杖 40.8	使用輪椅 16.8

[9] 雷明遠，「行動弱勢者照護機構火災風險自主檢核指南之研究」，內政部建築研所自行研究報告，2014 年

[10] 蔡秀芬，「老人安養機構避難逃生安全設計之研究」，淡江大學建築研究所碩士論文，2001 年。

[11] 林慶元、許銘顯、鄭紹材，2011 年，「老人安養機構的防火安全避難設施之調查研究」，中華民

許銘顯（2004）[12]	76.8	單獨步行 49.2	旁人護送 33.0

（單位 m/min）

三、輪椅輔具

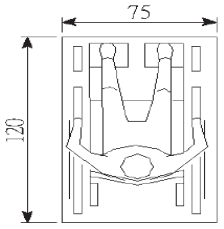
（一）輪椅輔具類型

對於有行動障礙的避難弱者而言，輪椅輔具是提升輔助其行動能力最佳的工具之一，輪椅[13]的使用發展已久,其型式與種類多元；依照輪椅的驅動能力可分為手動及電動型式；其種類可分為：1、標準型輪椅：提供一般使用。2、特殊型輪椅：支撐配合乘員肢體軀幹型態使用。3、運動型輪椅：提供運動需求的功能性使用。

（二）輪椅輔具規範

為提供各類型行動不便的身心障礙族群，因而使用輪椅輔具的功能選用多元化，各家廠牌型號的尺寸各異。依據內政部 104 年 1 月 1 日施行的「建築物無障礙設施設計規範」，針對建築物內無障礙空間設施進行要求，當中對使用輪椅的靜止尺寸及操作空間有所規範，如表 4。

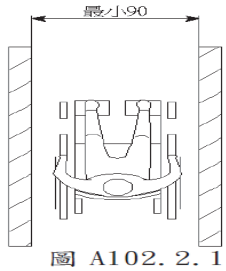
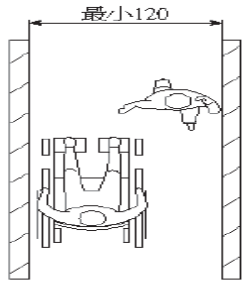
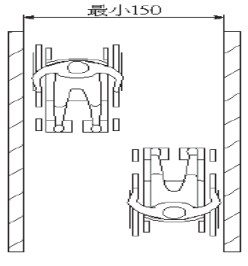
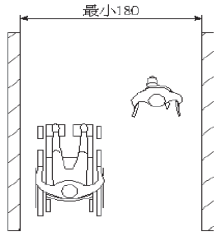
表 4　「建築物無障礙設施設計規範」中輪椅之相關規定整理表

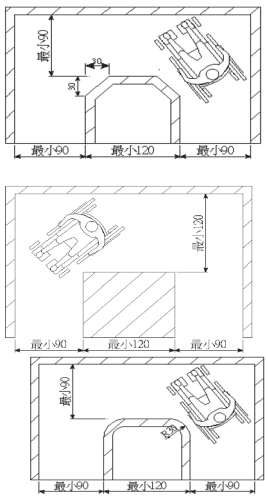
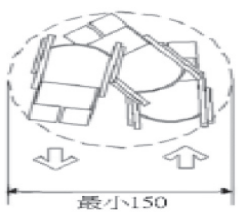
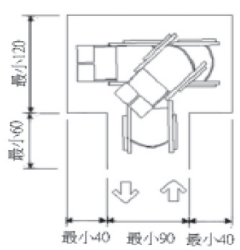
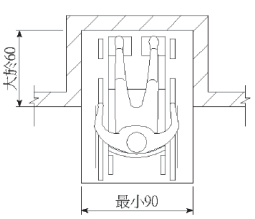
參考附錄之附錄 1 基本尺寸			
章節	規定項目	規定內容	附圖
A102.1	靜止尺寸	輪椅靜止時所需之淨空間為 75 公分×120 公分（圖 A102.1）。	 圖 A102. 1

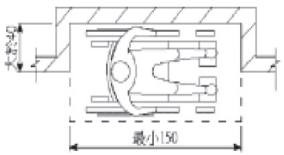
國建築學會第十三屆建築研究成果發表論文集，頁 833-836。

[12] 許銘顯，「醫療院所及老人安養機構防火安全水平避難對策之研究」，國立台灣科技大學營建工程系博士論文，2004 年。

[13] 劉欣泰，「具收放機構之輪椅輔助電動模組的設計與實作」，南台科技大學碩士論文，1995 年。

參考附錄之附錄 1 基本尺寸			
章節	規定項目	規定內容	附圖
A102.2.1	單向通行	所需寬度為 90 公分（圖 A102.2.1）	 圖 A102. 2. 1
A102.2.2	輪椅和行人雙向通行	坐輪椅者和其他行人雙向通行所需寬度為 120 公分（圖 A102.2.2）。	 圖 A102. 2. 2
A102.2.3	雙向通行	供坐輪椅者雙向通行所需寬度為 150 公分，較大型輪椅雙向通行所需寬度為 180 公分（圖 A102.2.3）。	 圖 A102. 2. 3
A102.2.4	輪椅與拄拐杖者雙向通行	所需寬度為 180 公分（圖 A102.2.4）。	 圖 A102. 2. 4

參考附錄之附錄 1 基本尺寸			
章節	規定項目	規定內容	附圖
A102.2.5	轉彎	坐輪椅者在通路走廊上轉彎時，如通路寬度為 90 公分者，轉彎處所需之空間為 120 公分（圖 A102.2.5）。	 圖 A102.2.5
A102.2.6	迴轉空間	坐輪椅者作 360 度方向迴轉時，操作所需空間之直徑為 150 公分（圖 A102.2.6.1）受限制時，亦可在 T 型空間中迴轉，所需空間如圖 A102.2.6.2，該空間內須平坦（坡度在 1/50 以下），以防止輪椅滑動。	 圖 A102.2.6.1  圖 A102.2.6.2
A102.5.1	直行進入	當凹室的深度大於 60 公分時，所需最小寬度為 90 公分（圖 A102.5.1）。	 圖 A102.5.1

參考附錄之附錄 1 基本尺寸			
章節	規定項目	規定內容	附圖
A102.5.2	平行進入	當凹室的深度大於 40 公分時，所需最小寬度為 150 公分（圖 A102.5.2）。	 圖 A102.5.2

四、昇降機避難之適用

（一）昇降機定義

電梯[14](Elevator)為現今垂直方向交通運輸的主要工具之一，於建築物、工廠或倉庫等空間內，昇降及輸送設備同為貨物搬運及人員輸送上不可或缺的設備。依據行政院勞動部「起重昇降機具安全規則」定義，昇降機係指乘載人員及（或）貨物於搬器上，而該搬器順沿軌道鉛直升降，並以動力從事搬運之機械裝置。但營建用提升機、簡易提升機及吊籠，不包括之。隨著機械時代的來臨，昇降設備已由蒸氣機、液油壓動力進入電力電子驅動控制時代，並藉由人工智慧科技的輔助，使昇降機的運作更加安全便捷。

（二）昇降機避難之應用

國內外對於運用緊急昇降機進行避難之可行性探討眾多，在 2005 年內政部建築研究所「運用一般電梯及緊急昇降機進行避難管理之可行性評估研究」之研究報告中，彙整國外運用昇降機避難相關資料，探討昇降機避難問題與整棟運用昇降機避難時間，及在 2005 年高永信「高層建築物運用昇降機避難效益評估之研究」，彙整國內外研究論文與期刊報告後，如表 5 所示，依照探討方向分為論述性、評估性及技術性等三研究面向。兩者均針對國內外運用昇降機避難之相關研究進行蒐集彙整，根據相關文獻蒐集結果可知，運用昇降機進行避難是可行的。

[14] 吳錦材，升降機概論，崇友實業，中華民國 86 年 3 月。

表 5　運用電梯昇降機避難之相關研究報告[15]

	年份	作者	標題名稱	內容摘要
論述性研究報告	1996	施志鴻[16]	電梯用於避難可行性之問題	1.使用電梯逃生之缺點。 2.闡述電梯避難之必要。
	2001	王鵬智[17]	昇降機配置對建築物的防火區劃及避難安全之影響	1.於高層建築物之昇降機配置、防火區劃與避難設計的關係。
	2004	溫渭洲、簡賢文[18]	電梯避難之研究	1.高層建築物人員避難問題、緊急電梯避難系統（EEES）及電梯避難應考量之問題分析。 2.評估使用電梯避難之可行性研究，以 ELVAC 軟體計算運用電梯的避難時間。
技術性研究報告	1983	John H. Klote[19]	Elevators as A Means of Fire Escape	1.闡述電梯避難可協助無自主行為能力的人避難逃生。 2.探討火災濃煙所造成的壓力，對走廊、電梯及樓梯的壓力、水及溫度等比較。 3.阻煙、防火之防護方案。
	1992	John H. Klote、Bernard M.Levin and Norman E. roner[20]	Emergency Elevator Evacuation Systems	1.火災發生時，運用大樓緊急昇降梯避難的概念，包括升降機設備、廊廳、機房等，避免遭煙、熱、火、水的破壞。 2.探討運用電梯避難所面臨的狀況與瑕疵。

[15] 高永信，「高層建築物運用昇降機避難效益評估之研究」，中華大學，碩士論文，民國 94 年。
[16] 施志鴻，「電梯用於避難可行性之問題」，現代消防 75 期，頁 120-126，1996。
[17] 王鵬智，「昇降機配置對建築物的防火區劃及避難安全之影響」，電機月刊第十一卷第七期，頁 246-256，2001。
[18] 溫渭洲，「電梯避難之研究」中央警察大學災害防救學報第五期，頁 325-346，2004。
[19] John H. Klote，Elevators as A Means of Fire Escape，NBSIR 82-2507，1983。
[20] John H.Klote and Daniel M. Alvord，Feasibility and Design Considerations of Emergency Evacuation

	年份	作者	標題名稱	內容摘要
	2003	David W[21]	Literature Review on Enclosure of Elevator Lobbies	1、火災濃煙的擴散，對昇降機間的影響。 2、探討高層建築物昇降機除一般的運輸功能外，於火災時利用昇降機避難，協助搬運搶救居住者。
評估性研究報告	2003	E. KULIGOWSKI[22]	Elevators For Occupant Evacuation And Fire Department Access	運用 ELVAC 軟體計算分析於高層建築物之一般避難模式與電梯避難的差異，提出改善建議。
	2005	陳建忠、邱文豐[23]	運用一般電梯及緊急升降機進行避難管理可行性評估之研究	1、蒐集國外運用昇降機知相關研究，探討於避難上之問題與改善方案。 2、以整棟運用昇降機避難為例，探討電梯避難之可行性。

（三）昇降機相關法規

建築技術規則施工篇及各場所消防安全設備設置標準均對於昇降機防火避難上有相關規定，以下針對本研究有關規定分別進行整理如表 6：

by Elevators，NISTIR 4870，1992。

[21] David W，Literature Review on Enclosure of Elevator Lobbies，NISTIR 6973，2003。

[22] E. KULIGOWSKI，Elevators For Occupant Evacuation And Fire Department Access，National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA，2003。

[23] 陳建忠、邱文豐、江崇誠、王鵬智、姚怡然，「運用一般電梯及緊急升降機進行避難管理可行性評估之研究」，內政部建築研究所，2005 年 12 月。

表 6　昇降機設備與本研究相關法規整理表

法令規章		規定項目	條文內容
建築技術規則施工篇	第 55 條	昇降設備	昇降機之設置依下列規定： 一、六層以上之建築物，至少應設置 1 座昇降機（電梯）通達避難層。建築物高度＞10 樓，依本編第 106 條規定，設置可供緊急用之昇降機。 二、機廂之面積＞1 ㎡或其淨高＞1.2m 之昇降機，均依本規則之規定。但臨時用昇降機經主管建築機關認為其構造與安全無礙時，不在此限。 三、昇降機道之構造應依下列規定： 1.昇降機道之出入口，周圍牆壁或其圍護物應以不燃材料建造，並應使機道外之人、物無法與機廂或平衡錘相接觸。 2.機廂在每一樓層之出入口處，不得超過二處。 3.出入口之樓地板面邊緣與機廂地板邊緣應齊平，其水平距 離 4 公分。 四、其他設備及構造，應依建築設備編之規定。
	第 106 條	緊急用昇降機	依本編第 55 條規定應設置之緊急用昇降機，其依下列規定： 一、建築物高度＞10 層樓部分之最大一層樓地板面積，＜1,500 ㎡者，至少應設置一座；＞1,500 ㎡時，每達 3,000 ㎡，增設一座。 二、下列建築物不受前款之限制： 1.＞10 層樓之部分為樓梯間、昇降機間、機械室、裝飾塔、屋頂窗及其他類似用途之建築物。 2.＞10 層樓之各層樓地板面積和＜500 ㎡者。
	第 107 條		緊急用昇降機之構造除本編第二章第十二節及建築設備編對昇降機有關機廂、機道、機械間安全裝置、結構計算等之規定外，並應依下列規定： 一、機間： 1.除避難層、集合住宅採取複層式構造者其無出入口之樓層及整層非供居室使用之樓層外，應能連通每一樓層之任何部分。 2.四周應為具有 1 小時以上防火時效之牆壁及樓

