

科技部補助產學合作研究計畫成果完整報告

(計畫名稱) 智慧型消防避難導引系統技術開發與動態逃生指引之研究

計畫類別： 先導型 開發型 技術及知識應用型

計畫編號：MOST 104-2622-E-157-001-CC3

執行期間：104年6月1日至105年5月31日

執行單位：中華學校財團法人中華科技大學

計畫主持人：吳玉祥 教授 (機械工程系)

共同主持人：無

計畫參與人員：碩士班研究生—兼任助理人員：陳漢堂、楊仕宇

處理方式：

1. 公開方式：

不予公開

公開(如有企業配合款，須與合作企業商議同意)：

立即公開

1年後公開

2年後公開

2. 本研究是否有嚴重損及公共利益之發現： 否 是

3. 本報告是否建議提供政府單位參考 否 是，

(請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送。)

中 華 民 國 105 年 8 月 1 日

摘 要

本研究是以中華科大機械工程系樓層，使用智慧型消防避難導引系統，利用火警探測器偵測煙霧與溫度的資料，傳送給受信總機做處理，此時受信總機會發出警報，並對智慧型避難導引系統主機發送訊號，主機再對建築物整體結構進行避難路徑的最佳化演算，由收發模組傳送控制訊號至避難方向指示燈，可顯示正確的避難路徑方向，並進行師生疏散模擬，取得全體疏散所需要的時間，運用瑞德感知科技架設在系館內的智慧型消防避難導引系統，進行實際避難，並使用 FDS (Fire Dynamics Simulator) 作為研究火災中煙氣傳播之路徑，計算火災中的煙氣和熱傳遞過程。比較傳統型與智慧型兩種不同避難器具所花費的時間，證明智慧型消防避難導引系統，確實是火災發生時保護生命財產的重要設施，並可發展雲端管理服務系統與建築物的結合。本研究結合瑞德感知科技的技術，進行新一代避難疏散系統模擬測試，研究在學校建築物火場中的疏散可靠度分析，針對不同火源位置，進行火災實驗與數值模擬，探討火場在隨機條件下的疏散情況，人員是否能夠在時間內安全的避難成功，且達到增加避難人員生存率的目的。

關鍵字：智慧型消防避難導引系統、FDS、消防避難、避難方向指示燈

Abstract

An intelligent fire evacuation guidance system was applied to the building floors of the Department of Mechanical Engineering of China University of Science and Technology. Fire sensors were used to collect smoke and temperature data, which were then transmitted to a central control system to calculate an optimized evacuation route on the basis of the overall building structure. The system modules then transmitted control signals to light the corresponding evacuation signs, thus displaying the correct evaluation route. Student and teacher evacuation simulations were performed to examine the time required to evacuate all relevant personnel. Subsequently, the intelligent fire evacuation guidance system (Hex Inc., Taiwan) were installed in the department building to conduct evacuation drills, and a fire dynamics simulator was adopted to simulate the smoke propagation pathways during a fire incident. In addition, the process of heat transfer was estimated. The evacuation time of the intelligent system was compared with that of a conventional system to verify the application of the intelligent system as an essential facility for protecting lives and properties during fire incidents. Moreover, the system can be further developed to integrate a cloud management platform or configured in accordance with the building structure. This study combined the sensor technology of Hex Inc. to conduct simulation and testing by using the next-generation evacuation system. The reliability of the system during school fire incidents was analyzed. According to different fire locations in the department building, fire experiments and numerical simulations were conducted to investigate whether relevant personnel can evacuate successfully within a limited timeframe under random fire conditions. Additionally, the system was evaluated for increasing the survival rate of the personnel to be evacuated.

Keywords: intelligent fire evacuation guidance system, fire dynamics simulator, fire evacuation, evacuation indicator light

目 錄

摘 要.....	2
Abstract.....	3
一、前 言	5
二、研究目的.....	6
三、文獻回顧.....	6
四、研究方法與步驟.....	17
五、結果與討論	26
六、結論與建議.....	45
參考文獻	46

一、前言

台灣每年發生火災平均約1500次左右，死亡人數超越110人以上[1]，而現今建築物內所裝置的出口標示燈以及避難方向指示燈，其功能僅指向某一出口方向，建築物通常會有1~3個出口提供人員避難，但其缺點是無法判斷某出口方向的路途遇上濃煙或火源發生地點，避難人員因折返路線導致時間增加，亦或者發生傷亡進而影響生存率，而本研究所採用的方法，是利用火警探測器讀取到的煙霧及溫度，傳送給 R 型受信總機的處理單元，對建築物主體結構進行最佳逃生路徑規劃演算，動態產生逃生指示資訊及控制訊號，由收發模組傳送控制訊號至逃生方向指示裝置，在建築物之通道中指示逃生路徑，並由網際網路將逃生指示資訊，傳送至可顯示圖形化介面之電子裝置。

面對高度發展的社會，民眾居住與生活型態已逐漸改變，為了能在有限的土地上容納更多人口，建築已朝著複雜化、高層化、地下化發展，使用機能更趨複合化。集合式住宅、巨蛋、捷運車站、地下街高層建築物提供民眾居住、工作、娛樂等功能，在有限土地上做了更有效率的運用，滿足了更多民眾需求。但不容諱言，一旦發生火災，所造成的生命財產損失將更為難以估計，因此如何在發生火災時，找到當下最適合人員來避難的路線，不會因衝到最近的出口，卻遭遇到火源而產生人員傷亡，而本研究就是要驗證使用新型的智慧型消防避難導引系統，能在第一時間判斷出起火點，再透過智慧型避難指示燈告訴避難人員最佳的避難方向，不會有誤闖火源及高溫濃煙等危險，又可大幅減少人員的傷亡，並增加避難人員存活率。

智慧型避難引導系統功能及設置特點，本研究將以維持公共場所環境監控最高警戒標準，安裝足以保障安全的消防安全設備，不同於傳統消防產品僅按照法令規定標準設置最低數量（無法保證是確保安全的足夠數量）之佈置感測器、導引指示燈板、消防受信總機。佈建人員將建築平面圖、建材等資訊預先輸入「智慧疏散主機」，「智慧疏散主機」啟動後便持續接收「多功能感測器」感測資料，並根據「多功能感測器」傳送之溫度、煙粒子等重要參數的分佈狀況，分析火場內各區域危險程度，來預測火焰未來的蔓延情形，並計算出最佳逃生路徑，將有利於人員逃生及消防員滅火。

本研究在中華科技大學機械工程系教室進行智慧型疏散系統驗證，預期在不告知學生的情況下，由學生根據本能自然反應，自動自發依循多功能複合式避難疏散燈板之指示，迅速完成疏散流程逃出系館。利用以下幾個基本重點：

- (1) 大學乃是學生進入社會以前，最後還有可能建立起積極災難預警防治觀念之階段。
- (2) 大學可以根據課表統計出最多人有選課的時段，方便挑選時段進行近似全體參與之實驗。
- (3) 大學系館夠大夠複雜，且通常走廊為密閉空間，實驗模擬逃生時的感覺與真正發生災難無異，不像小學國中走廊常為開放式空間，僅由走廊及教室結合起來之結構也較為單純，與大型公共場所遭遇災難之情況相差甚遠。

二、研究目的

現今傳統型避難方向指示燈設置於室內避難路徑、開闊場所及走廊，指引避難出口方向[2]，但避難方向指示燈無法告知所指引的避難出口方向是否安全，避難人員會受指引的路線影響逃生速率，若當避難方向指示燈指引位於火源位置，則人員會因無法離開現場另外尋找新的出口方向，此時，避難人員需要再額外多花時間折返，並選擇剩下的出口遠離起火點位置。本研究採用智慧型避難方向指示燈、智慧型出口標示燈，在火場當下，天花板上的探測器會通報給受信總機，再傳送給避難引導系統主機，最後再由避難引導系統主機，下達指令給與智慧型避難方向指示燈與智慧型出口標示燈，智慧型避難器具會顯示離開起火點的最佳路線。本研究的目的是，係探討傳統型避難器具與智慧型避難器具，真人避難實測時所耗費的時間差異性，比較傳統型與智慧型兩種不同避難器所花費的時間，來證明智慧型消防避難導引系統，確實是火災發生時保護生命財產的重要設施。

三、文獻探討

3-1 燃燒要素與滅火方式

燃燒產生熱與光的現象，其基本原理由氧化反應形成，物質要燃燒以及持續燃燒狀態下，取決於四個要素：氧氣、燃料、熱能、連鎖反應，四者須同時具備缺一不可，此要素亦稱燃燒四面體；若燃燒四面體欠缺一項要素，燃燒無法產生以及持續進行。而滅火方式如表3-1所示，可歸納出四種。

表3-1 燃燒四要素及其滅火方式[3]

燃燒要素	方法名稱	滅火原理	滅火方式
氧 氣	窒息法	除去助燃物	排除、隔絕、稀釋空中的氧。(一般空氣含氧在15%以下，燃燒難以持續)，如使用CO ₂ 、泡沫滅火器設備。
燃 料	移除法	搬離或除去燃料	將燃料搬離火中或自燃燒的火焰中除去。
熱 能	冷卻法	減少熱能	將燃燒溫度降至燃點以下，如使用消防栓，自動撒水設備。
連鎖反應	抑制法	抑制連鎖反應	加入能與游離基結合的物質，破壞或阻礙連鎖反應，如乾粉滅火藥劑。

3-2 火災各階段特徵

火災是燃燒的一種，燃燒的過程隨著時間的進展，依照不同階段情況下，溫度、濃煙以及氧氣的值會有所不同，耐火建築物火災過程本身依據室內溫度如圖 3-1，可分成五個階段：初期、

成長期、閃燃期、最盛期、衰退期，以下說明各階段的特徵:

1. 初期(第一階段) [3]:

- (1) 因耐火建築物氣密良好，若門窗等開口緊密，故室內雖有發焰著火，氧氣將銳減。
- (2) 火焰短時間熄滅，產生大量的煙。
- (3) 玻璃、開口部因高溫破裂，形成空氣流通，因裂孔不大，火勢不熾烈。
- (4) 室內充滿可燃性氣體，消防隊若貿然打開開口部，因多量的空氣湧入，火舌迅速從開口噴出，造成危險，此現象稱為複燃(Back draft)。

2. 成長期(第二階段):

從火源所產生的熱能，會經由傳導、輻射、對流的熱傳形式，使它處的可燃物燃燒，即謂延燒。火勢延燒氣流速度最初會與可燃物量、空氣量相關，與建築物幾何並無太大關聯。隨著火勢的增長，最終火勢會與建築物的幾何條件產生明顯的交互影響。當火勢形成的氣流柱上昇至天花板時，會在天花板處形成天花板噴流現象，此時所伴隨的煙層會快速的在天花板下方形成，其高度隨著可燃物持續的燃燒而下降，所以煙層上的溫度始終保持溫昇狀態並持續加熱天花板[4]。

3. 閃燃期 (第三階段):

由於燃燒不完全的可燃物粒子，散佈在空氣中達到一定量，再加上燃燒產生累積的熱與壓力，瞬間引燃空氣中的可燃物粒子，猶如爆炸景象，形成火海，此即閃燃現象[5]。

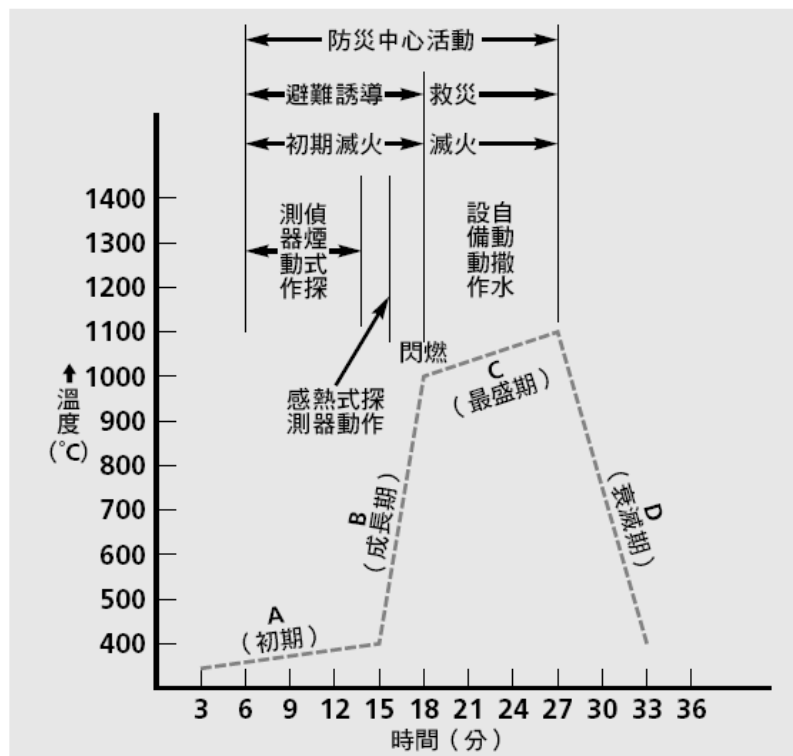


圖3-1 火災各階段特徵[3]

4. 最盛期(第四階段):

建築物全體已被火焰包圍，黑煙較少，火苗達於屋頂，溫度至高，延燒危險至大。耐火建築物此時業經內部樓梯延燒至上層，各樓層之空間，均充滿濃煙與高熱[6]。

5. 衰退期(第五階段):

火勢猛烈燃燒至一定的階段後，因消防設備發展作用，或是燃料與空氣的不足，室內火勢將由強轉變成弱，溫度逐漸降低，直到完全熄滅為止，但仍須要注意有可能會發生復燃(Back draft) 的現象。

3-3 煙的定義

煙的形成方式由燃燒後所產生而成，主要產物包括固體微粒、未完全燃燒的燃料、水蒸氣、一氧化碳、二氧化碳及其他毒性與腐蝕性氣體[7]，其顆粒約為 0.01~10 μ m 的氣狀物，會造成呼吸道受損。火災現場當下伴隨著火的溫度及濃煙，而煙的比重比周圍的冷空氣低，才產生一明顯上升的流動方向，煙才會隨著天花板擴散及蔓延，而煙流動的速度 0.5~1.0 m/sec 之間，人的逃生速度約 0.5~1.5 m/sec，速度近乎在同等條件下，人員進行避難之時因煙造成視線阻礙，並使火場能見度降低，進而影響逃生速度。

3-3-1 煙的毒性

鋼筋叢林的都市一旦發生了火災，極易導致人命傷亡情形，火災中的煙才是主要危害著人員生命安全，而並非刻板印象因火勢而造成的。依據日本消防白書的報告，當地人因吸入煙的毒性氣體造成人命死亡的約有 40%，而被煙造成視線不佳進而行動困難，導致昏迷的比率數目達到 70% 之多[8]。燃燒後主要探討形成的氣體有：一氧化碳、二氧化碳、二氧化氮、氰化氫、氨氣、氯化氫、甲醛等氣體，然而這些氣體在當下空間會持續增加濃度，當達到某種程度時，人體吸入後的反應與症狀如下：

1. 一氧化碳：中毒最為普遍，因為一氧化碳與血紅素的結合力為氧氣的 200 倍以上，吸入過多會造成血液中含氧濃度降低，造成窒息或噁心現象，請參閱表 2-2。
2. 二氧化碳：本身二氧化碳本身無色、無毒、無臭、不具自燃性，但可以使吸氣中氧的分壓降低，濃度達到一定程度會造成呼吸困難與窒息狀態，請參閱表 2-3。
3. 二氧化氮：會刺激鼻、眼睛及呼吸道的黏膜，吸入初期會導致咽部不適、乾咳等，長時間吸入可能會減弱肺部功能，嚴重能引起即刻死亡以及滯後性傷害。
4. 氰化氫：是一種帶有苦味、會讓人暈眩、窒息性的毒物。
5. 氨氣：是一種無色帶有難以忍受的氣體，對鼻、眼有強烈刺激作用。
6. 氯化氫：是一種無色、會令人窒息的刺激性臭味，會對任何接觸到的組織都會造成疼痛及腐蝕；較高劑量的暴露會造成呼吸急促、支氣管收縮、皮膚藍斑、肺部累積液體甚至死亡[9]。
7. 甲醛：一種無色、強烈刺激性氣味的氣體，人體產生流淚及眼睛異常敏感的症狀。

表 3-2 人體吸入一氧化碳濃度的症狀[10]

一氧化碳濃度	症狀	時間
12,800 ppm	無意識、死亡	1 分鐘
6,900 ppm	暈眩	1~2 分鐘
3,200 ppm	暈眩	30 分鐘
3,200 ppm	可能會死亡	10~15 分鐘
800 ppm	輕微頭痛	45 分鐘
200 ppm	輕微頭痛	120~180 分鐘

表 3-3 人體吸入二氧化碳濃度的徵狀[11]

濃 度	症 狀
20% 以上	短時間內即可死亡
5~7%	30 分鐘~60 分鐘即有危險
3~4%	1 小時內安全
1~2%	數個小時內安全

3-3-2 煙的濃度

火災時煙粒子之分佈，受氣流之局部加熱、亂流擴散、凝集、沈降等影響時常改變濃度，同時隨著煙之移動，遭遇之障礙物等影響現場之煙測定不易進行，僅以層狀在走廊、樓梯、避難路線流動時無法掌握建築物內部之煙分佈狀態，因此煙中之避難行動容易受阻[12]。火場室內昏暗，主因是當光線穿透過煙層中，由於吸收、散射、阻擋等因素影響，致使光之強度減弱，於火場能見度降低[11]，而煙的濃度大小決定能見度的距離，如表2-4所示：

