

攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史  
建築修復保存之研究



內政部建築研究所研究報告

中華民國 98 年 1 月



# 攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史 建築修復保存之研究

研究主持人：毛犖 組長

協同主持人：施乃中 教授

研究員：談宜芳、李家宇

研究助理：詹世偉、賀惠慈

內政部建築研究所研究報告

中華民國 98 年 1 月



## 目次

表次 .....	IV
圖次 .....	V
摘要 .....	XI
第一章 緒論 .....	1
第一節 研究緣起與背景 .....	1
第二節 研究目的 .....	1
第三節 研究內容 .....	2
第四節 掃瞄範圍 .....	2
第五節 系統架構 .....	3
第六節 研究方法及流程 .....	4
第七節 研究進度及預期完成之工作項目 .....	7
第二章 案例探討及文獻回顧 .....	9
第一節 古蹟修復 .....	11
第二節 日式宿舍 .....	20
第三節 3D 雷射掃瞄技術 .....	23
第三章 點雲資料處理 .....	35
第一節 點雲資料呈現 .....	35
第二節 點雲結合及描繪 .....	35

第三節 點雲資料最佳化處理 .....	36
第四節 點雲資料發佈 .....	37
第四章 掃瞄成果展示 .....	39
第一節 全區掃瞄狀況 .....	40
第二節 作業過程 .....	40
第三節 點雲資訊相關應用 .....	41
第四節 日式宿舍測繪 .....	49
第五章 點雲資料分析及應用 .....	53
第一節 點雲資料之建立與分析 .....	53
第二節 點雲資料應用方式 .....	73
第三節 網頁呈現方式 .....	86
第六章 結論與建議 .....	95
第一節 結論 .....	95
第二節 建議 .....	98
附錄一 研究計畫案期初審查會議記錄 .....	99
附錄二 第一次座談會議記錄 .....	103
附錄三 期中審查會議記錄 .....	113
附錄四 第二次期中座談會議記錄 .....	121
附錄五 第三次座談會議記錄 .....	129

附錄六 期末審查會議記錄 ..... 133

參考書目 ..... 137



表次

表 2-1 台北市建國高架橋掃瞄及使用者行為記錄 .....	10
表 2-2 3D 掃瞄技術應用於古蹟法定作業效益評估表 .....	14
表 2-3 本研究計畫擬使用的 3D 雷射掃瞄規格 .....	24
表 3-1 不同使用需求使用免費瀏覽軟體之點數建議表 .....	37
表 5-1 室內空間(一)的破壞狀況及表面平整度分析 .....	64
表 5-2 室內空間(二)的破壞狀況及表面平整度分析 .....	65
表 5-3 室內空間(三)的破壞狀況及表面平整度分析 .....	66
表 5-4 室內空間(二)的破壞狀況及表面平整度分析 .....	67
表 5-5 外部網路測試連結速度，採用電腦規格表 .....	93

## 圖次

圖 1-1 街景及掃瞄範圍示意圖 (Urmap 2008, 台北市文化局 2008) .....	3
圖 1-2 研究流程圖 .....	5
圖 1-3 網頁資料庫架構表 .....	6
圖 2-2 古蹟整體生命週期 .....	11
圖 2-3 古蹟修復相關法規架構 .....	18
圖 2-4 3D 雷射掃瞄機原理架構示意圖 (RIEGL 3D Scanner Inc, 2004) .....	23
圖 2-5 掃瞄器之掃瞄距離 (左) 及範圍 (右) .....	25
圖 2-6 上海飛機大樓(左)掃瞄點分布圖(右) (Cheng&Jin,2006) .....	25
圖 2-7 上海飛機大樓掃瞄模型(左)重建之線擋圖面(右) (Cheng&Jin,2006) .....	26
圖 2-8 教堂 1820 年狀況(左) 2003 年狀況(右) (Sternberg, 2006) .....	26
圖 2-9 教堂內部掃瞄點雲(Sternberg, 2006) .....	27
圖 2-10 倒塌儲存槽掃瞄(左)局部倒塌建物現場(右) (Jacobs, 2005) .....	28

圖次

圖 2-11 受損車輛現況(左)現況掃瞄模型(右) (Jacobs, 2005)	
.....	28
圖 2-12 比薩斜塔點雲(Amato etal.2003).....	28
圖 2-13 義大利 Nola 遺址點雲(Amato etal.2003).....	29
圖 2-14 柬埔寨吳哥窟 N1 塔(左)目標物四周搭設鷹架(右)	
(Yamada etal. 2003) .....	30
圖 2-15 吳哥窟 N1 塔 3D 掃瞄流程(Yamada etal. 2003) .....	30
圖 2-16 Holstentor, Lübeck(左),掃瞄點位置(中),掃瞄成果(右)	
(Sternberg ,etc.2004).....	31
圖 2-17 由點雲描繪平面圖、立面圖及剖面圖	
(Sternberg ,etc.2004).....	31
圖 2-18 虛擬實境重現的北方民族的住屋(左),原始鯨魚骨頭	
架構(右上),三角網格生成的模型(右下) (Levy&	
Dawson,2006) .....	32
圖 2-19 使用 3D 影像重建極北的鯨魚骨頭建築的流程圖	
(Levy.& Dawson.,2006) .....	32
圖 2-20 Beauvais 大教堂外觀(左) (Peter,etc.,2003),掃瞄點雲	
外觀成果(右上) (Columbia University Robotics Group ,	
2007),三角網面生成成果(右下) (Peter,etc., 2003).....	33

圖 3-1 規標(左)及手動接合參考點(右).....	36
圖 3-2 校正前座標(左)及校正後座標(右).....	36
圖 3-3 Safari 瀏覽器外掛 Cortona VRML 互動介面 .....	38
圖 3-4 DWF 檔案網路瀏覽介面 .....	38
圖 4-1 掃瞄點位置標示圖 .....	39
圖 4-2 全區配置 .....	39
圖 4-3 掃瞄時使用的相關設備 .....	40
圖 4-4 掃瞄器在制高點的設置狀況(左上)、地面點的設置狀況(右上)、室內的設置狀況(左下)及規標的設置(右下).....	40
圖 4-5 齊東街金山南路側入口透視 .....	41
圖 4-6 齊東街日式宿舍 .....	41
圖 4-7 忠孝東路側街道立面 .....	42
圖 4-8 濟南路二段側街道立面 .....	42
圖 4-9 杭州南路側街道立面 .....	42
圖 4-10 金山南路側街道立面 .....	42
圖 4-11 齊東街北側街道立面 .....	43
圖 4-12 齊東街南側街道立面 .....	43
圖 4-13 濟南路立面 .....	43
圖 4-14 忠孝東路立面 .....	43

圖次

圖 4-15 杭州南路立面 .....	44
圖 4-16 金山南路立面 .....	44
圖 4-17 齊東街北向立面 .....	44
圖 4-18 齊東街南向立立面 .....	44
圖 4-19 齊東街 .....	45
圖 4-20 忠孝東路及濟南路二段建築物 .....	45
圖 4-21 規標設置情況(左)及掃瞄中的規標資訊(右).....	46
圖 4-22 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍平面 .....	46
圖 4-23 日式宿舍入口(左)及玄關(右).....	46
圖 4-24 室內各空間掃瞄資訊 .....	47
圖 4-25 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍正向立面 .....	47
圖 4-26 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍背向立面 .....	48
圖 4-27 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍左側立面 .....	48
圖 4-28 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍右側立面 .....	48
圖 4-29 傳統調查模式 (左) 、3D 調查模式 (右) .....	49
圖 4-30 一層平面圖(左)屋頂平面圖(右).....	49
圖 4-31 各向立面圖 .....	50
圖 4-32 剖面圖 .....	51
圖 5-1 各高程平面圖 .....	55

圖 5-2 橫向空間剖面 .....	59
圖 5-3 與入口垂直之剖面圖 .....	63
圖 5-4 牆面變位分析圖 .....	69
圖 5-5 正向立面圖 .....	69
圖 5-6 右向立面圖 .....	69
圖 5-7 左向立面圖 .....	70
圖 5-8 背向立面圖 .....	70
圖 5-9 橫向剖面變位分析圖 .....	71
圖 5-10 縱向剖面變位分析圖 .....	71
圖 5-11 柱子與地面變位分析圖 .....	72
圖 5-12 和小屋組示意圖 .....	72
圖 5-13 洋小屋組示意圖 .....	73
圖 5-14 齊東街 53 巷 11 號之屋架示意圖(左)室內空間及屋架 點雲關係圖(右).....	73
圖 5-15 齊東街數值地形圖(左)與點雲(右)的呈現比對 .....	74
圖 5-16 街道植栽的數值地形圖(左)與點雲(右)的呈現比對 .....	75
圖 5-17 齊東街公園立面資訊 .....	75
圖 5-18 齊東街公園剖面資訊 .....	75
圖 5-19 街屋-日式宿舍 11 號-新生高架橋立面圖 .....	76

圖 5-20 齊東街區域之建築群所創造出之都市天際線 .....	77
圖 5-21 齊東街北面天際線 .....	77
圖 5-22 齊東街南面天際線 .....	77
圖 5-23 濟南路天際線 .....	78
圖 5-24 忠孝東路天際線 .....	78
圖 5-25 杭州南路天際線 .....	78
圖 5-26 金山南路天際線 .....	78
圖 5-27 依建築技術規則建築設計施工篇比對建築高度限制 .....	79
圖 5-28 大尺度及細部範圍之量測及貼圖前後呈現效果比較 圖 .....	80
圖 5-29 齊東街 11 號日式宿舍左向立面 3D 掃瞄點雲資料(左) 線檔 (中)及 2D 應用於 RP 輸出(右).....	80
圖 5-30 新建建築在竣工時所記錄之點雲資訊之呈現效果	81
圖 5-31 齊東街老照片齊東街(左上和左下) 日式宿舍(右上 和右下)(李全壽、陳廖月娥、周玉珠提供，2007) .....	81
圖 5-32 點雲各視角所呈現的效果 .....	82
圖 5-33 水溶性支撐成型系統 Prodigy Plus(左)超音波清洗機 (右) .....	82

圖次

圖 5-34 齊東街 13 號日式宿舍實體模型輸出：支撐材未清洗 (左上)支撐材已清洗(左下)細部呈現(右) .....	83
圖 5-35 現況與模型對照：齊東街 11 號日式宿舍現況(左) RP 模型(右).....	84
圖 5-36 日式宿舍倒塌後現況與逆向工程製做模型對照：齊 東街 13 號現況(左) RP 模型(右).....	84
圖 5-37 現況與模型對照：齊東街 13 號現況(左) RP 模型(右) .....	86
圖 5-38 網頁架構圖 .....	86
圖 5-39 網頁首頁呈現.....	87
圖 5-40 網頁呈現架構圖 .....	88
圖 5-41 首頁呈現網頁 .....	88
圖 5-42 計畫緣起呈現網頁 .....	89
圖 5-43 環境介紹呈現網頁 .....	90
圖 5-44 掃瞄技術介紹呈現網頁 .....	90
圖 5-45 點雲呈現網頁 .....	92
圖 5-46 聯絡我們呈現網頁 .....	93



## 摘要

關鍵詞：3D 掃瞄器、都市設計、現況資料

本研究主要工作是掃瞄都市街廓(block)內景觀，目的在建構都會生活空間精確數位記錄，以都市景觀現況資訊為擷取對象，運用長距離雷射 3D 掃瞄器記錄期間實體及活動，包括街廓內建物、植栽、開放空間等靜態景觀配合市民生活中之人、車、物流等動態景觀擷取，最後建構一外觀描述模型精度可達 4mm 之都市生活與環境資訊系統。掃瞄結果除具有物表顏色質感等視覺細部外，可提供建築物精確之結構細部以輔助未來規劃、比對空間變位、與建築設施變更監測之用。本研究由內政部建築研究所與台灣科技大學建築系協力完成。

## ABSTRACT

Keywords: 3D scanner, urban design, as built data

This project scans urban scenes within a city block. The project goal is to precisely record urban space in a digital manner. By focusing on as-built urban information, a 3D long range laser scanner was used to note activities and physical objects. Scanned subjects include static scenes like buildings, plants, open spaces, and dynamic scenes like the movements of people, vehicles, and objects. Eventually a model is created with the precision under 4 mm to facilitate an urban live and environmental information system. Scan data combine visual details like color and texture, as well as structural details to assist future planning, to inspect spatial displacement, and to monitor the modification of facilities. This study was conducted by the Architecture and Building Research Institute - Ministry of the Interior and the Department of Architecture - National Taiwan University of Science and Technology.



## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

#### 壹、研究緣起

各種三維模型建構技術，除可利用既有的資料建構外，提供一種溝通方式，來滿足使用者需求，其潛在的資訊價值，特別是在建構具體三維都市實質環境的三維模型，可提供直覺的資訊閱讀方式，具有輔理解都市結構與支援對都市發展、空間分析、及決策機制的用途(Day 1994)。傳統 3D 都市模型的建構，常來自 2D 平面資訊的閱讀與運算，導致後續模型細部描述、影像貼附處理、行為活動等分析現況記錄的實際執行上，耗費時間甚鉅。空照掃瞄雖可提供 2.5D 空間資訊，但於都市現況資料的完整記錄上，較缺乏 3 維空間的敘述。由於，都市包含了許多複雜的靜態與動態景觀資訊，如何提供明確都市現況資訊，同時，建立可供分析之資訊系統，進一步支援或滿足如各級政府、都市和農村規劃者、環境保育機構、電信和公共事業公司、顧問、建築師和工程師等.....，不同使用者之需求，實為現今值得探討的一大課題。

#### 貳、研究背景

近年來，掃瞄在建築量測上之運用，已經擴大至都市規模，並且包含 computer vision、digital photogrammetry、computer graphics 等領域(Fruh 2004; Ikeuchi 2004; Slabaugh 2004; Teller 2003)。Computer vision 之軟體工具，提供處理、結合及模型建構的功能需求(Hartley 2000)，高解析度之 digital photogrammetry 也提供 3D 環境重建時正確規劃與確認結果之方法(Triggs et al. 1999)。在建築方面，掃瞄不僅已運用到更複雜的房屋形體上(Fernández-Martin et al. 2005)，於此同時，就更需要不同解析度之資訊管理及辨識系統(Fernández et al. 2005; Dick et al. 2004)，以便利整體掃瞄、記錄工作之進行，故近距離雷射掃瞄及高解析度資料之擷取，亦已在發展中(Martinez et al. 2005)。

大範圍都市區域雖可藉助於車載掃瞄器，於行進中，擷取資料，以提升效能(Fruh 2004)，但是在轉彎遭遇視角重疊交錯時，可能導致點雲資訊反轉，而必須修正。現今軟體工具之發展，已可解決 2D range imaging 和 3D 掃瞄資訊間轉換及重建問題(Hartley 2000)，若觸及一般 3D 掃瞄資訊與細部結果之結合，則仍有賴未來之發展(SanJose et al. 2005)。

### 第二節 研究目的

本研究主要工作是掃瞄都市街廓(block)內景觀，目的在建構都會生活空間精確數位記錄，以都市景觀現況資訊為擷取對象，運用 3D 掃瞄器記錄其間實體及活動，擷取街廓內建物、植栽、開放空間等靜態景觀配合市民生活中之人、車、

物流等動態景觀，建構一外觀描述模型精度可達 4mm 之都市生活與環境資訊系統。除具有物表顏色質感等視覺細部外，可提供建築物精確之結構細部分析比對之用，輔助設計、空間變位、與基本設施變更（增建、改建、重建）監測。

本研究以台北市齊東街為範圍，掃瞄忠孝東路二段、濟南路一段、金山南路一段、杭州南路一段圍繞街廓內現況，另選取一日式住宅詳細掃瞄內部及外觀，並將結果於網路呈現。

### 第三節 研究內容

相較於傳統都市區域電腦模型運用地籍圖、空照圖建構方式，本研究著重都市外觀現況(as-built)記錄，在都市尺度之精確掃瞄及細部記錄下，提供最新立體資料，作為規劃設計實務、審議、甚至教學研究之用。

研究中所稱「都市數位景觀」為靜態景觀與動態景觀之合稱，擬記錄如建物硬體。都市數位景觀，長時間可因新建、改建、增建、拆除、成長（植栽）而產生變化。都市現況數位模型資料如下：

- 建物：街屋立面
- 植栽綠地：包含都市常見之樹種、樹形、樹貌之景觀植栽。與現有圖庫元件相較，經由適當數位形式表達後可以直接用於虛擬景觀中，呈現高度真實性。
- 開放空間

掃瞄操作內容是以 3D 足尺呈現，以 1:1 比例掃瞄記錄生活空間，藉由 3D 形體之體驗珍藏人性空間尺度。空間掃瞄可以是生活中的記憶，除了較嚴肅且必須記錄的建築環境外，記錄的對象未必是刻意規劃設計過的配置，譬如場景可以是街屋、立面、騎樓、巷弄、路口街角、或樹下，搭配的物件可能是座椅、路樹、或摩托車，當在地居民或遊客與場景中物件搭配互動下產生活動時，便可能創造出各式空間使用形式。因此空間意義便在人的參與下產生，有些符合人性尺度，有些則無，但都是都會生活經驗之一部分。

### 第四節 掃瞄範圍

依照台北市文化局描述(台北市文化局 2008)齊東街歷史建築包含 53 巷 2、4、6、8、9、10、13 號及濟南路 2 段 25、27 號等日式宿舍共 9 處，創建年代約介於 1920 至 1940 年代，屬幸町職務官舍群（今泰安街、齊東街）。此區為總督府所屬單位不同階級職務官舍的分佈區：南端為總督府重要職務官舍，出現於一九三五年間，附近區域包括第二高女學校、醫學校、工業學校、帝大教授、交通局庶務課技師、國土局土木課技師、總督府食糧局局長、殖產局總務課、總務局審議室事務官、總務局地方課、國土局電力課、財務局會計課、交通局社會課等各課長級之三等官以上官舍；北端齊東街一帶建築群屬中、低階官屬職員宿舍，

充分反映日治時代晚期官舍之代表作品。

本區建築群落原為日治時期所屬單位不同階級職務的文官宿舍，且位於殖民城市官員住宅區之中心。其後又為光復初期國民政府中央官員宿舍，建築內、外部空間仍保有日式宿舍之建築特色，具當時都市住宅群落特徵、其整體佈局與建物構造、形式皆完整之保存價值。該建築群夾處鬧市中，卻擁有綠蔭公園與空地形成之綠意空間，其人性化的低密度空間對塑造良好的都市環境具有實質之貢獻。

齊東街五十三巷二、四、六、八、九、十、十三號之建物屋頂雖受損，但可修復性高，鄰近濟南路二段二十五號、二十七號建物曾為空軍總司令與副總司令之官邸，全區日式住宅各種特色仍具備，有群落保存價值。

本區位於都市核心地帶，地價高昂，潛在價值大。考量未來極有可能因都市更新而改建下，希望在變更現貌前先行掃瞄，以忠孝東路二段、濟南路一段、金山南路一段、杭州南路一段圍繞街廓內為範圍，另選取一日式住宅詳細掃瞄內部及外觀，作為日後更新規劃時參考、比對之用。實際包含範圍，如圖 1-1 所示。