法令規章		規定項目	條文內容
			板，其天花板及牆面裝修，應使用耐燃一級材料。 3.出入口應為具有 1 小時以上防火時效之防火門。除開向特別安全梯外，限設一處，且不得直接連接居室。 4.應設置排煙設備。 5.應有緊急電源之照明設備並設置消防栓、出水口、緊急電源插座等消防設備。 6.每座昇降機間之樓地板面積不得小於 10 ㎡。 7.應於明顯處所標示昇降機之活載重及最大容許乘座人數，避難層之避難方向、通道等有關避難事項，並應有可照明此等標示以及緊急電源之標示燈。 二、機間在避難層之位置，自昇降機出口或昇降機間之出入口至通往戶外出入口之步行距離不得大於 30m。戶外出入口並應臨接寬大於 4m 之道路或通道。 三、機道應每二部昇降機以具有 1 小時以上防火時效之牆壁隔開。但連接機間之出入口部分及連接機械間之鋼索、電線等周圍，不在此限。 四、應有能使設於各層機間及機廂內之昇降控制裝置暫時停止作用，並將機廂呼返避難層或其直上層、下層之特別呼返裝置，並設置於避難層或其直上層或直下層等機間內，或該大樓之集中管理室（或防災中心）內。 五、應設有連絡機廂與管理室（或防災中心）間之電話系統裝置。 六、應設有使機廂門維持開啟狀態仍能昇降之裝置。 七、整座電梯應連接至緊急電源。 八、昇降速度不得小於 60m/分鐘。
	第 244 條	防火避難設施	高層建築物地板面高度在＞50m 或樓層＞16 層，應設置緊急昇降機間，緊急用昇降機載重能力應達 17 人（1,150 kg）以上，其速度不得小於 60m/分鐘，且自避難層至最上層應在一分鐘內抵達為限。
建	第 108 條	昇降設備	建築物內設置昇降機、昇降階梯或其他類似昇降設備

法令規章		規定項目	條文內容
築技術規則設備篇			者，仍應依本規則建築設計施工編有關樓梯之規定設置樓梯。
	第 109 條		本章所用技術用語，應依下列規定： 一、設計載重：昇降機或昇降階梯達到設計速度時所能負荷之最大載重量。 二、設計速度：昇降機廂承載設計載重後所能達到之最大上升速度（鋼索式昇降機）或下降速度（油壓式昇降機）；或依昇降階梯傾斜角度所量得之速度。 三、平衡錘：平衡昇降機廂靜載重及部分設計載重之一個或數個重物。 四、安全裝置：操作時停止昇降機廂或平衡錘，並保持機廂或平衡錘不脫 離導軌之機械裝置。 五、昇降機廂：昇降機載運其設計載重之廂體。 六、昇降送貨機：機廂底面積一平方公尺以下，及機廂內淨高度 1.2 公尺以下之專為載貨物之昇降機。 七、機廂頂部安全距離：昇降機機廂抵達最高停止位置且與出入口地板水平時，該機廂上樑與昇降機道頂部天花板下面之垂直距離；機廂無上樑者，自機廂上天花板所測得之值。 八、昇降機道機坑深度：由最下層出入口地板面至昇降機道地板面之垂直距離。
	第 110 條		供昇降機廂上下運轉之昇降機道，應依下列規定： 一、昇降機道內除機廂及其附屬之器械裝置外，不得裝置或設置任何物件，並應留設適當空間，以保持機廂運轉之安全。 二、同一昇降機道內所裝機廂數，不得超過四部。 三、除出入門及通風孔外，昇降機道四周應為防火構造之密閉牆壁，且有足夠強度以支承機廂及平衡錘之導軌。 四、昇降機道內應有適當通風，且不得與昇降機無關之管道兼用。 五、昇降機出入口處之樓地板面，應與機廂地板面保持平整，其與機廂地板面邊緣之間隙，不得大於

法令規章		規定項目	條文內容
			四公分。
	第 115 條		昇降機房應依下列規定： 一、須有有效通風口或通風設備，其通風量應參照昇降機製造廠商所規定之需要。 二、其有設置樓梯之必要者，樓梯寬度不得小於七十公分，與水平面之傾斜角度不得大於六十度，並應設置扶手。
	第 117 條		昇降機於同一樓層不得設置超過二處之出入口，且出入口不得同時開啟。
各類場所消防安全設備設置標準	第 28 條	緊急升降機間排煙	下列場所應設置排煙設備： 依建築技術規則應設置之特別安全梯或緊急昇降機間。 前項場所之樓地板面積，在建築物以具有一小時以上防火時效之牆壁、平時保持關閉之防火門窗等防火設備及各該樓層防火構造之樓地板區劃，且防火設備具一小時以上之阻熱性者，增建、改建或變更用途部分得分別計算。

五、建築物火災安全值範圍

火場中所產生的有毒氣體含有相當多的刺激性與麻痺性成份，因此當濃度過高或暴露其中的時間過長，則容易導致人員吸入過多有毒氣體而昏迷、休克，嚴重的話甚至會導致死亡。在防火安全工程的 SFPE Handbook 中有詳細的規定，而紐西蘭設計指針的危險指標即是參考 SFPE Handbook 制定，其規定如表 7 所示。

表 7　人體承受危害程度指標值分析表（SFPE 及紐西蘭設計）

危害類型	承受極限
熱對流	氣流層溫度≦65℃（不能超過 30 分鐘以上的暴露時間）

危害類型	承受極限
煙吸光率	在煙層下能見度不能低於 2 公尺
毒性	CO≦1500ppm CO2≦5% HCN≦80ppm O2≧12% （以上氣體濃度範圍一般僅能承受 30 分鐘以下）
熱輻射	上層的輻射流≦2.5kW/m^2（承受時間 20 秒以下）

其中毒性危害中以 CO 對人體危害性最高，因 CO 會阻礙血液吸收 O2，造成死亡比例較高，而除了有毒氣體外，火場所產生高溫也會經由對流效應對人體產生危害，濃煙也會使逃生路線遭受阻礙。另外在[24]大空間建築性能式火災煙控系統設計規範之建立與應用分析手冊中，提到煙控系統性能判定基準，是依據 NFPA130 之建議值，而對於本研究中溫度、能見度以及煙層高度建議如下：

（一）火場內維生之環境其溫度限制如下：最高 140℉（60℃）數秒，現場最初 6 分鐘允許暴露平均 120℉（49℃），之後可維生環境之溫度限制得隨時間遞減。避難路徑上溫度不得超過 60℃。

（二）能見度之要求，在有照明（80 lux）的避難標誌下能辨視的距離為 30 m，門以及牆壁能辨視的距離為 10 m。

（三）因考慮人之呼吸線位置，將煙層底部訂於不得低於 1.8 公尺以下。

肆、研究設計與方法

當高層建築物發生火災事故時，使用輪椅輔具的避難弱者必須掌握逃生時效，搶在濃煙阻閉逃生動線之前進入緊急昇降機間；同時也必須在濃煙進入緊急昇降機前，順利搭乘電梯至避難層逃生。避難弱者所在的樓層與位置，影響到是否能夠安全避難的結果。本章節使用模擬結果 Pathfinder 與 ELVAC 昇降機避難運輸評估模式進行比較驗證，再以自行設定之模擬情境探討避難弱者避難逃生的時間，進而分析高層建築物之避難弱者收容及樓層安排規劃。

一、火災模擬軟體 Pathfinder 功能介紹[25]

[24] 陳建忠、楊冠雄，「大空間建築性能式火災煙控系統設計規範之建立與應用分析手冊」，內政部建築研究所協同研究報告，內政部建築研究所，2008 年 12 月。

[25] http://pyz6.wnn8.com/SCZ/SCZ2682.htm，軟體補給站，2016 年 10 月

Pathfinder 是由美國 Thunderhead engineering 公司開發的一個基於人員進出和運動的模擬器。它提供了圖形用戶界面的模擬設計和執行，以及三維可視化工具的分析結果。該運動的環境是一個完整的三維三角網格設計，以配合實際層面的建設模式。可以計算每個人員獨立運動並給予了一套獨特的參數（最高速度，出口的選擇，等等）。Pathfinder 可以導入 FDS 模型，FDS 在模擬火災的同時，可以在相同時間內模擬人員疏散。同步跟蹤不僅可以科學地分析出人員疏散的相關數據。這樣既直觀，又有可靠的數據，還可以分析出人員疏散的最佳時間，減少人員傷亡。

二、Pathfinder 軟體二種模式

Pathfinder 的人員移動模式包括 SFPE 模式和 Steering 模式：SFPE 模型是一個流動模型,它的移動速度由每個房間的人員密度（多寡）決定，並且通過門的流體是由門寬所控制的。人在移動和形成佇列時可以在空間重疊，但是列隊將符合 SFPE 假設，這種模式是基於 SFPE 消防保護工程手冊和 SFPE 工程指南的假設：人類行為，可根據空間密度，來確定其移動速度。在 SFPE 模型中,人的移動僅僅是從它當前位置到當前路徑點的直線部分,意味著人員會自動轉移到最近的出口。對 SFPE 模型來說,公差幾乎為零,人員不會相互影響,因為重疊者不受限制。所以人員預計能準確地到達每一路徑點。Steering 模式使用路徑規劃，指導機制，碰撞處理等相結合來控制人員運動。如果人員之間的距離和最近點的路徑超過某一閥值，可以再生新的路徑，以適應新的形勢。SFPE 為 Pathfinder 最常使用之既定模式，亦為本研究所採用模式。

Pathfinder 為我國建築防火避難性能設計認可的避難模擬軟體之一，Pathfinder 與其他國內常用的避難模擬軟體[26]，例如 BULIDING EXODUS、SIMULEX、FDS-EVAC 等之模擬比較結果如圖-所示，橫軸（X 軸）代表時間，縱軸（Y 軸）代表建築物內的人員數量，可以看出所有軟體模擬結果中，人員隨著時間減少的斜率是穩定變化的，表示 Pathfinder 與 BulidingExodus、Simulex、FDS-EVAC 等國內常用軟體，具有相當程度的穩定可靠性，也可藉此瞭解各模擬軟體之間相互比對的修正安全係數。由圖 3 亦可看出，Pathfinder 與 FDS-EVAC 的模擬結果相當接近，安全係數接近。

[26] 張尚文、莊英吉、邱晨瑋、陳政洞，「避難弱者避難路徑無障礙空間之研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2013 年。