表 3-4 能見度距離與煙的濃度之關係[13]

能見度距離	狀 況 說 明
20 ~ 30 m	煙霧初期產生的濃度，此時煙霧偵測器開始有反應，對不熟悉建築物動線的人員於此階段會有避難障礙。
5 m	此階段對於熟悉建築物動線的人員亦會造成逃生障礙。
3 m	此階段能見度已極低，人員必須摸黑前進。
1~2 m	此階段已幾乎看不見前方。
< 1 m	此階段為火災旺盛期的煙濃度，此時已無法看見前方。方，連避難誘導燈也幾乎看不見
—	煙霧自起火室噴出時的濃度。

3-4 出口標示燈及避難方向指示燈規範

依照「各類場所消防安全設備設置標準」規定設置之避難方向指示燈、出口標示燈避難引導燈具，請參閱圖 3-2 與圖 3-3，應符合以下基準之規定。[2，14]

1. 用語定義

- (1) 引導燈具：避難引導的照明器具，分成出口標示燈、避難方向指示燈，平日以常用電源點燈，停電時自動切換成緊急電源點燈。依構造形式及動作功能區分如下：
 - (a) 內置型：內藏蓄電池作為緊急電源之引導燈具。
 - (b) 外置型：藉由燈具外的蓄電池設備作為緊急電源供電之引導燈具。
 - (c) 具閃滅功能者：藉由動作信號使燈閃滅或連續閃光之引導燈具。
 - (d) 具音聲引導功能者：設有音聲引導裝置之引導燈具。
 - (e) 具閃滅及音聲引導功能者：設有音聲引導裝置及閃滅裝置之引導燈具。
 - (f) 複合顯示型：引導燈具其標示板及其他標示板於同一器具同一面上區分並置者。
- (2) 出口標示燈：顯示避難出口之引導燈具。
- (3) 避難方向指示燈：設置於室內避難路徑、開闊場所及走廊，指引避難出口方向之引導燈具。
- (4) 閃滅裝置：接受動作信號，提高引導效果，使燈具閃爍之置。
- (5) 音聲引導裝置：接受動作信號，產生語音告知避難出口位置之引導裝置。
- (6) 信號裝置：將發自於火警自動報警設備之信號予以中繼並傳達至引導燈具之裝置。
- (7) 常用電源：平時供電至引導燈具之電源。
- (8) 緊急電源：常用電源斷電時，供電至引導燈具之電源。
- (9) 蓄電池設備：係指經內政部認可之消防用蓄電池設備，且應為引導燈具專用。
- (10) 控制裝置：由引導燈具之切換裝置、充電裝置及檢查措施所構成的裝置。使用螢光燈為燈具時，其變壓器、安定器等亦包含於此裝置內。
- (11) 標示板：標明避難出口或避難方向之透光性燈罩或表示面。
- (12) 檢查開關：檢查常用電源及緊急電源之切換動作，能暫時切斷常用電源之自動復歸型開關。

2. 構造定義

- (1) 材料及零件之品質，在正常使用狀態下應能充分耐久使用，且標示板、光源、啟動器、內置型蓄電池等應為容易更換之構造，便於保養、檢查及維修。
- (2) 外殼應使用金屬或耐燃材料構成，且應固定牢固。且不會有妨礙避難的構造。
- (3) 各部分應在正常狀態溫度下耐久使用，如使用合成樹脂時，須不因紫外線照射而顯著劣化。
- (4) 裝設位置應堅牢固定。
- (5) 於易遭受雨水或潮濕地方，應有防水構造。電器於正常使用條件下應耐潮濕。

- (6) 緊急電源用之電池應採用可充電式密閉型蓄電池，容易保養更換、維修，並應符合下列規定：
- (a) 應為自動充電裝置及自動過充電防止裝置且能確實充電，但裝有不致產生過充電之電池或雖有過充電亦不致對其功能構發生異常之電池，得免設置防自動過充電裝置。
 - (b) 應裝置過放電防止裝置。但裝有不致產生過放電之蓄電池或雖呈過放電狀態，亦不致對其功能構造產生異常者，不適用之。
- (7) 應有防止觸電措施。
- (8) 內部配線應做好防護措施，與電源接裝之出線，其截面積不得小於 0.75mm^2 ，且電源線附插頭者，則插頭規格應符合CNS690之規定。
- (9) 內置型引導燈具之蓄電池及控制裝置與燈具本體未共用同一外殼者，應符合下列規定：
- (a) 蓄電池組應存放在耐燃材料之容器中。
 - (b) 應有可以容易更換蓄電池之構造。
 - (c) 各裝置間有使用連接器具者，其連接器具應以不燃材料製成，且具有充分之機械強度，另各裝置(光源、蓄電池及控制裝置)若有可將其安裝固定在建築物之構造者(如嵌頂式)，也可使用繞性管或可繞波紋電線管。
- (10) 標示板及透光性燈罩所用材料，應符合壹、十熾熱線試驗之規定，且應不容易破壞、變形或變色。
- (11) 標示面在亮燈時不得有影響辨識之顯著眩光。
- (12) 標示面之顏色、文字、符號圖型應符合下列規定，可加註英文字樣「EXIT」，其字樣不得大於中文字樣。
- (a) 出口標示燈：以綠色為底，用白色表示「緊急出口」字樣(包括文字與圖形)。
 - (b) 避難方向指示燈：用白色為底，綠色圖型(包括圖形並列之文字)。
 - (c) 在常用點燈狀態下之顏色使用應符合中華民國國家標準(以下簡稱CNS)9328〔安全用顏色通則〕及CNS 9331〔安全用色光通則〕色度座標範圍內。
- (13) 引導燈具內具閃滅裝置(包括調光裝置)或音聲引導裝置者，該等裝置之電源得與主燈具電源共用。
- (14) 火災發生時接受由火警警報設備或緊急通報裝置所發出之訊號，能啟動預先設定之避難方向指示燈者，其功能應準確且正常。
- (15) 內置型引導燈具緊急電源時間應維持90分鐘以上。
- (16) 內置型引導燈具除嵌入型者外，應裝電源指示燈及檢查開關。紅色顯示使用狀態，並安裝於從引導燈具外容易發現之位置。如顯示燈使用發光二極體(LED)時，須為引導燈具使用中不用更換之設計。另嵌入型引導燈具應取下保護燈罩或透光性燈罩及標示板後，符合上開電源指示燈及檢查開關之規定。

- (17) 引導燈具除嵌入型者外，底側應具有透光性（使用冷陰極管或 LED 光源者不在此限），以利人員疏散。
- (18) 引導燈具係利用常用電源常時點亮，停電時應自動更換為蓄電池電源或外置電源，繼續照明。
- (19) 燈具之光源應使用螢光燈、冷陰極管、LED 等。
- (20) 燈具配線與電源側電線之連接點溫度上升變化應在 30°C 以下。
- (21) 緊急電源回路配線不可露出引導燈具外。
- (22) 外置型引導燈具配線方式分為 2 線式配線或 4 線式配線及共用式 3 種，2 線式配線指同一電線供應一般及緊急用電者；4 線式配線指不同之電線分別供應一般及緊急用電者；共用式指 2 線式及 4 線式任一種方法皆可使用之方式。
- (23) 外置型引導燈具供緊急用電之出線，應有耐燃保護。
- (24) 外置型引導燈具使用螢光燈時，其緊急電源回路應有保險絲等保護裝置。

3. 標示設備(各類場所消防安全設備設置標準第 146 條)

- (1) 自居室任一點易於觀察識別其主要出入口，且與主要出入口之步行距離符合下列規定者。但位於地下建築物、地下層或無開口樓層者不適用之：
 - (a) 步行距離在避難層為 20 公尺以下，在避難層以外之樓層為 10 公尺以下者，得免設出口標示燈。
 - (b) 步行距離在避難層為 40 公尺以下，在避難層以外之樓層為 30 公尺以下者，得免設避難方向指示燈。
 - (c) 該步行距離在 30 公尺以下者，得免設避難指標。
- (2) 居室符合下列規定者：
 - (a) 自居室任一點易於觀察識別該居室出入口，且依用途別其樓地板面積符合下表 3-5 規定。
 - (b) 供集合住宅使用之居室。

表 3-5 用途別其居室面積規範[14]

用途別	第十二條第一款第一目至第三目	第十二條第一款第四目、第五目、第七目、第二款第十目	第十二條第一款第六目、第二款第一目至第九目、第十一目、第十二目、第三款、第四款
居室樓地板面積	100 平方公尺以下	200 平方公尺以下	400 平方公尺以下

- (3) 通往主要出入口之走廊或通道之出入口，設有探測器連動自動關閉裝置之防火門，並設有避難指標及緊急照明設備確保該指標明顯易見者，得免設出口標示燈。
- (4) 樓梯或坡道，設有緊急照明設備及供確認避難方向之樓層標示者，得免設避難方向指示燈。

前項第一款及第三款所定主要出入口，在避難層，指通往戶外之出入口，設有排煙室者，為該室之出入口；在避難層以外之樓層，指通往直通樓梯之出入口，設有排煙室者，為該室之出入口。

4. 避難指標設置規定(各類場所消防安全設備設置標準第 153 條)

- (1) 設於出入口時，裝設高度距樓地板面 1.5 公尺以下。
- (2) 設於走廊或通道時，自走廊或通道任一點至指標之步行距離在 7.5 公尺以下。且優先設於走廊或通道之轉彎處。
- (3) 周圍不得設有影響視線之裝潢及廣告招牌。
- (4) 設於易見且採光良好處。



圖 3-2 傳統型避難方向指示燈



圖3-3 傳統型出口標示燈

3-5 FDS介紹

FDS 是屬於可自由使用的免費軟體是由美國 NIST 機構下的 BRFL (Building and Fire Research Laboratory)所研發的，其全名為 Fire Dynamics Simulator 火災模擬軟體，欲獲知的參數需輸入火場情境資料，包含計算範圍、物件尺寸及其熱屬性、火源位置、火災情境、牆壁開口、計算格點數、灑水頭與其它邊界條件等，軟體可求得火場中各種的火害參數變化如：溫度、壓力、CO 濃度，計算所得結果均能以後處理程式 Smoke view 來呈現，或是讀取 FDS 火災模擬後軟體所產生 Excel 軟體數據，因此，各個國家對於火災研究的使用者所使用最多的火災動態模擬軟體，由於 FDS 是開放原始碼，在推廣使用的過程根據使用者回饋並持續不斷改善且更新版本，因此在火災科學領域得到了廣泛應用，本研究使用目前最新的 6.3.0 來做為模擬研究[15, 16]。

FDS 火災模擬軟體操作流程，需先收集相關建築物資料，之後建立程式編碼，包括模擬範圍、格點大小、模擬時間、模擬尺寸、火載量等進行模擬，其主要將模擬空間劃分成若干個格點，進而模擬出該模型之火災現象。模型格點大小，會影響模型之準確性，格點越小相對模擬時間較久，但其準確性較高[17]。FDS 致力解決火災保護工程中的實際消防問題，與此同時也為火災動力學和燃燒的理論研究提供工具[18-19]：

1. 流體動力學模型：

FDS 為火災熱流之計算流體動力(CFD)模型的一種，其數值分析係以(低速度)Navier-Stokes 方程式來運算，強調火場煙與熱傳輸現象之解析。運算架構以預測-修正組合 (explicit predictor corrector scheme) 其中紊流的處理係採用 Large Eddy Simulation (LES)。但如果網格數夠小，可能直接以數值模擬 (Direct Numerical Simulation) DNS 來表現。

2. 燃燒模型：

FDS 大多數使用混合分率燃燒 (Mixture fraction combustion model)，此模式假設燃燒是混合控制且燃料與氧反應極為快速。主要生成物和反應物的質量分數通過「狀態關係」從混合物分數中得知，經過測量與簡單分析的結合得到經驗表達式。

3. Radiative transfer：

輻射熱傳遞透過求解非擴散氣體的 The equation of radiative transfer 求得，在特殊的情況下使用 Wild-Band model。與對流輸運方程相同，此方程式求解使用有限體積法。此方法約使用 100 個離散的角，有限體積解法需要 20%的電腦 CPU 運算時間，而對於解決複雜的 Radiative transfer 問題這個代價是理所當然的。水滴能夠吸收熱量輻射，包括水幕噴霧的情況下，與所有設置自動噴水滅火系統的情況下都能發揮作用，而吸收係數可通過 Mie 理論得到。

4. 幾何：

FDS 基於直線性網格求解控制方程式。所以在直接建模時，要注意所建實體區域為矩形以適應背景網格。

5. 多重網格：

多網格是用來敘述計算中需使用多個矩形網格。當計算區域的劃分不可能只使用一種矩形網

格完成時，可以透過設置多個矩形網格。

6. 邊界條件：

所有固體表面均被設定熱邊界條件，而有關物質燃燒行為之資料，通常存於資料庫或自設使用名稱。表面之間的熱和質量用經驗公式計算，但 DNS 模擬時質量和熱之傳導能夠通過運算直接得知。

7. FDS 模型除了輸出各種原始數據外，也提供了多種圖形介面輸出模式，有助於視覺觀察數據，如「截面文件」、「電熱偶」、「邊界條件」以及「等值面」等。截面文件為彩色的切片，可貫穿整個控制體的斷面，透過這個斷面可以視覺觀察氣體溫度的動態變化。

8. FDS 在處理固體邊界與氣相燃燒方面有許多重要的改變，採用多步燃燒能夠模擬局部火焰熄滅、一氧化碳的產生，能準確地計算熱釋放率，也可以模擬多層材料的固體結構；更能夠靈活處理熱探測器、灑水器以及煙霧探測器等設備的啟動，以及灑水模擬啟動後對火災的發展影響；提高多重網格能力，且增加了處理背壓與大氣壓不相同狀況的能力，更提高了運用 MPI 的平行處理能力。

3-6 火載量

在建築防火性能式設計法中，火載量(Fire load)為火災成長延燒防止、建築物結構耐火性能檢證、建築物火災避難安全性能檢證之基本參數之一。火載量是左右火災溫度火災持續時間的重要因素，在對實際火災特性進行預測時必須掌握其數值。火載量的使用種類與放置型態多具有複雜與多樣性，一般將建築物內空間中的可燃物火載量分為二大類：固定火載量 (Fixed load) 與可動火載量 (Movable load)。固定火載量是指可燃性裝修材料施作之天花板、門扇等，或是櫥櫃、固定家具等；可動火載量是指建築竣工後搬入的可燃性家具、書籍、衣物、紙張等。固定火載量，在建築物設計時就確定了，而可動火載量無法根據設計圖求得，須根據建築物的用途、規模等實際量測計算[20]。

火載量熱釋放率的大小會影響FDS所模擬的結果，因此故為重要的參數之一，依據文獻Morgan [21]建議將住宅區、商業區每單位樓層面積的熱釋放率為 500 KW/m^2 (44 Btu/s- m^2)，而辦公室建築每單位面積的熱釋放率為 225 KW/m^2 (20 Btu / s-ft^2)，在特殊大空間建築中依據可燃物的多寡，將擁有可燃物的建築空間每單位面積之熱釋放率為 500 KW/m^2 (44 Btu/s- m^2)。本研究火載量的設計參考表 3-6，機械工程系樓層屬於可燃物的大型空間，故採用 5 MW 的火載量作為設計的基準量。

表 3-6 大型空間穩定火載量設計的基準量[22]

類 型	MW	Btu/s
在大型空間中可燃物有限的最小火源	2	1900
在大型空間中具有可燃物的最小火源	5	4700
大型火源	25	24500

3-7 人員避難特性

在火場當下人員的行為與反應難以捉摸，當人們察覺到危害時，無意識行為取代意識思考，即可能有非理性之恐慌行為發生；而恐懼所造成的非理性、非適當性及缺乏社會性的逃離行為，影響人員的避難效率，將可能致使人員成功避難的可能性大幅降低[23-24]。火場中室內人員的行為反應能否達到安全避難，有著密不可分的關係，依據文獻[25-26]整理出避難過程中，出現以下幾種特性：

1. 推擠特性：

避難過程中人員向各個避難出口聚集，建築物內人員密度開始區域性的變大，導致移動速度變慢，此時人群後方的人員會因心理的恐懼而往前進行推擠，使得人員因跌倒而受傷甚至遭到後方人員踐踏，而大幅增加避難的困難。

2. 歸巢特性：

人員在遇到危險時，必須立刻選擇路徑進行避難，因無法思考最佳的避難路徑，此時會直接選擇較為熟悉的路徑或原來進入該場所的路徑進行避難，導致多數人選擇同一出口進行避難，使該出口產生堵塞的現象，而緊急逃生出口卻僅有少數人使用。

3. 從眾特性：

生活的環境之中，常是眾人團體一起行動，當遇到危急的情況下，會因恐慌而容易失去判斷力，因此會接受他人行動的暗示，或跟隨其他逃生人員。此特性易使多數的室內人員由相同路徑進行避難，但也可利用此特性，藉由工作人員的疏導、廣播或避難標示指引人員進行避難。

4. 趨光特性：

在黑暗或視線不清火場中，因煙霧遮蔽了人員的視線，使得人員無法辨識避難的方向，此時人員容易朝明亮能看清楚的地方（火焰之亮光除外）進行移動，故各逃生出口與緊急避難標示須確定於火災發生時能保持明亮，以利人員辨別避難出口方向。