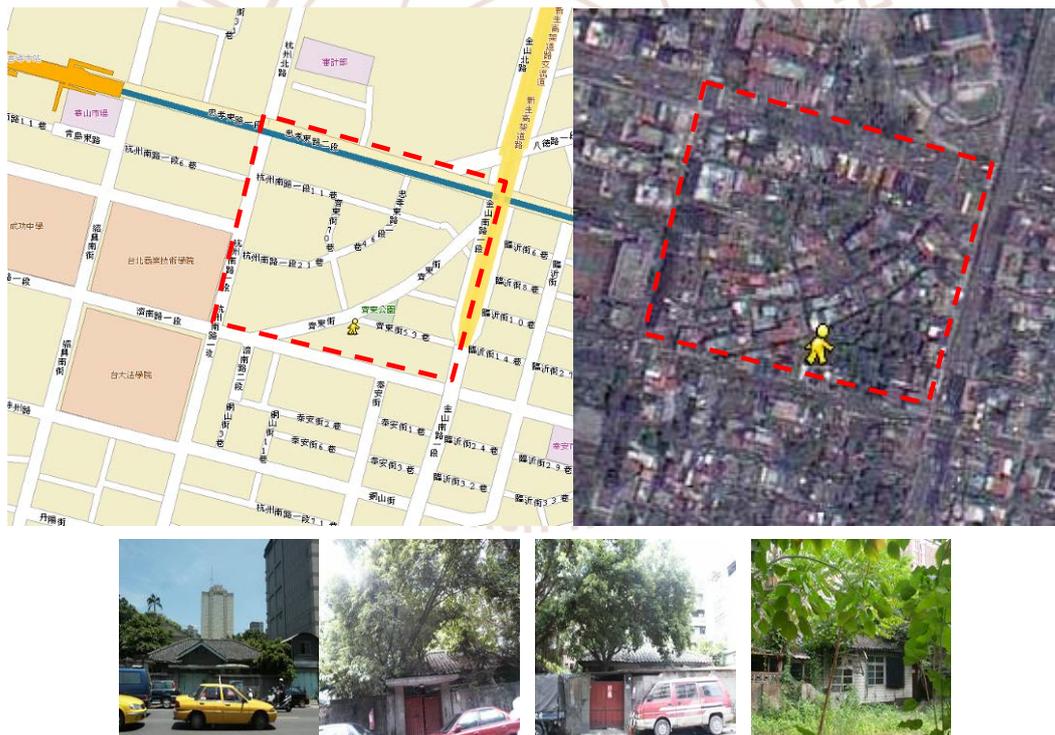


圖 1-1 街景及掃瞄範圍示意圖 (Urmmap 2008, 台北市文化局 2008)

## 第五節 系統架構

為便利大量都市現況資料管理及使用，研究將建構資訊系統功能如下：

- 一、3D 資料庫：SQL 介面，提供使用者關鍵字搜尋。考量資料量及顯示速度，初擬依照地圖區塊為單元，依照掃瞄執行階段成果彙整後切割具部分重疊之

3D 點雲及模型塊，亦保留全區模型。

- 二、模型網頁編寫(authoring)：都市物件模型及其格式之建立、及維護。為求使用者能互動瀏覽，大量點雲及模型資料必須依照如 Octree(Octree Corp. 2006) 格式建立，運用內建資料九種摘要層級，提供大量資料瀏覽及量測功能。
- 三、模型編輯(editor)：含資料結合、修補功能，使大量逐區掃瞄點雲經結合後呈現全貌。現場掃瞄因行人、車、植栽等，在其後方形成陰影部分必須修補。方式有二種：由其他方位掃瞄填補、建構模型後，由破洞周遭曲率運算填補。
- 四、資料表達方式：計點雲、模型二種。前者係原始資料，必須保存作為後續掃瞄比對參考；前者可能經由 reduce noise 及 sampling 運算，當檔案過大時，必須減點、面，即使外觀差異有限，仍與原始資料有別。
- 五、資料服務：資料具數位版權，所以，有關網路的顯示及量測，將有限度的對外試行開放，下載時，必須申請同意，且屬教學研究相關之服務方可。

## 第六節 研究方法及流程

資訊科技與技術日趨演進，除提供了更方便，快速的地理分析和都市模擬數位化工具外，於都市開發審議等政策制定與決策輔助面上，數位化輔助工具，提供了迅速和有效的資料儲存與資訊的檢索方式，可提高決策的溝通效益，並於不同層級的溝通介面上，提供不同資訊交換的平台(Delaney 2000)。本研究，除依照上述「都市及郊區分期掃瞄範圍與內容」規劃時程外，亦將配合都市發展、更新之所需，選取具鄉土文化之區域，透過長距離 3D 雷射掃瞄，進行區域內全面的現況資料記錄。

本研究將使用 3D 雷射掃瞄器擷取現況資料，執行步驟，如圖 1-2 所示，如下：

- 一、確定掃瞄範圍：含區位調查、掃瞄模擬
- 二、制訂掃瞄計畫：
  - 全面掃瞄：逐區、節點、具可及性制高點之掃瞄
  - 單棟住宅掃瞄：針對一棟日式住宅記錄室內及外觀。
- 三、資料編輯與處理：
  - 建立 3D 資料庫系統：SQL 介面，提供使用者關鍵字搜尋。考量資料量及顯示速度，初擬依照地圖區塊為單元，依照掃瞄執行階段成果彙整、分塊。
  - 資料表達方式：計點雲、模型二種。前者係原始資料，為後續掃瞄比對參考；前者可能經由 reduce noise 及 sampling 運算，當檔案過大時必須減點、面，即使外觀差異有限仍與原始資料有別，但因具有視覺效果，因此與點雲並列二種表達方式。向量圖檔非本研究建構內容。

- 模型編輯(editor)：含資料結合、修補功能，大量逐區掃描點雲經結合後方具全貌。點雲結合：藉由控制點或特徵點自動結合方式整合成大範圍點雲模型。

四、模型網頁編寫(authoring)：都市物件模型及其格式之建立及維護。為求使用者能互動瀏覽，大量點雲及模型資料必須依照如 Octree 格式建立，運用內建資料九種摘要層級，提供大量資料瀏覽及量測功能。

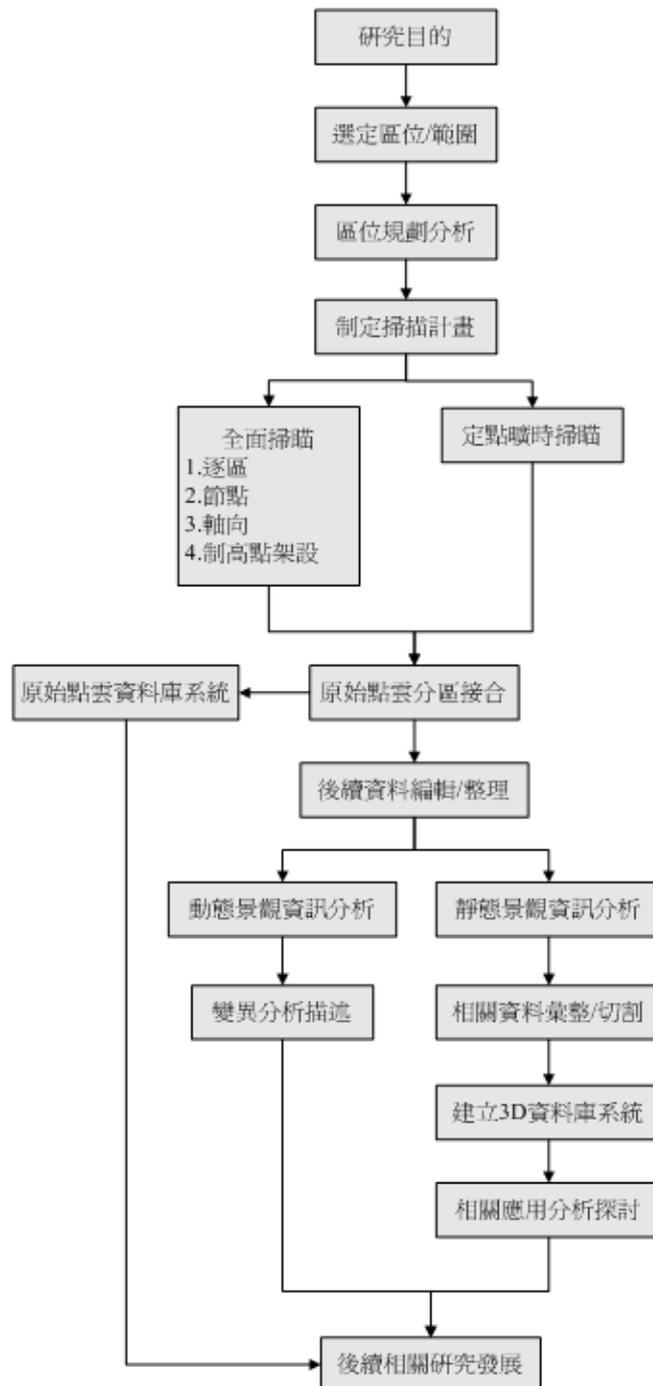


圖 1-2 研究流程圖

網頁上架設資料庫，必需考量到多人同時瀏覽網頁的情形，因此，本網頁的基本架構，是採用 MySQL 資料庫系統搭配 PHP 的程式語法，用 DreamWeaver 的程式，將這兩個架構連結起來。在資料庫的建立上，因為，此資料內容出現相同的機會可以說是微乎其微，因此並不考慮正規化相關的處理，只以最簡單的方式將資料完整的建立在一張表單上。

由於，點雲資料並不屬於文字資料的一部份，考量點雲檔案一般來說，較文字資料的檔案量要大上許多，因此，考量電腦運作速度，策略上，採取將點雲檔資料庫和文字檔資料庫，分兩個資料庫予以個別處理。將來點雲要呈現的網頁，是從文字網頁鍵入點雲資料名稱，然後用超連結方式，連結點雲資料瀏覽。最後，使用者可以在瀏覽網頁上，輸入所有相關搜尋條件，在過程中，會經由 PHP 的 Select 的語法轉換，將相關條件之資料一併喚出，在網頁上呈現供其瀏覽，網頁資料庫架構表，如圖 1-3 所示。

五、資料服務：資料具數位版權，網路顯示及量測將有限度外試行開放，下載。

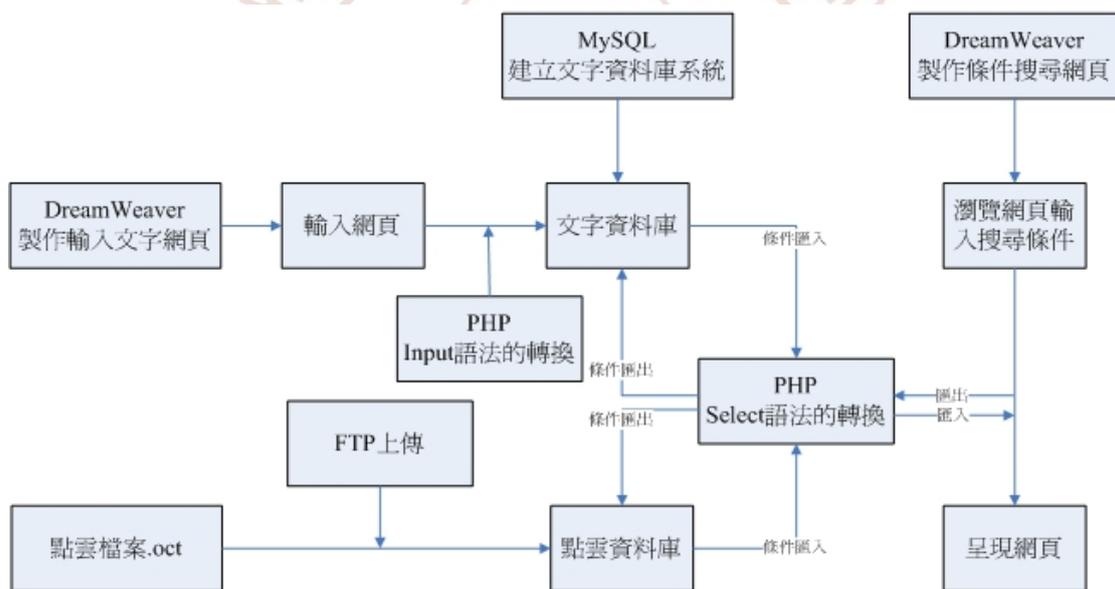


圖 1-3 網頁資料庫架構表

## 第七節 研究進度及預期完成之工作項目

月次 工作項目	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月	第十二月	備註
	確定掃瞄範圍及制訂掃瞄計畫												
全面掃瞄及定點掃瞄													
模型編輯													
建立3D資料庫系統													
模型網頁編寫													
預定進度 (累積數)	4	12	20	32	44	60	76	88	96	100			
<p>說明：1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。</p> <p>2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每一小格粗線為一分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。</p> <p>3 科技計畫請註明查核點，作為每一季所預定完成工作項目之查核依據。</p>													



## 第二章 案例探討及文獻回顧

本研究室對單棟古蹟、歷史建築（見圖 2-1）及其周遭環境已有成果發表（施乃中 2002-7；Shih 2006-8），在 500m 直徑規模之古蹟園區亦有操作成果（見圖 2-2），已執行成果之掃瞄點雲呈現例有台北市建國高架橋彩色掃瞄及使用者行為記錄（表 2-1）。本研究將擴大研究範疇與提升資料運用效能，擬從台北市重要街廓切入，建構以「環境現況」掃瞄為主體之「數位景觀」，建構掃瞄資料資訊系統。

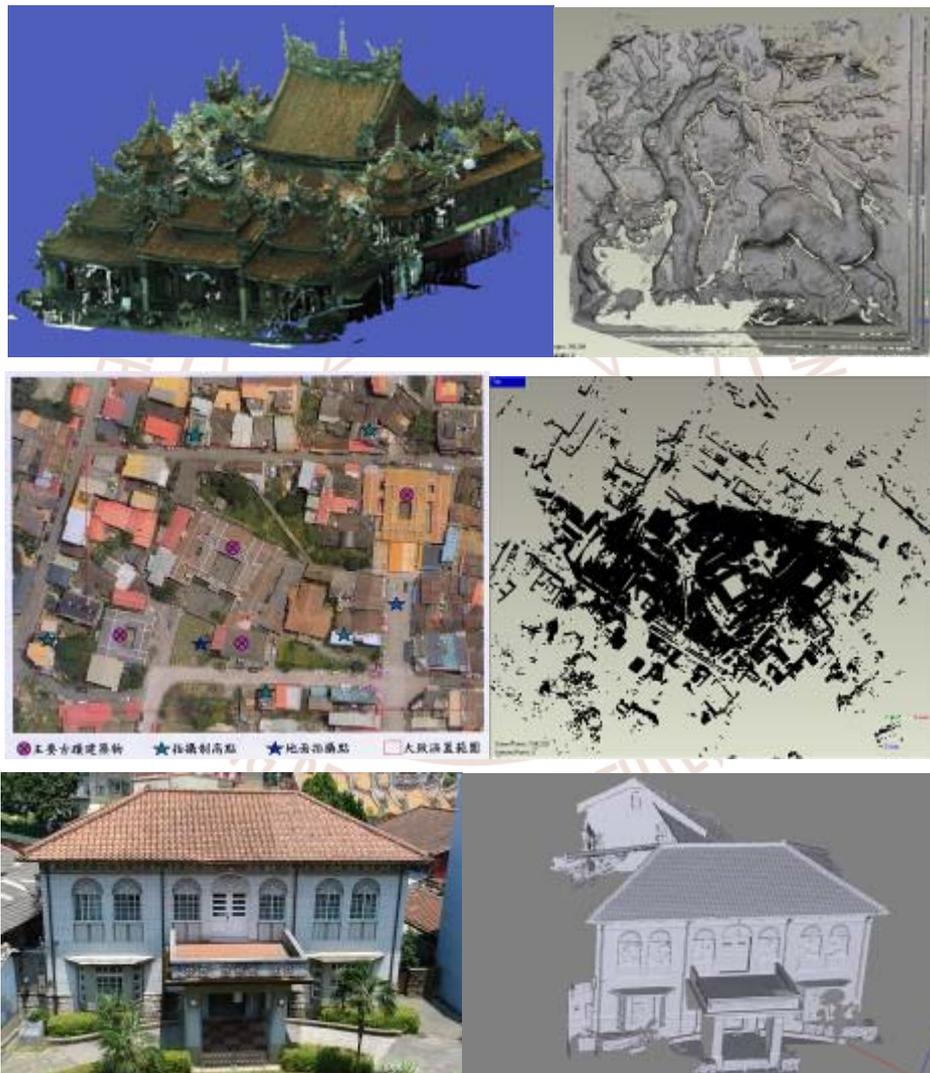
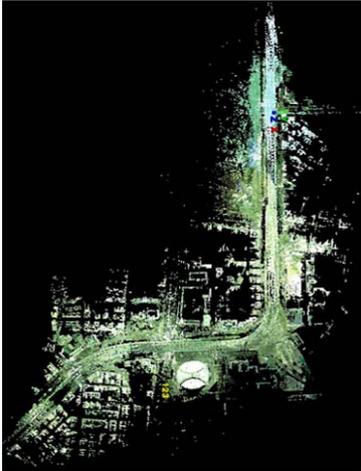
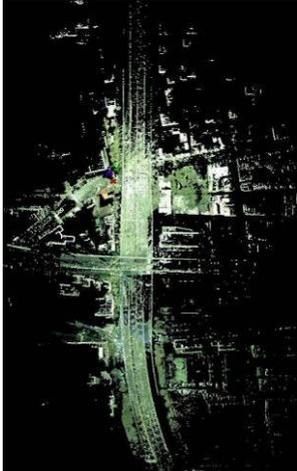
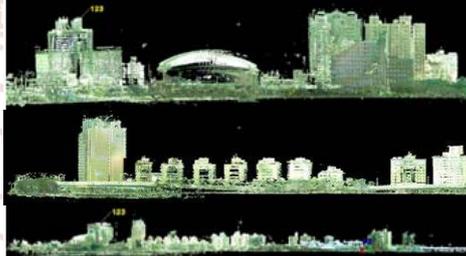


圖 2-1 三峽祖師廟及浮雕掃瞄（上）北埔古蹟園區掃瞄（中、下）

表 2-1 台北市建國高架橋掃瞄及使用者行為記錄

<p>分區平面、立面、與透視點雲 (辛亥-和平段、市民大道段)</p>		
		
		
<p>立體高架橋與低矮民宅點雲 (市民大道段)</p>		
<p>公園與路旁植栽點雲</p>		
<p>廣告招牌與路旁店家點雲</p>		

## 第一節 古蹟修復

古蹟是經法定程序加以保存的歷史構造物(Historical building)，是人類的歷史證物之一。其中意涵著兩種重要的特性：(1)作為象徵過去的「史實性」；(2)作為當代歷史的「物證性」，其意指古蹟「歷史性」的延續及當代「物性」刻意的保存。就古蹟作為歷史證物的「物性」而言，究竟是否要原物保存，抑或可添加現代防護材料以延續其生命，抑或可「複製」加以保存(黃斌等人，1998)。

為保存及活化文化資產及發揚多元文化，政府機關針對古蹟、歷史建物及聚落類等文化資產保存、維護及宣導，目前所訂定之鄉關法規有「古蹟指定及廢止審查辦法」、「文化資產保存法」及其施行細則、「古蹟修復及再利用辦法」、「古蹟維護辦法」等等，其中「古蹟修復及再利用辦法」規範了古蹟在修復過程中主要應辦理事項及程序。

當一棟建築物被主管機關依法指定為古蹟，即需依照文化資產保存法相關規定，依序進行修復及再利用計畫、規劃設計、施工監造、工作報告及管理維護等事項，一直到古蹟廢止為止，這建立了古蹟整體生命週期的演變及架構：其中修復及再利用計畫、規劃設計、施工監造及工作報告書等係屬於修復作業之操作內容，故可歸類古蹟整體生命週期為古蹟指定 → 古蹟修復 → 管理維護 → 古蹟廢止等四大項，各階段之法規及內容，如圖 2-2 所示。

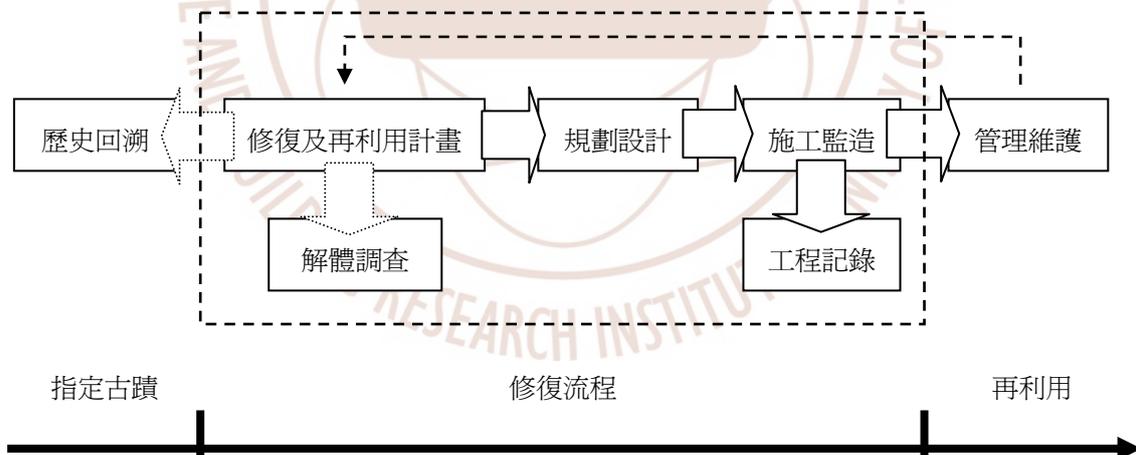


圖 2-2 古蹟整體生命週期

一、古蹟指定基準：依「古蹟指定及廢止審查辦法」第二條規定，古蹟應符合下列要件，並經主管機關審核通過後方可指定之。

- 具歷史、文化、藝術價值。
- 重要歷史事件或人物之關係。
- 各時代表現地方營造技術流派特色者。
- 具稀少性，不易再現者。

- 具建築史上之意義。
- 具其他古蹟價值者。

經討論後，本案操作標的之木造日式宿舍為日據時代由官方大量興建之建築物，在建築型式、外觀及構造上能回溯歷史、文化背景及生活環境，故推斷應為符合第一款及第五款要件所指定之市定古蹟。