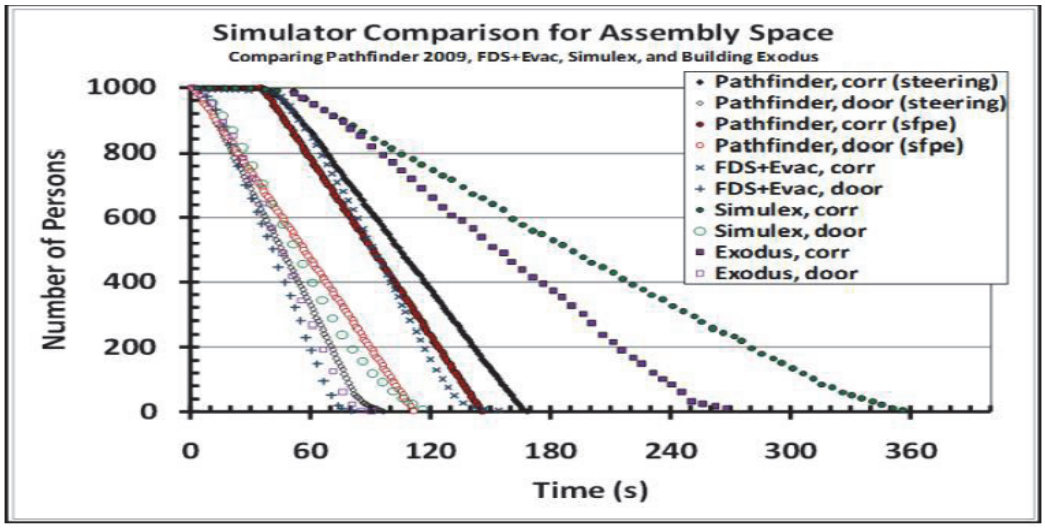


圖 3　電腦模擬軟體比較圖

資料來源：Pathfinder 官方網站 http：//www.thunderheadeng.com/pathfinder/

三、Pathfinder 特點[27]介紹

（一）內部快速建模與 DXF, FDS 等格式的圖形文件的導入建模可相結合。

（二）3D 動畫視覺效果顯示災難發生時的場景。

（三）建築物區域分解功能，可同時顯示各區域的人員逃生的路徑。

（四）可精準計算出每個個體和區域在災難發生時最佳逃生路徑和逃生時間。

（五）可設定人員性別、速度、路線等功能。

（六）操作簡單，不用編寫程式碼。

（七）增加使用電梯避難逃生功能。

（八）可指定逃生路線。

（九）於 2017 年新開發功能，如圖 4 所示，可有特殊需求者可使用輪椅及病床移動建模，並可以指定人員協助行動。

[27] 張尚文、莊英吉、邱晨瑋、陳政洞，「避難弱者避難路徑無障礙空間之研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2013 年。

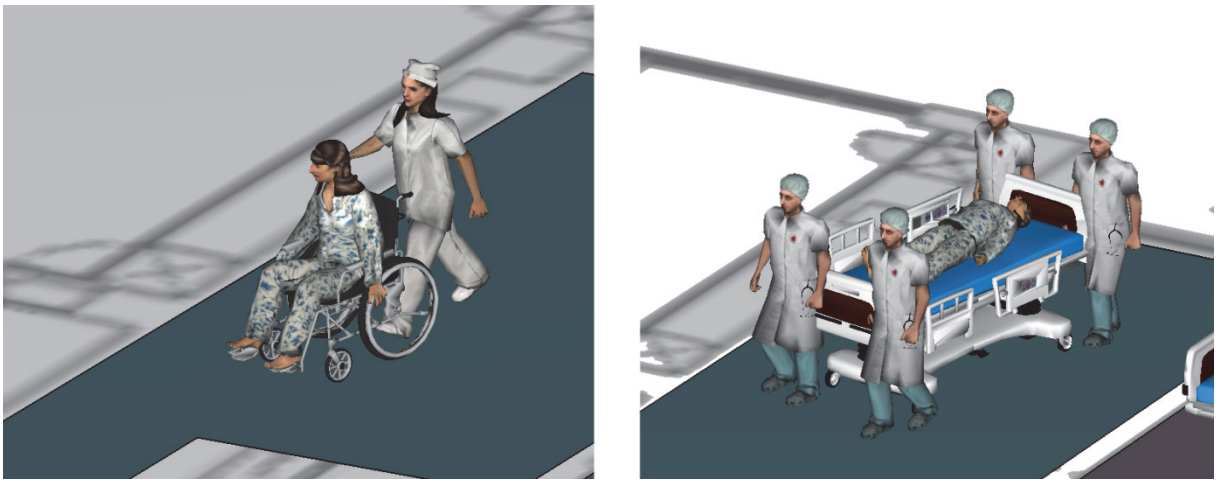


圖 4　使用輪椅和床進行輔助疏散的圖示。

四、避難模擬軟體介紹[28]

（一）國內常用性能驗證模擬軟體介紹

國內常用的性能驗證模擬軟體大致可分為火煙模擬軟體（FDS）及人流模擬軟體（PATHFINDER 、SIMULEX、EVAC 及 EXODUS 等）二種。以下就各避難模擬軟體作介紹。

1.FDS：美國 NIST（NationalInstitute of Standards andTechnology ）所開發。特點為免費下載使用、根據模擬結果可規劃避難逃生路徑。優點：開放原始碼的程式、免費、後處理程式 smokeview 功能強大。缺點：採用網格計算方法，建模時需使用多個小正立方體、無法模擬升降機避難逃生模式。

2.PATHFINDER[29]：為美國 Thunderhead Engineering 公司所研發。特點為操作簡單，可設定人員之性別、顏色、速度、路線等。優點：操作簡單、不用編寫程式碼、可設定人員性別、速度、路線、3D 模擬、指定逃生路徑、可改變顏色.人物畫面、人員配置（指定或均勻分配）、增加升降機使用避難功能模式。

3.SIMULEX：由英國愛丁堡大學兩位學者研發，主要功能：針對各式幾何形狀、多樓層之建築物進行動態避難模擬。缺點：無法設定單一個人、無法模擬升降機避難逃生模式、隨機避難方式。

[28] 張邦立、湯潔新、張尚文、郭彥谷、曾淑芬，「大規模地下空間避難弱者之情境模擬及避難疏散策略」內政部建築研究所，2012 年。

[29] Pathfinder 使用者操作手冊，官方網站 www.thunderheadeng.com，2017 年 5 月

4.EVAC：由美國 NIST(National Institute of Standardsand Technology)所開發。特點：免費軟體使用、可單獨模擬火場熱煙流或避難模式，也可以兩者同時進行。有 Adult、Male、Female、Child、Elderly 等五種避難人員，且可個別設定避難速度。

5.EXODUS： EXODUS 是由英國 Greenwich 大學的防火安全工程小組所研發。特點為：3D 立體的方式呈現人員避難的情形、使用操作較簡單易學，不用編寫程式語言、可結合火場及人員避難參數設定、可解析避難時人與人之間的相互影響。

五、昇降機避難運輸評估模式

（一）昇降機避難時間計算軟體簡介[30, 31,]

1.軟體名稱：ELVAC（Elevator Evacuation）。

2.研發單位：美國國家標準與技術協會（Nation Institute of Standards Technology 簡稱 NIST）。

3.程式設計者：John H. Klote and Daniel M. Alvord，November 1991。

4.功能：可計算出建築物中人員使用昇降機避難所需時間。

5.限制：

(1)在非火災緊急狀況下利用昇降機撤離建築物所需之時間計算。

(2)火災時供避難弱者之避難時間計算。

(3)高塔等類似飛行管制站在一定限制下供人員避難之時間計算。

(4)在 EEES(緊急避難電梯系統)完善安全無慮下，一般人員避難時間計算。

6.假設前題：

(1)到達昇降機間開始到整棟建築物人員避難離開建築物到達戶外或安全地點所需時間。

(2)不考量複雜之人類避難行為。

（二）昇降機避難計算程式說明：

1.總避難時間 t_e

[30] 高永信, 高層建築物運用昇降機避難效益評估之研究, 中華大學建築與都市計畫學系碩士論文, 2006 年 7 月

[31] John H. Klote、Daniel M. Alvord，Routine for Analys is of the People Movement Time for Elevator Evacuation，NISTIR 4730，1991。

$$t_e = t_a + t_o + \left(\frac{1+\eta}{J}\right)\sum_{j=1}^{m} t_{r,\mathrm{j}}$$

t_a ：避難開始時間。

t_0 ：從昇降機間到戶外或安全之場所所需時間。

J ：電梯數（不含故障之電梯）。

$t_{r,j}$ ：第 j 次旅運所需時間。

m ：總旅運次數。

η ：旅運無效係數（考量行經到無人之樓層或在某樓層搭載很少人員）。

2.避難開始時間 t_a：

$$t_a = t_T + (t_u + t_d)(1+\mu)$$

t_a ：避難開始時間。

t_T ：昇降機自最遠之樓層到卸載層（避難層）所需時間。

t_u ：旅客全數離開電梯所需時間。

t_d ：昇降機車廂門打開及關閉一次所需之時間。

μ ：總轉運無效係數。

3.昇降機行進中所需時間 t_r：

$$t_r = 2t_T + t_s$$

t_r ：昇降機行進中所需時間。

$2t_T$：昇降機運行到指定樓層所需時間+昇降機運行到卸載層所需時間。

t_s ：等待時間=昇降機門開關兩次所需時間+旅客進入昇降機車廂所需時間+旅客離開昇降機車廂所需時間。

4.等待時間 t_s：

$$t_s = (t_i + t_u + 2t_d)(1+\mu)$$

其中 $\mu = \alpha + \varepsilon + \gamma$

α：基本運轉無效係數；考量開梯門開啟與停止時無法預測的人突然進入昇

降機車廂，與昇降機井間排列有關係，一般取 0.1。

ε：門之無效係數。

γ：其他無效係數；考量昇降機車廂之形狀與行動不便之人員進出昇降機車廂所增加之時間；一般為 0，醫院用途時取 0.05。

ti：旅客全數進入昇降機所需時間。

tu：旅客全數離開昇降機所需時間。

td：昇降機車廂開關一次所需時間。

表 8　昇降機門開啟時間及門之無效係數表

昇降機門型式	昇降機門寬度 mm(in)	打開及開關一次所需時間[1] t_d(s)	門開啟之無效係數 ε
單拉門（Single-Slide）	900 (36)	6.6	0.10
雙拉門（Two-Speed）	900 (36)	5.9	0.10
中開拉門[2]（Center-Opening）	900 (36)	4.1	0.08
單拉門（Single-Slide）	1100 (42)	7.0	0.07
雙拉門（Two-Speed）	1100 (42)	6.6	0.07
中開拉門[2]（Center-Opening）	1100 (42)	4.6	0.05
雙拉門（Two-Speed）	1200 (48)	7.7	0.02
中開拉門[2]（Center-Opening）	1200 (48)	5.3	0
雙拉門（Two-Speed）	1400 (54)	8.8	0.02
中開拉門[2]（Center-Opening）	1400 (54)	6.0	0
雙拉門（Two-Speed）	1600 (60)	9.9	0.02
中開拉門[2]（Center-Opening）	1600 (60)	6.5	0
雙拉中開門（Two-Speed, Center-Opening[2]）	1600 (60)	6.0	0
雙拉門（Two-Speed）	1100 (42)	6.6	0.07

1、包含電梯車廂啟動時間 0.5 秒。
2、當使用預開式電梯門者，表列時間須扣除 1 秒。

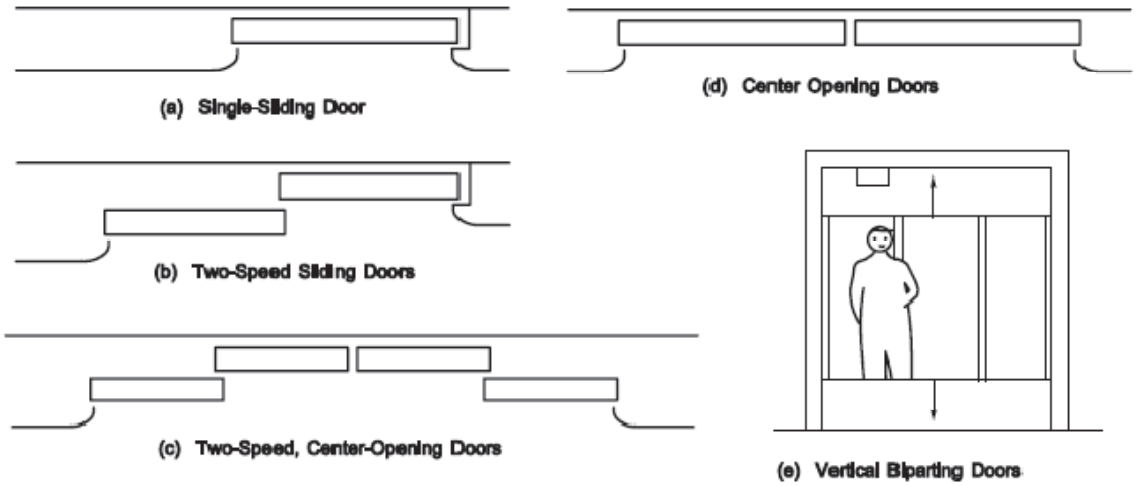


圖 5　昇降機門開啟方式示意圖

5.旅客進入昇降機所需時間 t_i：

$$t_i = \begin{cases} t_{dw} & for\ N \le 2 \\ t_{dw} + t_{io}\left(N - N_{dw}\right) & for\ N > 2 \end{cases}$$