5. 鴛鴦心態：

當身邊有危急狀況而無法即時進行有效應變時，人員容易找尋物品阻擋，逃入較狹隘的空間進行躲避，如陽台或廁所。

6. 左轉特性：

人們右撇較多，習慣使用右手右腳，在黑暗中步行會自然傾向的向左轉，也許是較強的右側保護較弱的左側的本能，因此左轉的特性具有速度快、方便及安全感。

7. 躲避特性：

當察覺災害等異常現象時，人員會反射性的本能往反方向進行逃避，這使得在避難過程中，若前方人員發現有危險而無法前進時，而使得後方不清楚前方的情況，此時會造成推擠與堵塞的產生。

四、研究方法與步驟

4-1 實驗流程

本研究係以中華科技大學機械工程系為實驗場所，設立 3 種不同起火點 A、B、C，裝設傳統型避難指示燈以及智慧型避難方向指示燈的 2 種不同避難方向指燈，再將 FDS 所模擬的煙層做比對，其火源都以 5MW 為基準。

3 名計時人員於 3 個出口處就定位設定起火，使用現有的避難指示燈，安排 5 間實驗室，每間實驗室隨機挑選 6 名學生，於實驗室就定位後，再由指揮人員開啟警鈴，計時人員開始計時，實驗室學生開始避難行動，計時人員紀錄陸續避難學生抵達時間，拍攝人員拍攝現場實況，指揮人員確認實驗室學生皆已完成避難，結束一次測試實驗，並在更改起火點設定，直到三種起火點 A、B、C 位置模擬完畢，結束傳統避難指示燈測試實驗；最後再將由現場的傳統避難指示燈，更改為智慧型避難方向指示燈，其步驟與傳統避難指示燈一樣，直到三種起火點 A、B、C 位置模擬完畢，結束智慧型避難方向指示燈實驗。

上述實驗結束後，將 FDS 所模擬的煙層搭配真人避難實測，當煙層抵達出口時間以及煙層的高度，探討人員避難的時間，以及探討傳統避難指示燈和智慧型避難方向指示燈，兩者項目人員疏散的時間差異。實驗流程如圖 4-1 所示。

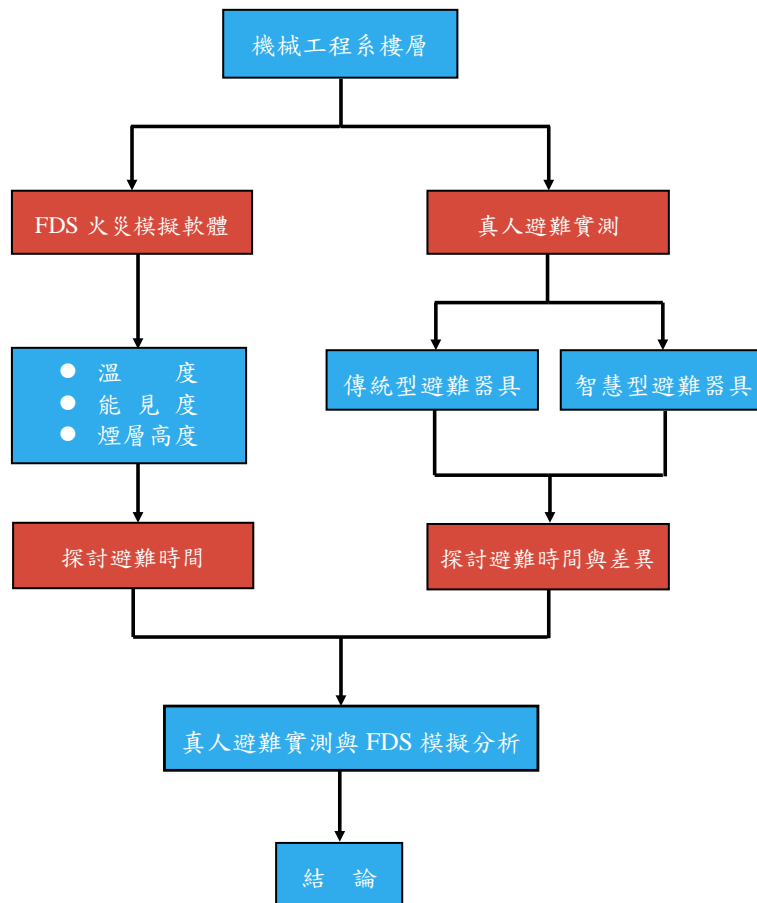


圖 4-1 實驗流程圖

4-2 實驗設備

本研究使用了多台電腦負責運算 FDS，真人避難實測流程所需:碼表三個、自製警鈴(如圖 4-2 所示)、傳統避難方向指示燈七個、傳統出口標示燈四個、兩台攝影機、七個智慧型避難方向指示燈(如圖 4-3 所示)、四個智慧型出口標示燈(如圖 4-4 所示)，以及三台手機負責拍照現場的情況。

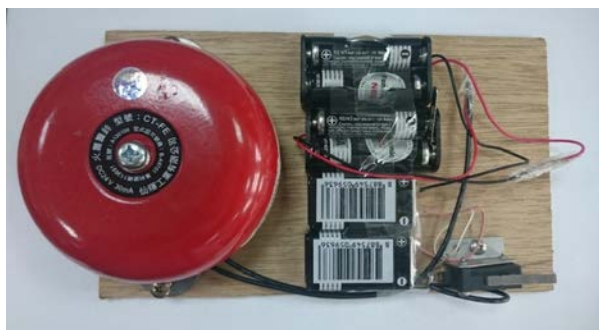


圖 4-2 自製警鈴



圖 4-3 智慧型避難方向指示燈[27]



圖 4-4 智慧型出口標示燈[27]

4-3 FDS實驗步驟與方法

本研究使用 FDS 主要模擬中華科技大學機械工程系樓層的煙層流動，與真人避難實測作為搭配，當煙層到達離地 1.8 m，其能見度低於 10 m 以下以及室內溫度高達 150°C 之時，人員是否可以完全避難完成。

4-3-1 模型建置與參數設定

此模型是依據本校的機械工程系的樓層所建置，圖 4-5 的樓層擁有三個出口提供人員避難，男女廁所各兩間，四間實驗室與一間教室位於樓層左半部，以及樓層的右半部分是屬於辦公室的部分共計七間。

模型的上方是屬於封閉的狀態，樓層的四周的窗戶是依據平常時就有開窗戶的習慣，因此以開窗的方式呈現，而所有的教室、實驗室、辦公室、廁所的門均是已開啟的狀態，而樓層相關設定的資料如下：

1. 模擬所需的範圍：機械工程系整個樓層
2. 環境的溫度：30 °C
3. 面積：1075.9 m²
4. 高度：3 m
5. 三維長度：X = 45 (L)、Y = 40 (W)、Z = 3 (H)
6. 格點數：450 × 400 × 30
7. 格點大小：0.1 m × 0.1 m × 0.1 m
8. 火載量釋放率：5 MW
9. 牆壁材質：水泥
10. 運算時間：300 秒

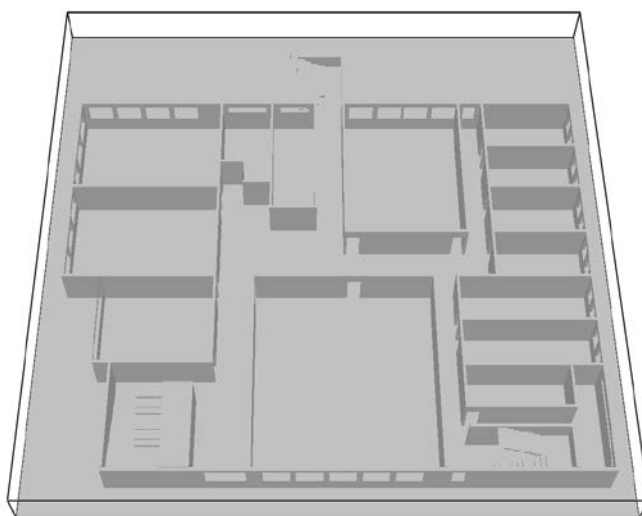


圖 4-5 機械工程系樓層示意圖

4-3-2 起火點位置設計

FDS 火災模擬軟體的起火點設置是經過雙重考量，是依據本研究真人避難實測的方式設計，起火點每次均只能使用一個且需要設計在真人避難實測中的人員會經過的地點，如圖 4-6 所示，樓層有三個起火點位置，分別為起火點 A、起火點 B 與起火點 C，起火點 A 位於樓層的出口 1，起火點 B 的位置接近出口 3 但實際位於走道處，起火點 C 的地點在 B512 實驗室內；而起火點 A、B 的設計用意是搭配真人避難實測之智慧型避難器具部分，起火點 C 設計的目的，原因 B512 實驗室的門擁有兩扇，在實驗室的實驗人員可以進行選擇，且實驗室的位置於此樓層的正中央，離三個出口相當鄰近，當起火點發生在 B512，避難時不會因起火點位於路上使得選擇的出口選項減少。

FDS 模擬軟體主要探討起火點位於出口處、實驗室內與走道，對於機械工程系樓層溫度、能見度以及煙層高度的差異，進一步與真人避難實測數據做交叉比對。

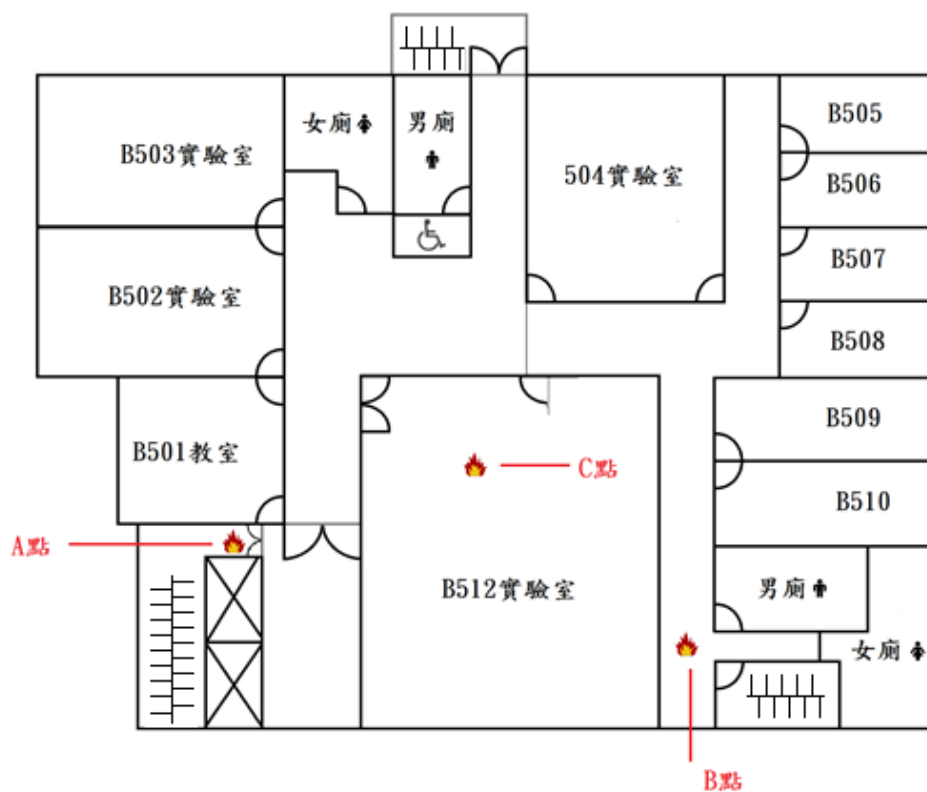


圖 4-6 起火點位置示意圖

4-3-3 偵測位置設定

本研究在機械工程系樓層設置七個位置來偵測，每一個位置的偵測項目有溫度、能見度以及煙層的高度，請參閱圖 4-7，S1 與 S2 在於樓層的中央位置，S3 和 S7 在走道與出口附近，而 S4 位於女廁與實驗室之間，最後 S5、S6 的地點於走道最末處，所有的偵測點都設計於走道上，原因主要是搭配真人避難實測，實驗人員並不會逗留在室內，故偵測點不設置於室內，從 S1 到 S7 的偵測點均勻分佈在整個樓層，以方便透過 Excel 數據進行切片分析。

樓層裡偵測的位置固然在同一個平面上，偵測的裝置數量有 21 個之多，但每個裝置高度的設定卻有所差別，溫度偵測裝置的高度為 2.9m、能見度的裝置高度是依據文獻[28]，以 FDS 軟體的設定能見度高度，觀察量販店灑水裝置灑水情形，故本研究高度設置於離地面 2m 處，而偵測高度煙層的裝置，偵測裝設於天花板高度 3m，是為了方便觀察整個樓層的天花板下煙層下降情況。

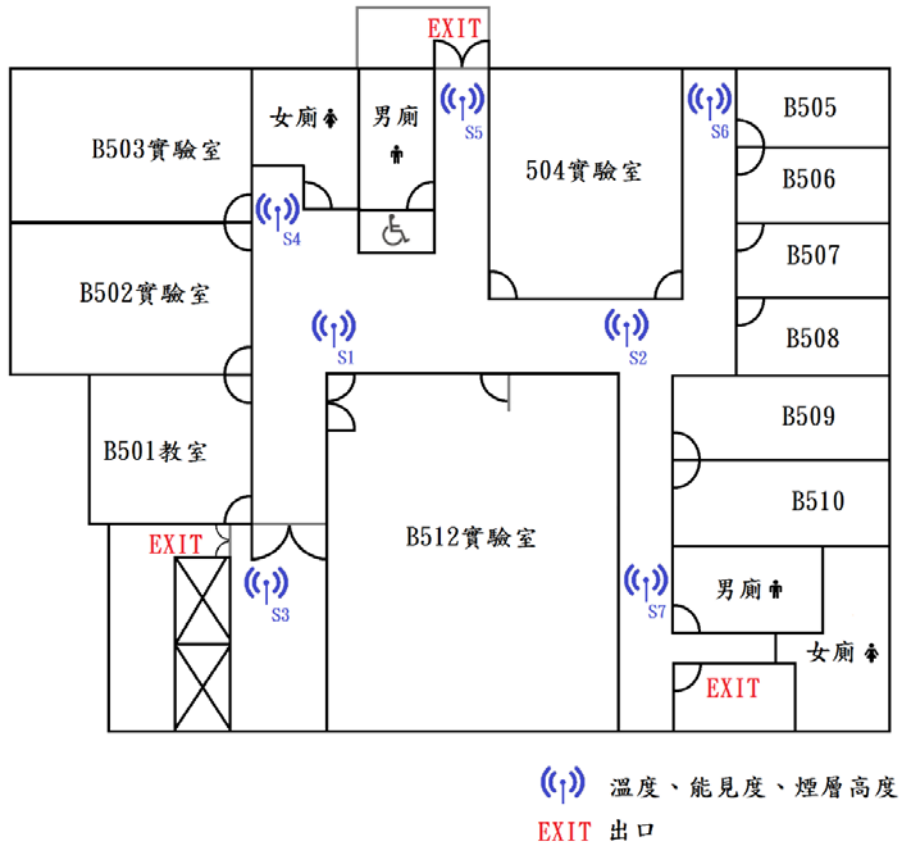


圖 4-7 機械工程系樓層之感知器分佈圖

4-4 真人避難實測方式與步驟

本實驗以機械工程系樓層作為真人避難實測的場所，在此樓層設立三個起火點位置，其起火點位置以 A、B、C 作為標示，每次實驗僅有一起火點位置且不重複，而樓層擁有 3 個出口提供人員進行避難如圖 4-8 所示，現有的避難方向指示燈以及出口標示燈進行實驗如圖 4-9 所示，並且不告知實驗人員起火點位置，記錄人員在於出口外做紀錄，之後把原有的避難方向指示燈以及出口標示燈，更換於智慧型的避難方向指示燈和出口標示燈，在進行模擬避難，智慧型避難器具底下的 LED 會指引實驗人員方向避開起火點位置。實驗場所需要的實驗人員為本校學生 45 名、計時人員 3 名、拍攝人員 3 名、指揮暨開啟警鈴人員 1 名，合計共 52 名人員。