二、修復工作內容：古蹟應保存原有形貌及工法，如因故毀損，而主要構造與建材仍存在者，應依照原有形貌修復，必要時得採用現代科技與工法，以增加其抗震、防災、防潮、防蛀等機能及存續年限(文化資產保存法第 21 條)。

(一) 修復或再利用計畫：包括下列事項(古蹟修復及再利用辦法第 2 條)：

- 文獻史料之蒐集及修復沿革考證。
- 現況調查，包括環境、結構、構造與設備、損壞狀況等調查及破壞鑑定。
- 原有工法調查及施工方法研究。
- 必要之考古調查、發掘研究。
- 傳統匠師技藝及材料分析調查。
- 修復原則、方法之研擬及初步修復概算預估。
- 必要解體調查之範圍及方法、建議。
- 按比例之平面、立面、剖面、大樣等必要現況測繪及圖說製作。
- 再利用必要設施系統及經營管理。
- 其他相關事項。

(二) 規劃設計：依據修復原則及經費，整理相關資料繪製修復之相關圖說，提供施工廠商據以實際施作。法定內容如下：

- 必要調查之資料整理分析。
- 規劃及設計方案研擬。
- 現況之測繪。
- 修復或再利用圖樣之繪製。
- 必要之結構安全檢測及補強設計。
- 施工說明書之製作。
- 工程預算之編列。
- 都市計畫法、建築法、消防法、及其他相關法規檢討。

(三) 施工監造：分為兩大部份，一為設計者執行監造工作，督責施工廠商岸

圖說規範施工；一為施工圖廠商按圖施作。此階段因係將 2D 圖面轉為 3D 現況施作，故為圖說與現況不符、無法施作及圖面標示不清等問題之浮現點，也最為複雜冗長。法定內容如下：

- 施工廠商清點、統計原有構件及文物督導。
- 施工廠商施工計畫、預定進度、傳統匠師或專業技術人員、重要分包廠商及設備製造商資格之查對。
- 施工廠商放樣、施工基準測量及各項測量之校驗。
- 原貌與設計書圖不符時之建議及處理。
- 施工廠商辦理原用材料保存、修復或更新與品質管理工作之督導及查核。
- 施工廠商執行舊有文物之保護、工地安全衛生、交通維持及環境保護等工作之督導。
- 履約進度及履約估驗計價之查核。
- 有關履約界面之協調及整合。
- 新添設備之適宜性建議、測試及試運轉之監督。
- 竣工文件及結算資料之協助製作。
- 工作報告書及工程驗收之協助。
- 協辦履約爭議之處理。

(四) 工作報告書內容：將執行修復過程、內容及相關資料，利用文字與照片彙整成冊，以利歷史經驗之傳承及後續古蹟之管理維護。法定內容如下：

- 施工前損壞狀況及施工後修復狀況記錄。
- 參與施工人員及匠師施工過程、技術、流派記錄。
- 新發現事物及處理過程記錄。
- 採用科技工法之實驗、施工過程及檢測報告記錄。
- 施工前後、施工過程、特殊構材、開工動土、上樑、會議或儀式性之特殊活動與按工程契約書要求檢視等之照片、影像、光碟及記錄。
- 施工前、施工後及特殊工法之圖樣或模型。
- 修復工程歷次會議記錄、重要公文書、工程日誌、工程決算及驗收記錄等文件之收列。

三、管理維護內容：依「文化資產保存法」第 20 條第 4 項及「古蹟管理維護辦法」規定，內容如下：

攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

- 日常保養及定期維修：包括檢測、保養、維修及記錄。
- 使用或再利用經營管理：包括開放參觀計畫、經營管理計畫、建築物利用計畫及社區發展計畫。
- 防盜、防災、保險：包含定期檢查記錄、擬定防災計畫及辦理災害保險。
- 緊急應變計畫之擬定：包含應變任務編組、人員、處理程序及防災訓練或演練。

四、古蹟廢止基準：依「古蹟指定及廢止審查辦法」第 6 條規定：

- 古蹟因故毀損，致失去原有風貌者。
- 因火災、水災及震災等天災致古蹟主構件解體或滅失者。
- 其他喪失古蹟價值之原因者。

針對古蹟修復及管理維護過程等主要生命週期之法定應辦事項及內容整理後，經初步探討各項工作內容中可透過 3D 雷射掃瞄技術可得到助益之項目如下見表 2-2 3D 掃瞄技術應用於古蹟法定作業效益評估表，後續章節將藉由實際操作或論述來加以應證與分析。

表 2-2 3D 掃瞄技術應用於古蹟法定作業效益評估表

工作項目		實際 效益	說明
修復 及 再 利 用 階 段	現況調查，包括環境、結構、構造與設備、損壞狀況等調查	◎	於 3D 掃瞄所得點雲資料中可完整精確記錄現場狀況，透過該數位化資料可隨時經由電腦做不同層次之調查分析，免重複至現場勘查，不受天候限制且能降低成本。
	修復概算預估	○	在一開始修復預算之經費係以面積估算，因 3D 點雲資料具有可量測性，故於掃瞄完成後即可透過電腦得到建築物各空間面積及形狀，精確度及量測速度均較人工量測高，估算結果也較為貼近。
	按比例之平面、立面、剖面、大樣等必要現況測繪及圖說製作	◎	點雲資料係 3D 方式呈現，透過電腦軟體之描繪及轉換處理即可取得精確之 2D 圖樣或 3D 模型，有效縮短量測及繪圖之時間，且可免除人工繪製錯誤產生。

規 劃 設 計	現況之測繪	◎	從古蹟修復及再利用階段到規劃設計階段，約需耗費數個月時間，在此期間古蹟現況可能會有所變動，故本階段須重新量測來修正及確認前次調查研究測繪之結果；導入雷射掃瞄技術後，僅需透過掃瞄資料之比對即可得知，免再耗費一次人力測繪。
	修復或再利用圖樣之繪製	○	利用修復及再利用所階段完成之現況測繪圖、破壞圖及復原圖說整合後，配合再利用方向進行修復細部設計圖面繪製。
	工程預算之編列	○	現況點雲資料可透過網路直接於線上進行古蹟及其構件數量清點及尺寸、面積量測，快速且精確估算原有保留物件數量作為工程預算之參考。

施 工 監 造	施工廠商清點、統計原有構件	○	直接透過點雲資料中找出主要構件位置並統計數量。
	施工廠商放樣、施工基準測量及各項測量之校驗。	○	放樣正確與否為修復工作之重要關鍵，主要構件（如屋架及柱）在施工前以 3D 雷射掃瞄記錄，再與修復設計圖比對確認其位置，可預防施工錯誤之產生。
	原貌與設計書圖不符時之建議及處理。	○	因點雲資料係複製現況，若非受外力影響，不致於測繪資料與現況不符之情況；若後續細部設計與現況有所不符時，設計者與施工者可先透過點雲資料來溝通協調，即時排除施工上之困難。
	履約進度及履約估驗計價之查核	◎	透過不同時期古蹟現況之掃瞄點雲資料比對，可確實掌握施工進度及內容並據以作為估驗計價之基準，排除過去估驗計價僅能以廠商書面資料以致各方認定不同情況發生。
	有關履約界面之協調及整合。	◎	當設計圖說不清亦或是業主、建築師及施工廠商三方意見相左時，可先透過電腦 3D 資料即時進行

			討論解決，如無法解決時再至現場勘查，可使工程順利進行且降低成本。
	工程驗收之協助	○	藉由施工後掃瞄點雲資料與設計圖面之比對，確認修復工程內容、位置及面積是否與設計圖相符，協助主驗人員驗收。
工作報告書	施工前損壞狀況及施工後修復狀況記錄	◎	施工前損壞狀況及施工後修復狀況業分別於修復及再利用計畫及施工監造階段完成，且為 3D 模式記錄。
	施工過程	○	於古蹟修復期間，會於重要工作項目施作完成(如屋架及基礎等)或一定期間進行掃瞄比對確認進度，完整記錄施工過程，另可透過照相及錄影來記錄施工規模較小或施工期較短之工作項目。
管理維護	日常保養及定期維修	◎	利用 3D 掃瞄定期記錄比對古蹟之變位及變形情狀，於災害發生前預防；另完整之現況點雲資料可輔古蹟既有設施之管理、室內裝修及隱蔽管線之修。

◎：高效益      ○：有效益

將法定修復相關工作內容表列分析後發現，導入 3D 掃瞄技術修復作業後效益最大之處，分別於修復及再利用階段之調查研究記錄分析及測繪圖面製作、監造施工階段之履約進度管理及施工記錄、管理維護階段之安全觀測及設備管理等，故本研究方向將針對這些項目來分析。透過初步之探討可瞭解 3D 掃瞄技術之在古蹟修復應用主要有三大方向，分別為記錄、比對、及觀測。

### 五、修復參與人員

在上述生命週期演變之過程當中，陸續會有許多人員的共同參與，包含古蹟主管機關、規劃者、設計者、施工者、修復工作者、建築物所有權人或管理者等等，各自依本身的權責及專業技術參與了古蹟的全部或部分生命週期。

(一) 古蹟主管機關：在中央為行政院文化建設委員會；直轄市為直轄市政府；縣(市)為縣(市)政府，參與及控管文化資產自指定到廢止之整體生命週期，法定權責為文化資產之保存、教育及研究工作，並予以宣導、教育及推廣。

(二) 規劃者：為建築師或專家學者，在古蹟被指定後，主要工作為收集相關

文獻資料確定古蹟之歷史價值、調查現況、建立修復原則及規劃後續再利用之方向等。

- (三) 設計監造者：依法登記開業之建築師。依循古蹟現況及規劃者所訂之修復原則及再利用方向，進行細部設計及相關法規檢討；施工中持續監控工程之進度及施工內容，確認施工成果與圖說規範相符，並隨時配合現況調整進行變更設計。
- (四) 施工者：依法設立之綜合營造業且具有一定經驗之工地主任及傳統匠師或專業技術人員，主要工作為古蹟修復之施工統理。
- (五) 修復工作者：傳統匠師或專業技術人員，針對單項傳統技術性修復，如大木、小木、細木、泥作、瓦作、彩繪、剪黏或交趾陶等。
- (六) 古蹟所有權人及管理者：私有古蹟為建築物所有權人，公有古蹟為所有或管理機關，辦理古蹟之保存、修復及管理維護事項。
- (七) 社區民眾：古蹟周圍之居住民眾。於古蹟進行修復及再利用計畫時，應確實考量當地文化、周圍環境、都市發展及社區民眾等特性及需求，讓古蹟能真正融入當地環境當中，除了古蹟主管機關和所有權人或管理者之外，倘能得到社區民眾之支持與參與，更能提升古蹟再利用及管理維護之效率。
- (八) 其他不特定人員，如網路瀏覽者及觀光客等。

各人員所參與之修復作業，依照古蹟修復相關法規架構整理，如圖 2-3 所示，其中主管機關及當地社區民眾等雖參與了古蹟生命週期之全部過程，其扮演主要角色是屬於督導、監督及提供參考意見等間接作業；而實際直接參與修復作業，係為規劃者、設計者、所有權人或管理者及施工者，故為有效改善效率，各專業人士間之溝通協調為重點。

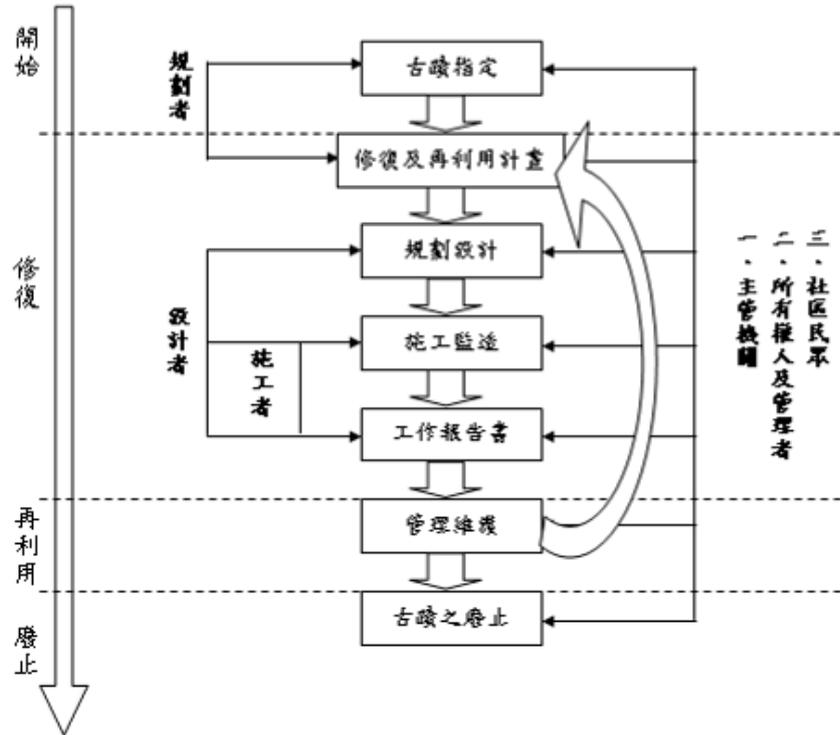


圖 2-3 古蹟修復相關法規架構

#### 六、現有問題探討

經整理出相關法規程序及內容後，發現目前修復之流程係以階段性操作，循序漸進的按照修復及再利用計畫、規劃設計、施工監造(含工作報告書)及管理維護等四階段執行，在這樣的架構模式中檢討問題點如下：

- (一) 片段性思考，無預防錯誤機制：傳統作業方式，是延續上階段所得成果來進行整理分析加工後，將所得資料傳遞給下階段；例如，規劃設計階段是將修復及再利用階段所調查研究古蹟現況、測繪資料及修復原則等為依據，進行細部設計及工程經費編列後，再交由現場去施工；故當一開始之調查資料有誤差或不明確時，則後續設計作業也將跟著錯誤，直到實際施工時與現場不才發現，但已造成多餘成本之浪費及工期延宕；據此，錯誤預防機制之建立將有助於降低成本及提升效率
- (二) 重複性作業：從現行法規作業內容來看，有許多作業是重複但卻又是必要性的，如測繪、現場調查及記錄等，這些作業不僅耗費大量人力、時間及物力成本，所得資料又因受限於人力操作，精確度及完整性無法提升，故如何快速正確完成這些作業，將可有提升修復效益
- (三) 線狀傳遞資訊，無法以宏觀角度思考：在古蹟修復過程中，因為其特殊價值及獨特性，會又許多不同專業人員共同參與，但在現有操作模式，某些重要人員如專業匠師及施工團隊係到最後續施工才會介入修復工作，於規劃設計者經驗不足之狀況下，往往導致設計圖無法實際施作、與現況不

符或考慮不周延之狀況發生，為解決這個問題，於一開始就整合各專業人士，對於未來修復之方向將更為明確及有效率

為有效改善上述缺點，所擬定之因應對策如下：

- (一) 建立完整資料，提供正確、共通性、即時性資料予修復相關人員擷取，提升效率
- (二) 及早納入整合相關人士，宏觀思考
- (三) 加強資料之溝通與傳遞

#### 七、傳統保存方法

傳統古蹟的保存方式，包括文獻、環境、建築空間、結構材料系統、文物，藉由各種直接間接的歷史文獻、遺蹟、遺址可相互驗證，還原當時的歷史背景，一個歷史建物的完成，必定包含了多項的相關資訊，建築物發展的背景，通常會受到當地的聚落發展、人文風俗、歷史事件、民間信仰、典故流傳等，而影響到建築本體的行程與發展。

環境與建築空間保存，包含了對於實質環境的地形、地域、涵蓋區域、地形地物、相關物理境、風水、空間安排、尺度調整、繼而引發了聚落形成，都市計畫的發展脈絡。而建築空間保存形式，則包括了空間組織、構件裝飾原則、空間色彩，結構材料的記錄，則包括了建築的構法、工法、材料、結構，可在保存作業上一併分析記錄。

#### 八、數位化保存

數位化是指將文字或圖像或建築物現場的實際環境經由數位掃瞄器、數位照相機及其他數位軟硬體的轉換應用，而成為電腦所能處理的數位數據。而隨著數位科技的日益進步，數位化的保存技術已經漸漸的取代了傳統的保存方式，而在建築領域中，最常運用的方式為測繪方式，雖然人工測繪的結果往往與實際環境有一定程度的落差，但是此方法卻是歷史建築數位化的方式中最單純也最直接的一種，將取得的測量數據，運用 AutoCAD 等工程繪圖軟體，繪製成 2D 的平面、立面、剖面等相關圖面以供運用，以測繪方式來對歷史建築做數位化保存，具有下列的優點：

- (一) 測量儀器較為單純。
- (二) 可多人多組同時進行。
- (三) 資料單純，整合較為容易

但是執行測繪工作時，會因為現況場地的限制，而產生出許多的困難，其最常遇到的情形如下：

- (一) 如測量目標物高度過高，無法架設鷹架或鷹架所不能即之處，人員無法進行量測工作，此時僅能依靠周邊環境相關資訊或是照片比例推測概估值

- (二) 曲面的屋面的量測，僅能測出幾個關鍵點的高度，後續在依據照片的套繪，以推測屋頂面的曲率為何
- (三) 不同組人員所取得的量測數據，其誤差值也不相同進行測量工作時若不謹慎，測量工具恐對目標物造成破壞

## 第二節 日式宿舍

台灣的歷史屬多族群及多元化之社會，歷經荷西時代 → 明鄭時期 → 清朝政府 → 日據時代 → 國民政府，每次政權交替代表了一段人文社會的變異，也反映在當代之建築物上，本次所選定之古蹟操作標的，屬於日據時代遺留下來的木造建築物，受到第二次世界大戰戰火波及影響，現存之日式住宅為數不多；這些保留下來之日式住宅不僅見證日治時期之台灣政治、經濟、社會、生活及文化風貌，更展現當時木造技術之成就，對台灣建築史具有實質的意義及價值。

### 壹、發展及特色

日式宿舍平面的組合不像中國傳統住宅有強烈的軸線與對應關係，是由各個空間自由連結而成。而其自由平面的構成是由於機能動線安排產生的結果，而其動線也因為地面高低差的變化及戶外到室內間的序列變化，形成多樣的空間經驗。希望藉由實質的空間來了解日式宿舍空間形式上的特性及使用上的意義。然後透過官舍層級與宿舍空間的對應，了解空間組成與建築平面的關係。

### 貳、日式宿舍空間構成

要了解日式宿舍空間特性，首先必須了解其空間的內容與組成，日式宿舍有其獨特的空間使用及特定的空間名稱，依其機能使用主要可分為起居性空間、服務性空間、通行性空間三類，其詳細的空間名稱內容及使用情形如下：

#### 一、起居性空間

- 座敷：功能相當於現今客廳、神明廳、是日式住宅中最尊位的空間，備有床間，是日人生活的重心，並在此會客及舉行祭祀活動。
- 居間：家族聚會的場所，功能相當於起居室，通常與座敷相鄰，為會客的備用空間或作為用餐場所。
- 茶間：在靠近廚房的地方，為用餐或飲茶的場所。
- 寢所：就寢場所。
- 子供室：幼兒房
- 應接室：是受近代西方文化所影響出現的客廳，其備有會客座椅，不同於傳統之會客場所的席地而坐，因此地坪並非榻榻米，而是木地板。
- 女中室：女性家庭幫傭女中的寢室

- 書生房：邊學邊幫忙家務的書生居住之場所

起居性空間除了寢所本來就作為睡眠空間外，其餘空間到了夜晚均可轉為睡眠場所，這種轉用價值在小型住宅中特別重要，可縮小使用面積，所以在一般小規模的官舍設計中很少有寢所空間。