t_{dw}：昇降機停妥後昇降機門維持開啟之時間（沒有按著“OPEN”）；程式內定值為 4 秒。

N ：人數。

N_{dw}：在沒有按著”OPEN”期間進入昇降機車廂之人數。

t_{io} ：平均一位旅客進入昇降機車廂所需時間；程式內定值 1 秒/1 人。

6.旅客離開昇降機所需時間 t_u：

$$t_u = \begin{cases} t_{dw} & for\ N \le 2 \\ t_{dw} + t_{uo}\left(N - N_{dw}\right) & for\ N > 2 \end{cases}$$

t_{dw} ：昇降機停妥後昇降機門維持開啟之時間（沒有按著“OPEN”）；程式內定值為 4 秒。

N ：人數。

N_{dw} ：在沒有按著”OPEN”期間離開昇降機車廂之人數。

t_{uo} ：平均一位旅客進入昇降機車廂所需時間；程式內定值 0.6 秒/1 人。

7.昇降機運行所需時間 t_T：

(1)長距離運行：昇降機從靜止→啟動→等加速度→轉換加速度→正常等速度→轉換減速度→等減加速度→停止。如圖 6 所示。

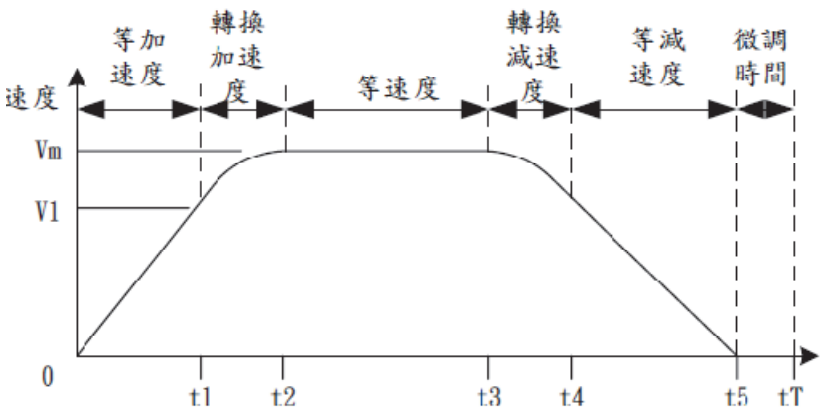


圖 6　昇降機長距離運行時間速度變化曲線圖

V_m：昇降機運行最大速度，對於辦公用途之建築物取 1~9m/s

V_1：0.6 V_m

A ：0.6~2.4 m/s^2

(2)運行距離不長只到達轉換加速度

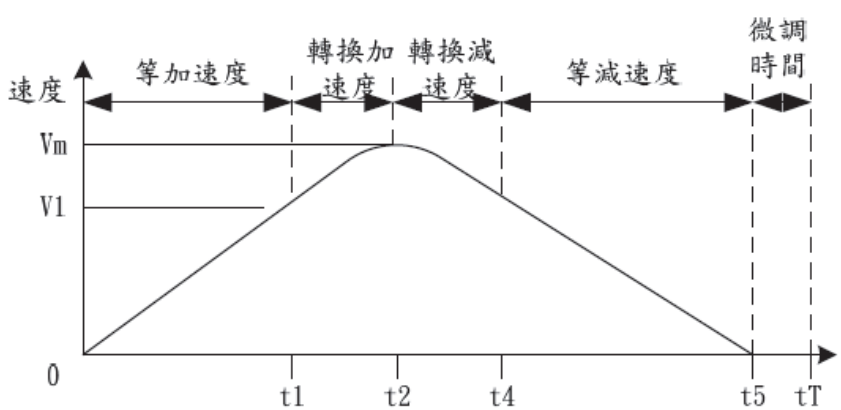


圖 7　運行距離不長只到轉換加速度之時間速度變化曲線圖

(3)運行距離不長只到加速度，如圖 8 所示

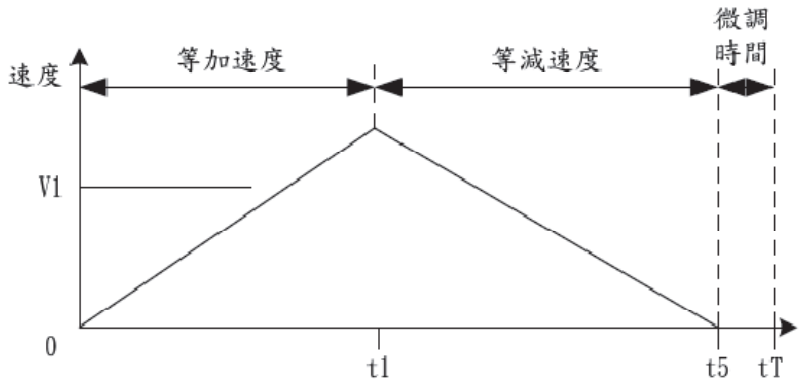


圖 8　運行距離不長只到加速度之時間速度變化曲線圖

$$t_1 = \frac{v_1}{a} \qquad s_1 = \frac{v_1^2}{2a}$$

$$t_2 = t_1 + \frac{v_m^2 - v_1^2}{2av_1} \qquad S_2 = S_1 + \frac{1}{3a}\left(\frac{v_m^3}{v_1} - v_1^2\right)$$

$$t_T = t_5 + t_h$$

$$t_T = t_5 + t_h$$

$$t_5 = 2t_2 + \frac{S_T - 2S_2}{v_m}$$

EX：辦公大樓裡一個 3500 lb 的電梯從地面往上升到 15 樓接完乘客並完全負載，再送他們回到地面。全程操作速度 150 m/min 且加速度 1.1 m/S2 電梯門寬 1.1m 中央開啟式，樓與樓間距 4.2 m ，總共行駛距離為 67.1 m，請問往返所需時間？（電梯門開關一次為 7 s）

$$\mu = \alpha + \varepsilon + \gamma = 0.1 + 0 + 0 = 0.10$$

$$t_i = 4 \qquad \mathrm{N} \le 2$$

$$t_u = 4 \qquad \mathrm{N} \le 2$$

$$t_s = (t_i + t_u + 2t_d)(1+\mu) = [4 + 4 + 2\times 7](1 + 0.1) = 24.2s$$

$$v_m = 150\ \frac{m}{\min}\frac{1\min}{60\,s} = 2.5\,m/s$$

$$v_1 = 0.6\,v_m = 0.6 \times 2.5 = 1.5\ m/s$$

$$t_1 = v_1 / a = 1.5/1.1 = 1.36s$$

$$s_1 = \frac{v_1^2}{2a} = \frac{(1.5)^2}{2(1.1)} = 10.023 \quad m$$

$$S_2 = S_1 + \frac{1}{3a}\left(\frac{v_m^3}{v_1} - v_1^2\right) = 10.023 + \frac{1}{3(1.1)}\left(\frac{2.5^3}{1.5} - 1.5^2\right) = 12.498m$$

$$t_5 = 2t_2 + \frac{S_T - 2S_2}{v_m} = 2(2.572) + \frac{67.1 - 2(12.498)}{2.5} = 21.99s$$

$$t_T = t_5 + t_h = 21.99 + 0.5 = 22.49s$$

$$t_r = 2t_T + t_S = 2(22.49) + 24.2 = 69.18s$$

往返所需時間 $= 69.18s$

客房 1 到緊急升降機出口距離為 15.51m 15.51/0.5=31.02s
客房 2 到緊急升降機出口距離為 22.33m 22.33/0.5=44.66s
客房 5 到緊急升降機出口距離為 33.51m 33.51/0.5=67.02s
客房 9 到緊急升降機出口距離為 51.54m 51.54/0.5=103.08s
1F 緊急升降梯到 1F 出口距離為 16.2m16.2/0.5=32.4s

六、建築物防火避難安全性能驗證技術手冊[32]

本技術手冊係依據建築技術規則總則編第三條及第三條之四所稱「建築物防火避難安全性能設計計畫書」中避難計畫之避難安全性能驗證規定，說明避難安全性能設計與驗證方法。

（一）本手冊之適用範圍，不包括含醫院、養老院、幼稚園、托兒所等無自力避難能力人員集中之 F 類場所及危險物工廠、儲藏庫等高火載量及可能快速延燒之 C 類及 I 類場所。以下表 9 為建築物適用範圍。

表 9　驗證手冊適用場所類別

類別		定義	場所
A 類	公共集會	集會、社交、等候運輸工具且無防火區劃之場所	戲院、電影院、演藝廳、車站、航空站、候船室
B 類	商業類	商業交易、娛樂、餐飲消費之場所	夜總會、酒家、理容院、ktv、MTV、百貨公司、商場、餐廳、旅館、觀光飯店等
D 類	休閒文教類	運動、休閒、參觀、教學之場所	保齡球、會議廳、博物館、美術館、圖書館、各級學校
E 類	宗教殯葬類	宗教信徒聚會殯葬之場所	寺、廟、教堂、宗祠等
G 類	辦公服務類	商談、接洽、處理一般事務或日常服務之場所	金融機構、證卷交易、政府機關、辦公室、診所等
H 類	住宿類	供特定人住宿之場所	寄宿舍、招待所、住宅、集合住宅等

驗證手冊並非適用於任何空間特性之建築物，其限制條件如下所列：

1.建築物必須為防火構造建築物。

2.不適用於無法自力完成避難行動人員之場所。

[32]「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」，內政部建築研究所出版，2011.08。

3.本驗證法是在以下火災模式進行：

(1)火災進行之假設限定發生在起火居室內，指起火到擴大延燒之初期火災。

(2)T^2-fire growth model。

(3)Zone model。

4.每一防煙區劃面積≦1500m²

5.天花板高度限制<20m

6.除排煙相關設施外，不考量其他滅火設備動作之影響。

（二）驗證手冊所需執行的避難安全評估項目包括如下：

1.樓層避難安全評估

驗證樓層之任一間居室發生火災，位於該樓層所有避難人員，從該樓層任一點避難開始至進入直通樓梯完成避難所需的時間，與從該樓層各居室通往走廊、直通樓梯等設施，因煙層下降所造成危險狀態所發生的時間，比較是否能在安全時間內完成避難。

2.整棟避難安全評估

以整棟建築物為評估對象，驗證各樓層間發生火災時位於最不利逃生位置之人員，從該樓層避難至避難層並離開該棟建築物所需的時間，與起火居室煙層經走廊漫延至排煙室、樓梯所需的時間作比較，以確認避難人員得順利逃生不受煙的侵害。

（三）避難安全性能驗證主要公式

1.RSET（Required Safe Egress Time） -火災發生至所有人完成避難時間

依據建築物防火避難安全性能驗證技術手冊規定，以 1.8 公尺為人員逃生避難所需的避難高度，避難人員如以低姿式避難逃生，可免除遭受濃煙之傷害。

RSET=Tstart+Ttravel+Tqueue

RSET：火災發生至所有人完成避難時間（sec）

Tstart：火災發生時人員開始避難時間（sec）

Ttravel：居室任一點至出口最長距離步行時間（sec）

Tqueue：居室內人員通過出口所需時間（sec）

2.ASET（Available Safe Egress Time ）-人員避難之時間限制

為人員避難之時間限制，以建築物防火避難安全性能驗證技術手冊所計算之煙層下降時間做為避難時間允許界限。當室內濃煙層下降至離地面

1.8m 高度所需時間，列為人員避難之時間限制。

3.當 RSET×安全係數（≧1） ≦ASET，才能安全避難逃生

（四）建築物防火避難安全性能驗證技術手冊其他限制條件

1.必須為防火構造建築物。

2.天花板高度限制<20m。

3.不適用於無法自力完成避難行動人員之場所

4.每一防煙區劃面積≦1500 平方公尺。

（五）內政部建築物防火避難安全性能驗證技術手冊驗算公式

1.室內逃生

(1)$\mathbf{Tstart}=\sqrt{\mathbf{A}_{\mathbf{area}}}\mathbf{30}$（3.1）

(2)$\mathbf{Ttravel}=\mathbf{max}\ \left(\boldsymbol{\Sigma}\frac{\boldsymbol{li}}{\boldsymbol{v}}\right)$（3.2）