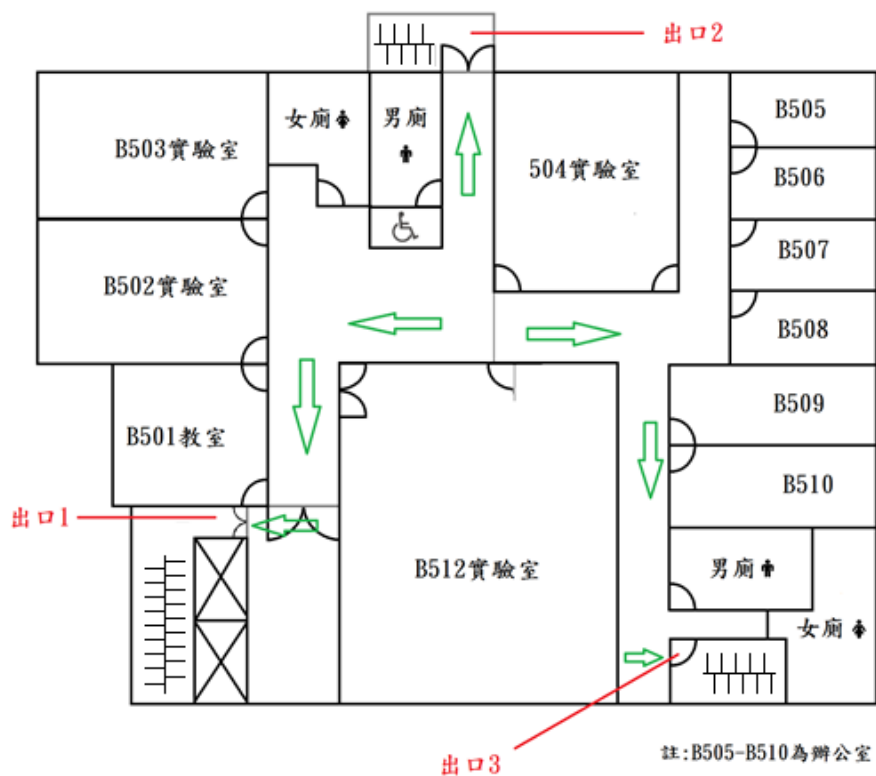


圖 4-8 機械工程系樓層之出口位置示意圖

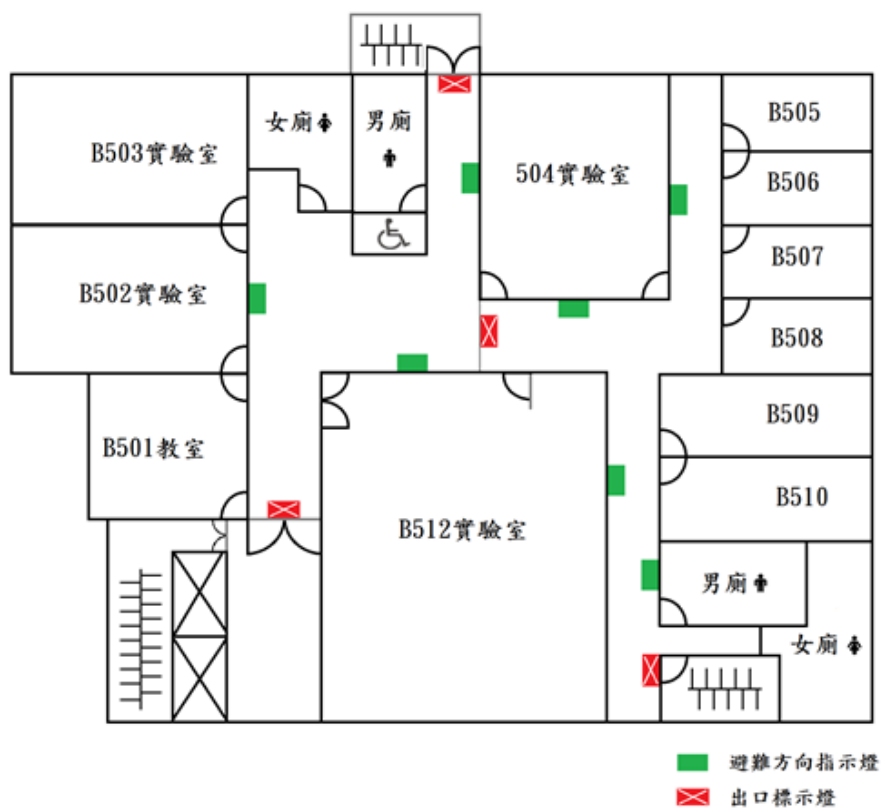


圖 4-9 機械工程系樓層現有避難器具之分佈圖

4-4-1 傳統型避難器具之真人避難實測

為了符合模擬火災發生現場情況如圖 4-10 與圖 4-11，所以此樓層走道的所有電燈均關閉，計時人員位於 3 個出口處外就等候，並且設定一個起火點，使用原有的避難指示燈，安排樓層的所有教室以及實驗室，共計 5 間，每間教室和實驗室隨機挑選 9 名學生，學生就定位後並且關上實驗室與教室的門後，再由指揮人員開啟警鈴，其警鈴聲響長達 10 秒鐘之久，計時人員開始計時，拍攝人員拍攝現場實況，實驗室裡的所有學生開始避難行動如圖 4-12、圖 4-13，計時人員紀錄學生抵達出口的時間，指揮人員確認每間實驗室裡空無一人之時，便已完成一次測試。

當進行第二次與第三次模擬時，再次重新隨機分配學生到其他的不同實驗室，為了避免學生因依據第一次測試所走的路線，影響到爾後避難行動，而模擬會依據第一次的流程進行。其更動的設定只有起火點，直到 3 個起火點 A、B、C 都設定過，完成 3 次測試後，傳統型避難器具之真人避難實測才算完成。



圖 4-10 於出口 2 處拍攝室內情況

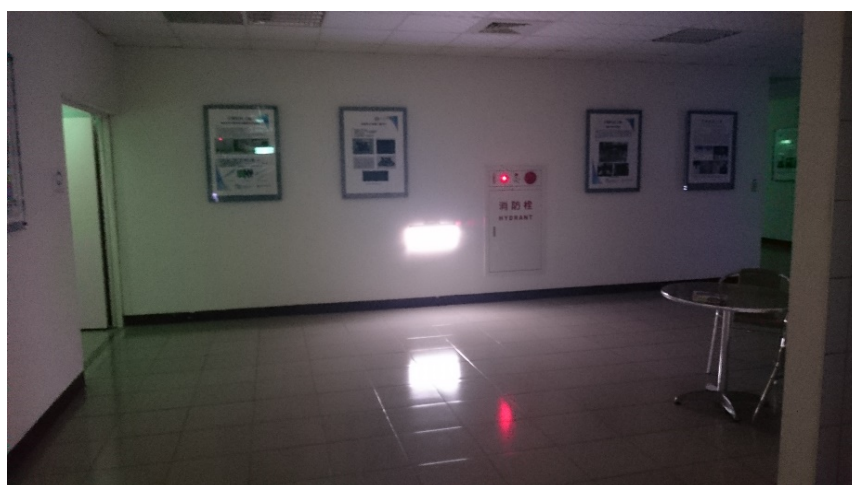


圖 4-11 於避難通道拍攝實驗情況



圖 4-12 避難行動開始之離開實驗室



圖 4-13 避難行動之往出口方向移動

4-4-2 智慧型避難器具之真人避難實測

智慧型避難器具需要安裝在現有的傳統型避難器具的位置上，需要把原有的傳統的避難方向指示燈七個、出口標示燈四個進行更換，且並無額外增設在其他牆面上，因兩者需要在相同的條件下，才能進行智慧型避難器具之真人避難實測。

更換過後就可進行智慧型避難器具之真人避難實測(如圖 4-14 所示)，智慧型避難方向指示燈和智慧型的出口標示燈，其工作原理利用樓層上的火警探測器偵測煙霧與溫度的數據，傳送給受信總機做處理，對建築物該樓層進行避難路徑演算，最後再經由收發模組傳送給控制訊號至智慧型的避難方向指示燈、出口標示燈，請參閱圖 4-15 智慧型避難引導系統功能。本研究主要探討傳統型避難器具與智慧型避難器具的指引功能之差異，在智慧避難引導系統主機設定起火點位置，跳過火警探測器偵測的步驟，所以電腦主機會對機械工程系此樓層，演算最佳化的避難路徑，以無線(LoRa 技術)的方式告知避難方向指示燈與出口標示燈指引的動作。

智慧型避難器具之真人避難實測的實驗方法，與傳統型的方式大同小異，計時人員位於 3 個出口處外就等候，隨機分配學生到 5 間教室以及實驗室，其每間人數也是 9 人，這時關上所有的教室

和實驗室的門以及走道上的所有電燈，在電腦設定一個起火點位置，電腦分析後會告知指示燈，智慧型的避難指示燈與智慧型的出口標示燈的 LED 會顯示方向，再由指揮人員開啟警鈴，計時人員聽從警鈴開始計時，實驗室與教室裡的所有學生開始避難行動如圖，拍攝人員拍攝現場實況，計時人員紀錄學生抵達出口的時間，指揮人員確認每間實驗室裡是否還有學生，完成一次測試。

當進行第二次、第三次智慧型避難器具之真人避難實測時，無須重新分配學生至教室與實驗室，學生只需要回到原來的地方關上門聽候警鈴，只需要電腦再次設立起火點，其模擬次數為三次，直到 3 個起火點皆設定過，即完成智慧型避難器具之真人避難實測。



圖 4-14 智慧型避難器具之真人避難實測



圖 4-15 智慧型避難引導系統功能[29]

五、 結果與討論

5-1 真人避難實測

在中華科技大學機械工程系樓層進行真人避難實測實驗，將避難指示燈具分成傳統型與智慧型避難指示燈具進行實驗，現場有安排 3 名計時人員進行記錄，當實驗人員離開出口的瞬間，紀錄時間的數據，實驗結束後把這些數據進行整理，比較傳統型及智慧型避難器具，實驗人員避難的時間差異與選擇的出口再進行個別分析。

5-1-1 傳統型與智慧型避難器具之起火點A數據分析

當機械工程系樓層於起火點 A 發生火災時，此時警報鈴聲響起，實驗人員開始移動疏散避難，本來應該選擇正確的避難方向(如圖 5-1 所示)，分別在使用傳統型與智慧型避難器具讓實驗人員進行判斷選擇避難方向，根據實驗結果(如表 5-1 所示)，傳統型避難器具之實驗數據顯示，所有人都往 1 號出口避難疏散，如圖 4-2 所示，探究原因，因為常人在陌生環境下，發生火災狀況時，會選擇由熟悉的路線離開，或者跟隨群眾一起行動，此現象符合歸巢特性、從眾特性，但是本次設定起火點 A 剛好在 1 號出口位置，所以在真實火災實況中，這 45 個避難人員選錯了避難出口，在看到火源及濃煙時，再返身轉向其他出口直到完成避難，時間耗費更多，依據文獻[23]公式計算出口 1 與出口 3 為最遠距離，其距離為 45m，學校裡的避難人員步行速度為 1.3sec/m，故折返時間為 35 秒，合計所花費的時間為 89 秒。

因此在前方人員，會變成最靠近火源的人，依照濃煙擴散速率，剛開始位於前方的避難人員傷亡率最高，使用傳統型避難器具會有較高機率產生傷亡情形；而反觀智慧型避難器具之實驗數據(如圖 5-3 所示)，雖然首位抵達出口時間較傳統型避難器具長，是花費在確認可以通行的避難方向，接著往正確的出口前進，而這樣的數據結果顯示，傳統型比起智慧型多出了 22 秒，由此可見走到正確的避難路線，可以將傷亡降至最低。

表 5-1 起火點 A 傳統型避難器具及智慧型避難器具之實驗記錄

位置	傳統型		智慧型	
	起火點 A 的時間(sec)		起火點 A 的時間(sec)	
	最快	最慢	最快	最慢
出口 1	8	54 89(折返)	0	0
出口 2	0	0	21	45
出口 3	0	0	23	67

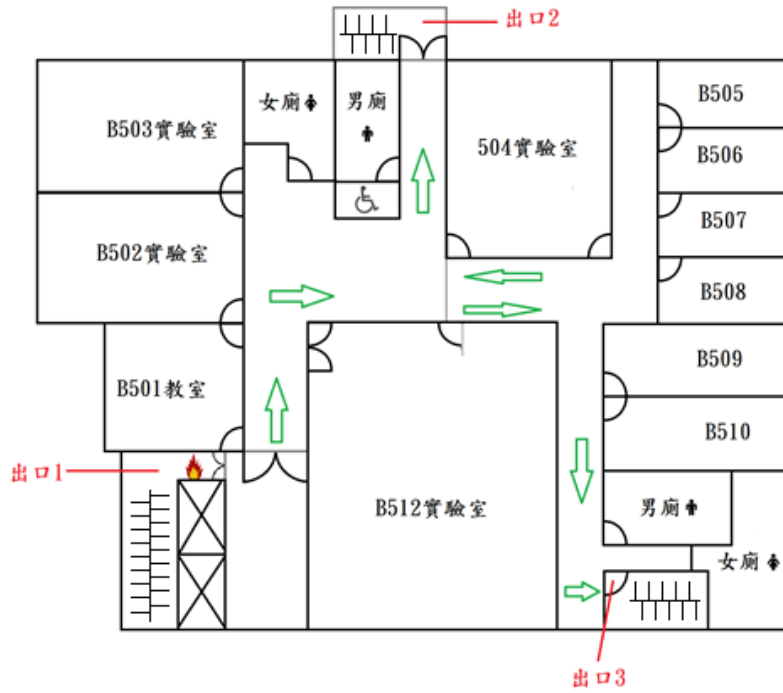


圖 5-1 起火點 A 避難方向示意圖

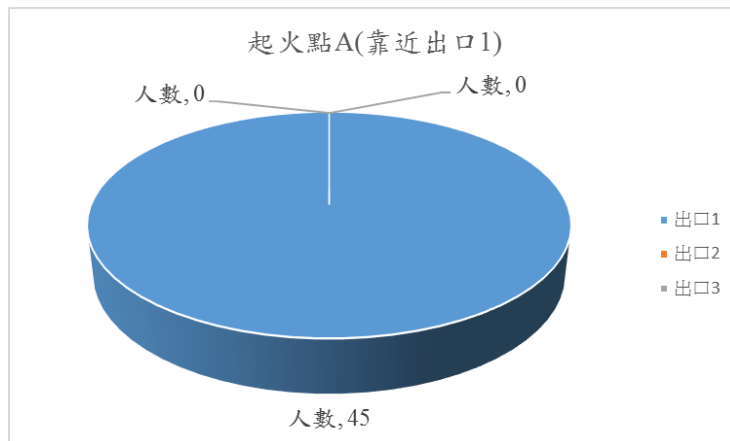


圖 5-2 在起火點 A 傳統型避難器具的避難人員出口分佈

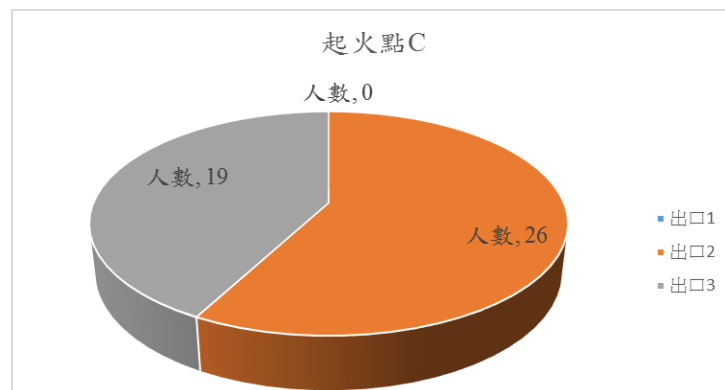


圖 5-3 在起火點 A 智慧型避難器具的避難人員出口分佈

5-1-2 傳統型與智慧型避難器具之起火點B數據分析

當機械工程系樓層於起火點 B 發生火災時，此時警報鈴聲響起，實驗人員開始移動疏散避難，本來應該選擇正確的避難方向如圖 5-4 所示，分別在使用傳統型與智慧型避難器具，讓實驗人員進行判斷選擇避難方向，根據實驗結果如表 5-2 所示，在傳統型避難器具之實驗數據顯示，避難人員往出口 1 及出口 3 進行避難疏散，而出口 2 就沒有避難人員出現，如圖 5-5 所示，此一現象說明了，部分避難人員的從眾特性，盲目跟隨特性，發生災害時，部分避難者會透過觀察其他人的動向做出決定，再進行避難疏散，而選擇往 3 號出口的避難人員，由於起火點 B 正好在出口 3 的位置旁，這些人將會因選擇錯誤避難路線，迫使避難需要折返動作，依據文獻 [23]公式計算出口 1 與出口 3 為最遠距離，其距離為 45m，學校裡的避難人員步行速度為 1.3(sec/m)，故折返時間所需為 35 秒，合計所花費的時間為 75 秒。智慧型避難器具之實驗數據如圖 5-6 所示，避難人員透過智慧型避難器具之指示，分別前往安全的 2 處出口，最終抵達出口時間為 66 秒，把傳統型折返所花費的時間加入計算，傳統型比智慧型多出了 9 秒，遵循智慧型避難器具的避難人員，可以在 70 秒內完成疏散避難，避免了因走錯出口再折返的問題。

表 5-2 起火點 B 傳統型避難器具及智慧型避難器具之實驗記錄

位置	傳統型		智慧型	
	起火點 B 的時間(sec)		起火點 B 的時間(sec)	
	最快	最慢	最快	最慢
出口 1	7	29	14	66
出口 2	0	0	22	42
出口 3	14	4075(折返)	0	0