二、服務性空間：

- 台所：即廚房
- 浴室：或稱風呂，設有浴槽。
- 便所：即廁所，廁所的使用又可再分為大便器與小便器所屬的兩個不同空間。
- 洗面所：為洗臉或脫衣的場所。
- 押入：各居室附屬的儲藏空間。
- 物置：過去以薪柴為主要燃料，因此設有戶外之儲藏空間，並兼做雜物之儲藏。
- 納戶：即倉庫
- 服務性空間機能獨立，無論大小型住宅均不可缺少，而無機能轉用之可能。

三、通行空間：

- 玄關：主要的出入口，因為日本人有脫鞋進屋的習慣，因此玄關為脫鞋即擺放鞋子、外出用具的地方。
- 緣側：住宅室內通往後院的中介空間，也是各居室間的聯絡通道。
- 廊：為室內通道，由木板鋪成。在小住宅中，居室較少並由於使用面積有限，而被考慮為優先省略的空間。

日式宿舍的空間組成基本上必定包含起居性空間、服務性空間、通行性空間這三種空間。起居性空間是日常生活所必備最基本、最重要的空間，包含家人的團聚、祭祀、接待客人、三餐、飲茶、睡寢等活動皆在此產生，是日式宿舍空間中主要的空間構成，服務性空間及通行性空間則是為了配合起居性空間功能使用的不足與空間之間的聯繫所產生的。然而各空間之間的組織則必須視建築規模的大小而有所調整，將在後面內容中作闡述。

四、日式宿舍空間特質

住宅由其原始住宅形式逐漸演便成為現今我們所見的住宅，期間雖然受到了中國及洋風的影響，但傳統行動空間的特質及生活方式仍被保留，且發展出一套屬於自己風格的空間形式，而從其特殊的空間組織下，我們可以發現其具有以下特質：

- 空間配置自由，建築本身不具中心性並可彈性使用，使得空間格局呈現不

規則形。

- 開放式的平面空間：由於建築空間狹小，採開放式平面空間，將生活起居融為一體，各單元空間僅以格屏分界，私密性小，空間層次少。
- 空間機能轉化：較小型的日式宿舍因為空間不足，而有將其功能使用轉化的情形發生。
- 非對稱的平面與空間組構。
- 疊敷模矩化：建築尺度配合榻榻米的尺寸而模矩化（高鼎翔，1999：50）。
- 內部的空間發展具有附加方式與分割方式兩個不同的主要手法，其所形成的空間分別稱之為稱「庇」與「隔」，這也是造成日式住宅不規則平面的主因。

此外，官舍系住宅通常具有之「續間座敷」之特質：第一、為了區分住宅內部之家族和佣人，家族和客人之生活領域，使住宅內部空間產生中廊空間，甚至進而演變成中廊型住宅的產生。第二、在居室構成方面、「座敷」在傳統上除了為主人之居室性格很強以外，也是接待客人的重要場所。但是「續間」方面的『次間』本來是『座敷』之備用空間，卻因其機能轉弱以致變成家族生活的場所，使其原有的性格改變。可是這些住宅在當時的家長權威制度之下，夫婦臥室和兒童臥室等空間還是無法定位（郭永傑，1990：34）。

### 第三節 3D 雷射掃瞄技術

3D 雷射掃瞄器主要構造是裝置一台快速且精確的雷射測距儀 (Range finder electronics) 搭配上可導引雷射光的反射稜鏡而成。主要運作原理是利用雷射測距儀主動發射雷射光束同時接收自被測物表的反射訊號，配合反射稜鏡掃瞄水平與垂直方位，以推求每一掃瞄點與測站 (掃瞄器) 間之相對座標差。由於在掃瞄過程中會快速獲得空間資訊，瞬間產生大量的觀測資料，因此在掃瞄的同時必須連接電腦以求即時儲存資料，並且運用電腦來控制掃瞄視點及檢視被測物。

以 Riegel 公司所生產之 LMS-Z360i 3D 雷射掃瞄器為例，即可清楚呈現其掃瞄之原理與架構 (如圖 2-4)，圖中標註 (1) 雷射測距儀、(2) 掃瞄範圍、(3) 掃瞄稜鏡、(4) 掃瞄器機身、(5) 掃瞄器與電腦之連接埠、(6) 電腦設備、(7) 安裝至電腦內的掃瞄軟體。



圖 2-4 3D 雷射掃瞄機原理架構示意圖 (RIEGL 3D Scanner Inc, 2004)

#### 壹、本研究掃瞄設備

本研究計畫擬使用的 3D 雷射掃瞄設備為 360° 中長距離的 3D 雷射掃瞄 (機型:HDS3000-學校已有設備) (表 2-3)，其水平掃瞄視角為 360°、垂直向度方面達 270°，最高單張影像解析度為 1024x1024 dpi，最高點雲掃瞄密度 20000(水平) X 5000(垂直)，距離精確度為 4mm。在無遮擋的環境下最遠可投射距離 300 公尺，但就時實際的掃瞄情況除會有物體前後遮蔽的問題外，在後續的結合作業時需有部份疊合區域以利檔案的結合，且對於重點物體的掃瞄則需考量接合多視角的掃瞄以提高擷取資料的完整性。因此，本計畫先行提供初步的掃瞄規劃，於後續掃瞄的前置作業上需配合實際的環境狀況如測站的規劃分析、接合點的設置計畫、高點測站的架設...等擬定完整的掃瞄執行步驟。

表 2-3 本研究計畫擬使用的 3D 雷射掃瞄規格

		HDS3000	
			
		基本規格	
掃瞄器 主機	尺寸	10.5''D 14.5''W 20''H	
	重量	17kg	
電源供 應器	尺寸	6.5''D 9.25''W 8.5''H	
	重量	12kg	
使用電源	交流電	無	
	直流電	36V(兩顆電瓶同時接上)	
數位相機	解析度	1024x1024 dpi(單張)	
掃瞄系統			
雷射光線	顏色	綠色	
	光點大小	≤ 4mm (0~50m)	
	投射距離	300m	
掃瞄精 準度	位置精確度	±6mm	
	距離精確度	±4mm,	
	形成表面模 型精確度	±2mm	
	掃瞄視角	水平 360° 垂直 270°	
	掃瞄密度	1.2mm(全視景掃瞄)	
	掃瞄數量	20000(水平)×5000(垂直)	
掃瞄器 旋轉角度	水平角度	水平 360°	
	垂直角度	垂直 270°	

## 貳、掃瞄器掃瞄範圍

由圖 2-5 中所示，左側圖為掃瞄器至最遠之掃瞄點的距離，295.847 公尺，由右側圖中所示之反白範圍即為掃瞄器之可及範圍，除非有建築及其他物件的遮擋，否則幾乎能夠涵蓋此街廓，因此掃瞄設備對於齊東街街區之掃瞄十分適用。

而單次掃瞄可及範圍雖可達將近 300 公尺，但實際上因為現場的大樓、植栽

或其他阻擋物的出現導致可能需要利用更多的掃瞄測站才能夠將該區域做完整的掃瞄，以齊東街的狀況而言，由於街道兩旁的建築物較為低矮，多為3~5層樓之建築物，因此可利用周圍(忠孝東路、杭州南路、濟南路二段及金山南路)的建築物或街道對側的建築物進行制高點的架設，來進行掃瞄，便可取得較完整的掃瞄資訊，亦可以較高效率取得點雲的資訊，避免過多的重複資訊。

但在齊東街該街道中，由於齊東街本身為彎曲之道路配置，因此無法像周邊四條街道一般，以少數掃瞄測站即可取得多數資訊，而必須實地在巷弄間進行掃瞄，才能夠增加掃瞄資訊的完整度。

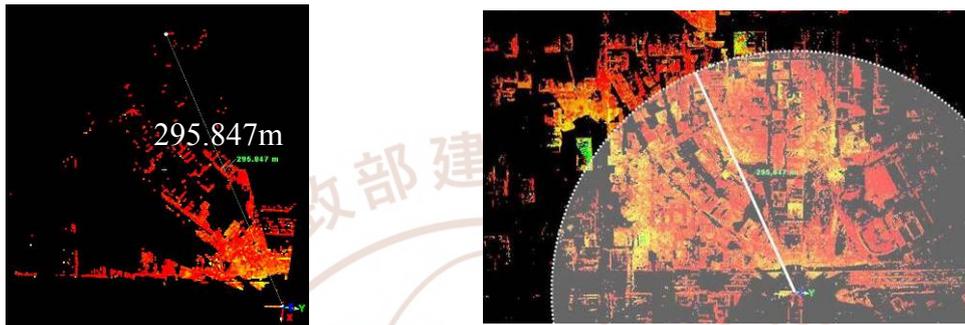


圖 2-5 掃瞄器之掃瞄距離(左)及範圍(右)

### 參、掃瞄案例分析

以下就以幾個國內外案例，說明3D雷射掃瞄器應用在建築數位化的方法與流程：

#### ● 上海飛機大樓3D雷射掃瞄與基本線擋圖面重建

飛機大樓興建於1935年的上海，為上海洋浦地區的歷史保存建築之一(如圖2-6左)，其最大特色為建築造型設計的有如一架飛機，目前做為醫院使用，院方想按照原始設計修繕建築物，但其原始設計圖已完全遺失，首先院方想重建其原始設計及細部圖面，根據大樓的現況與技術條件決定選用3D雷射掃瞄技術進行檔案重建之工作。在掃瞄作業執行前根據建築物現況規劃了9個掃瞄點(如圖2-6右)。

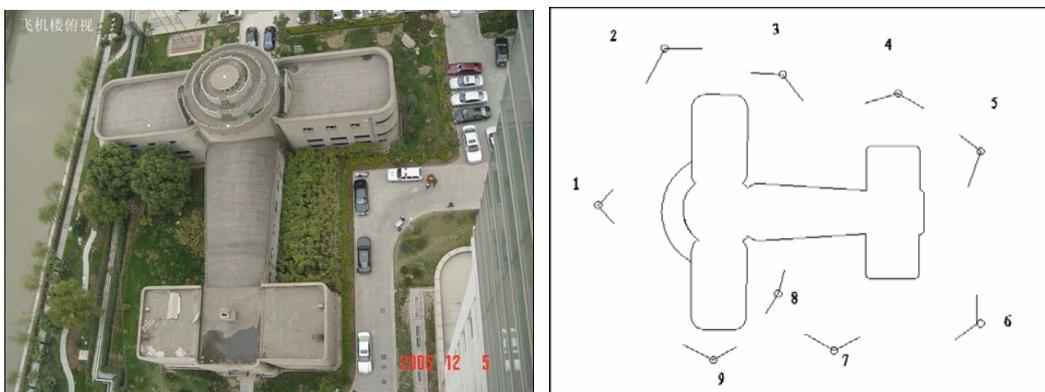


圖 2-6 上海飛機大樓(左)掃瞄點分布圖(右) (Cheng&Jin,2006)

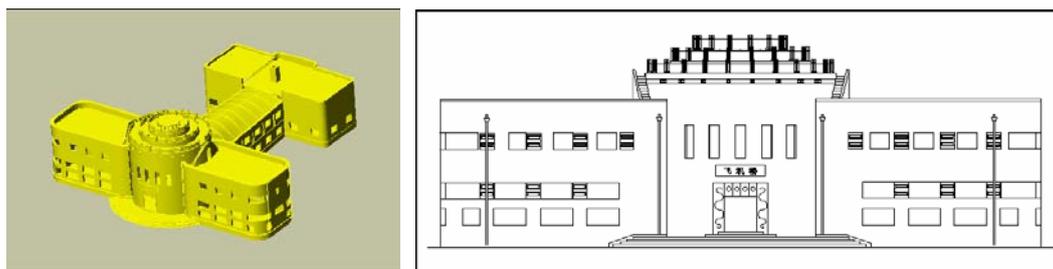


圖 2-7 上海飛機大樓掃瞄模型(左)重建之線檔圖面(右) (Cheng&Jin,2006)

不同的掃瞄點擷取不同的建築物外觀點雲，將所有的點雲轉換成同一個座標系統以取得完整的點雲資訊，本研究應用的方法為使用參考點，將不同點雲的相同參考點作連結可以將不同的點雲作正確的結合。在後續處理方面包括刪除多餘的面及部份補面處理，補面過程經過電腦程式的運算，使模型數據資料更為正確，最後呈現 3D 模型，如圖 2-7 左。最後再根據所取得的模型資料建構出該建物的基本線檔圖面資料，如圖 2-7 右。

- St. Johannis 教堂重建3D雷射掃瞄

該教堂建造於13世紀，其鐘塔最初為航海的目標，後來因為火災而毀損，但其鐘塔部分卻一再的被重建，而形式也有所改變，在隨後的1世紀中有許多木造或石造的構件被逐漸建造。圖2-8為該教堂在西元1820年與現今狀況(西元2003年)。

為了能證明教堂各階段的重建情形，所擷取的資訊必須相當精準，其誤差範圍必須控制在厘米以下，為了達到此精確度，共有 11 個固定參考點被精準的定位在教堂的裡面。其三向度的誤差皆控制在 0.5 厘米以內。使用 IMAGER 5003 雷射掃瞄器在距離 25.2 公尺的距離擷取其掃瞄資訊，並精確的記錄所有的掃瞄點。其所有掃瞄誤差值約在 1.3 厘米之間，總共經過 23 個掃瞄點，每個掃瞄點耗時 7 分鐘，取得掃瞄點雲數約 120 萬點(如圖 2-9)。

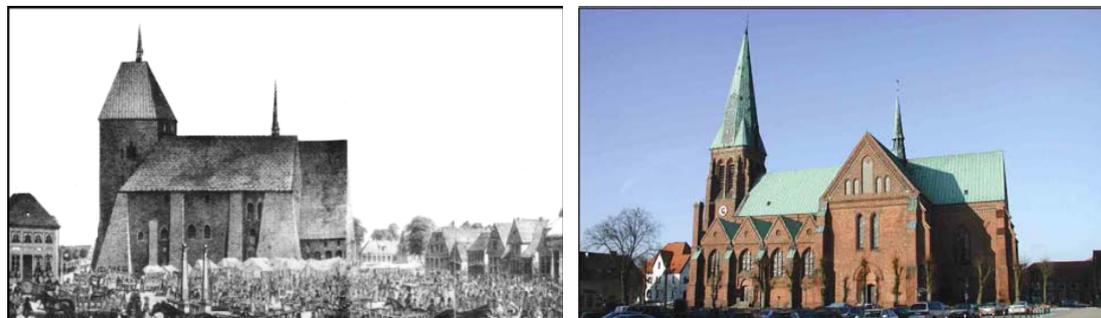


圖 2-8 教堂 1820 年狀況(左) 2003 年狀況(右) (Sternberg, 2006)

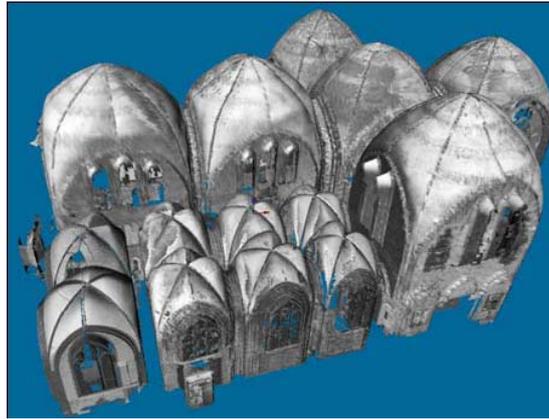


圖 2-9 教堂內部掃瞄點雲(Sternberg, 2006)

● 災害損害評估掃瞄

2005年8月卡崔那颶風肆虐美國紐奧良，造成嚴重的破壞與損失，本研究利用高解析度掃瞄技術，快速建立損害評估調查報告，並做為日後其他災害調查的調查準則。高解析度的掃瞄定義描述如下：(Jacobs, 2005)

1. 高密度點雲
2. 快速資料擷取
3. 可遠處掃瞄
4. 3D 形象化
5. 資訊影像化

實際上的掃瞄評估都是擷取幾何表面，並將表面損壞特徵以不規則幾何形狀描繪，高解析度掃瞄技術的特性就是能將這些不規則的形狀正確無誤的擷取描繪，圖 2-10 為一個倒塌的儲存槽，利用高解析度掃瞄可藉以分析其錯綜複雜的損壞表面，藉以評估其受損程度，是否得以修復，或是必須拆除重建，並避免未來遇到類似的災害下，遭受到相同的破壞。

另一個案例則是在車禍事故現場，利用高解析度掃瞄能夠精準無誤的建立車輛受損的狀況，藉此得以分析案件發生的詳細過程，得以釐清事件產生的最主要原因(如圖2-11)。



圖 2-10 倒塌儲存槽掃瞄(左)局部倒塌建物現場(右) (Jacobs, 2005)



圖 2-11 受損車輛現況(左)現況掃瞄模型(右) (Jacobs, 2005)

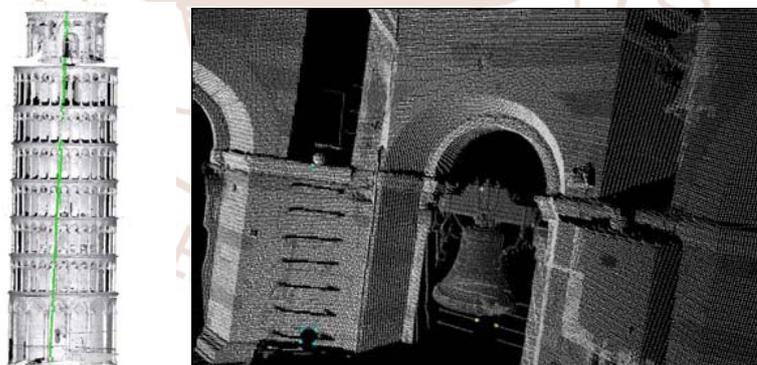


圖 2-12 比薩斜塔點雲(Amato et al.2003)

- 義大利比薩斜塔傾斜度 3D 掃瞄測量

本研究利用 3D 掃瞄器測量義大利比薩斜塔的傾斜程度，以了解補強工程的關鍵因素，計劃初期，利用了 3 天的時間使用 3D 掃瞄器取得比薩斜塔傾斜的重要數據與損壞結構部分的相關資料。本研究使用四個掃瞄制高點與 26 個參考點，完成整個比薩斜塔的点雲結合(如圖 2-12)

- 義大利 Nola 遺址

在調查期間發現有許多的考古文獻從遺址被發現，Nola 遺址(位於義大利那不勒斯城)是一個在西元前 19~17 世紀間被維蘇威火山爆發破壞的古老村莊，火山爆發後火山灰覆蓋了整個遺址的東北邊，在範圍 100 平方公尺，深度 6 公尺的挖掘中，三間大型的小屋引起了考古學者濃厚興趣，利用 3D 雷射掃瞄器針對這個遺址的重大發現，做數位化的遺址保存(如圖 2-13)，並利用雷射掃瞄出來的不同水平層次，調查不同的歷史瞬間，(第一層中發現了一個拿者筆的小孩與小屋的表面，而在第二層中發現了小屋的主要結構)。

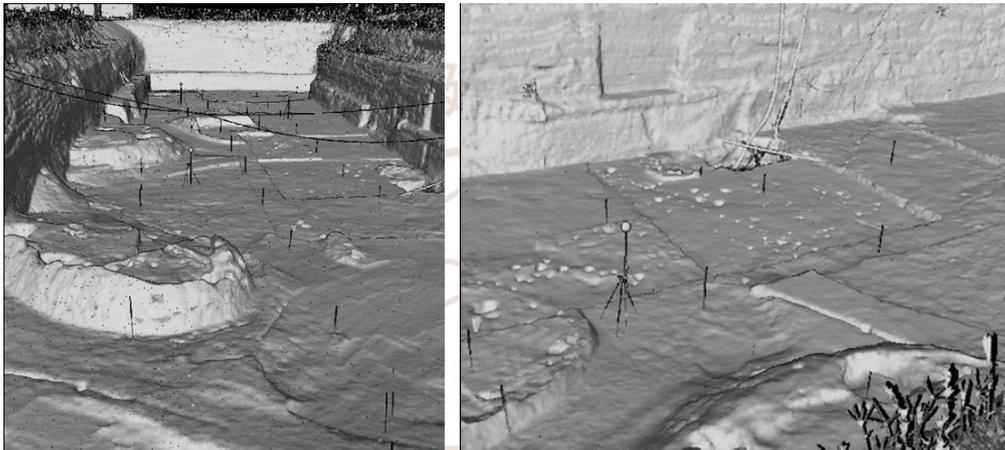


圖 2-13 義大利 Nola 遺址點雲(Amato et al.2003)