(3)$\mathbf{Tqueue}=\frac{\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{PA}_{\mathbf{area}}}{\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{NeffBeff}}$（3.3）

室內逃生時間=(1)+(2)+(3)

Aarea ：該居室等各部分之樓地板面積（m^2）

$\boldsymbol{li}$ ：居室到居室門口的步行距離（m）

$\boldsymbol{v}$ ：步行速度（m/分）

P ：收容人員密度（人/m^2）

Neff ：有效流動係數（人/分/m）

Beff ：有效出口寬度（m）

2.逃生至樓梯間

(1)$\mathbf{Tstart}=\sqrt{\mathbf{A}_{\mathbf{area}}}\mathbf{30}+5$ 分鐘（3.4）

(2)$\mathbf{Ttravel}=\mathbf{max}\ \left(\boldsymbol{\Sigma}\frac{\boldsymbol{li}}{\boldsymbol{v}}\right)$（3.5）

(3)$\mathbf{Tqueue}=\frac{\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{PA}_{\mathbf{area}}}{\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{NeffBst}}$（3.6）

樓層避難時間=(1)+(2)+(3)

Aarea ：該樓層等各部分之樓地板面積（m^2）

$\boldsymbol{li}$ ：居室到樓梯的步行距離（m）

$\boldsymbol{v}$ ：步行速度（m/分）

P ：收容人員密度（人/m^2）

Neff ：有效流動係數（人/分/m）

Bst ：樓梯之出口寬度（m）

3.逃生至避難層

(1)$\mathbf{Tstart}=\mathbf{2}\sqrt{\mathbf{A}_{\mathbf{floor}}}\mathbf{15}+5$ 分鐘（3.7）

(2)**Ttravel=max** （$\boldsymbol{\Sigma li v}$）（3.8）

(3)**Tqueue=ΣPA$_{area}$ΣNeffBd**（3.9）

全館避難時間=(1)+(2)+(3)

Afloor ：該樓層通過直通樓梯等建築物之樓地板面積（m^2）

$\boldsymbol{li}$ ：居室到地面出口的步行距離（m）

$\boldsymbol{v}$ ：步行速度（m/分）

P ：收容人員密度（人/m^2）

Neff ：有效流動係數（人/分/m）

Bd ：避難層以外樓層人員安全通過避難路徑之出口寬度（m）

伍、結果與討論

一、建築物概要

本研究標的建築物[33]預定計畫座落於台北市，使用分區劃設為「特定專用區」，如圖 9 所示。G 棟為本研究標的建築物，設定為國際級商務旅館，乃地下 4 層，地上 25 層建築物，其中 4F～25F 為客房用途。



圖 9　本研究標的建築物各棟標示

（資料來源：如註 36）

[33] 商場辦公旅館住宅新建工程防火避難綜合檢討報告書——南榮開發建築股份有限公司、群甦聯合建築師事務所，105 年 4 月

二、情境模擬及參數設定

本研究針對 G 棟國際商務旅館來進行避難弱者（輪椅）的計算，主要是模擬避難弱者在 15F 的情況，其國際商務旅館 15F 的客房配置圖如圖 10 所示。

（一）情境模擬的設定如下：

1.避難弱者（輪椅）的位置在 15F。

2.採用單一避難弱者進行模擬。

3.採用一間房間 1 位避難弱者；兩間房間各 1 位避難弱者進行模擬。

4.採用非避難弱者或協助者與避難弱者（輪椅）的模擬組別。

5.共 7 個情境進行模擬。

6.避難開始時間為火災警報聲響動作起算。

（二）避難弱者與電梯的參數設定：

1.避難弱者（輪椅）步行速度：

(1)使用手動標準型輪椅

(2)自行操作輪椅速度 0.5m/s

(3)他人協助推行輪椅 1.0 m/s

2.電梯參數：

(1)使用一具緊急昇降機

(2)操作速度 2.5 m/s 且加速度 1.1 m/s^2

(3)電梯開關門一次為 7s

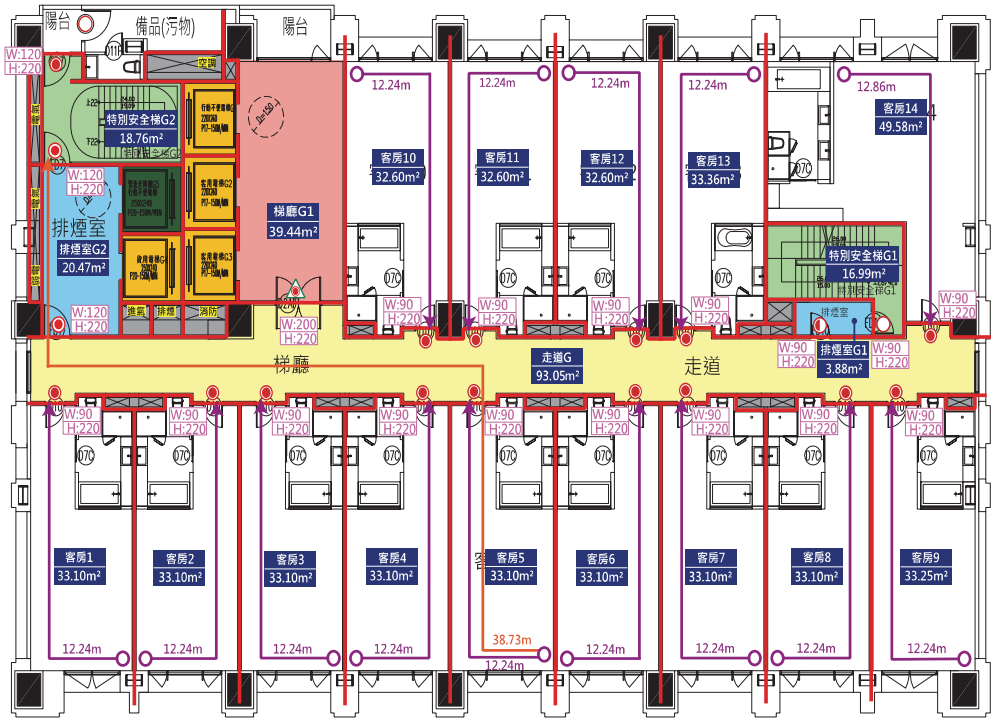


圖 10　國際商務旅館 15F 平面圖

資料來源：如註 36

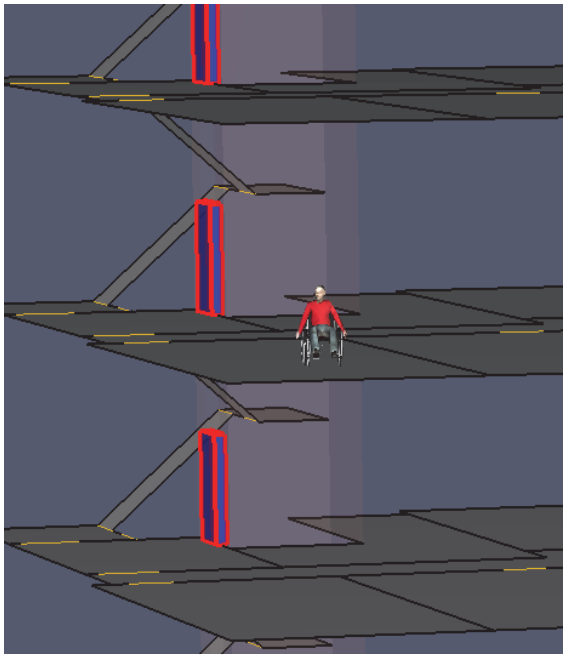


圖 11　模擬情境示意圖

三、模擬結果討論

本研究針對使用輪椅的避難弱者之避難計算，主要採用 ELVAC 評估模式的計算與 Pathfinder 模擬軟體推演結果的計算驗證來做比較，主要還是在於避難弱者在避難逃生時的電梯使用。本研究會先比較單一避難弱者（輪椅）在客房 1（設定為第一組）於 ELVAC 評估模式與 Pathfinder 模擬軟體計算上的時間差異探討比較；再針對單層兩位避難弱者（輪椅）的客房安排，分別針對客房 1 與客房 2（設定為第二組）、客房 1 與客房 5（設定為第三組），以及客房 1 與客房 9（設定為第四組）的組合進行手算與電腦模擬，再進行相互比較探討；除外，兩位避難弱者（輪椅）的客房安排在不同樓層，故針對 14F 客房 1 與 15F 客房 1（設定為第五組）的組別來做比較；而實際避難狀況下會有其它非避難弱者同時進行避難（設定為第六組），故增加此分組作為比較；最後增加協助者協助避難弱者進行避難（設定為第七組）之組別比較，研究分組共分為七組，如表 10 所示。

表 10　情境模擬研究分組表

第一組	單一避難弱者（輪椅）於客房 1
第二組	兩避難弱者（輪椅）分別於客房 1 及客房 2
第三組	兩避難弱者（輪椅）分別於客房 1 及客房 5
第四組	兩避難弱者（輪椅）分別於客房 1 及客房 9
第五組	兩避難弱者（輪椅）分別於 14F 客房 1、15F 客房 1
第六組	單一避難弱者（輪椅）與非避難弱者同時間進行避難
第七組	單一避難弱者（輪椅）加入協助者進行避難

資料來源：本研究整理

其主要的討論方向分為七個情境來做討論，如表 11 所示。

表 11　電梯模擬結果討論情境表

情境一	單一避難弱者（輪椅）之設定比較
情境二	兩間客房避難弱者（輪椅）之設定比較-公式手算
情境三	兩間客房避難弱者（輪椅）之設定比較-電腦模擬
情境四	兩間客房避難弱者（輪椅）之比較-公式手算與電腦模擬
情境五	使用輪椅輔助的避難弱者於不同樓層收容安排比較 （14F 客房 1、15F 客房 1）

情境六	加入非避難弱者同時間進行避難情境狀況比較
情境七	加入協助者進行避難情境狀況比較

資料來源：本研究整理

（一）單一避難弱者（輪椅）之設定比較

表 12 為情境一，設定使用輪椅輔助單一避難弱者（第一組）避難時間的比較表，ELVAC 評估模式的計算，主要分為房間到緊急昇降機（參照建築物防火避難安全性能驗證技術手冊）、電梯所需時間（參照 ELVAC 評估模式），以及緊急昇降機到出口的時間（參照建築物防火避難安全性能驗證技術手冊）來計算；而 Pathfinder 軟體則是將相關資料建模後，經由電腦模擬所得之結果數據。

表 12　情境一：單一避難弱者（輪椅）避難時間比較表

客房 1 避難 （第一組）	ELVAC 評估模式	Pathfinder 模擬軟體
避難步行時間(s) （房間到緊急昇降機）	31.02	41
電梯所需時間(s)	69.18	71
避難步行時間(s) （1F 緊急昇降機到出口）	32.4	36
避難所需時間(s)	132.6	148.0

資料來源：本研究整理

從時間比較表結果中發現模擬軟體所需的時間會比較長，主要的原因有以下幾點：

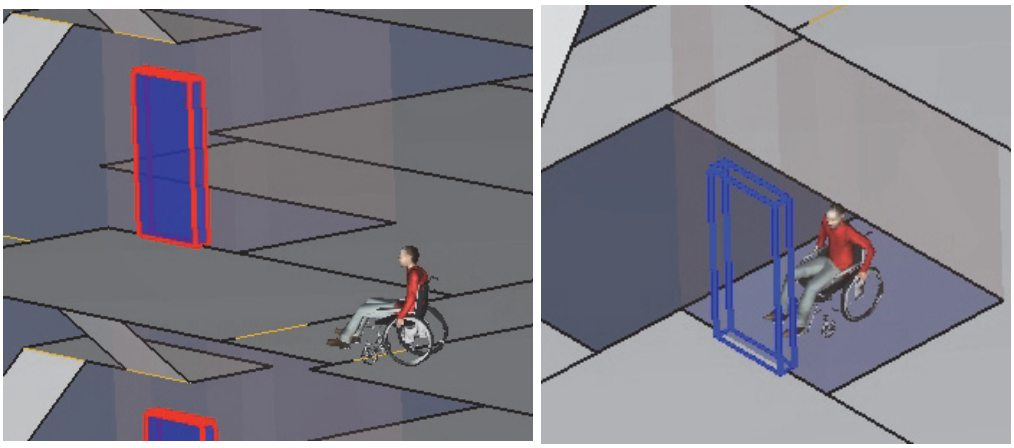
1.模擬軟體在進出客房的門時，因為門與輪椅的寬度相近，且必須經歷使用輪椅開門之障礙，故會花比較多的時間從客房進入到走廊的部分，如圖 12a。