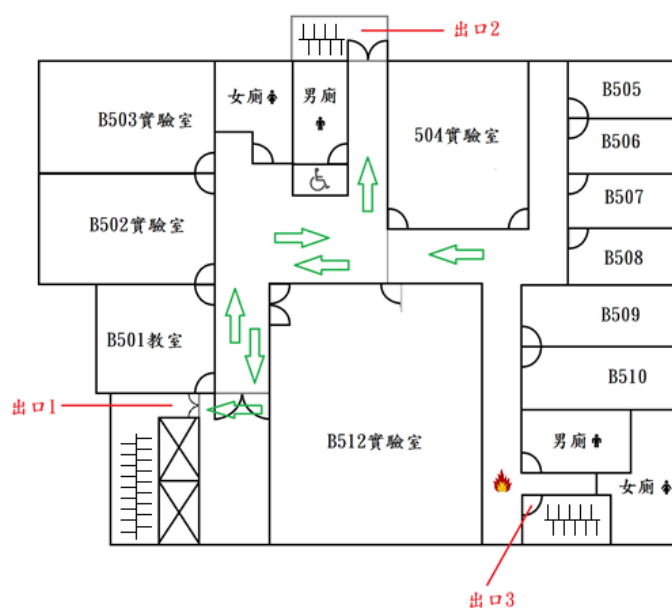


圖 5-4 起火點 B 避難方向示意圖

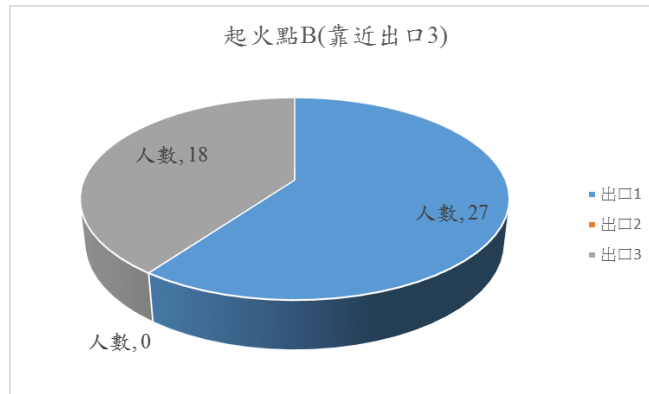


圖 5-5 在起火點 B 傳統型避難器具的避難人員出口分佈

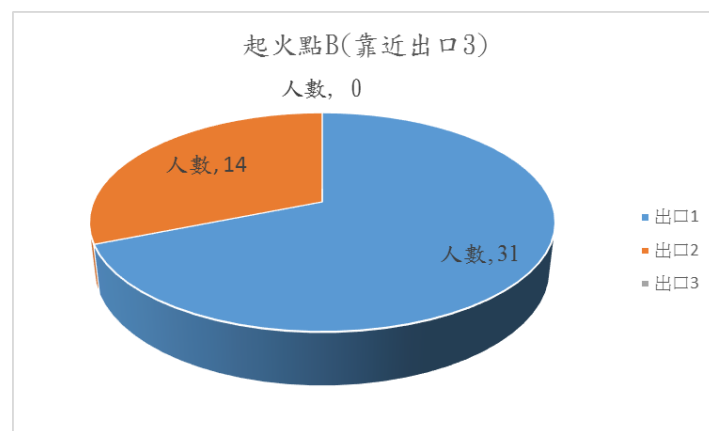


圖 5-6 在起火點 B 智慧型避難器具的避難人員出口分佈

5-1-3 傳統型與智慧型避難器具之起火點C數據分析

當機械工程系樓層於起火點 C 發生火災時，此時警報鈴聲響起，實驗人員開始移動疏散避難，本來應該選擇正確的避難方向如圖 5-7 所示，分別在使用傳統型避難器具與智慧型避難器具讓實驗人員進行判斷選擇避難方向，因此根據實驗結果如表 5-3 所示，在傳統型避難器具之實驗數據顯示，避難人員前往 3 個出口進行避難疏散，就現場教室分佈顯示，1 號出口處避難人員人數最多，2 號出口處人數次之，3 號出口處人數最少，符合教室距離出口處之遠近分佈，如圖 5-8 所示，接著看到智慧型避難器具之實驗數據如圖 5-9 所示，也符合上述之情形，探究原因，此次起火點 C 是設定於教室內，發生火災時有牆壁的阻隔，因此通道上尚未有濃煙、火焰、高溫等阻礙，所以就此數據來看，是符合樓層地理位置的分佈。

表 5-3 起火點 C 傳統型避難器具及智慧型避難器具之實驗記錄

位置	傳統型		智慧型	
	起火點 C 的時間(sec)		起火點 C 的時間(sec)	
	最快	最慢	最快	最慢
出口 1	10	34	12	50
出口 2	14	29	13	35
出口 3	19	20	21	25

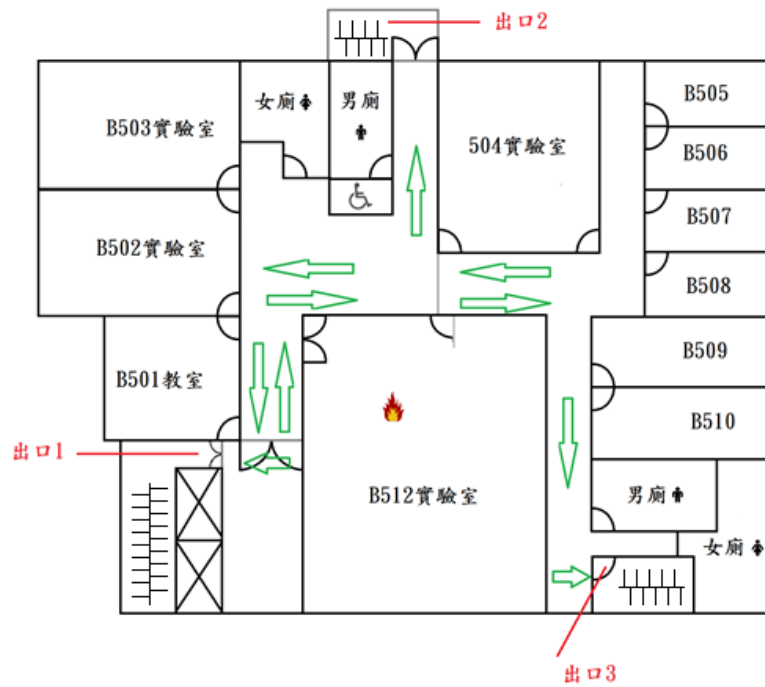


圖 5-7 起火點 C 避難方向示意圖

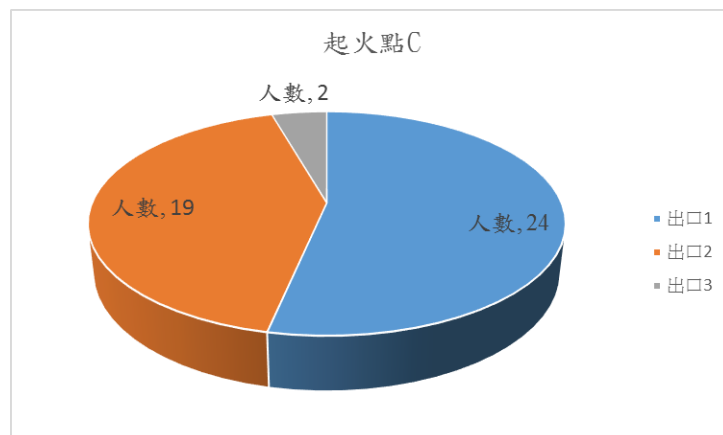


圖 5-8 在起火點 C 傳統型避難器具的避難人員出口分佈

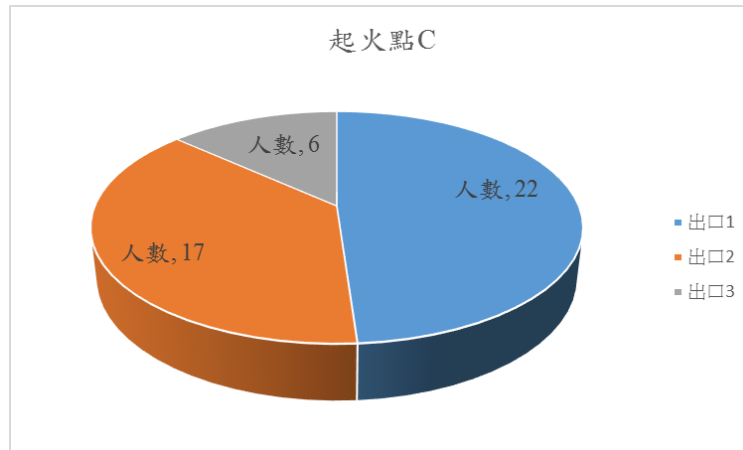


圖 5-9 在起火點 C 智慧型避難器具的避難人員出口分佈

5-1-4 真人避難實測結果分析

綜合傳統型與智慧型避難器具數據進行分析，在傳統型避難指示燈具真人避難實測，實驗人員優先抵達出口時間最快為 7 秒，可以知道實驗人員依循熟悉路徑可以在短時間內避難到出口，只是如果此選擇的出口剛好也是火源位置，當第一個人在看到濃煙發現走錯出口時，轉身想要離開就變成是最後的一人，也是最靠近火源及濃煙的人，除了要請原本跟在後方的人轉向，還要催促大家加快避難速度，倘若避難人員較多時會讓避難時間增加，避難人員會因此卡住易造成堵塞通道，更增加避難的難度，而濃煙散播的速率很快，因此走錯方向所帶來的傷亡可想而知，雖然在傳統型避難器具與智慧型避難器具下最快抵達出口的秒數也有所差異，傳統型避難器具為 7 秒，智慧型避難器具為 12 秒，說明了只要多花幾秒鐘確認出安全的避難出口，再依照智慧型避難器具的方向指示下循序離開，便可以讓人員安全的離開災難現場。

再來從數據顯示智慧型避難器具會讓實驗人員避難時間增加，比對 2 種不同避難避難器具的最後人員抵達時間可知，智慧型避難器具比起傳統型避難器具可以減少避難時間，而且能在正確的避難方向指示下，實驗人員只需多花幾秒確認避難路線，便可以在安全的避難路線中循序前進抵達安全的出口，因此相較於走錯出口所增加的時間，使用智慧型避難指示燈具所增加的時間還在容許避難的時間之內，如圖 5-10 所示。

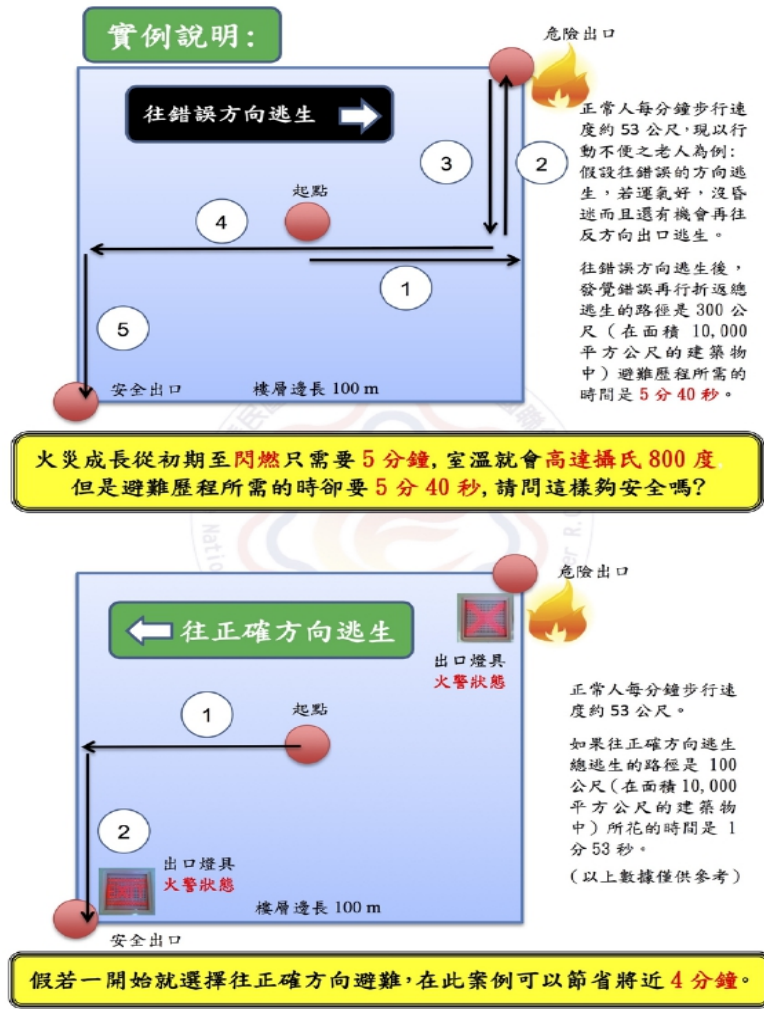


圖5-10 選擇錯誤方向逃生增加避難時間示意圖[27]

5-2 FDS分析

5-2-1 起火點A之FDS分析

1. 溫度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 A 位置發生，溫度產生變化分佈如圖 5-11 所示，S3 偵測點在 47 秒時溫度已達到 150°C，100 秒時到達 707°C。透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-12 所示，當時間抵達 98 秒時，避難通道於火源處近一半已涵蓋 150°C 以上之高溫，而當時間來到 134 秒時，溫度抵達最終高溫持續保持狀態，由於機械系樓層結構是由鋼筋水泥所構成，要讓火場延燒需要更多的助燃物，而現場通道中並無擺設其他物品可充當助燃物，所以在模擬軟體中 300°C 以上高溫大多被侷限在起火點周圍，根據火災學所敘述，一般人在無風且濕度低之高溫環境下，可以忍耐的時間如下表 5-4 所示：

表 5-4 人體承受溫度時間表[11]

溫度	時間
50°C	數小時
70°C	1 小時
130°C	15 分鐘
200°C~250°C	5 分鐘

由此可知通道在 98 秒過後，起火點 A 約有一半的通道，已經涵蓋在 150°C 以上的溫度，一定程度的影響避難人員的身體狀態，來到 134 秒這時，有 3/4 的通道涵蓋在 150°C 以上，因此就溫度這個因素而言，於起火點 A 狀況下，最佳避難時間是在 134 秒鐘內完成避難疏散。

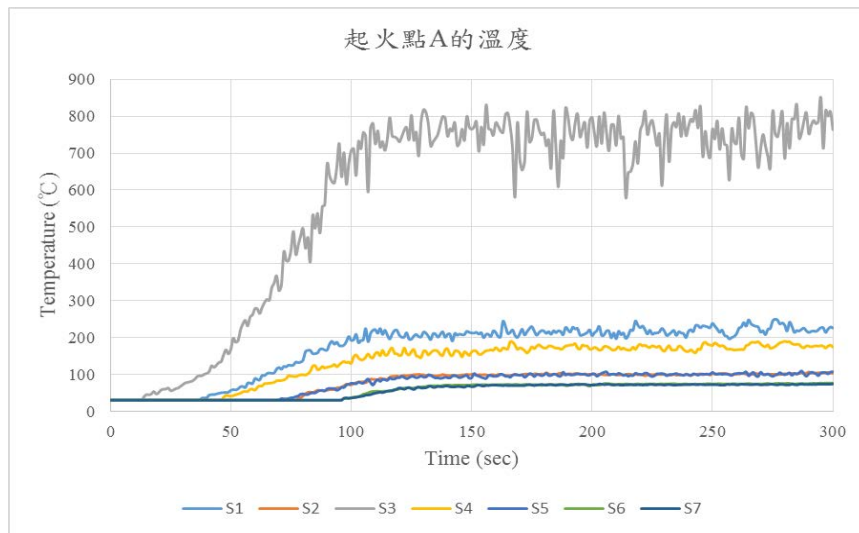
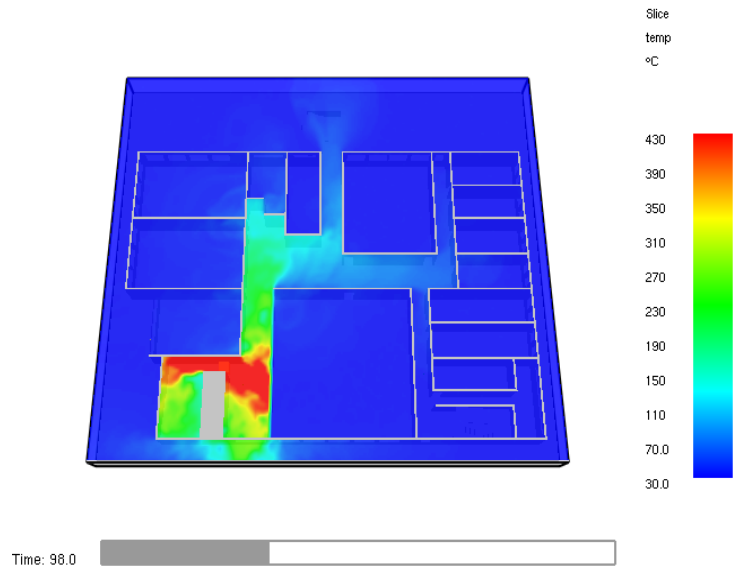
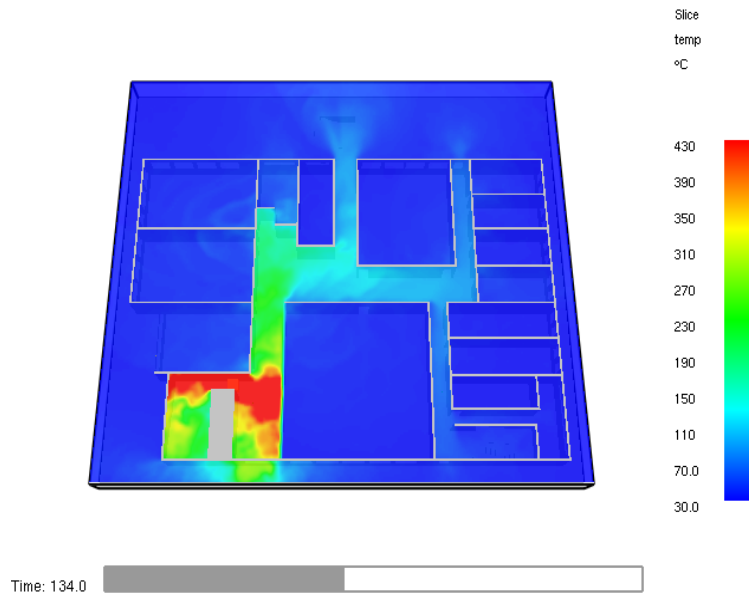