- 柬埔寨吳哥窟 N1 塔 3D 雷射掃瞄

柬埔寨吳哥窟 N1 塔(如圖 2-14 左)為日本政府負責保存，2002 年 9 月該塔靠近池塘的一邊遭受到崩塌的危險，將要對此塔進行重建修復的工作，在損壞部分拆除以前將要對其原始數據加以測量記錄，該塔坐落於砂岩地層，高度達 18 公尺，為了獲得其完整的 3D 點雲資料，利用 cyrax2500 掃瞄器進行掃瞄，在掃瞄時在該塔的四周搭建鷹架(如圖 2-14 右)

為了得到最完整的 3D 點雲資料，以便在拆除重建時能達到跟現況一樣的程度，在該塔四周以混凝土將鷹架固定到完全一致的高度，始得同一層的掃瞄點雲當基準點與掃瞄密度都能一致，最後再將這些整齊排列的點雲作結合及逆向工程長面的步驟，以取得完整的 3D 資訊 (如圖 2-15)。



圖 2-14 柬埔寨吳哥窟 N1 塔(左)目標物四周搭設鷹架(右) (Yamada etal. 2003)

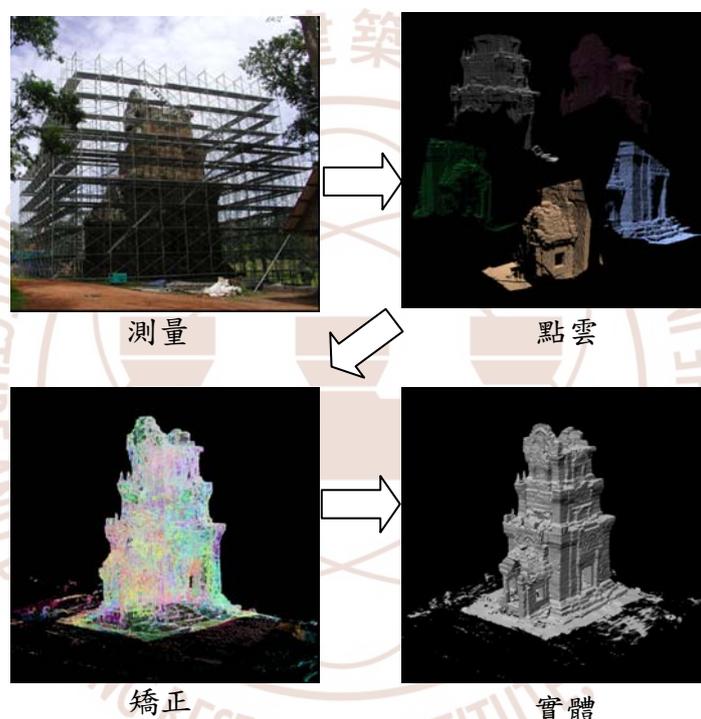


圖 2-15 吳哥窟 N1 塔 3D 掃瞄流程(Yamada etal. 2003)

- 德國 Lübeck 西方城門 Holstentor 的 3D 建築掃瞄計畫

此計畫是在德國的 Lübeck 西方城門 Holstentor(圖 2-16 左),是用當地掃瞄器自帶的系統完成的,採用 Cyrax 2500 掃瞄器掃瞄,換言之,由於點雲的擷取時間的限制以及沒有使用結合點掃瞄,因此全部的歷史建物的掃瞄用了 5 個掃瞄點及 8 個掃瞄次數(圖 2-16 中),總共花了 4 小時掃完,掃瞄點間距範圍在 2-3cm,掃瞄點距離測量的物件大約是 24m-60m 之間,總共掃了 400 萬個點(圖 2-16 右),產生的檔案大小為 102MB。

所有點雲的結合用的是合適的重疊區域結合,因此只有 8mm 的結合誤差。第二步是將 2D 的圖面加工,然後用附著在 AutoCAD 的 CloudWorx 外掛,隨意的切割,然後用 2D 的聚合線沿著點雲的邊緣描繪,當物件轉到正西方的時候,

可以看出相對的平立剖的關係，如(圖 2-17)所示。這案例將點雲檔案換製程為 2D 的檔案時，總共花費了 17 小時。

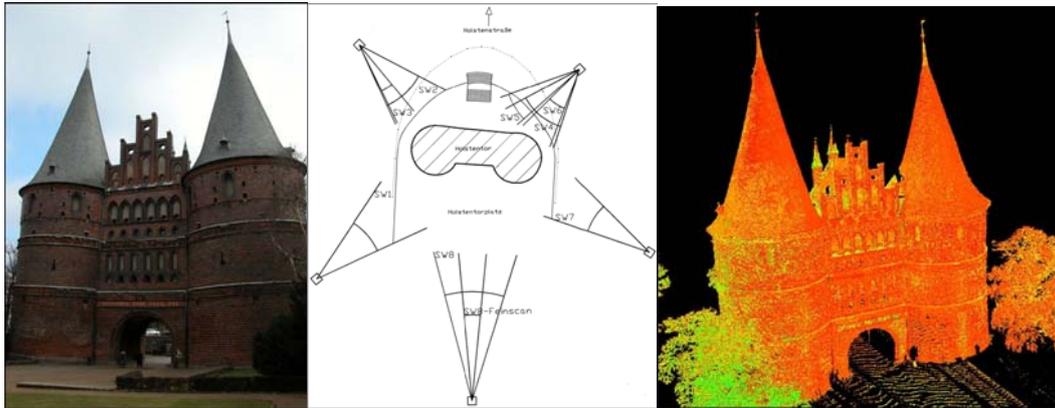


圖 2-16 Holstentor, Lübeck(左), 掃瞄點位置(中), 掃瞄成果(右) (Sternberg ,etc.2004)

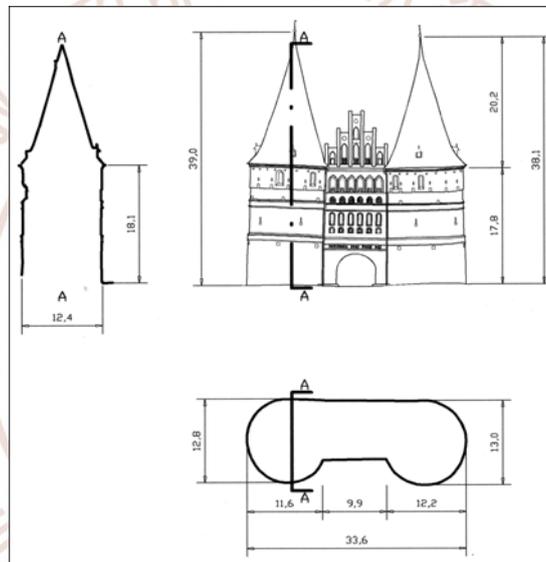


圖 2-17 由點雲描繪平面圖、立面圖及剖面圖(Sternberg ,etc.2004)

- 使用 3D 影像重建極北的鯨魚骨頭建築

在西元 12 世紀到 13 世紀初，在世界極北之地有一群人，他們向東方移動進入加拿大的海岸線，但是在那海岸線都沒有什麼浮木可供他們建造建築，因此，他們就想到一個方式，利用鯨魚的骨頭當作房屋屋頂的結構用、草或苔蘚做屋頂面覆蓋，用石板當地坪。可是現在留存下來的都不是完整的建物，因此考古學家們能從此中瞭解這房子的構築方式是有限的。

因此此研究是希望能夠藉由 CyraX 2500 3D 掃瞄器掃瞄得到這類鯨魚骨頭的完整資訊，如(圖 2-18)所示，然後轉換成 3D 立體模型，重新組構出當時的建物，希望可以提供關於這些北方民族的房屋構築方式及生活方式的新的視野。

由(圖 2-19)可以清晰的看見這研究的流程圖，是先利用 3D 雷射掃瞄器將物件做一個掃瞄，然後用 3D 軟體建構模型的組立，最後再用虛擬實境呈現。



圖 2-18 虛擬實境重現的北方民族的住屋(左),原始鯨魚骨頭架構(右上),三角網格生成的模型(右下) (Levy& Dawson,2006)

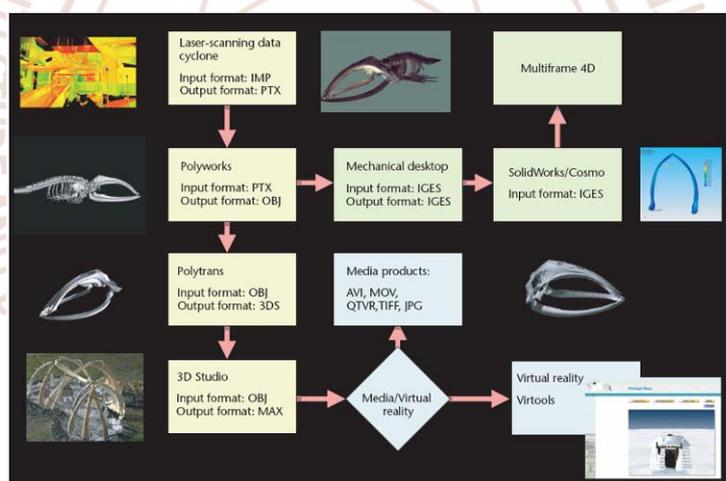


圖 2-19 使用 3D 影像重建極北的鯨魚骨頭建築的流程圖(Levy.& Dawson.,2006)

### ● Beauvais 大教堂掃瞄計畫

保存文化遺產和歷史場所是非常重要的議題，這些場所會受到自然的侵蝕或人為的破壞，或者是在許多建造或是修理的階段會造成損害。因此現在用 3D 模型精確的記錄這些資料是非常重要的，可以讓維修保存者能夠追蹤哪些地方有改變，早期預知保存維護上可能發生的問題。

由於建立這些歷史場所的 3D 模型是需要許多的時間和技術的，因此這個研究是採用 Cyrax 2500 掃瞄器，主要是想要找出新的方式，來解決手工建模的不足，用自動化的方式來減少手工建模的時間，(圖 2-20)是以法國 Beauvais 大教堂為例。

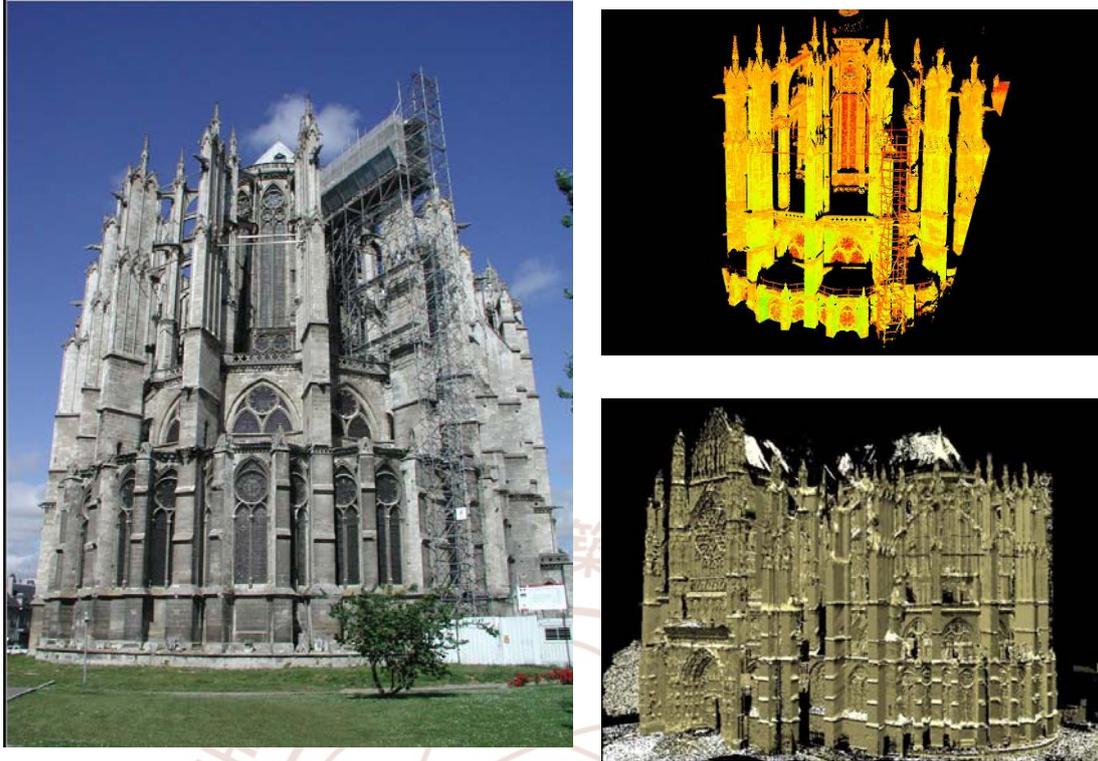


圖 2-20 Beauvais 大教堂外觀(左) (Peter,etc.,2003),掃瞄點雲外觀成果(右上) (Columbia University Robotics Group, 2007),三角網面生成成果(右下) (Peter,etc., 2003)

最後，此研究擁有先進的技術能夠建構很大區域的複雜的 3D 模型，發展這可以自動的結合以及減少手動結合設定的技術，但由於複雜的場所的 3D 模型的建立是需要時間和困難的技術才可以完成的，因此還需要牽涉到許多的手動的操作。貼圖也能夠用 2D 影像和 3D 模型相似的特徵點來製作，發展自動選擇特徵的演算法來製作這些貼圖，現在這些貼圖用 2D 影像處理利用影像重疊的部分，將所有的圖片都拼貼起來成為貼圖，也發展了一台自動掃瞄的移動工具，能夠先建立一套演算法，讓它可以自己去擷取掃瞄點，針對大範圍的使用可以省去許多人力資源的浪費。



## 第三章 點雲資料處理

### 第一節 點雲資料呈現

點雲(Pointcloud)係指經由 3D 雷射掃瞄器所擷取到的物體表面資訊，由於其數量極為龐大，因此在視覺上近似雲狀，故稱之為點雲，該資料可透過不同軟體及設備轉換成點、線、面、體四種呈現方式。

- 點：點雲資訊的原始形態，各點皆包含其獨立座標(X、Y、Z)及色彩資訊(R、G、B)，其座標之單位為足尺(Full scale)，故可直接進行量測。點雲掃瞄之原始檔案格式為.imp，使用 Leica Geosystems 之 Cyclone 軟體進行瀏覽及編輯，可直接轉出之格式包含：.dxf、.ptz、.coe、.txt、.msh、.pts、.ptx、.sim、.svy、.xyz。
- 線：在建築工程及傳統的古蹟測繪上皆以平面線檔作為主要依據，點雲可透過 CAD 軟體描繪出物體之平面、立面、剖面及立體透視圖，並以線的方式呈現。
- 面：點雲資料可透過 Geomagic Studio 軟體轉換為面體，能夠更完整的呈現物體的表面狀態，亦可以補面的功能將未掃瞄到的區域以演算法計算出其樣貌，且在減面的過程中可利用貼圖的方式減低物體的失真。
- 體：掃瞄所取得資訊純粹是物體最外層的表面，因此，即便利用軟體將點轉換為面，該面仍然是無厚度的物體，透過面的增厚，可直接以 RP(Rapid Prototyping)將數位資料輸出成真實物件。

### 第二節 點雲結合及描繪

完整的點雲資料，是將不同位置及時間的掃瞄結合而產生的成果，事後再以人工描繪的方式進行平面線圖的描繪，或進行面、體之運算。

#### 壹、硬體配備

3D 雷射掃瞄所產生的資料量相當大，因此，電腦設備需要較強的即時運算及即時顯像功能，才能提高瀏覽點雲的流暢度及效率。本研究所使用的電腦配備如下：

- CPU：Intel Core2 6300 (1.86GHz)
- RAM：3.00GBytes
- 顯示卡：NVIDIA Geforce 7600GS

#### 貳、點雲資料結合

點雲資料的結合方式分為自動結合及手動結合，自動結合係以三個以上之規標作為參考點(見圖 3-1 左)，在掃瞄時透過掃瞄器自動運算所成立之參考點，結合時僅需啟動指令，即可完成接合程序；手動接合則是需以掃瞄站周圍之物體在

事後進行判斷，並找出三個以上的相同點作為參考點進行演算法對形體相似度進行運算(見圖 3-1 右)。

自動掃瞄能夠快速、準確的進行掃瞄，但由於參考點是經由運算產生，因此在接合時不會再進行形體相似度運算，故掃瞄時，需確定規標不會受外力而偏移；因此在戶外或不穩定地面進行作業時，以手動接合相對可靠。



圖 3-1 規標(左)及手動接合參考點(右)

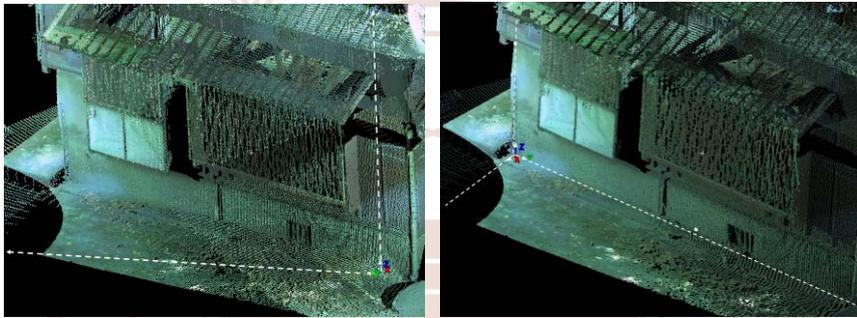


圖 3-2 校正前座標(左)及校正後座標(右)

### 參、圖面描繪座標校正

本研究進行圖面描繪時，係以掃瞄點雲為基底，透過 Autodesk AutoCAD 進行描繪，在描繪前須針對描繪物體進行座標校正，以避免立面或剖面在繪製時產生透視效果，圖 3-2 左圖為校正前座標，其座標軸偏離建築物主體，平面描繪雖無影響，但立面及剖面將造成透視現象；校正後(如圖 3-2 右)Y 軸與 Z 軸水平於牆面，X 軸亦垂直於牆面。

## 第三節 點雲資料最佳化處理

掃瞄資料中包含：

- 掃瞄物主體：建築物、周圍環境等。
- 固定遮擋物：固定車輛、結構支撐等。
- 移動遮擋物：人、動物、車輛、雨滴、搖晃中植栽等。

故除了在掃瞄過程中儘量避免工作人員從前方經過造成遮擋外，如欲可移動之遮擋物亦可於掃瞄前先行處理；而無法避免之遮擋物，例如天候因素所造成的雨水、反射或人、車、動物等，可在事後進行處理。點雲資料的最佳化處理可分為

以下幾種：

- 去除遮擋物：將掃描主體以外的物體與以去除。
- 依需求減點：不同的使用者及使用項目所需要的精細程度不同，為避免檔案無法開啟或效率過低，可在使用前先行進行減點，不同需求所需使用之點數概估詳見表 3-1。
- 去除脫離雜點：可直接利用軟體針對因光線或反射所造成的點位脫離進行處理，以避免被誤判為牆面上之物件或牆面不平整。

表 3-1 不同使用需求使用免費瀏覽軟體之點數建議表

使用需求	設備	建議點數區間	使用格式
一般民眾網路瀏覽	512K 以下寬頻	10,000~50,000	VRML、OCT
	512K-2M 以上寬頻	50,000-150,000	VRML、OCT
	2M 以上寬頻	1,000,000 以下	OCT
單棟建築學術使用	學術網路	1,000,000 以下	OCT
單機使用	單機(2006 年前所購置之電腦設備)*	5,000,000 以下	VRML、OCT
	單機(2006 年後所購置之電腦設備)*	2,500,000 以下	VRML、OCT

\*2006 年為分界係因雙核心 CPU、雙通道 RAM 及 SATA 硬碟作為分界

#### 第四節 點雲資料發佈

點雲資料量通常高達數 GBytes，遠高於一般電腦的記憶體，在普通軟體中完全無法運行，在掃描後的瀏覽及編輯工作係使用 Cyclone 進行，由於其運算的方式有別於一般的瀏覽軟體，能夠針對不同的電腦設備進行資料控制，因此能輕易的使用點雲資料。然而，點雲資料的使用，就如同照片或動畫一般，通常是以網路進行傳輸及瀏覽的媒介，因此檔案大小受限於頻寬及電腦配備，且一般使用者較不易購買高價位之 3D 軟體，通常以平價或免費的軟體為主，因此最主要的檔案格式便以 Octree、VRML、CAD 作為網路傳播格式，但 Octree 檔因無法如 VRML 或 CAD 格式一樣讓使用者進行編輯，因此本研究主要採用 VRML 及 CAD 兩種格式分別發佈點雲及線檔。