2.進入排煙室的門較大，所以影響較小，但是同樣的情況也會發生在進入電梯門與離開電梯門的時候，如圖 12b，都會造成避難時間的延長。

3.手算的部分，因為只考量到步距和避難速度，並未考慮到輪椅與門寬之間的大小是否會影響到避難時間，所以計算出來的時間會較短。

從上述結果中，Pathfinder 軟體與建築物防火避難安全性能驗證技術手

冊，在針對房間到緊急昇降機所需的步行時間，以及 1F 緊急昇降機到出口，可發現 Pathfinder 軟體所花的時間較長，也較建築物防火避難安全性能驗證技術手冊較為嚴格。而電梯所需的時間，在 Pathfinder 軟體與 ELVAC 評估模式的計算所計算出來的時間來做比較，其 Pathfinder 軟體所花的時間亦為較長，因此 Pathfinder 軟體在時間計算上是較為嚴格的，而 ELVAC 評估模式的計算，對於其它的環境參數並未考慮進去，也無法依現場的避難狀況或建築物的格局而不同，所以 ELVAC 評估模式建議再增加輪椅與門寬之間的寬度差異，造成避難時間延長的相關參數計算模式。



a.出房門　　b.出電梯口

圖 12　進出門口的避難示意圖

（二）兩間客房避難弱者（輪椅）之設定比較-公式手算

表 13 為情境二，設定兩間客房避難弱者（輪椅）ELVAC 評估模式避難時間的比較表，ELVAC 評估模式在多人的計算方式下，會考慮到最危險的狀況下去做計算，因此採用距離最遠的客房來做為避難時間計算的步行距離。

表 13　情境二：兩間客房避難弱者（輪椅）ELVAC 評估模式避難時間比較表

ELVAC 評估模式	第二組	第三組	第四組
	客房 1 與客房 2 避難	客房 1 與客房 5 避難	客房 1 與客房 9 避難
避難步行時間(s)（房間到緊急昇降機）	44.66	67.02	103.08

ELVAC 評估模式	第二組	第三組	第四組
	客房 1 與 客房 2 避難	客房 1 與 客房 5 避難	客房 1 與 客房 9 避難
（步行距離採用離緊急昇降機較遠的位置）			
電梯升降所需時間(s)	69.18	69.18	69.18
避難步行時間(s) （1F 緊急昇降機到出口）	32.4	32.4	32.4
避難總體所需時間(s)	146.24	168.6	204.66

資料來源：本研究整理

從計算結果中會發現 ELVAC 評估模式的計算上，三種情境主要差異的地方在於房間到緊急昇降機的避難步行時間，其主要的原因在於 ELVAC 評估模式計算是針對距離最遠的客房到緊急昇降機的距離來做計算，而且只計算模式是等最遠距離的避難弱者（輪椅）到緊急昇降機時，才開始按電梯，等電梯到達後再一起下樓，此動作模式會與實際狀況較為不符合。

（三）兩間客房避難弱者（輪椅）之設定比較-Pathfinder 電腦模擬

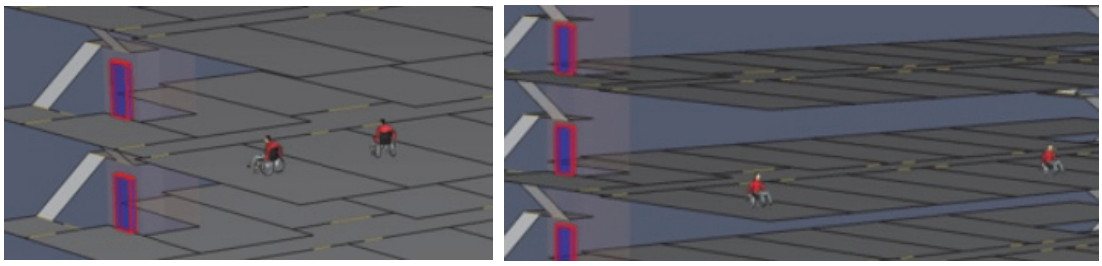
表 14 為情境三，設定兩間客房避難弱者（輪椅）以 Pathfinder 電腦模擬避難時間的比較表，Pathfinder 電腦模擬在多人的計算方式下，會考慮到人與人之間的距離，當距離過近的時候，會影響到步行速度，這部分會比較貼近人員在避難時的現況。

表 14　情境三：兩間客房避難弱者（輪椅）Pathfinder 模擬避難時間比較表

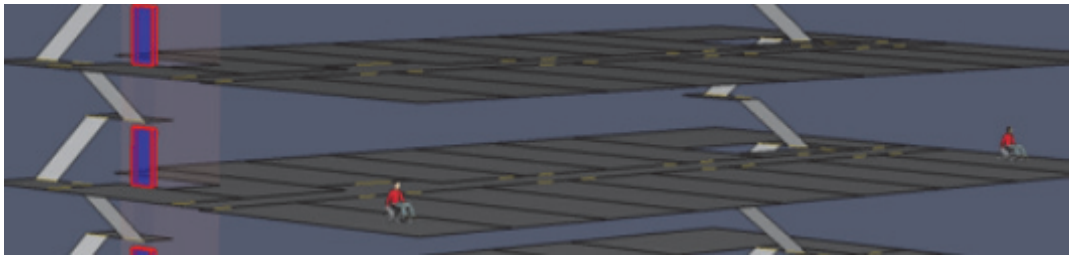
Pathfinder 模擬軟體	第二組	第三組	第四組
	客房 1 與 客房 2 避難	客房 1 與 客房 5 避難	客房 1 與 客房 9 避難
避難所需時間(s)	156	154.5	225.5

資料來源：本研究整理

從計算結果中會發現 Pathfinder 電腦模擬計算上的情境三中，如圖 13 所示。



（a）第二組　　（b）第三組



（c）第四組

圖 13　同層兩間客房避難弱者分佈示意圖

第二組分別將兩位避難弱者（輪椅）設定於客房 1 及相鄰的客房 2；客房 1 於 41 秒時先抵達電梯口後按下電梯鍵，客房 2 則於 54 秒時抵達電梯口，因電梯於 72 秒時到達 15F，因此兩者同時於電梯口等候，電梯到達後先後進入電梯，兩者略有產生壅塞現象。如附圖 14 所示。

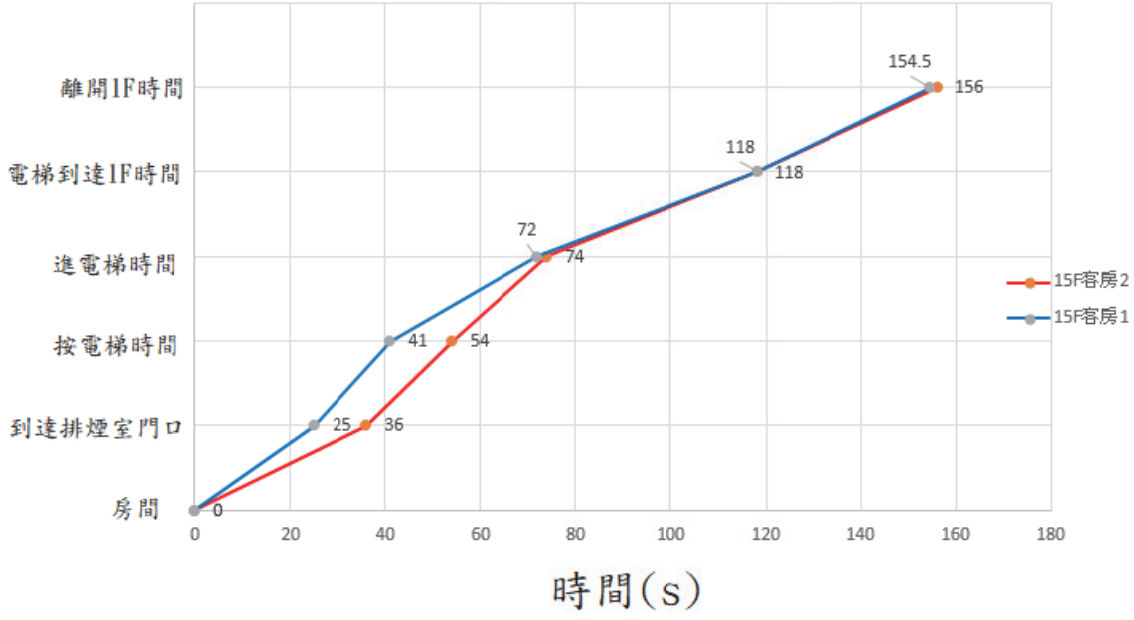


圖 14　第二組電腦模擬結果曲線圖

第三組分別將兩位避難弱者（輪椅）設定於客房 1 及客房 5；客房 1 於 41 秒時先抵達電梯口後按下電梯鍵，客房 5 則於 68 秒時抵達電梯口，因電梯於 72 秒時到達 15F，因此兩者依序先後進入電梯，兩者未產生壅塞現象。如附圖 15 所示。

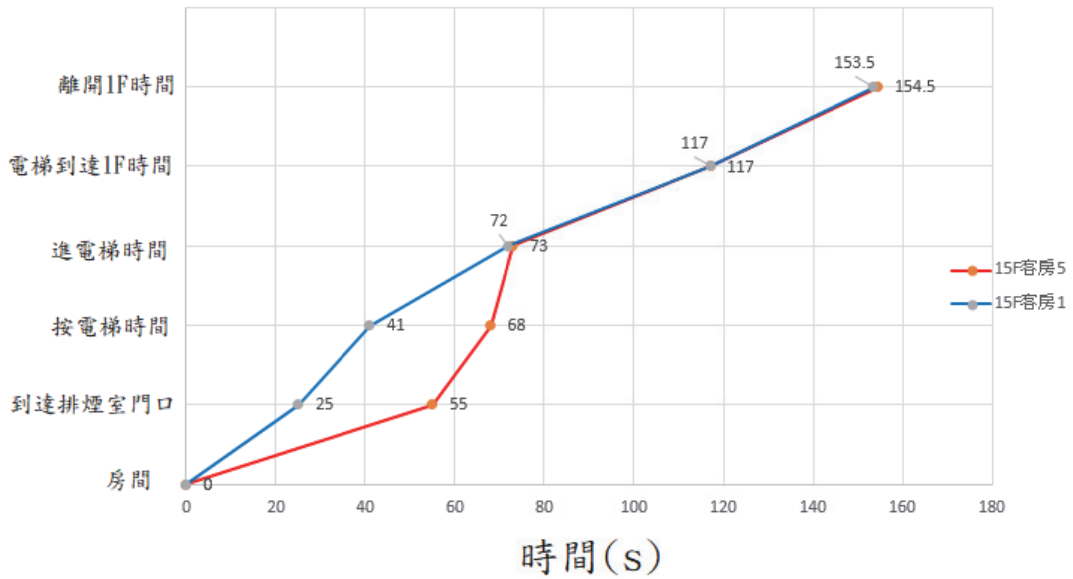


圖 15　第二組電腦模擬結果曲線圖

第四組分別將兩位避難弱者(輪椅)設定於客房 1 及相鄰最遠的客房 9；客房 1 於 41 秒時先抵達電梯口後按下電梯鍵，電梯於 72 秒時到達 15F，抵達後即進入電梯下樓，此時客房 9 則於 116 秒時到達電梯口，客房 9 則於 153 秒時電梯到達，故搭乘第二梯次電梯。如附圖 16 所示。