圖 5-11 起火點 A 的溫度趨勢圖



(a) 98 秒後 150°C 高溫約佈滿一半的通道



(b) 134 秒後全部通道約已達 150°C 以上

圖 5-12 起火點 A 溫度 smoke view 畫面

2. 能見度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 A 位置發生，當能見度產生變化分佈如圖 5-13 所示，S3 的能見距離於 51 秒時，只需要短短 8 秒鐘能見度之能見距離從 30 m 到 10 m 處，只需要短短 8 秒鐘，可以見得煙霧的擴散速率之快，所以當能見度快速降低的同時，避難速度也隨之變慢，避難時間隨之增加，相對傷亡機率也隨之增加，在透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-14 所示，當時間來到 82 秒時，避難通道約有一半陷入能見度 10 m 以下之狀態，隨著時間來到 146 秒時，所有避難通道約已涵蓋在 10 m 以下之狀態，可知濃煙擴散速度比溫度高，而每個偵測點能見度的下降之快，足以讓避難人員措手不及，增加避難的難度。

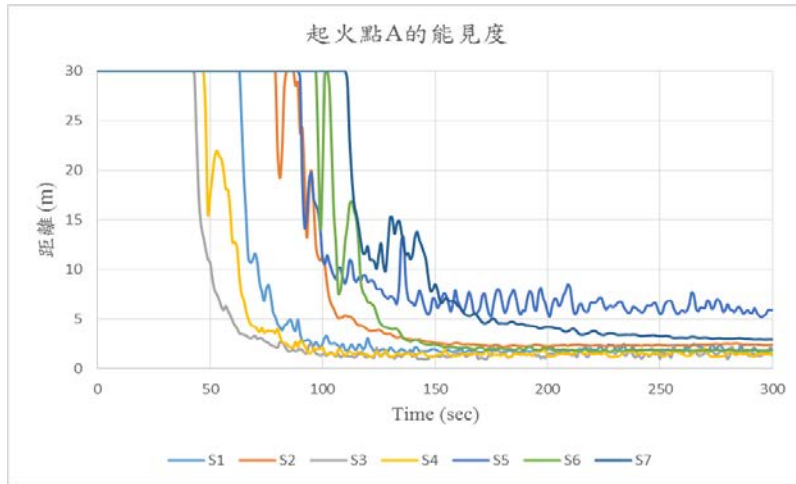
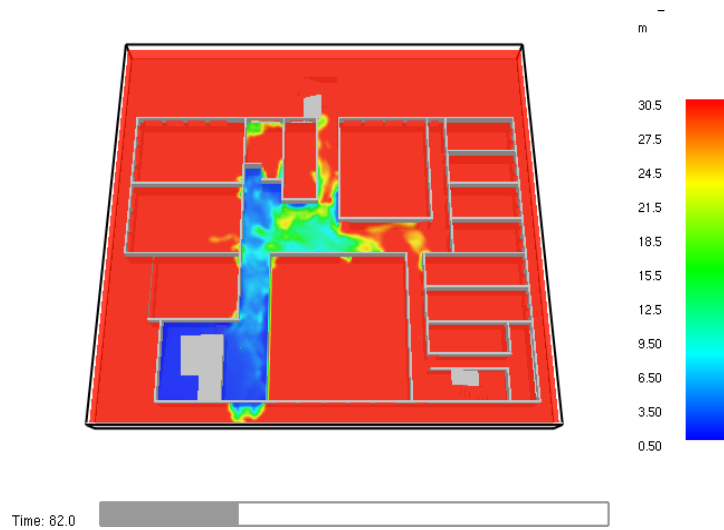
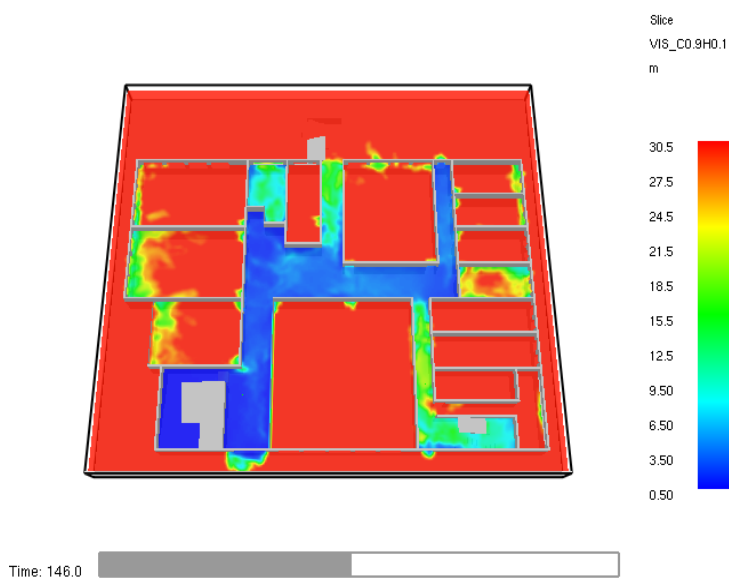


圖 5-13 起火點 A 的能見度趨勢圖



(a) 82 秒後約一半通道能見度低於 10m 以下



(b) 146 秒後約全部通道能見度低於 10m 以下

圖 5-14 起火點 A 能見度 smoke view 畫面

3. 煙的擴散與高度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 A 位置發生，當煙層擴散高度產生變化分佈如圖 5-15 所示，最靠近火源的偵測點 S3，於 81 秒時煙層高度到達 1.76m；S4 偵測點位於 B503 實驗室外，於 49 秒時到達 1.74 之高度，說明了實驗室裡的學生要在 49 秒內離開現場，以免發生傷亡；S7 偵測點靠近出口 3 的走道上，煙是由出口 1 開始蔓延的，當偵測點在 171 秒時偵測到 1.79m 時，代表著大部分通道的煙層高度在 1.8m 以下，足以影響人員吸入有毒濃煙之情況，此時便必須採取蹲低姿勢避難行動，大幅增加行動之不便，若不小心吸入有毒濃煙，會造成人體產生暈眩、噁心、呼吸困難、四肢無力等情形，顯示火災發生時濃煙比起火焰更致命，在透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-16 所示，當時間來到 81 秒時，避難通道有一半已深陷濃煙之中，這時狀況已經是非常緊急，稍一不慎吸入濃煙，即有致死之可能，更會影響避難，而當時間來到 137 秒時，全部通道已經充滿濃煙，此刻肯定無法進行避難行動，綜觀歷史火災發生時，絕大多的數傷亡都是先由濃煙影響所導致。

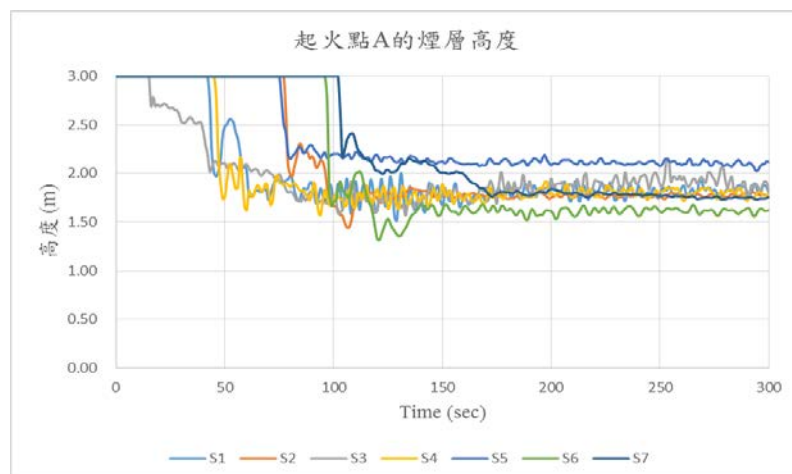
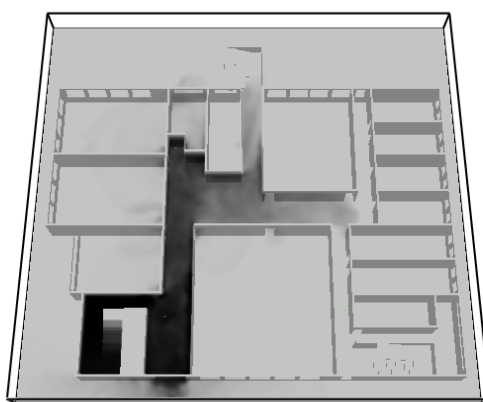
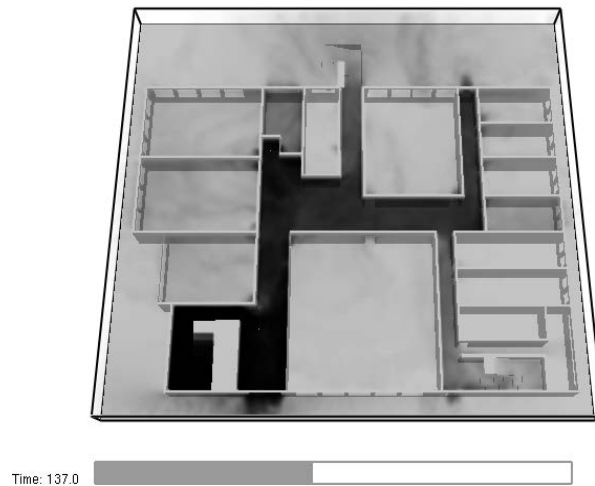


圖 5-15 起火點 A 的煙層擴散高度趨勢圖



Time: 81.0

(a) 81 秒後濃煙約涵蓋在一半通道



(b) 137 秒後濃煙約涵蓋在全部通道

圖 5-16 起火點 A 煙層擴散 smoke view 畫面

5-2-2 起火點B之FDS分析

1. 溫度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 B 位置發生，溫度產生變化分佈如圖 5-17 所示，S7 偵測點在 40 秒時溫度達到 150°C ，100 秒達到 576°C 。透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-18 所示，當時間抵達 71 秒時，避難通道於火源處近一半已涵蓋 150°C 以上之高溫，而當時間來到 139 秒時，溫度抵達最終高溫持續保持狀態，如同起火點 A 狀況一樣，樓層結構是由鋼筋水泥所構成，要讓火場延燒需要更多的助燃物，而現場通道中並無擺設其他物品可充當助燃物，所以在模擬軟體中 300°C 以上高溫大多被侷限在起火點周圍。

由此可知通道在 71 秒過後，起火點 B 約有一半的通道，已經涵蓋在 150 度以上的溫度，一定程度的影響避難人員的身體狀態，來到 139 秒這時，幾乎全部通道涵蓋在 150°C 以上，因此就溫度這個因素而言，於起火點 B 狀況下，最佳避難時間是在 139 秒鐘內完成避難疏散。

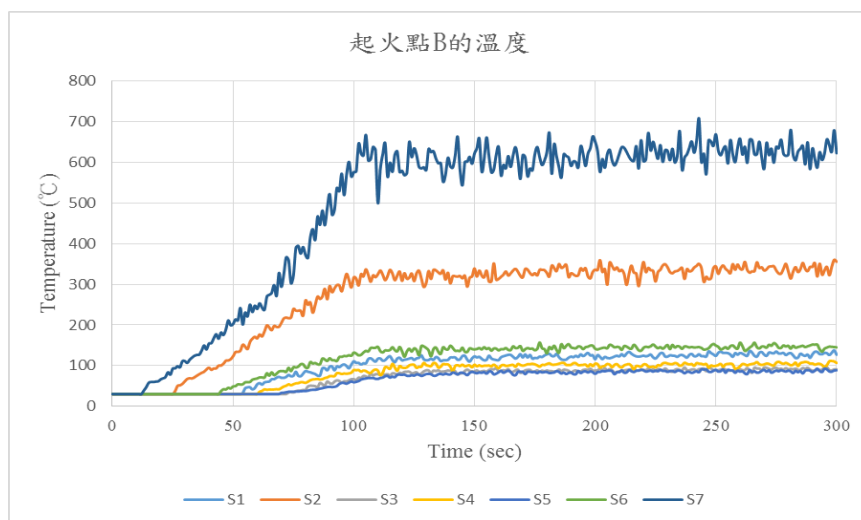
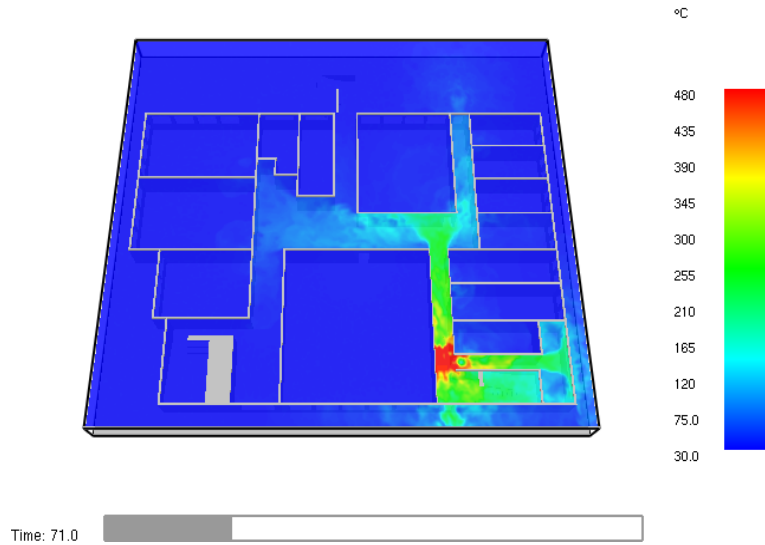
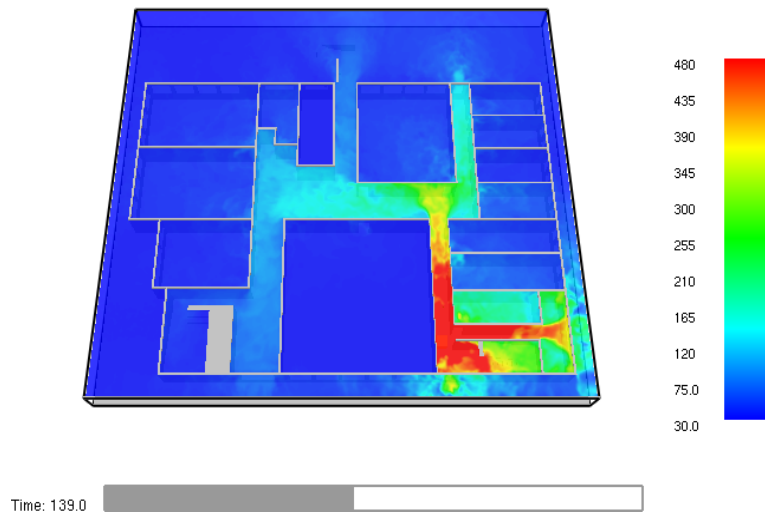


圖 5-17 起火點 B 的溫度趨勢圖



(a) 71 秒後高溫 150°C 約佈滿一半通道



(b) 139 秒後全部通道約已達 150°C 以上

圖 5-18 起火點 B 溫度 smoke view 畫面

2. 能見度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 B 位置發生，當能見度產生變化分佈如圖 5-19 所示，當能見度之可視距離從 30m 到 10m 處，只需要短短 4 秒鐘，可以見得煙霧的擴散速率之快，比起起火點 A 還要快一倍，所以以現場位置來說，起火點 B 於出口 3 處，該處通道較出口 1 處狹窄，因此能見度才會如此迅速下降，可見通道的大小，也會影響能見度。

透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-20 所示，當時間來到 76 秒時，避難通道約有一半陷入能見度 10m 以下之狀態，隨著時間來到 117 秒時，所有避難通道約已涵蓋在 10m 以下之狀態，起火點 B 比起火點 A 濃煙擴散速度快，再次說明通道較窄的地方擴散較為快速，會使人員避難行動增加困難。