### 壹、VRML 格式

VRML 為 Virtual Reality Modeling Language 的縮寫，能夠展現點或面的資訊，且使用網頁瀏覽器，如 Internet Explorer、Safari 等免費軟體即可瀏覽，如圖 3-3 所示，因此本研究將以 VRML 格式提供委託單位，作為點雲展示之檔案格式。

### 貳、CAD 格式

CAD 格式主要是以 DWF 或 DWFx 格式做為網路瀏覽格式，使用者可於網頁上透過外掛程式瀏覽圖檔，如圖 3-4 所示，並可直接於瀏覽器上對圖面進行量測、限制區域瀏覽、隱藏部份物件等功能。



圖 3-3 Safari 瀏覽器外掛 Cortona VRML 互動介面

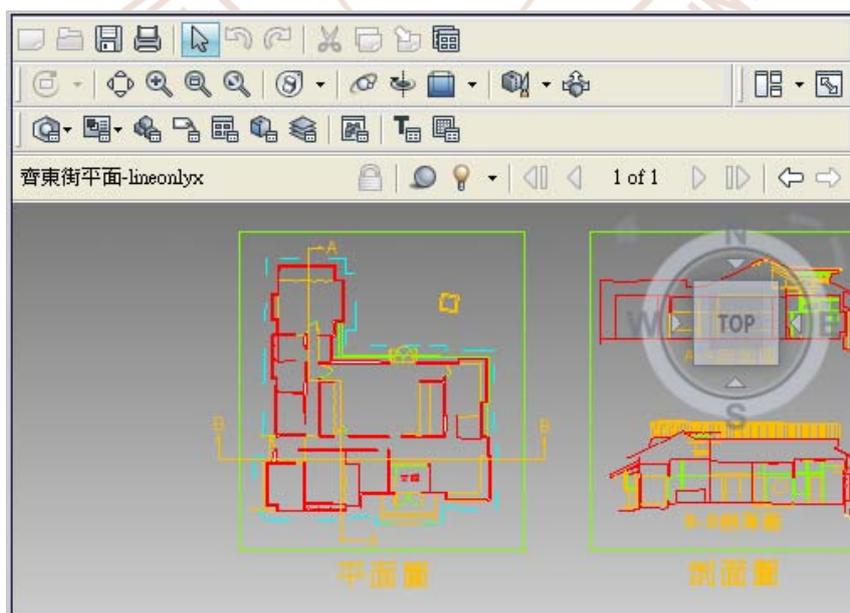


圖 3-4 DWF 檔案網路瀏覽介面

### 第四章 掃瞄成果展示

齊東街街廓掃瞄工作，擷取資料量達 67,917,705 點，掃瞄點設置位置，如圖 4-1 所示。歷史建築室內外掃瞄工作，擷取資料量 30,446,984 點。總計在街廓及日式宿舍共取得 98,364,689 點。



圖 4-1 掃瞄點位置標示圖

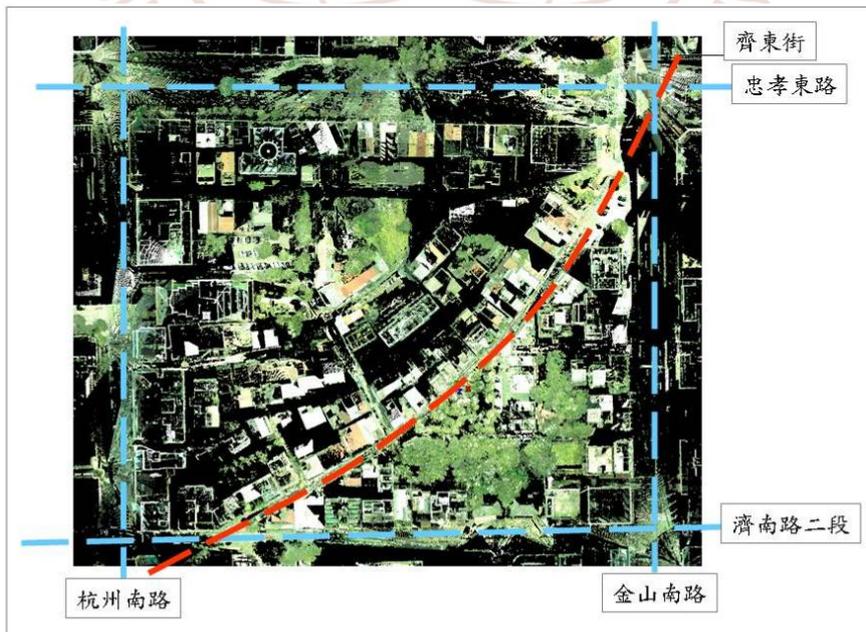


圖 4-2 全區配置



圖 4-3 掃瞄時使用的相關設備

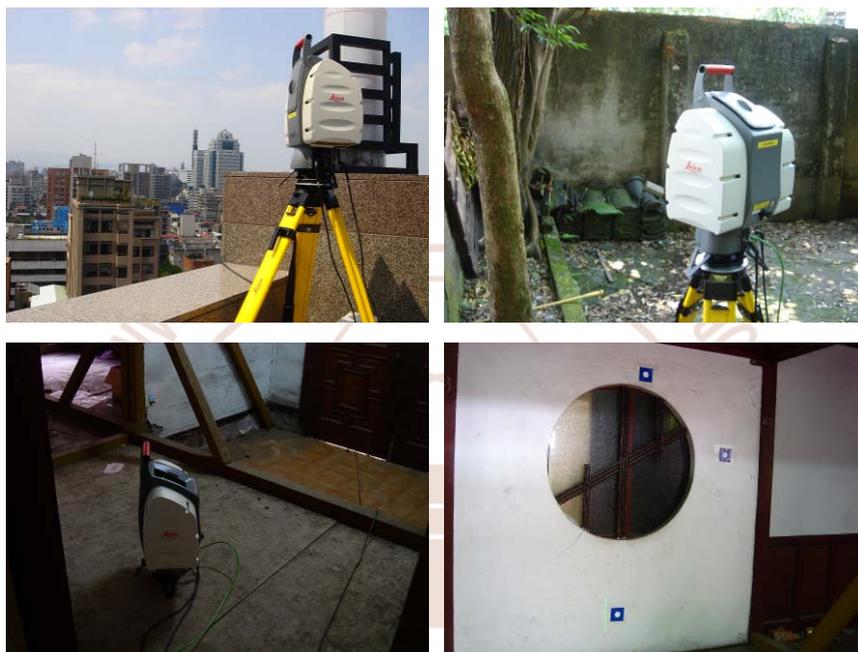


圖 4-4 掃瞄器在制高點的設置狀況(左上)、地面點的設置狀況(右上)、室內的設置狀況(左下)及規標的設置(右下)

### 第一節 全區掃瞄狀況

齊東街全區目前掃瞄資訊已大致能呈現完整街廓(見圖 4-2)，但由於掃瞄點位，目前仍都以制高點優先作業，因此，在周圍的四條街道及齊東街的地面資訊及較低矮的建築立面資訊仍有不足，將在後續持續以架設地面點的方式進行掃瞄，以取得較完整的資訊。

### 第二節 作業過程

作業過程中需用到許多設備，包含 3D 雷射掃瞄器、掃瞄器所使用的電瓶、腳架、筆記型電腦、發電機及延長線等相關設備(見圖 4-3)，因此在作業時除了選擇穩定的環境外，還必須隨著掃瞄器的運作進行閃避，以避免在影像拍攝或掃瞄時有不相關的資訊被記錄。

掃瞄工作可大致分為制高點作業、地面點作業及室內作業，制高點作業往往以屋頂作為掃瞄原點，因此，需閃避女兒牆或屋頂設施，已得到最佳的掃瞄效率

(見圖 4-4 左上);地面點則會有許多如人或車之類的臨時性遮蔽物的產生(見圖 4-4 右上);而室內作業時因為較難以參考點進行結合,因此需以規標作為參考(見圖 4-4 左下和右下)。

### 第三節 點雲資訊相關應用

在都市土地及資源有限的情況下,如何配合都市發展之需求,而能充分發揮其運輸以外之價值,實為都市行政管理當局,需審慎作為之事,因此,台北市都市發展相關單位,才會在未來於都市發展的計畫中,對都市發展有所期待,既能改變老舊社區,使其能更符合都市發展之所需,因此,目前針對忠孝東路、濟南路、杭州南路、金山南路所圍之街廓,所作之現況掃瞄記錄,除可提供作為未來擬定相關計畫所需之現況資訊外,亦可將都市發展與變遷的過程,作一完整的記錄,此舉,一則:可有助於瞭解都市變遷的過程,二則:可作為後續多目的使用的基礎,便針對建國當前既有的空間與使用形態,及其相關可能的運用加以說明。以下將以點雲直接呈現出街道、日式宿舍及相關掃瞄資訊,如圖 4-5 至圖 4-6 所示。

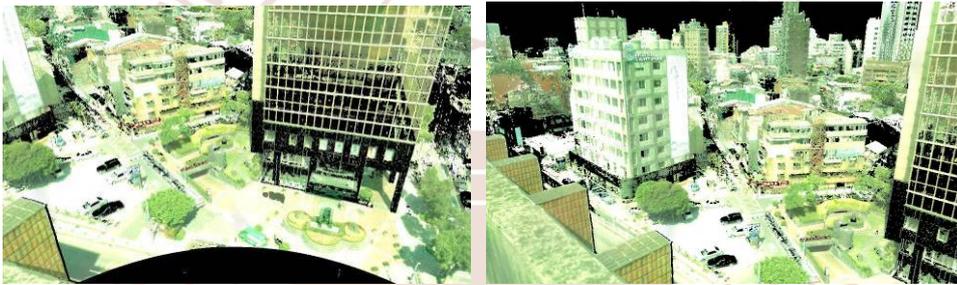


圖 4-5 齊東街金山南路側入口透視



圖 4-6 齊東街日式宿舍

#### 壹、街道立面

目前公部門現有的圖說資訊中,對於都市剖、立面等向度的圖說,相對較少,且少以使用垂直向度的圖說資訊,說明整體都市環境的相互關係,此外,於相關圖面繪製時,則因缺乏確實的現況資訊,可供圖面的繪製時使用,且難以透過測繪方式進行繪製,在目前進行的相關都市計畫、都市設計等工作時,仍大多仰賴既有的平面地形圖說,對於都市龐大的規模尺度來說,僅由單一的向度記錄、分析,實難有完整、確實的了解,掃瞄量測的點雲資料,將可彌補此部份之不足,而能切出所需的各向都市斷面圖,使用點雲所切出都市的斷面圖,除可清楚呈現都市的空間層級外,對於植栽、地景、人、車等,同樣可清楚的加以呈現,因此,

藉由點雲所切出的垂直向度圖說，可提供更為豐富的現況資訊，以補足相關平面資訊的不足，其他重要路口的斷面呈現，在此街廓中，相鄰的道路有忠孝東路、杭州南路、濟南路二段及金山南路四條，如圖 4-7 至圖 4-12 所示。

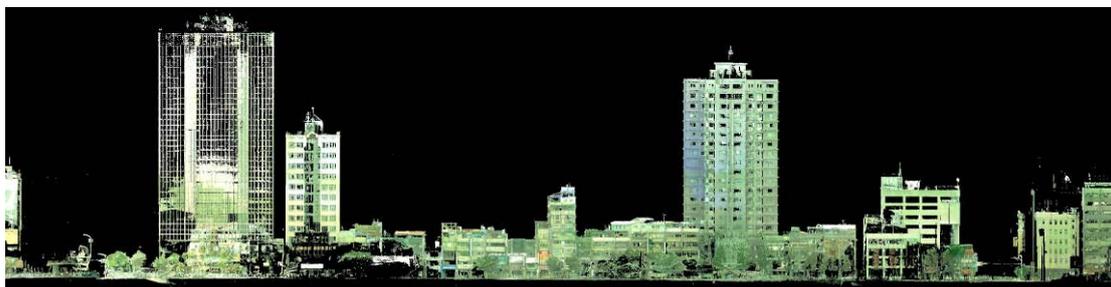


圖 4-7 忠孝東路側街道立面



圖 4-8 濟南路二段側街道立面



圖 4-9 杭州南路側街道立面



圖 4-10 金山南路側街道立面

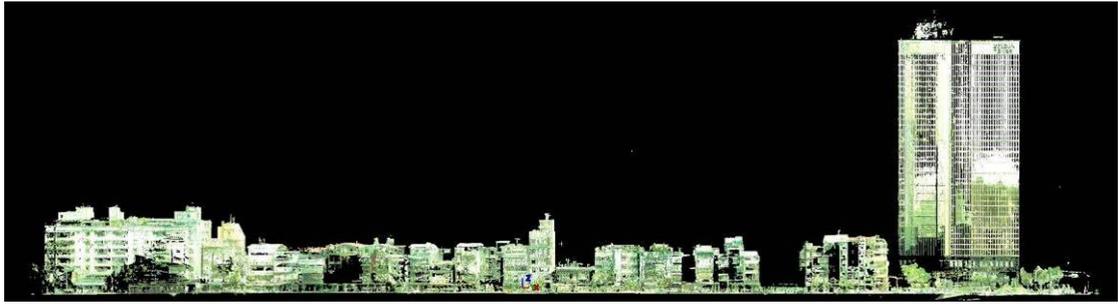


圖 4-11 齊東街北側街道立面



圖 4-12 齊東街南側街道立面

### 貳、點雲輔助都市斷面的呈現

目前可以使用的線檔資料，除數位地形圖說外，尚無垂直立面的圖面資訊，可供使用。因此，將切出的點雲断面資料，匯入其他的工程、工業軟體，如 AutoCAD 等，可作為線檔描繪的參考底圖，再以人工的方式，描繪出都市剖、立面等，向度的線檔圖說後，如圖 4-13 至圖 4-18 所示，可用與其他相關圖說資料，進行比對，分析，針對圖面繪製的完整度來說，主要仍取決於掃瞄的取樣數，是否足以繪製完整的圖說。

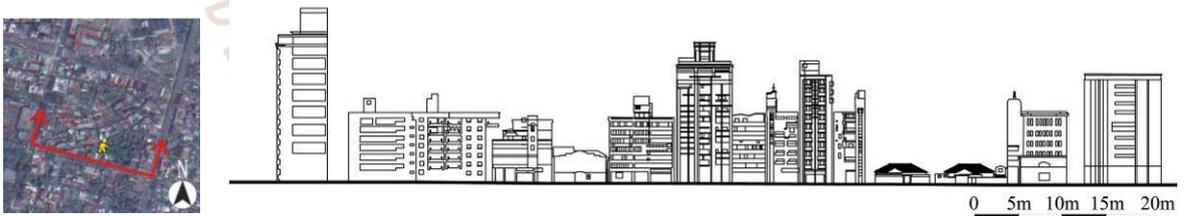


圖 4-13 濟南路立面

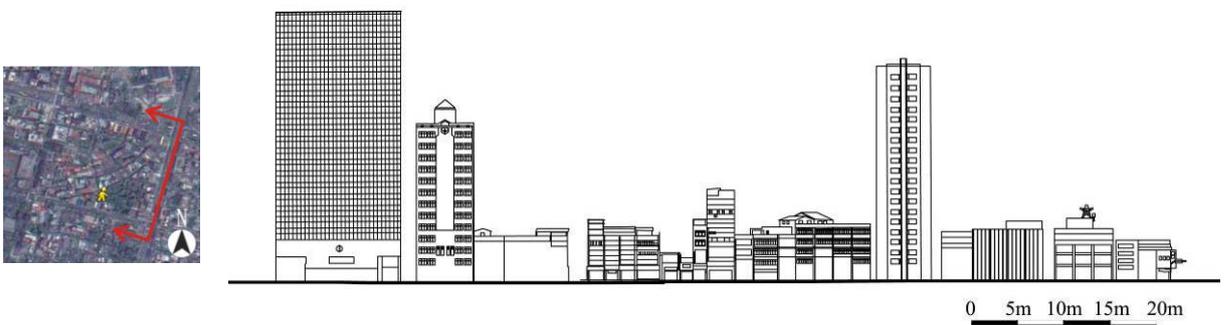


圖 4-14 忠孝東路立面



圖 4-15 杭州南路立面



圖 4-16 金山南路立面

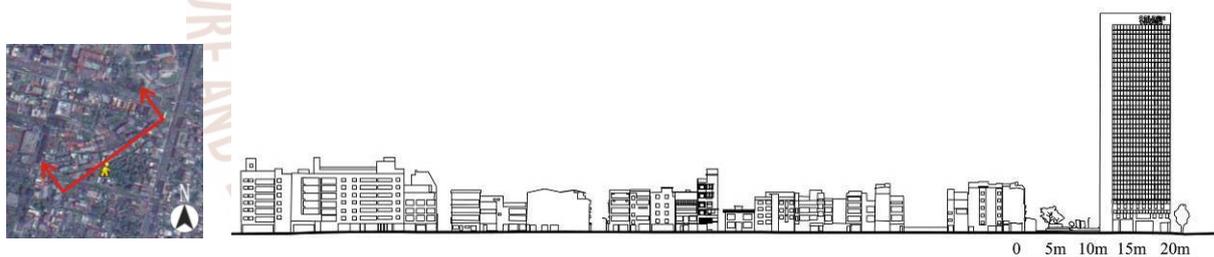


圖 4-17 齊東街北向立面



圖 4-18 齊東街南向立立面

### 參、點雲輔助地形圖線檔圖繪製

目前數位地形圖的繪製，係以現況量測後，再行套對航照圖說，進行現況的地形線檔的繪製，於圖檔的建置過程中，除量測時可能產生誤差外，於人工的繪製過程，則可能又再產生誤差，套對航照圖進行的描繪，則可能因航照的透視效果，除容易造成描繪時的不便外，描繪時也易產生認知上的差異，因而，便考慮

使用掃瞄量測的點雲，以此協助相關地形圖檔的繪製，係使用點雲作為圖檔繪製的參考底圖，其資料本身不僅無透視消點的問題，繪製時，亦可使用點雲鎖點的方式，以減少人為認知上的差異。

### 肆、重要節點

除上述點雲輔助大尺度的資料使用外，針對小尺度的資訊使用分析，可清楚的呈現地表變化，及都市空間層次的轉化方式，如圖 4-19 至圖 4-20 所示，齊東街的重要節點包含齊東街入口、日式宿舍歷史建築、齊東街街道、週遭建築及周圍道路。可看出空間層次轉換較為豐富，未來可針對既有現況中，經由掃瞄整理相關模式資料，作為使用、分析或設計時的參考資料。