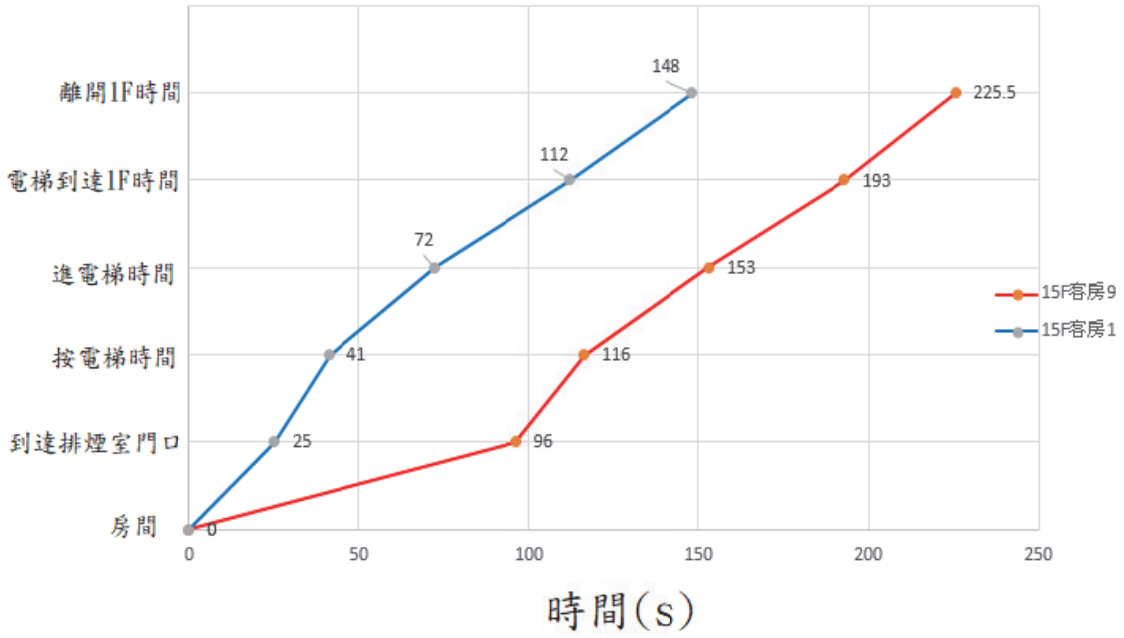


圖 16　第四組電腦模擬結果曲線圖

第二組與第三組主要差異的地方在於兩位避難弱者（輪椅）的壅塞狀況；第二組因兩客房相距較近，兩者均先後抵達電梯口等候電梯，而於電梯口產生壅塞現象。雖然第三組離緊急升降機之整體距離較遠，但客房 1 的避難弱者（輪椅）按下電梯鍵後，電梯上昇至 15 樓開門時，客房五的避難弱者（輪椅）剛抵達電梯門口，因此兩者能依序順利進入電梯，減少了壅塞所需的時間而較第二組快了 1.3 秒；而第四組的避難時間相較第二組和第三組增加許多，主因為客房 9 的距離電梯較遠，在客房 9 的避難弱者尚未到緊急昇降機時，客房 1 的避難弱者已經先搭乘電梯下樓了，因此第四組於情境三的避難時間則因共進行了兩梯次電梯的升降時間，故呈現較長的避難時間。

（四）兩間客房避難弱者（輪椅）之設定比較-公式手算與 Pathfinder 電腦模擬

表 15 為情境四，設定兩間客房避難弱者（輪椅） ELVAC 評估模式手算與 Pathfinder 電腦模擬避難時間的比較表。

表 15　情境四：ELVAC 評估模式與 Pathfinder 電腦模擬避難時間比較表

	第二組	第三組	第四組
	客房 1 與 客房 2 避難	客房 1 與 客房 5 避難	客房 1 與 客房 9 避難
避難所需時間(s) ELVAC 評估模式	146.24	168.6	204.66
避難所需時間(s) Pathfinder 模擬軟體	156	154.5	225.5

資料來源：本研究整理

第二組比較說明，ELVAC 評估模式的時間會比較短的原因主要是因為在計算上並未考慮到輪椅與門寬之間的關係，而這部分在 Pathfinder 電腦模擬的時候，會因為門寬的因素，而造成在進出房門與電梯門時，時間會增加，因此 Pathfinder 電腦模擬結果的避難時間較長。

第三組比較說明，ELVAC 評估模式計算是針對距離最遠的客房到緊急昇降機的距離來做計算，而且只計算模式是等最遠距離的避難弱者（輪椅）到緊急昇降機時，才開始按電梯，等電梯到達後再一起下樓；而 Pathfinder 電腦模擬，在第一個避難弱者到達的同時，已經先按下電梯，所以當電梯在運作的同時，距離較遠的避難弱者同時也在前進，因此這部分的時間重疊，所以 Pathfinder 電腦模擬的避難時間會較 ELVAC 評估模式手算短。

第四組比較說明中，人員動作以及模式與第三組相同，而最大的差異在於，ELVAC 評估模式計算是等最遠距離的避難弱者（輪椅）到緊急昇降機時，才開始按電梯，等電梯到達後再一起下樓，故在此情境計算上，只會計算到一次的電梯運作時間；而 Pathfinder 電腦模擬，在第一個避難弱者到達的同時，已經先按下電梯，所以當電梯在運作的同時，距離較遠的避難弱者同時也在前進，因此這部分的時間重疊，但是在客房 9 的避難弱者尚未到緊急昇降機時，客房 1 的避難弱者已經先搭乘電梯下樓了，因此第四組的避難時間是因為進行了兩次電梯的行進時間，故會呈現較長的避難時間。

（五）使用輪椅輔助的避難弱者於不同樓層收容安排比較

第 5 組分別將兩位避難弱者（輪椅）設定於 14 樓的客房 1 及 15 樓的客房 1；兩不同樓層客房 1 於 41 秒時同時抵達電梯口後按下電梯鍵，緊急

升降機將於 72 秒時先抵達較高樓層之 15 樓載運後直接返回 1 樓避難層，於 151 秒時再到 14 樓載運該樓層的避難弱者，因此共需要二梯搭乘兩梯次電梯。如附圖 17 所示。

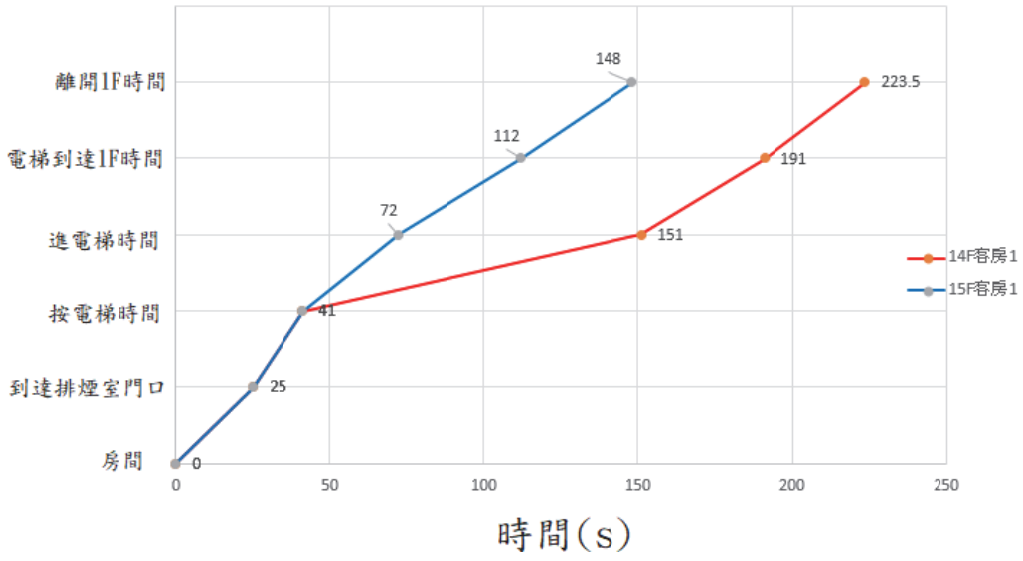


圖 17　第五組電腦模擬結果曲線圖

表 16 為情境五，設定兩間客房避難弱者（輪椅）在同一層（15F）與不同層（14F、15F）Pathfinder 電腦模擬避難時間的比較表。如附圖 18 所示。本情境設定考量每個樓層都可能會呼叫電梯停靠，因此設定緊急昇降機於發生火災時僅停靠於收容使用輪椅的避難弱者樓層；且考量收容人數之故，每次僅停靠一樓層。

表 16　情境五：Pathfinder 電腦模擬避難時間比較表（不同樓層）

	第二組	第三組	第四組	第五組
	客房 1 與客房 2 避難	客房 1 與客房 5 避難	客房 1 與客房 9 避難	14F 客房 1 與 15F 客房 1 避難
避難所需時間(s) Pathfinder 模擬軟體	156	154.5	225.5	223.5

資料來源：本研究整理

第二組與第三組主要是因為搭乘電梯的趟次只有一趟，所以時間上較第四組和第五組來的短；而第四組和第五組搭乘電梯的趟次為兩趟，所以

所需的避難時間都會較長，然而第四組和第五組的時間差 2 秒，最主要的因素在於避難弱者所在的避難樓層，第五組電梯到達的樓層，其中一趟為 14F，因此會較於到 15F 的樓層時間還要來的短，故避難弱者在不同樓層的配置安排並不會比同一樓層的配置安排還要好。

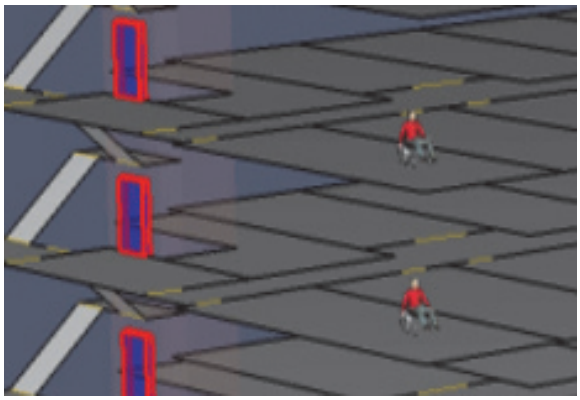


圖 18　不同層兩間客房避難弱者分佈示意圖

（六）加入非避難弱者同時間進行避難情境狀況比較

表 17 為情境六，設定加入非避難弱者同時間與使用輪椅輔助之單一避難弱者進行避難情境其所需時間比較表。

表 17　情境六：加入非避難弱者同時間進行避難時間比較表

	第一組	第六組
	客房 1	客房 1（增加非避難弱者同時間進行避難）
避難所需時間(s) Pathfinder 模擬軟體	148	273.3

資料來源：本研究整理

第六組增加非避難弱者與使用輪椅的避難弱者同時間進行避難，因此在避難路徑上會增加許多的避難人員，Pathfinder 電腦模擬可以呈現人與人之間的距離影響其避難速度，因此第六組的時間增加許多，造成避難弱者在避難時受到很大的影響，所以避難弱者在出房門後，會因非避難弱者而降低避難速度，進而增加避難弱者的避難時間。如附圖 19 所示。相較於增加非避難弱者同時避難的第六組與單一避難弱者使用輪椅輔助的第一組，第六組的避難速度明顯的慢了 125.3 秒。

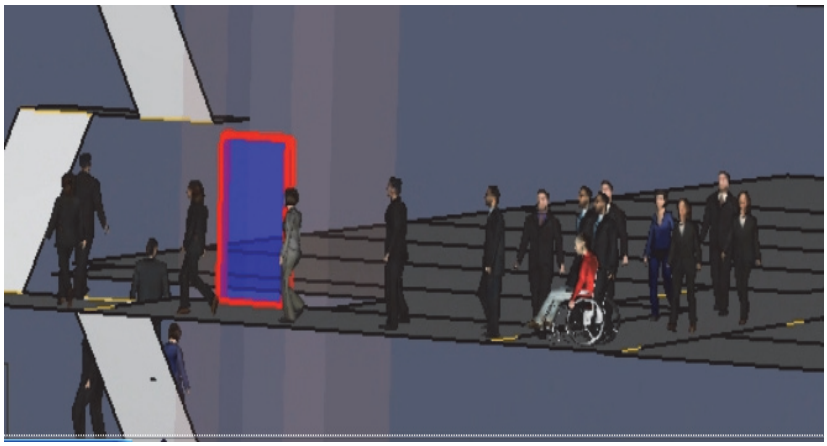


圖 19　增加非避難弱者分佈示意圖

（七）加入協助者進行避難情境狀況比較

表 18 為情境七，設定加入他人協助使用輪椅輔助之單一避難弱者進行避難情境其所需時間比較表。

表 18　情境七：加入協助者進行避難情境狀況比較（客房 1）

	第一組	第七組
	客房 1	客房 1 與他人協助避難
避難所需時間(s) Pathfinder 模擬軟體	148	135

資料來源：本研究整理

Pathfinder 模擬軟體在他人協助避難弱者（輪椅）情境設定比較後發現，經由行動正常的其他人來協助避難弱者（輪椅）於避難逃生時，會增加移動步行的速度，所以會縮短避難時間。相較於有他人協助避難的第七組與避難弱者獨自使用輪椅輔助的第一組，第七組的避難速度快了 13 秒。如附圖 20 所示。