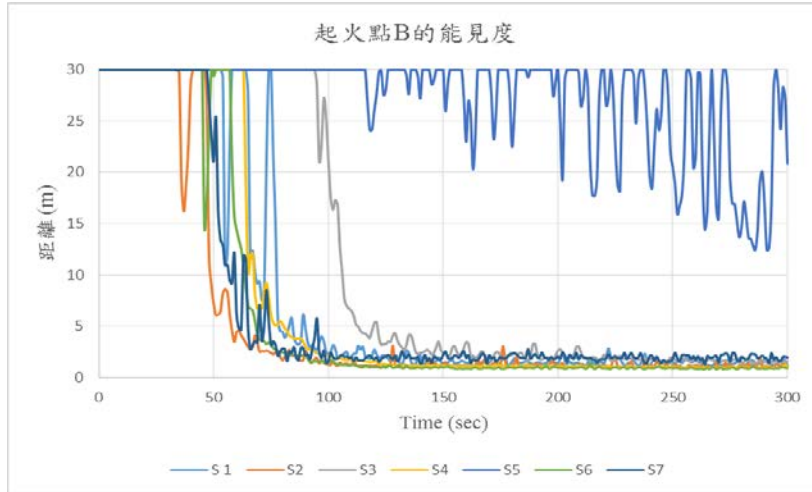
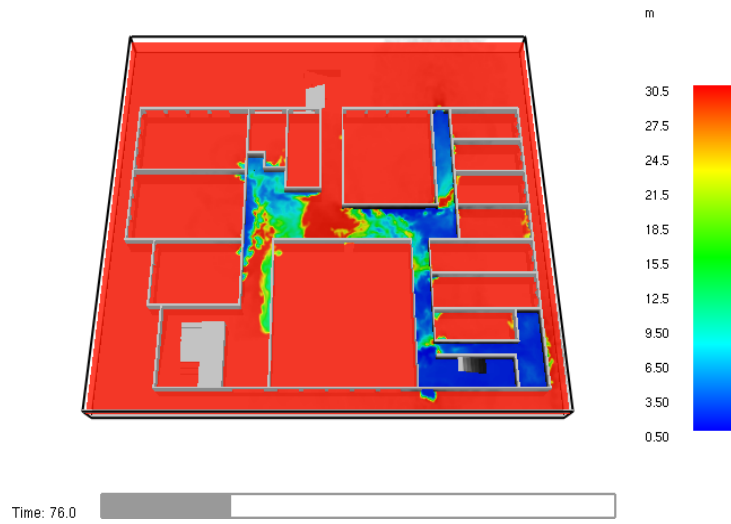
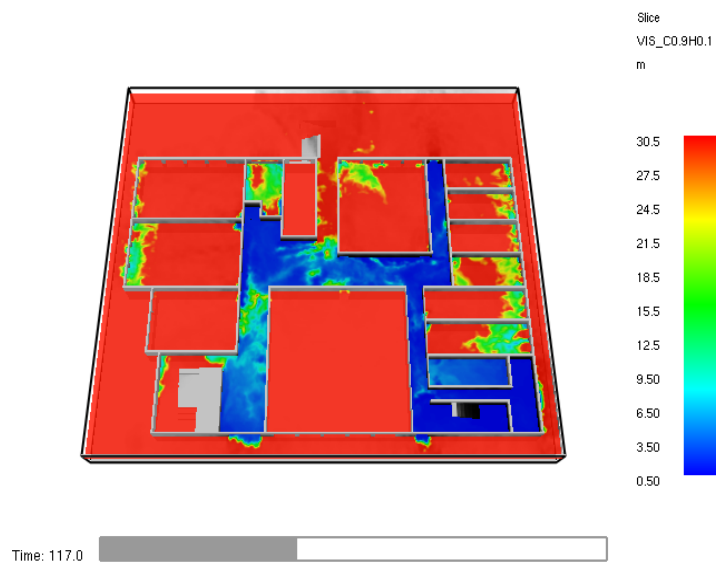


圖 5-19 起火點 B 的能見度趨勢圖



(a) 76 秒後約一半通道能見度低於 10m 以下



(b) 117 秒後約全部通道能見度低於 10m 以下

圖 5-20 起火點 B 能見度 smoke view 畫面

3. 煙的擴散與高度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 B 的位置發生，當煙層擴散高度產生變化分佈如圖 5-21 所示，最靠近起火點的 S7 偵測點數據顯示，於 38 秒時此偵測點已達 1.8 m 之高度，影響人員呼吸時吸入有毒濃煙的狀況，比起起火點 A 更快抵達危險狀態；S4 偵測點於 62 秒時煙層高度到達 1.71m，數據顯示此處容易蓄積煙層，人員需要在 62 秒內離開教室進行避難才不會造成傷亡；S3 偵測點在出口 1 的走道上，煙是由出口 1 開始擴散，於 118 秒時煙層高度到達 1.75m，代表著大部分通道的煙層高度在 1.8m 以下。由此可見煙層在狹窄通道擴散速率之快，左右避難存活之機率。

在透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-22 所示，當時間來到 57 秒，避難通道約一半已深陷濃煙之中，這時狀況是非常緊急，可見這個時間點，是離開教室前往出口避難的最後時間，再拖延下去將會造成嚴重傷亡。而當時間來到 101 秒時，全部通道約已經充滿濃煙，此刻無法進行避難行動，因此起火點 B 影響層面較起火點 A 嚴重。

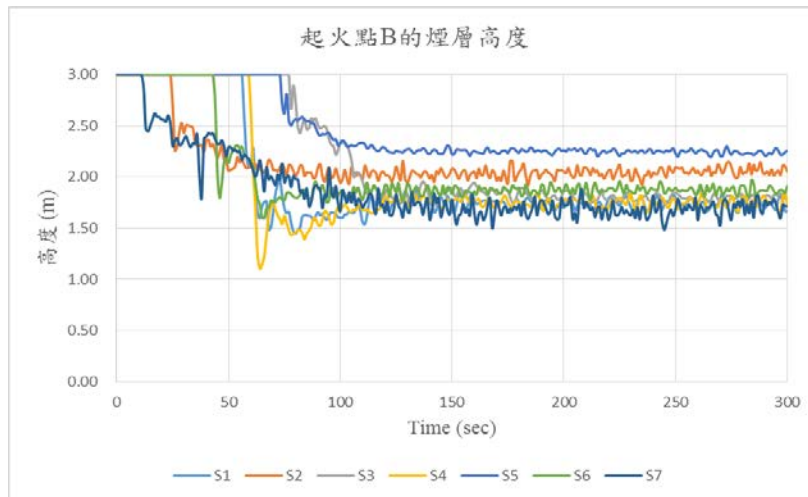
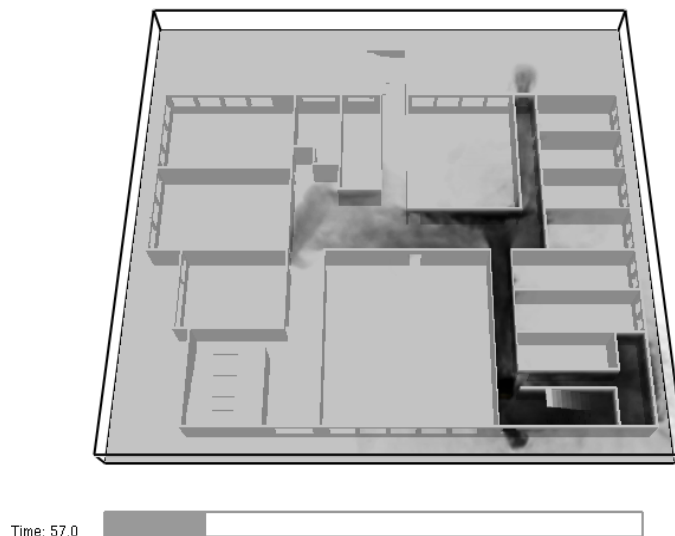
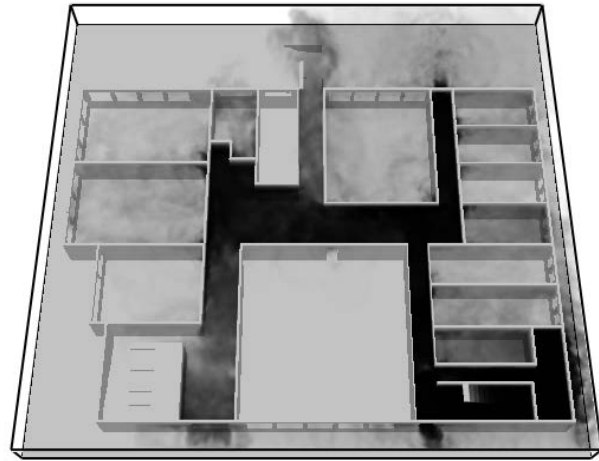


圖 5-21 起火點 B 的煙層擴散高度趨勢圖



(a) 57 秒後濃煙約涵蓋在一半通道



Time: 101.0

(b) 101 秒後濃煙約涵蓋在全部通道

圖 5-22 起火點 B 煙層擴散 smoke view 畫面

5-2-3 起火點C之FDS分析

1. 溫度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 C 位置發生，溫度產生變化分佈如圖 5-23 所示，最靠近實驗室的 S1 偵測點於 100 秒溫度達到 95°C，在運算的 300 秒內溫度最高只有 126°C，其餘在通道上的所有偵測點於 300 秒內溫度也無超過 150°C。透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-24 所示，當抵達 176 秒時實驗室約整個空間溫度高達 480 度以上，教室為一個防火區劃燃燒時較不影響通道。

因此起火點如果發生在實驗室或者是教室內部時，只要能夠適當地將起火點迅速隔離，避難通道就不會受到溫度的影響，避難過程也會更加順利，所以就溫度這個因素而言，於起火點 C 情況下，避難人員只要將關上 B512 實驗室的兩扇防火門關上，就能減少火的擴散以及溫度傳導至通道上，人員就能安全地完成避難疏散的動作。

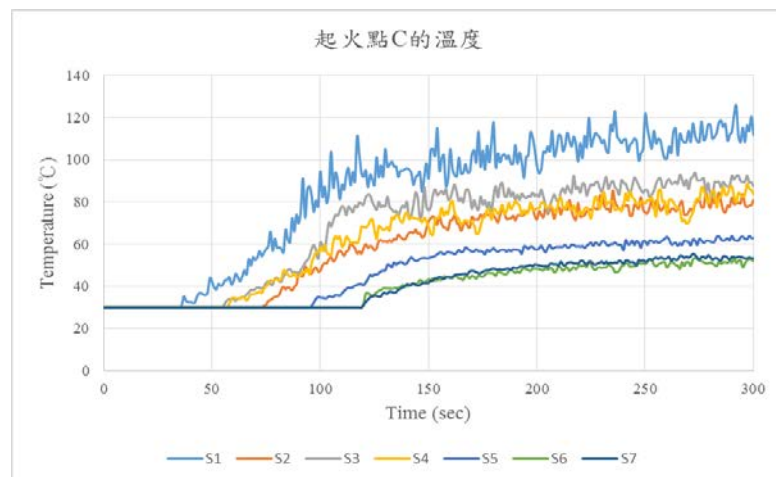


圖 5-23 起火點 C 的溫度趨勢圖

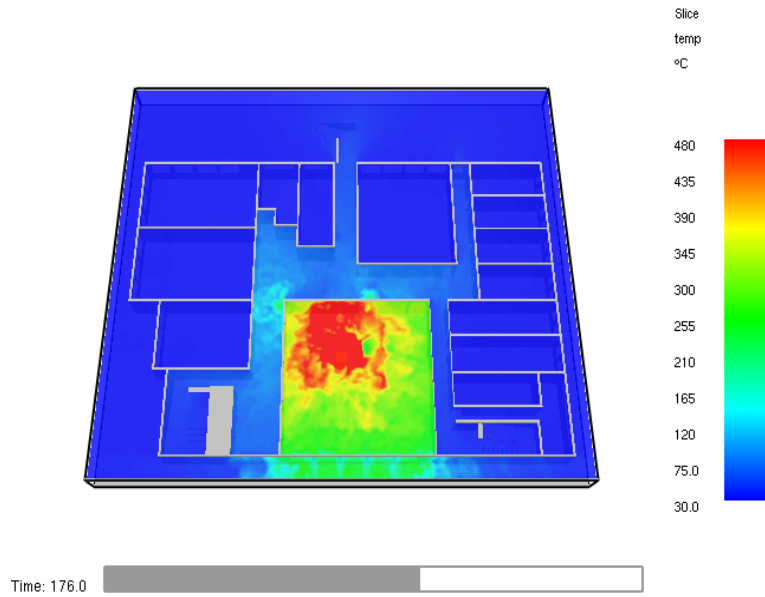


圖 5-24 起火點 C 溫度 smoke view 畫面

2. 能見度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 C 位置發生，當能見度產生變化分佈如圖 5-25 所示，濃煙由教室內的門口處擴散，而大部分之濃煙是由窗戶飄散，避難通道的能見度影響較小。當時間到達 105 秒時，S4 偵測點能見度率先低於 10m 以下，從數據顯示 B503 實驗室門口處容易蓄積煙層，人員應在 105 秒之前迅速離開實驗室內部才不會在避難過程受到阻礙。160 秒後，部分偵測點也來到 10m 以下，因此 B512 實驗室只要把防火門關上，通道上低於 10m 以下的能見度時間就能在往後延。

在透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-26 所示，當時間進行到 214 秒時，避難通道約有一半陷入能見度 10m 以下之情況，隨著時間來到 277 秒時，大部分避難通道也有涵蓋在 10m 以下之狀態。

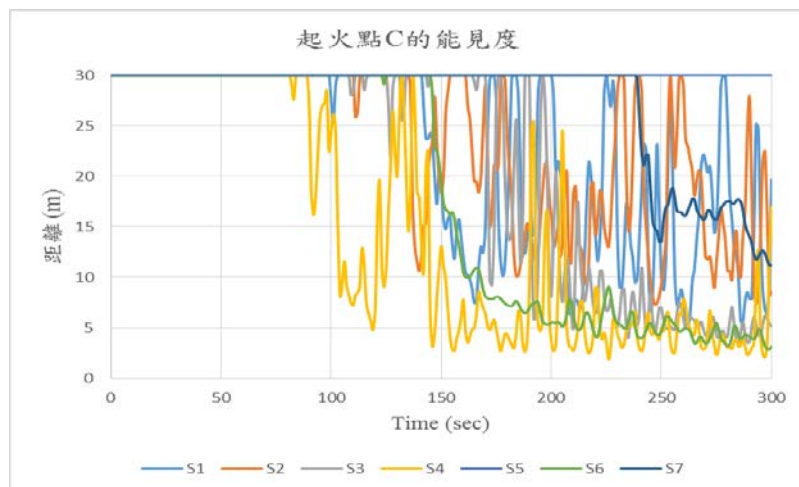
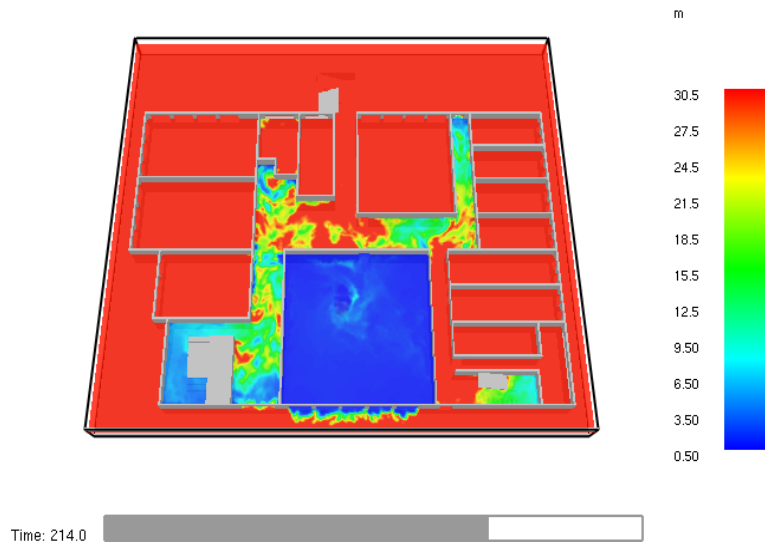
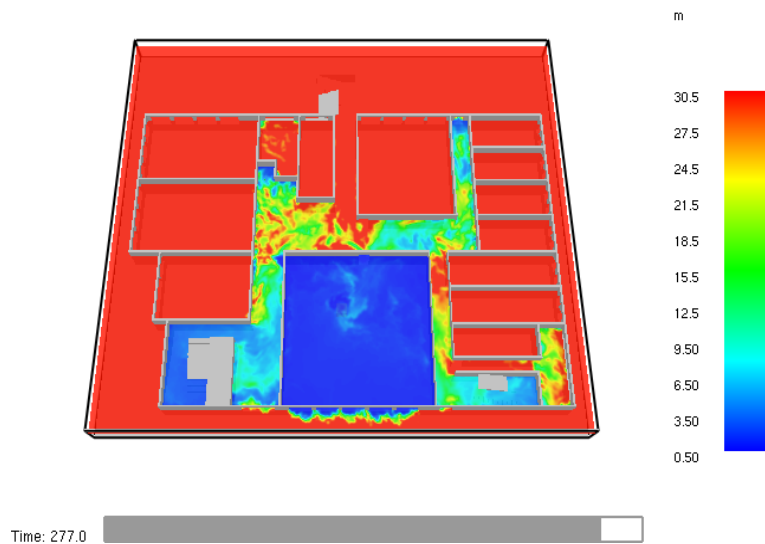


圖 5-25 起火點 C 的能見度趨勢圖



(a) 214 秒後約一半通道能見度低於 10m 以下



(b) 277 秒後約全部通道能見度低於 10m 以下

圖 5-26 起火點 C 能見度 smoke view 畫面

3. 煙的擴散與高度

透過 FDS 電腦模擬軟體完成的機械工程系樓層，當火災在起火點 C 位置發生，當煙層擴散高度產生變化分佈如圖 5-27 所示，與起火點 A、B 相較，煙層高度落在約 2m 處之上，較不影響避難行動，可以確定於教室內發生火災時，迅速關閉防火門隔絕濃煙，就能讓火災控制在一定範圍內，可降低傷亡機率。

在透過電腦截取 smoke view 畫面如圖 5-28 所示，當時間來到 126 秒時，避難通道有一半已深陷濃煙之中，但是由於煙層高度在 2m 之上，並不影響避難行動，而當時間來到 277 秒時，全部通道已經充滿濃煙，但如上述所說煙層高度皆保持於 2m 左右，不至於影響避難行動，故只要迅速關閉防火門門隔絕濃煙，就能讓火災控制在一定範圍內，保障人員安全。