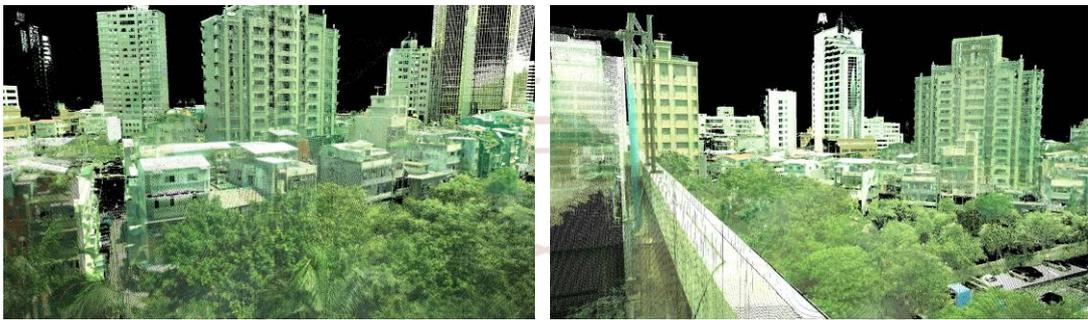


圖 4-19 齊東街

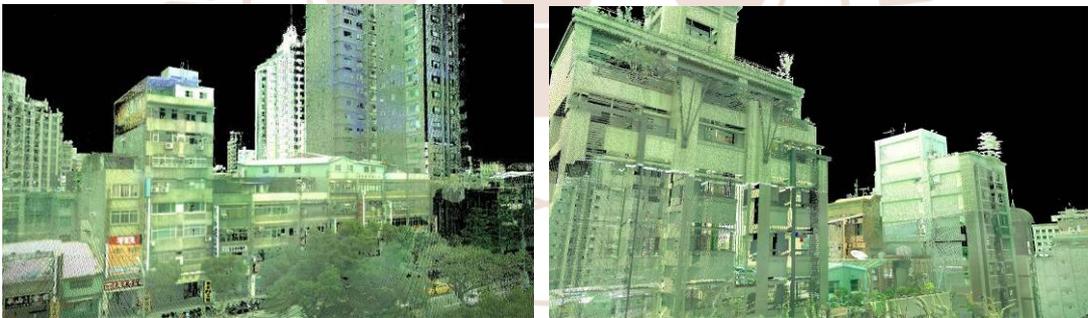


圖 4-20 忠孝東路及濟南路二段建築物

### 伍、點雲輔助 3D 模型的建置

以往沒有掃瞄技術的輔助，若欲將既有的實體轉換成數位的模型時，需逐一量測所需的尺寸後，再重新建置，掃瞄技術發展，最主要的部份，便是透過實體物件的掃瞄，將其真實的物體，轉化成數位的虛擬物件，便可於數位化的平台中作業，經由現況或實體物件於掃瞄取樣後，將所記錄的資料，以點的方式呈現，屬於原始的基礎資料，除上述各類線檔資料的繪製外，另可藉由 3D 的點雲資訊，直接生成為面、體的 3D 模型，以此方法可迅速的建立實體物件的 3D 模型，掃瞄所扮演的角色，可視為實體與虛擬的轉換媒介。

### 陸、歷史建築內部

歷史建築物的內部掃瞄工作需在各空間中穿梭進行，將設立規標協助判別區

位，並加強掃瞄屋內固定結構物，作為各空間相互結合之參考點。掃瞄目標為齊東街 53 巷 11 號之日式宿舍，掃瞄內容包括各個室內空間及連接之廊道，工作流程先以室內進行掃瞄，並透過規標協助判別空間方位(如圖 4- 21 所示)，各空間掃瞄內容見圖 4- 22 至圖 4-24。



圖 4- 21 規標設置情況(左)及掃瞄中的規標資訊(右)

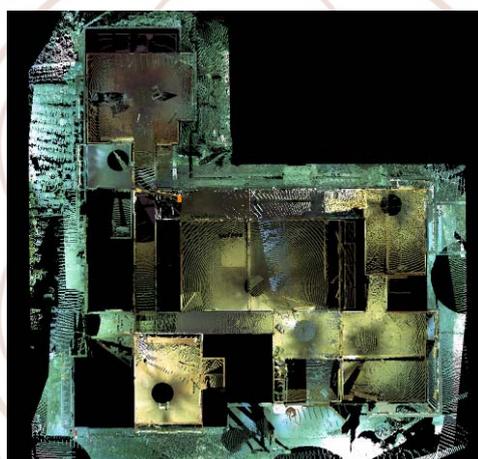


圖 4- 22 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍平面



圖 4- 23 日式宿舍入口(左)及玄關(右)



圖 4-24 室內各空間掃瞄資訊

### 柒、歷史建築立面

傳統調查方式，透過不同層面調查來取得現場之資料，礙於人力及時間之限制，分段就某些重要部分進行調查後，再將資料加以彙整拼湊為現場資料，以致所得資料不完整明確，耗費時間金錢，且影響後續設計及其他作業之正確性及執行；3D 雷射掃瞄技術係一開始就以數位點雲資料建立現場完整資料，提供正確、一致性且完整之資料供分析比對之用，節省成本及錯誤產生，如掃瞄資料有遺漏，透過數位化特性可快速結合補足掃瞄資料，確保現況資料之完整性，以下針對可藉由點雲資料索取得知調查資料作一說明。歷史建築物的外部掃瞄工作須繞行建築物四周，儘量避開植栽，掃瞄目標為齊東街 53 巷 11 號之日式宿舍，掃瞄內容包括建築物外部各向立面及部分的室內，掃瞄內容呈現，如圖 4-25 至圖 4-28 所示。

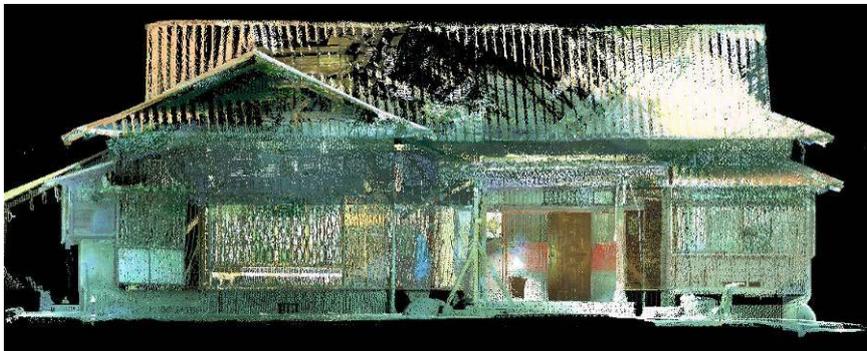


圖 4-25 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍正向立面

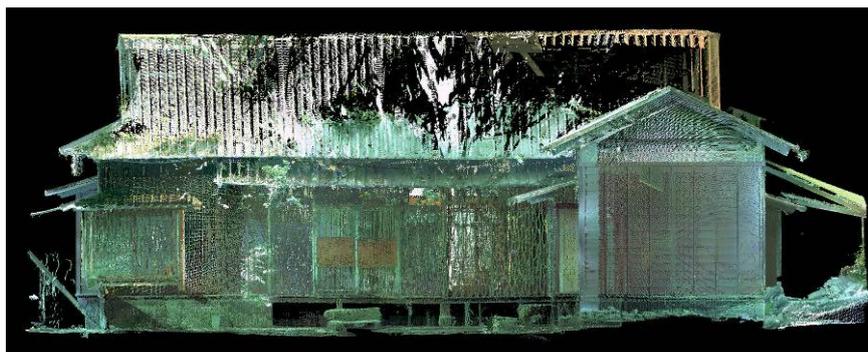


圖 4-26 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍背向立面



圖 4-27 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍左側立面

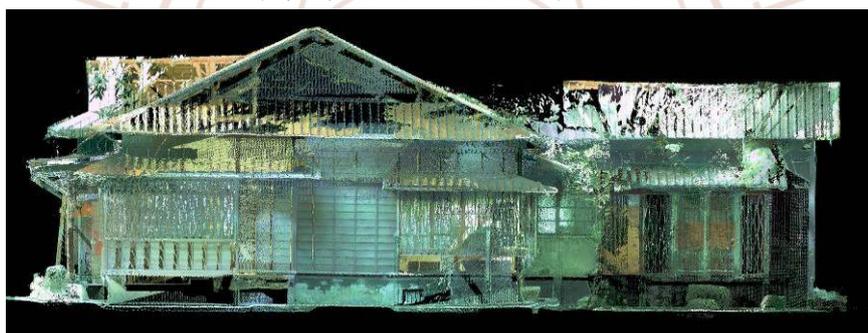


圖 4-28 齊東街 53 巷 11 號日式宿舍右側立面

#### 捌、小結

以往礙於設備、技術的限制，故需使用各種不同的量測技術，再將測得的資訊加以整合，容易造成資訊整合的衝突及資訊的喪失，透過掃瞄後的點雲資料，最大的好處是能將現況的資訊，完整記錄及呈現，同時，針對不同的使用需求，提供所需的資料形式以茲使用，完成掃瞄資料的建構，往後便可針對不同的使用需求，經過檔案格式或資料形式的轉換，提供所需的資料作為使用，無須至現場反覆的量測，可減少人力與設備資料花費。

#### 第四節 日式宿舍測繪

調查傳統方式係透過不同層面調查來取得現場之資料，礙於人力及時間之限制，分段就某些重要部分進行調查後再將資料加以彙整拼湊為現場資料，以致所得資料不完整明確，耗費時間金錢且影響後續設計及其他作業之正確性及執行；3D 雷射掃瞄技術一開始就以數位點雲資料建立現場完整資料，提供正確、一致性且完整之資料供分析比對之用，節省成本及錯誤產生，如掃瞄資料有遺漏，透過數位化特性可快速結合補足掃瞄資料，確保現況資料之完整性，以下針對可藉由點雲資料索取得知調查資料作一說明，如圖 4-29 所示。

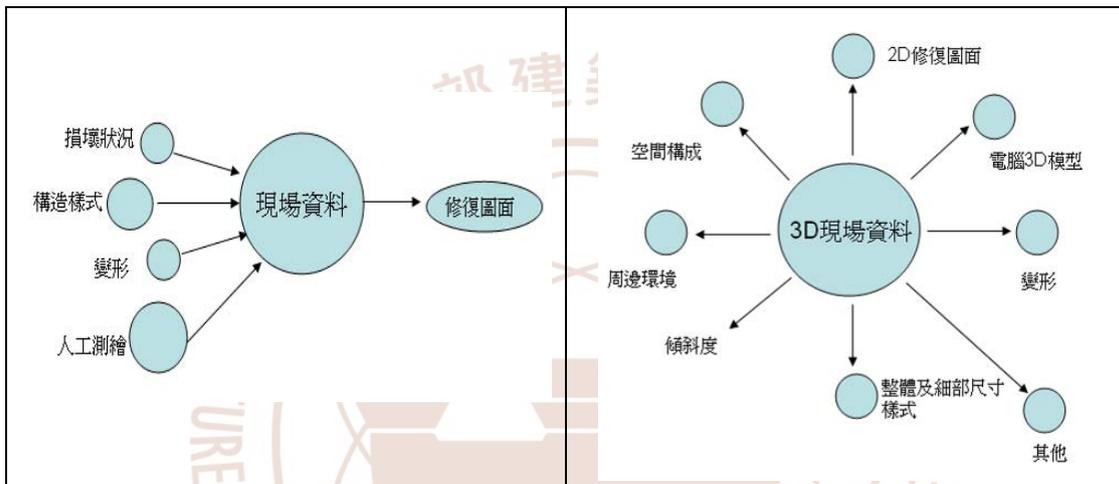


圖 4-29 傳統調查模式（左）、3D 調查模式（右）

本研究以齊東街 53 巷 11 號之日式宿舍作為測繪標的，所繪圖面包含一層平面圖(如圖 4-30 左所示)、屋頂平面圖(如圖 4-30 右所示)、各向立面圖(如圖 4-31 所示)及兩向剖面圖，如圖 4-32 所示)。

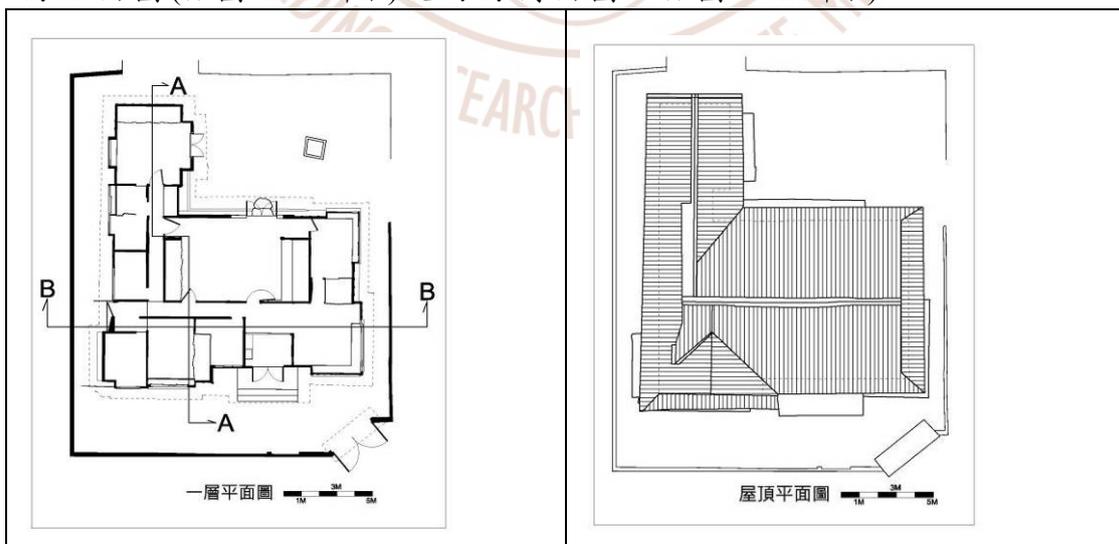


圖 4-30 一層平面圖(左)屋頂平面圖(右)



圖 4-31 各向立面圖

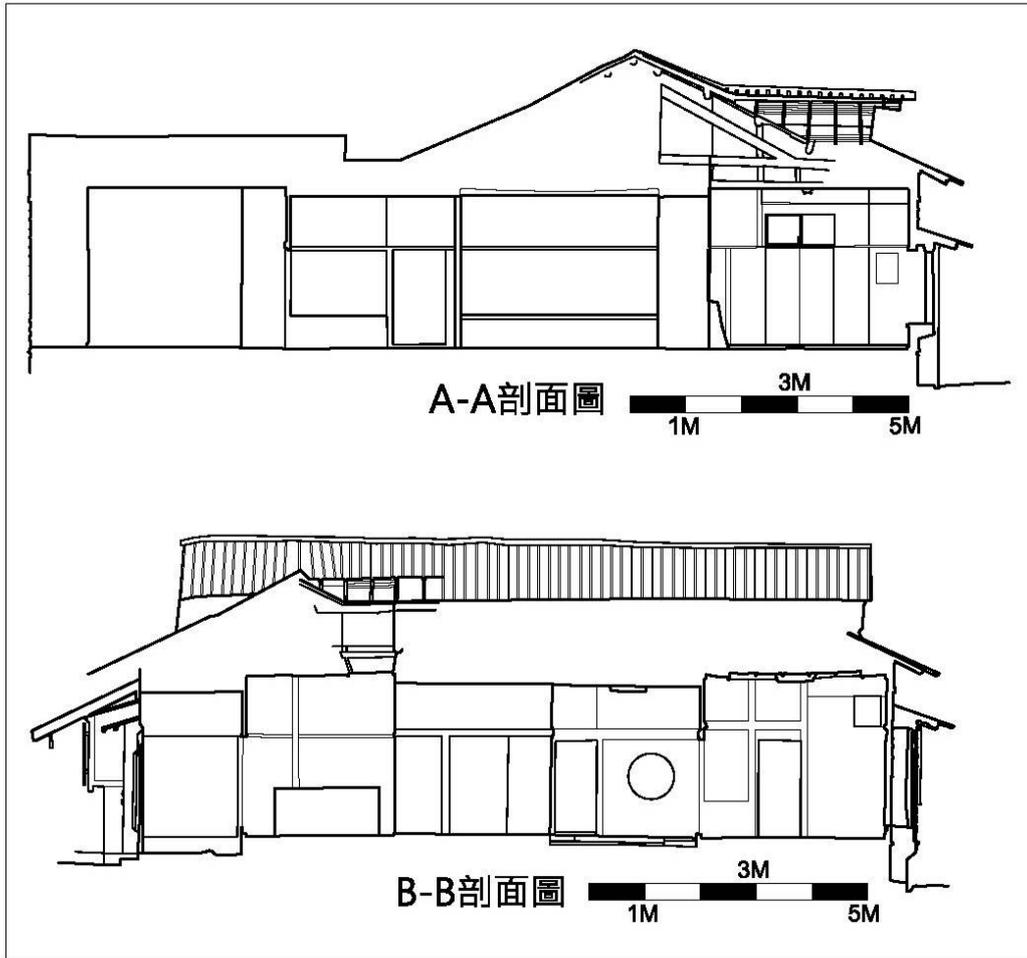


圖 4-32 剖面圖





## 第五章 點雲資料分析及應用

點雲資料的運用，除了對於建築外觀形體的記錄及測量外，其最主要的作用為，點雲資料是可任意選擇視角及視點高度的，因此，可取得不同擷取裝置，所無法取得的資訊。

以空照圖技術取得的圖面，僅有屋頂層的資訊及未被遮擋道的路面與部分地面可供使用，而地形圖及地籍圖，雖然，被認定為公信力相當高的資訊，也是建築規劃、設計時所需要用的標準圖面，但其仍然是由空照圖，所描繪出的圖面，即使，有經過地面的資訊調查，仍無法呈現地面的資訊及高度資訊，故僅能以大約的數據(例如樓層數)作為資料。

檢視現今各項量測工具與其呈現結果，皆有所欠缺不足，且均無法正確、詳細的反應環境的實質現況，不可諱言的是，各項測量方式，亦有其各自之優點，唯若以須對現況環境做最完整且忠實的反應，以現今技術而言，則仍以點雲資料的運用較佳。

### 第一節 點雲資料之建立與分析

點雲資料有別於影像及圖面，為立體之數位資訊，因此，能夠輕易的進行編輯及瀏覽，且可以不同角度的資訊，完整的展現初研究對象的形體，以下將提出本研究對齊東街的街廓及日式宿舍點雲資料的用途。

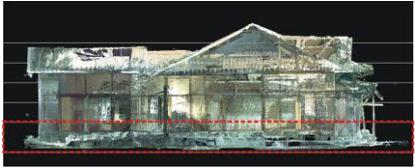
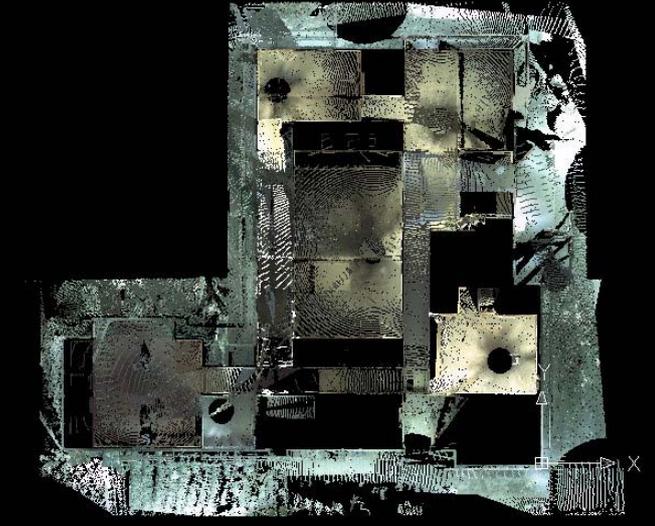
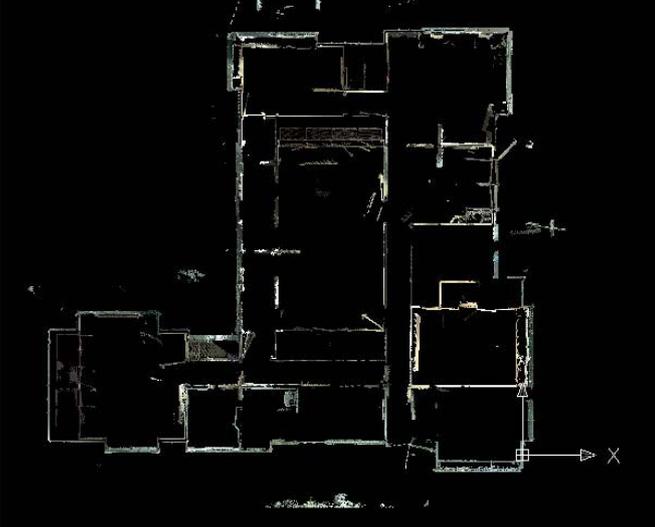
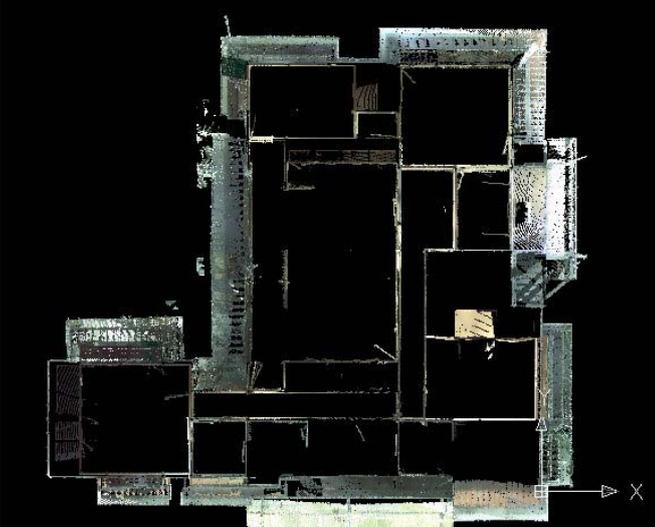
#### 壹、空間剖面圖