圖 20　增加協助者示意圖

（八）救災時間與避難弱者安全時間分析探討

圖 21 為週遭消防局的分佈位置，共有六個消防局可以作為本案例火災發生時的救援單位，其中最近的距離為 0.9 公里，最遠的為 4.5 公里，在火災發生的同時，能有較多的單位協助。

而表 19 為臺北市政府消防局 103~107 年【火災】派遣、出勤、到達時間統計，其中五年的受理報案至到達現場的時間平均值約為 4 分 38 秒，這時間救災人員僅到達現場，尚未進入防災中心以及大樓進行救災。而依據消防署 10 月 1 日函頒修正「消防機關火場指揮及搶救作業要點」第 7 點第 2 款第 3 目規定：「出動時間(1)於出動警鈴響起至消防人車離隊，白天八0秒內，夜間一二0秒內為原則。但消防機關因出勤動線及出勤整備，認有延長或縮短之必要者，得自訂出動時間。(2)出動時間目標達成率須在百分之九十以上。」本論文中所提到之避難弱者所需的避難時間，在電梯的輔助之下，其逃生時間皆在 4 分 38 秒以內，所以避難弱者（輪椅）利用電梯避難的動作，並不會與救災使用電梯的動作造成衝突，因此，避難弱者（輪椅）利用電梯避難的可行性也較高。

在張丁元「高層國際商務旅館煙控性能設計之研究」的模擬結果中提到，有關客房 1 和客房 5 在避難上，其房間、走廊，以及排煙室的安全時間，再對照本論文避難弱者（輪椅）的時間，可發現因為避難弱者（輪椅）在逃生上只能往左側的左排煙室進行避難，在時間上均能在表 20 的安全時間內，所以避難弱者（輪椅）不管是利用電梯逃生，或者在排煙室內部做等待，均可保持避難弱者（輪椅）的安全。



圖 21　週遭消防局分佈位置示意圖

（資料來源：如註 36）

表 19　臺北市政府消防局 103~107 年【火災】派遣、出勤、到達時間統計[34]

臺北市政府消防局 103~107 年【火災】派遣、出勤、到達時間統計（秒）				
時間（年度平均值）	受理至派遣時間（秒）	接獲派遣至分隊出勤（秒）	出勤至到達現場（秒）	受理報案至到達現場(秒)
103 年	19.76	48.73	190	258
104 年	25.07	44.3	200	269
105 年	27.7	51.9	197	276
106 年	31.11	55.7	199	299
107 年	26.6	36.08	229	289
5 年平均值	-	-	-	278

資料來源：臺北市政府消防局統計資料，本研究整理

[34] 臺北市政府消防局，官方網站 https://www.119.gov.taipei

表 20　排煙模式下，距樓地板 1.8m 高度，達危害程度時間表[35]

高層國際商務旅館客房火災安全值（秒）					
危害程度	客房	房間	走廊	左排煙室	右排煙室
溫度 60°c	客房 1	93	>300	>300	>300
	客房 5	93	>300	>300	>300
能見度 10m	客房 1	76	186	>300	198
	客房 5	76	276	>300	216
煙層高度 1.8m	客房 1	53	162	>300	181
	客房 5	53	>300	>300	164

資料來源：張丁元，「高層國際商務旅館煙控性能設計之研究」，國立交通大學，碩士論文，2017 年，本研究整理

陸、結論與建議

一、結論

本研究係針對使用輪椅輔具之避難弱者於高層建築物使用電梯避難逃生安全規劃作研究。使用人員緊急疏散模擬工程軟體 Pathfinder 進行情境模擬推演結果，與 ELVAC 昇降機避難運輸評估模式推算數據做對照比較，結論如下：

（一）於文獻探討時發現，使用輪椅輔助的避難弱者收容人數控制應考量昇降機容納空間，若收容人數過多則增加往返趟次，進而增加整體逃生時間。

（二）從客房 1 與客房 2 避難組發現，使用輪椅輔助的避難弱者於經過通道門口時，真實模擬情境下會有通道門壅塞延遲現象。

（三）從客房 1 與客房 5 避難組發現，使用輪椅輔助的避難弱者收容位置，建議鄰近電梯且相互保持一定距離，若相鄰過近，則因電梯口壅塞而增加逃生時間。

（四）從客房 1 與客房 9 避難組發現，收容相鄰過遠，則造成守候時間拉長，甚至不耐等候而增加往返趟次。

（五）Pathfinder 模擬軟體在不同樓層避難弱者（輪椅）情境設定比較發現載運趟次為影響避難時間長短主因：

1.不同樓層避難弱者（輪椅）於避難逃生時，除了樓層越高則電梯運行時間

[35] 張丁元，「高層國際商務旅館煙控性能設計之研究」，國立交通大學，碩士論文，2017 年

越長之外，電梯也會採用兩趟方式分別進行避難，所以會延長避難時間。

2.同樓層客房 1 與客房 9 模擬結果和不同樓層客房 1 模擬結果的時間相近，所以電梯的使用趟數才是影響避難時間的主因。

3.本研究主要是分析目前旅館必須要有避難弱者的客房數比例，現況大多是一層樓一間，如果配合電梯避難，則可以考慮在同一樓層有多間避難弱者的客房數，亦可方便管理。

（六）非避難弱者與避難弱者（輪椅）同時間進行避難， Pathfinder 電腦模擬呈現人與人之間的距離影響其避難速度，避難弱者（輪椅）在出房門後，會因非避難弱者而降低避難速度，進而增加避難弱者（輪椅）的避難時間。

（七）Pathfinder 模擬軟體在他人協助避難弱者（輪椅）情境設定比較後發現經由他人協助避難弱者（輪椅）於避難逃生時，會增加步行速度，所以會縮短避難時間。

（八）Pathfinder 模擬軟體與 ELVAC 評估模式於情境設定比較後發現：

1.Pathfinder 電腦模擬結果較切合實際：雖然兩個模擬結果都能推算避難弱者的避難行為結果，但 ELVAC 評估模式無法實際體現避難弱者使用輪椅通過於通道門口的壅塞延遲而增加避難逃生時間的現象。

2.Pathfinder 電腦模擬結果較為精確：ELVAC 評估模式依據收容最遠位置的不同，因步距與等候而增加時間，並僅能就單趟次搭乘電梯評估計算，而 Pathfinder 模擬能考量時現實狀況，推算不同趟次所增加的時間。

3.Pathfinder 電腦模擬結果較為嚴謹：電腦模擬與評估模式均考量壅塞現象，但評估模式僅考量於電梯口壅塞現象，電腦模擬之情境模擬結果較符合實際情境狀況。

二、建議

（一）有關避難弱者的客房分配，旅館的現況大多是一層樓一間，如果配合電梯避難，則可以考慮在同一樓層有相近的避難弱者客房配置，除了方便管理外，亦可有利於避難。

（二）建議旅館當有避難弱者時，如避難弱者無他人陪同的話，應就近告知附近房客協助，或專人注意協助，較利於有狀況發生時的疏散避難。

（三）電梯運行時間因樓層高度越高而增加，因此目前避難弱者的安排多以低樓層為主。本研究係使用輪椅的避難弱者於高層建築物利用電梯避難，針對高層建築物之避難弱者收容建議：

1.相對安全區安全：提供避難的排煙室等相對安全區之防護必須強化並加強

管理。

2.避難弱者分流管制：將非避難弱者及使用輪椅之避難弱者分流，讓避難弱者（輪椅）使用電梯避難，其餘避難人員則使用安全梯通道或其他避難器具避難逃生。

3.緊急升降機管理：若有設立防災中心，可設專人操作該電梯停留於特定樓層，藉以發揮緊急升降機避難功能。

（四）建議後續研究可以針對整棟避難去加以模擬，探討輪椅避難是否會造成其他人群的避難時間的延長，以及影響的狀況。

（五）建議後續研究可針對緊急昇降機是否在避難路徑上或非避難路徑上，其避難弱者在避難時的狀況，是否會是更有利的狀況。

參考文獻

Wan He,Luke J. Larsen, “Older Americans With a Disability： 2008−2012” , American Community Survey Reports ,December 2014

曾瓊萱，「高層建築物火災避難策略之研究──以台北 101 金融大樓為例」，碩士論文，中央警察大學消防科學研究所，2008 年 6 月。

陳建忠、邱文豐、江崇誠、王鵬智、姚怡然，「運用一般電梯及緊急升降機進行避難管理之可行性評估研究」，內政部建築研所研究報告，2005 年 12 月。

張尚文、鍾基強、紀人豪、陳又嘉、陳政洞，「避難弱者之避難緩衝區加壓防煙設計之研究」，內政部建築研所委託研究報告，2015 年 12 月。

潘國雄，「醫院特殊空間之防火效能評估」，100 年度中華民國災難醫學會年會暨醫院消防安全學術研討會，1~9 頁，台北，2011 年 10 月 15 日

雷明遠，「行動弱勢者照護機構火災風險自主檢核指南之研究」，內政部建築研所自行研究報告，2014 年。

張尚文、莊英吉、邱晨瑋、陳政洞，「避難弱者避難路徑無障礙空間之研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2013 年。

鄧子正、曾偉文、沈子勝、蔡真益、楊肅強，「建築物火災避難弱者避難影響因子及人因數據調查之研究」，內政部建築研究所委託研究報告，2010 年。

蔡秀芬，「老人安養機構避難逃生安全設計之研究」，淡江大學建築研究所碩士論文，2001 年。

林慶元、許銘顯、鄭紹材，「老人安養機構的防火安全避難設施之調查研究」，中華民國建築學會第十三屆建築研究成果發表論文集，頁 833-836，2011 年。

許銘顯，「醫療院所及老人安養機構防火安全水平避難對策之研究」，國立台灣科技大學營建工程系博士論文，2004 年。

劉欣泰，「具收放機構之輪椅輔助電動模組的設計與實作」，南台科技大學碩士論文，1995 年。

吳錦材，升降機概論，崇友實業，中華民國 86 年 3 月。

高永信，「高層建築物運用昇降機避難效益評估之研究」，中華大學，碩士論文，民國 94 年。

施志鴻，「電梯用於避難可行性之問題」，現代消防 75 期，頁 120-126，1996。

王鵬智，「昇降機配置對建築物的防火區劃及避難安全之影響」，電機月刊第十一卷第七期，頁 246-256，2001。

溫渭洲，「電梯避難之研究」，中央警察大學災害防救學報第五期，頁 325-346，2004。

John H. Klote，Elevators as A Means of Fire Escape，NBSIR 82-2507，1983。

John H.Klote and Daniel M. Alvord，Feasibility and Design Considerations of Emergency Evacuation by Elevators，NISTIR 4870，1992。

David W，Literature Review on Enclosure of Elevator Lobbies，NISTIR 6973，2003。

E. KULIGOWSKI，Elevators For Occupant Evacuation And Fire Department Access，National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA，2003。

陳建忠、楊冠雄，「大空間建築性能式火災煙控系統設計規範之建立與應用分析手冊」，內政部建築研究所協同研究報告，內政部建築研究所，2008 年 12 月。

http：//pyz6.wnn8.com/SCZ/SCZ2682.htm，軟體補給站，2016 年 10 月。

張邦立、湯潔新、張尚文、郭彥谷、曾淑芬，「大規模地下空間避難弱者之情境模擬及避難疏散策略」內政部建築研究所，2012 年。

Pathfinder 使用者操作手冊，官方網站 www.thunderheadeng.com，2017 年 5 月。

John H. Klote、Daniel M. Alvord，Routine for Analys is of the People Movement Time for Elevator Evacuation，NISTIR 4730，1991。

「建築物防火避難安全性能驗證技術手冊」，內政部建築研究所出版，2011.08。

榮開發南港區南港段四小段 566 等 6 筆地號商場辦公旅館住宅新建工程防火避難綜合檢討報告書——南榮開發建築股份有限公司、群蛙聯合建築師事務所，105 年 4 月。

臺北市政府消防局，官方網站 https：//www.119.gov.taipei

張丁元，「高層國際商務旅館煙控性能設計之研究」，國立交通大學，碩士論文，2017 年。