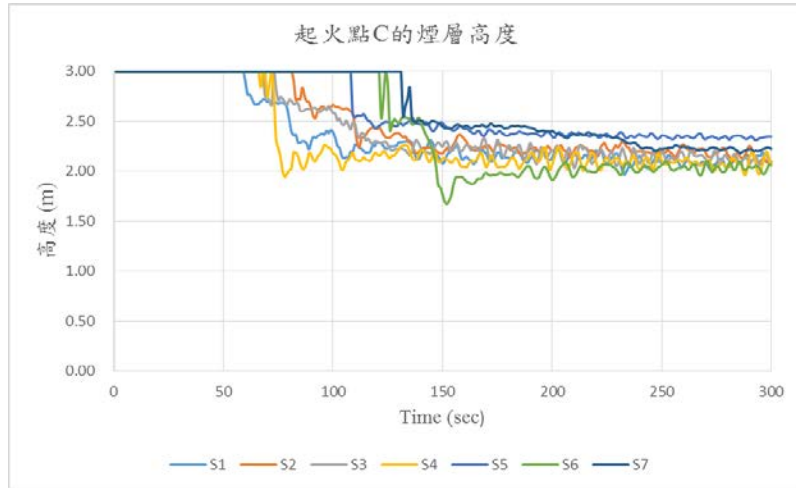
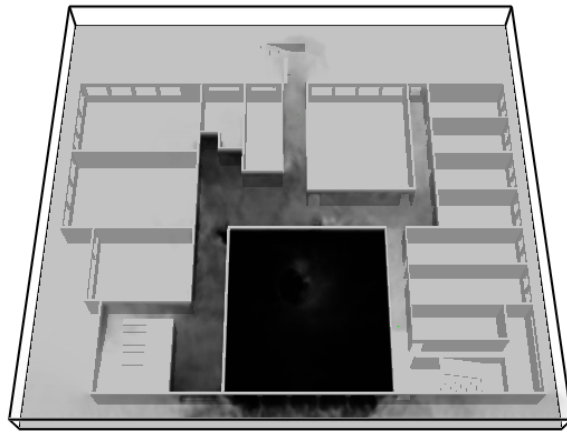
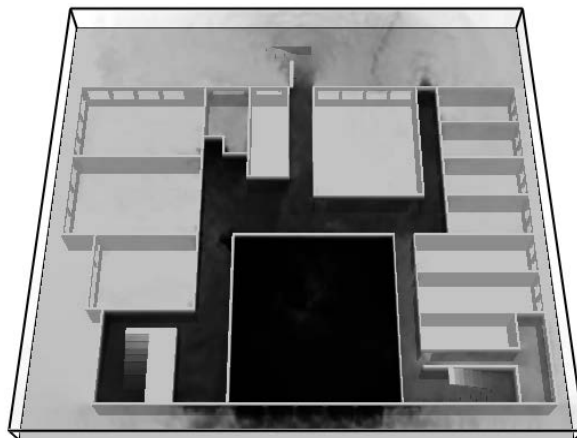


圖 5-27 起火點 C 的煙層擴散高度趨勢圖



Time: 126.0

(a) 126 秒後濃煙約涵蓋在一半通道



Time: 277.0

(b) 277 秒後濃煙約涵蓋在全部通道

圖 5-28 起火點 C 煙層擴散 smoke view 畫面

5-3 真人避難實測與FDS分析

將 FDS 電腦模擬與真人避難實測進行分析比較，首先就 FDS 電腦模擬的數據結果來看，同樣相同的火源，在不同的地點發生火災時，其他的條件相同下，看到起火點 C 之教室內的火災，只要控制得宜，盡速隔絕火場，就不會發生在避難時所造成的人員傷亡；而起火點 B 所產生的溫度、能見度、煙層擴散以及煙層高度等，皆是三種不同火源中最快速危害到避難人員，尤其是煙層高度，在 38 秒時該起火點處，煙層已下降至 1.8m 以下，產生足以讓人吸入有害氣體之高度，再將真人避難實測數據結果套入，傳統型避難器具顯示只要走錯出口，最後 1 人抵達該處出口已經 40 秒了，反而增加了避難時間、難度與傷亡機率，換成智慧型避難器具顯示，避難人員皆在 70 秒內完成安全疏散，以起火點 B 為例，濃煙漫延的速度於 57 秒就涵蓋一半的避難通道，只要避難人員選擇正確的出口，皆能安全順利的完成疏散，再者當濃煙密佈時，智慧型避難器具仍持續指引正確的方向，只要方向正確，即使要蹲低進行避難行動，也比起傳統型避難器具來的安全。傳統型避難器具於公共場所發生火災時，避難人群只能賭運氣，祈禱自己選擇的道路是正確的方向，由於傳統型避難器具只是為了符合法規之規範設立，隨著時代的進步，設備以及法規都要與時俱進，因此盡速建立起智慧型避難系統，讓智慧型消防避難導引系統，能在災害發生時透過第一時間判斷出起火點，接著經由電腦評估後，再讓智慧型避難指示燈指引避難人員往最佳的避難方向疏散，不會有誤闖火源及高溫濃煙等危險，又可大幅減少人員的傷亡，並增加避難人員存活率。

六、結論與建議

本研究以中華科技大學機械工程系樓層，進行真人避難實測與 FDS 火災模擬軟體研究，真人避難實測部分利用智慧型與傳統型避難器具兩種方式，分別進行避難逃生測試，以 FDS 模擬軟體分析不同起火點位置，所產生的溫度、能見度、煙層高度、煙層擴散情形，得到以下結論：

- (1) 真人避難實測部分，使用傳統型與智慧型避難器具，以起火點 B 為例：以避難逃生時間測試，於智慧型避難器具下比傳統型避難器具多出 26 秒，假如把傳統型避難器具折返時間納入計算，折返的過程需增加 35 秒的時間，而在這個折返過程有可能會有傷亡情形等因素，從數據結果得知，傳統型避難器具反而比智慧型避難器具多了 9 秒，導致避難時間增加，故智慧型避難器具較為安全。
- (2) FDS 火災模擬軟體部分，從三個起火點來看，起火點 A 與起火點 B 固然條件近乎相同，起火點 A 所產生煙的擴散延至整個樓層，其方式是由寬的通道擴散至窄的通道；起火點 B 所產生煙則是由窄的通道擴散至寬的通道，而這兩種擴散的方式，以起火點 B 的速率為最快，進而影響能見度、煙層高度；起火點 C 則是發生於教室內部，煙的擴散就比起火點 A、B 較不嚴重，因教室是屬於一個防火區劃，只要迅速把防火門關上，就能把溫度、濃煙控制在一個範圍內。
- (3) 綜合 FDS 與真人避難實測部分，以起火點 B 為例，在 38 秒時該起火點處，煙層已下降至 1.8 m 以下，將真人避難實測數據結果套入，傳統型避難器具數據顯示因走錯出口，此時最後 1 人抵達該處出口已經 40 秒了，需要進行折返的動作，反而增加了避難難度與傷亡機率，換成智慧型

避難器具顯示，避難人員可在 66 秒內完成安全避難。

參考文獻

1. National Fire Agency, Ministry of the Interior, 中華民國內政部消防署
2. Ministry of the Interior of ROC, Laws and Regulations Retrieving System 中華民國內政部主管法規查詢系統。網址：[\(http://glrs.moi.gov.tw/ \)](http://glrs.moi.gov.tw/)
3. 吳玉祥，「消防工程」，五南圖書出版股份有限公司，2010
4. Bishop S. R. and D. D. Drysdale, ” Fire in compartments: the phenomenon of flashover ” The Royal Society, 356 p2855-2872 1998.
5. 蕭敬倫，「區域火災的煙層高度預測」，碩士論文，國立雲林科技大學，機械工程系碩士班，2006
6. 陳弘毅，「消防學」，鼎茂圖書出版股份有限公司，2011
7. 盧育晟，「大型空間煙控危險模擬研究-以桃園國際機場第一航廈改善工程專案」，碩士論文，國立台北科技大學建築與都市設計研究所，2008。
8. Rober F. Mendes: Fighting High-Rise Building Fires Tactics and Logistics. NFPA, 1975
9. National Environmental Health Research Center, 國家環境毒物研究中心
10. Claudy, W. D., ” Respiratory Hazard of the Fire Services,” NFPA, Boston, MA, 1957
11. 陳弘毅，「火災學」，鼎茂圖書出版股份有限公司，2011
12. 沈鈺棠，「集合住宅火災模擬分析-以台北縣新莊鈴木華城集合住宅為例」，國立雲林科技大學，環境與安全工程系碩士班，2008
13. 陳詠翔，「半導體廠房無塵室煙控系統設計」，碩士論文，國立交通大學，機械工程學系，2011
14. 內政部消防署，消防法令查詢系統。網址：[\(http://law.ndppc.nat.gov.tw/ \)](http://law.ndppc.nat.gov.tw/)
15. 黃雄義，「以 FDS 預測 ISO 9705 房間試驗火場情境之可行性研究」，碩士論文，國立高雄第一科技大學，環境與安全衛生工程所，2004
16. 美國標準與技術協會，“NIST-National Institute of Standards and Technology ”。網址：[\(http://www.nist.gov/\)](http://www.nist.gov/)
17. 董嘉欣，「台北地下街設置自然排煙塔之可行性研究」，碩士論文，臺北科技大學，建築與都市設計研究所，2011
18. Fire Dynamics Simulator User’s Guide, National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce.
19. 黃永順，「舊有建築物排煙設備改善與避難安全分析」，碩士論文，國立交通大學，工學院產業安全與防災學程，2004
20. 中華民國內政部建築研究所，「火載量型態於火災成長延燒性之研究」，2006
21. Morgan, H. P., “Smoke Control Methods in Enclosed Shopping Complexes of One or More Storeys:

A Design Summary”, Building Research Establishment Report, 1979.

22. 陳榮進，「新型捷運車站性能式煙控與避難系統設計分析」，碩士論文，國立中山大學，機械工程學系研究所，2000
23. 陳建忠，「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，2004
24. 簡賢文，「高層建築物火災避難策略之研究—以臺北 101 金融大樓為例」，碩士論文，中央警察大學，消防科學研究所，2007
25. 陳火炎，「建築物消防避難問題之研究」，碩士論文，中央警察大學，行政警察研究所，1982
26. 黃弟勝，「我國捷運系統地下車站避難安全性評估之研究」，碩士論文，中央警察大學，行政警察研究所，1998
27. HEX, Inc. 瑞德感知科技股份有限公司官網，網址：<http://www.hexsave.com/>
28. 高嘉偉，「自動撒水設備設置之研究-以量販店為例」，碩士論文，國立臺北科技大學，土木與防災研究所，2011
29. 中華民國消防設備師公會全國聯合會，消防設備師公會全國聯合會技術專刊，10 月號，2014

計畫查核點自評表 (請逐年填列)

一、本表為本計畫重要審查資訊，本表之期程可視產學合作計畫執行情況予以設定。(例如按月別、季別、半年別等均可)。

重要工作項目	查核內容概述 (力求量化表示)			廠商參與情形概述		
	期程一	期程二	期程三	期程一	期程二	期程三
A. FDS+Evac 系統研究						
A1. 參數設定探討	文獻搜集	參考類似結構設計比較	完成各項參數設計	派員參與討論	共同根據經驗作評估	共同完成參數設計測試
A2. 模擬結果與系館結構分析	完成 FDS+Evac 在系館的測試	檢查 FDS+Evac 系統穩定度	探討 FDS+Evac 或是系館結構有無不足需改進之處	共同完成 FDS+Evac 系館測試	派員參與討論	撰寫分析報告
B. 瑞德疏散系統建置分項計畫						
B1. 避難者需求分析、疏散系統設計	因應避難者需求調整及環境管控	對場域大小及使用者群進行客制化設計	客制化產出之系統進行驗證確認符合需求	派員參與討論	協助開發客制化軟硬體	產品驗證測試
B2. 系統佈建與測試	建築結構條件掌握	產品設置後改變之動線特性探討	佈置後工程人員實地測試	派員實地觀察參與討論	提供防災經驗技術指導	產品佈置後測試
C. 實驗過程重點觀察研究						
C1. 由 FDS+Evac 經驗調控智慧疏散系統	比對 FDS+Evac 擁擠出口效率分析	比較兩種模擬方式擁擠出入口差異	設定智慧疏散系統目標疏散時間	派員實地觀察參與討論	建立擁擠原因歷史數據資料庫	派員參與討論
C2. 避難人員行為觀察	各隔間逃出觀察	各廊道疏散觀察	各出口逃出觀察	派員實地監控	派員實地監控	派員管理
D. 火災疏散演算法實證暨消防觀念推廣						
D1. 演算法最差情況實驗	最差情況特性分析	系統面對最差情況執行方法	避難人員面臨最差情況之行為分析	派員參與討論	提供演算法最差情況技術指導	派員實地觀察
D2. 實驗後演算法驗證	疏散效率分析	演算法可靠度探討	現實狀況與演算法衝突探討	派員參與推廣	協助建立消防設備可靠度標準	撰寫分析報告
D3. 積極逃生觀念推廣活動	積極逃生觀念成果展示	傳統舊觀念缺陷分析	教學新觀念以取代舊觀念	派員參與推廣	提供各種數據證明	以多種形式進行分析教學

表 C012A-3

二、本產學合作計畫預估後續發展情形概述：

1. 本研究期望製造出可以普及化到國人日常生活之高規格智慧消防疏散產品，鼓勵國內同業發展多類型延伸應用商品；結合消防業、智慧建築業、智能家庭產業，共同創造屬於台灣的全新附加價值。
2. 可以提供學術界與國內消防同業，對於智慧型疏散系統領域的了解，鼓勵大家共同投入資源（學術界投入消防新觀念教學、消防同業投入新科技研發）於更先進積極的疏散導引應用領域以及相關搭配設備。
3. 利用智慧型消防避難導引系統技術，奠定未來消防法規確實可行之參考方向，成為技術指標，善盡保護全國人民生命的義務。

本計畫相關的著作：

1. 吳玉祥、楊仕宇、陳漢堂、林筱玫，「智慧型消防避難導引系統應用於學校教室之研究」，2016中華科技大學機械工程系校慶研討會，台北市，(2016)。
2. 吳玉祥、楊仕宇、陳漢堂、林筱玫，「智慧型消防避難導引系統應用於學校教室之研究」，中華科技大學學報，(2016)。(待出刊)

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

成果項目		本產學合作計畫預估研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據)	計畫達成情形
技術移轉		預計技轉授權 <u>1</u> 項	完成技轉授權 <u>1</u> 項
專利	國內	預估 <u>0</u> 件	提出申請 <u>0</u> 件，獲得 <u>0</u> 件
	國外	預估 <u>0</u> 件	提出申請 <u>0</u> 件，獲得 <u>0</u> 件
人才培育		博士 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人	博士 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
		碩士 <u>2</u> 人，畢業任職於業界 <u>2</u> 人	碩士 <u>2</u> 人，畢業任職於業界 <u>2</u> 人
		其他 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人	其他 <u>0</u> 人，畢業任職於業界 <u>0</u> 人
論文著作	國內	期刊論文 <u>1</u> 件	發表期刊論文 <u>1</u> 件
		研討會論文 <u>1</u> 件	發表研討會論文 <u>1</u> 件
		SCI論文 <u>0</u> 件	發表SCI論文 <u>0</u> 件
		專書 <u>0</u> 件	完成專書 <u>0</u> 件
		技術報告 <u>1</u> 件	完成技術報告 <u>1</u> 件
	國外	期刊論文 <u>0</u> 件	發表期刊論文 <u>0</u> 件
		學術論文 <u>0</u> 件	發表學術論文 <u>0</u> 件
		研討會論文 <u>0</u> 件	發表研討會論文 <u>0</u> 件
		SCI/SSCI論文 <u>0</u> 件	發表SCI/SSCI論文 <u>1</u> 件
		專書 <u>0</u> 件	完成專書 <u>0</u> 件
		技術報告 <u>0</u> 件	完成技術報告 <u>0</u> 件
	其他協助產業發展之具體績效		新公司或衍生公司 <u>0</u> 家

計畫產出成果簡述：請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。(限600字以內)

本計劃將為消防業和智慧建築業帶來更多實質效益，瑞德感知將智慧疏散主機與 R 型受信總機做界接，R 型受信總機傳送定址感測器溫度與煙霧資料至智慧疏散主機，主機便可透過演算法，計算出安全逃生路徑，並隨危險情況即時調整控制動態指示面板指引方向，導引各人群至各自最適合之安全逃生出口，更有雲端系統通報服務，提供更完善的消防解決方案。透過與 R 型受信總機結合，則無需安裝額外之感測器，達到減少業主成本與資源浪費之目標，並且僅需要額外負擔少許成本便可以擁有「智慧型避難疏散系統產品」。將消防系統變成智慧型的完整解決方案，除大幅提高實質消防安全規格外，最重要是確保了人們生命安全，也讓業主透過這套加值系統將案場導入智慧建築。鑑於目前各大智慧產品皆為獨立運作，尚未有一完整結合之解決方案，因此希望將「智慧型消防避難導引系統」整合各項智慧建築相關產品，包含節省能源、環境監視、自動調控等，提供一完整解決方案，使建築物更加安全、環境更為舒適。透過在傳統的消防避難疏散系統之加入物聯網 IOT 的概念，將傳統消防產品升級成智慧產品，連接至網路雲端進行同步化處理，並能進一步將「智慧型消防避難導引系統」、「雲端通報系統」之火場導引、救災通報服務與其他智慧產品擴充整合至一完整平台，並利用大數據(Big data)進行各種預警判斷及災後分析，期許未來消防業界都能共同努力提供嶄新且完整之服務。