點雲可進行平面及剖面圖的繪製，可記錄空間及結構體的狀況，透過數位化的點雲資料，可直接進行區段剖面的繪製，並以帶有色彩及材質的資訊展現，故其所展現出之價值，將遠超過現今其他的表現方式。

##### 一、平面

齊東街 53 巷 11 號之日式宿舍，從地面至屋簷之高度約六米，故以 1.5 公尺及向上每 1 公尺，進行區段剖面，如圖 5-1 所示，各剖面之可見資訊如下：

- 1.5 公尺以下：地面及所有牆面、櫃子及傢俱，可觀察住宅內，原本之擺設及隔間方式。
- 1.5 公尺~2.5 公尺：可了解開口部位置。
- 2.5 公尺~3.5 公尺：雨遮、較高處開口部及部分天花板。
- 3.5 公尺~4.5 公尺：雨遮、天花板及柱梁結構承接處。
- 4.5 公尺~5.5 公尺：屋頂位置。
- 5.5 公尺以上：最高處屋脊及部分屋頂。

	
<p>1.5 公尺以下</p>	
	
<p>1.5 公尺~2.5 公尺</p>	
	
<p>2.5 公尺~3.5 公尺</p>	

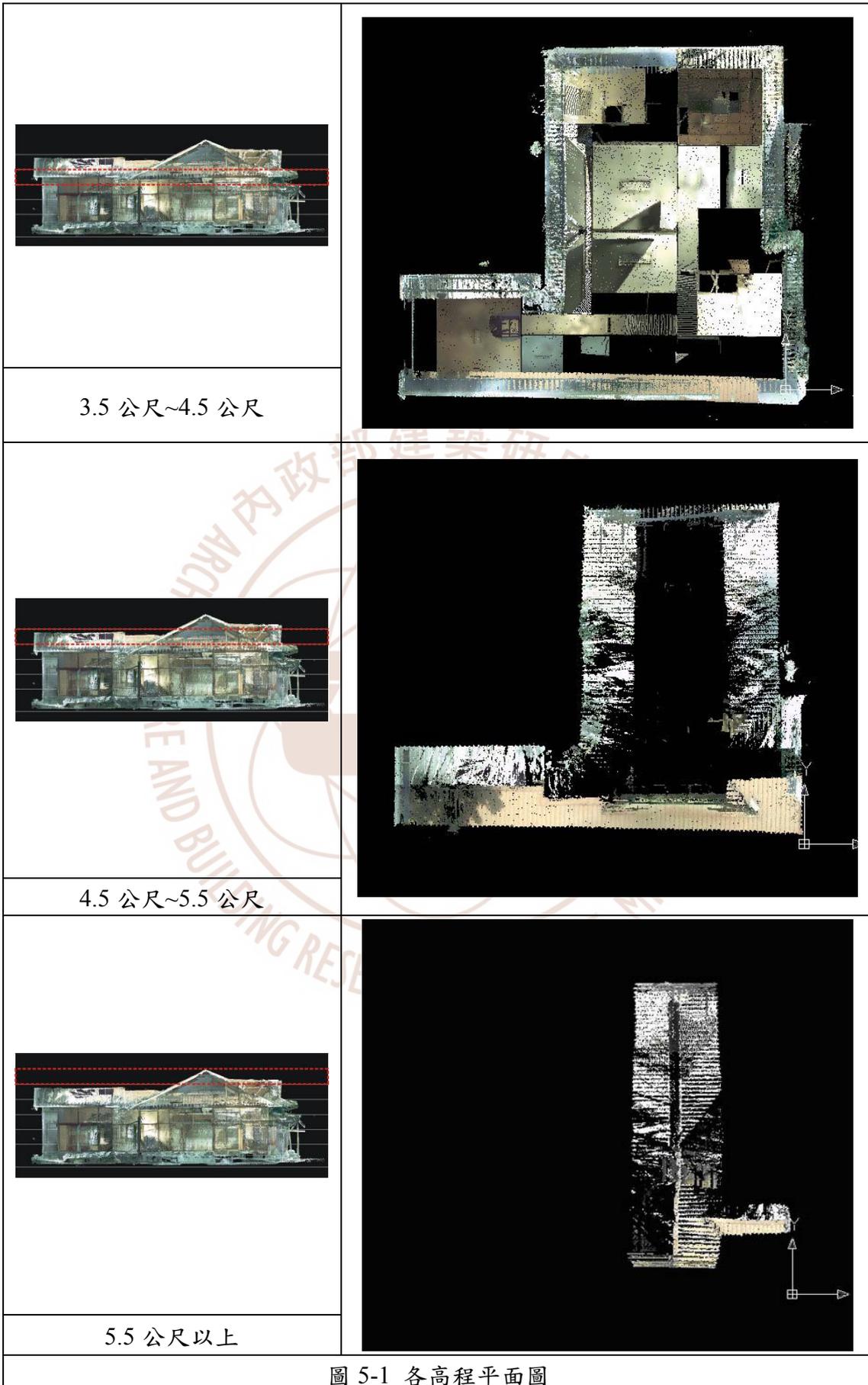
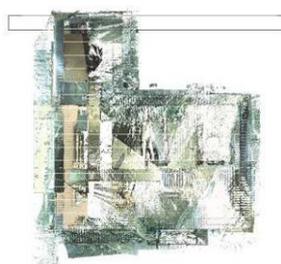


圖 5-1 各高程平面圖

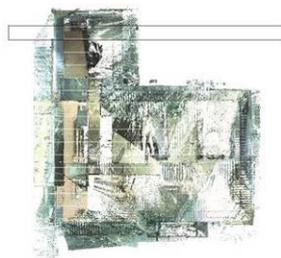
## 二、 橫向剖面

除基本之 2D 圖面描繪外，為了使設計者，更加瞭解古蹟空間之構成與相關物件之關係，為依照現況規模，(古蹟本體淨深約 16M)，每隔 1 公尺橫剖一處，以觀察空間的變化，提供予規劃設計者參考。本次掃瞄點之雲資料，經擷取呈現(如圖 5-2 所示)。

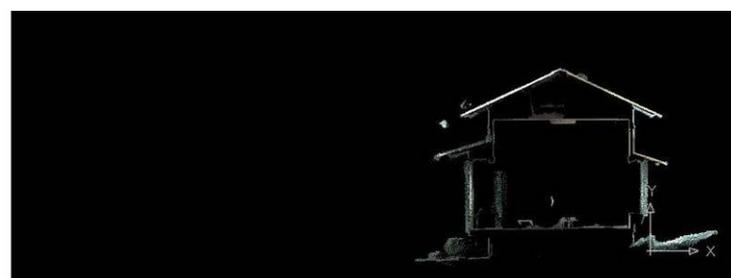
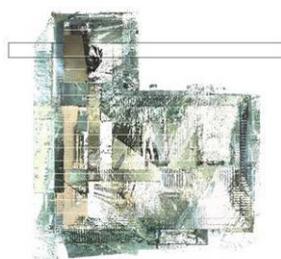
- A1~A4 橫剖：廚房、浴室及台所空間，表現室內地板高低變化及立面。
- A5~A6 橫剖：居間及廊道空間關係，包含後院植栽、居間凸窗及屋架的大致外觀。
- A7~A12 橫剖：書房、接待室及廊道空間關係接待室的天花板，狀況極差，已破損坍塌。
- A13~A14 橫剖：書房、玄關、座敷、廊道空間關係。
- A15~A16 橫剖：自前院、玄關、座敷、廊道到戶外庭園。



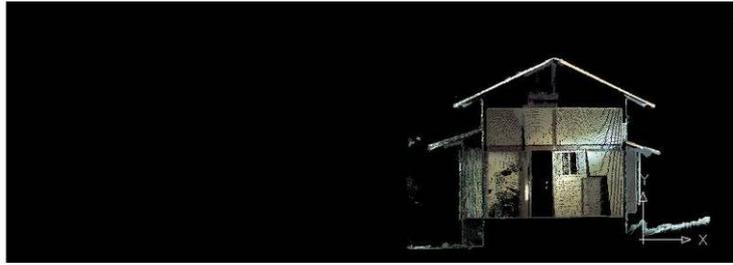
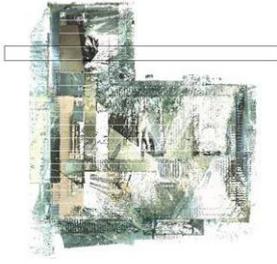
A1 橫剖



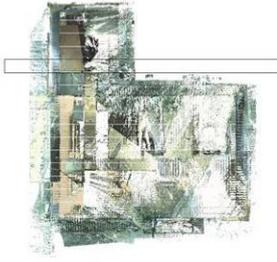
A2 橫剖



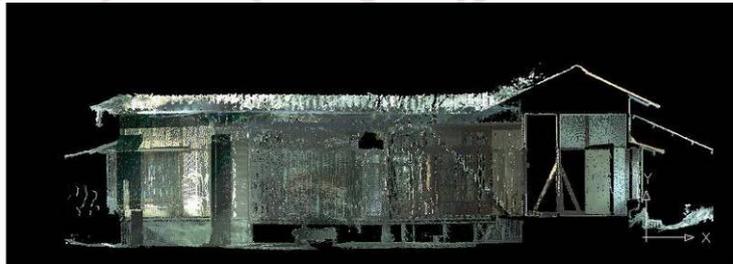
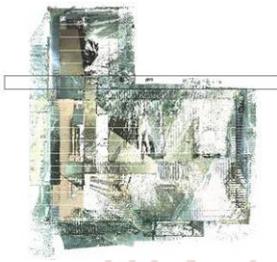
A3 橫剖



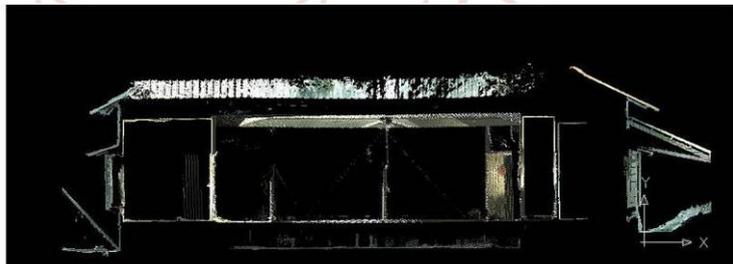
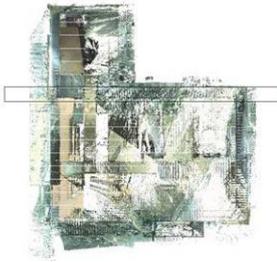
A4 橫剖



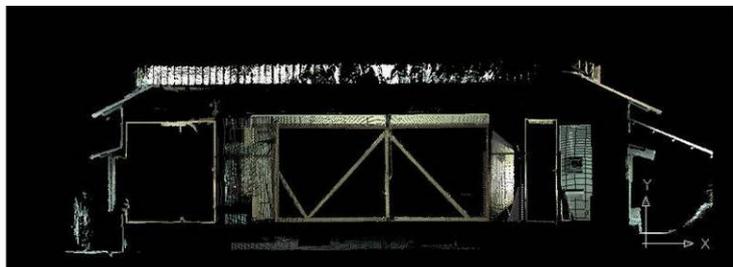
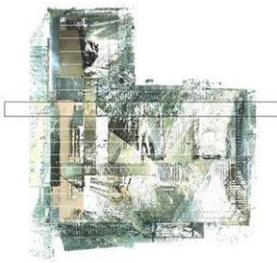
A5 橫剖



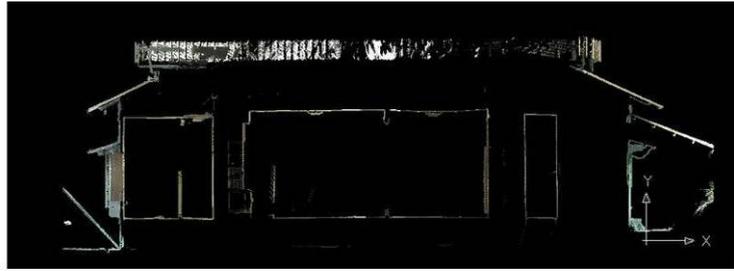
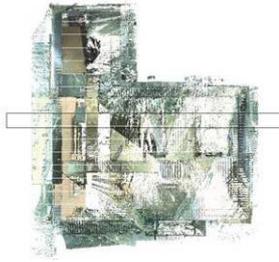
A6 橫剖



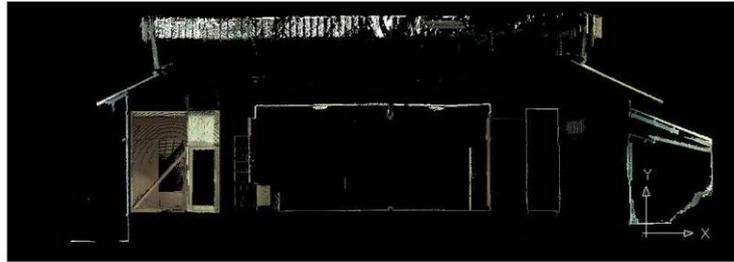
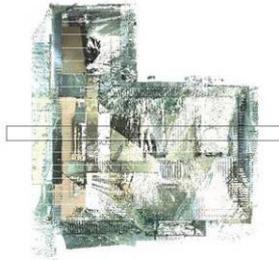
A7 橫剖



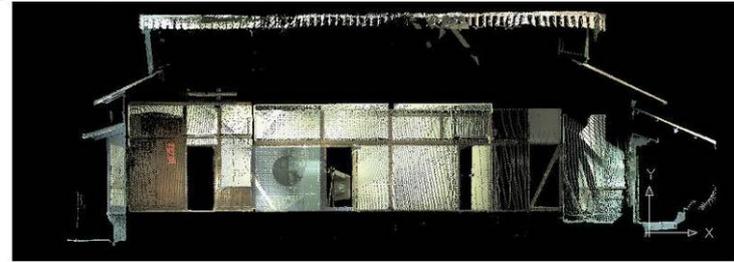
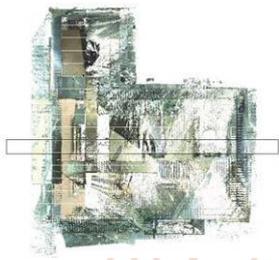
A8 橫剖



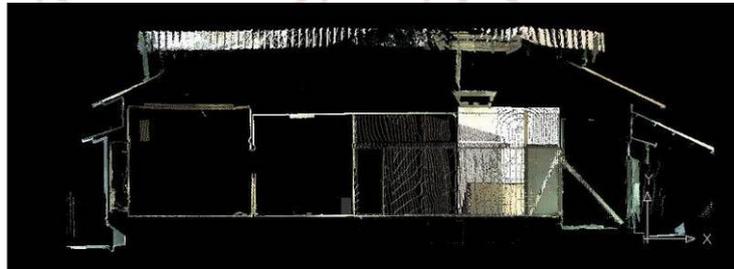
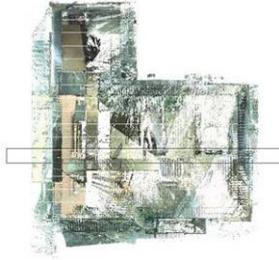
A 9 橫剖



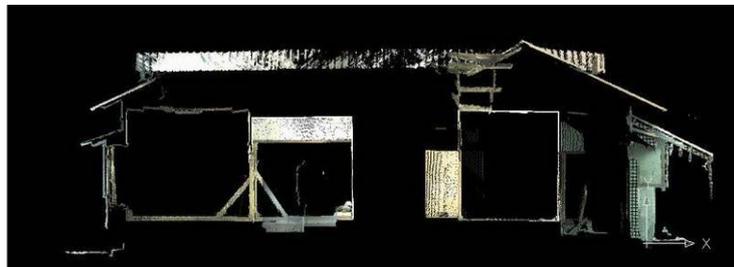
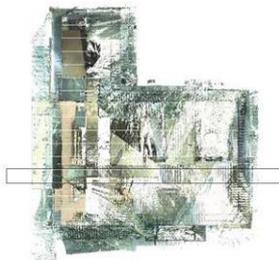
A 10 橫剖



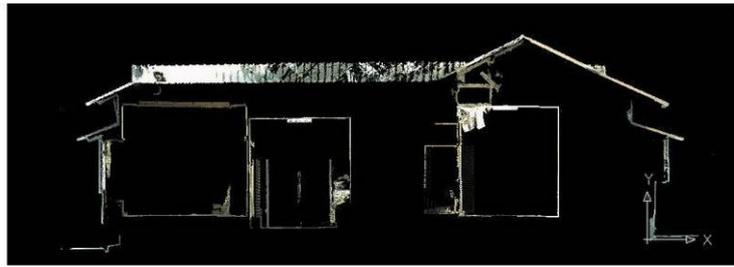
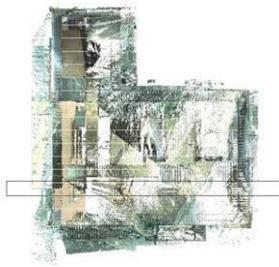
A 11 橫剖



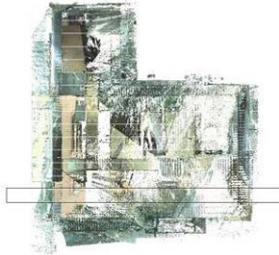
A 12 橫剖



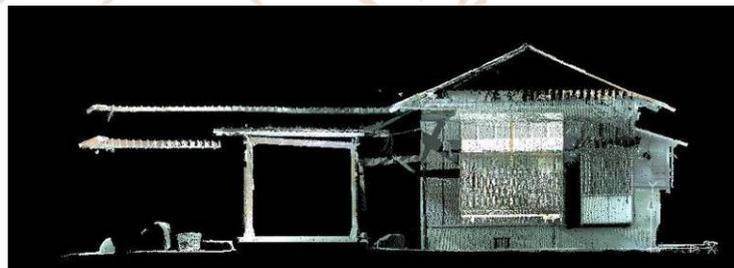
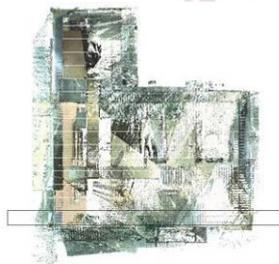
A 13 橫剖



A 14 橫剖



A 15 橫剖



A 16 橫剖

圖 5-2 橫向空間剖面

### 三、縱向剖面

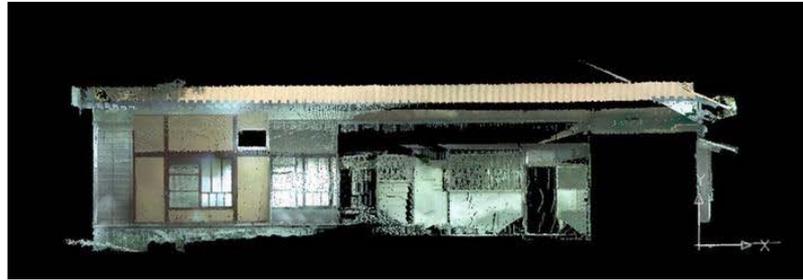
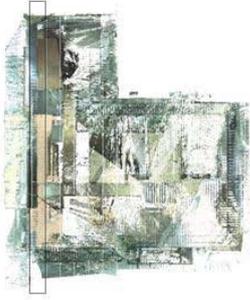
標的物之面寬約 14M 左右，自左而右，每隔 1M，檢視內部空間之變化關係，並可透過剖面觀察到空間之尺寸（含寬、深及高度）、牆厚及室內立面圖與入口垂直之剖面圖，如圖 5-3 所示。

- B1 縱剖：標的物左向立面圖，可量測古蹟面寬、各開口面積及架高地板的高程等。
- B2~B4 縱剖：自左到右的空間分別為：廚房、茶間、居間。透過該圖，可了解各空間之寬度及斜屋頂高度、斜度。
- B5 縱剖：同 B2~B4，可見到該空間之室內隔屏立面形式，及屋頂部結構部份形式。
- B6 縱剖：剖於客廳、廊道空間，可展現客廳與戶外庭園之關係及天花板破損狀況。
- B7 縱剖：剖於客廳、廊道空間及居間，了解推拉門之現況及破損狀況
- B8~9 縱剖：自左到右空間分別為客廳、廊道、玄關空間，透過該圖，

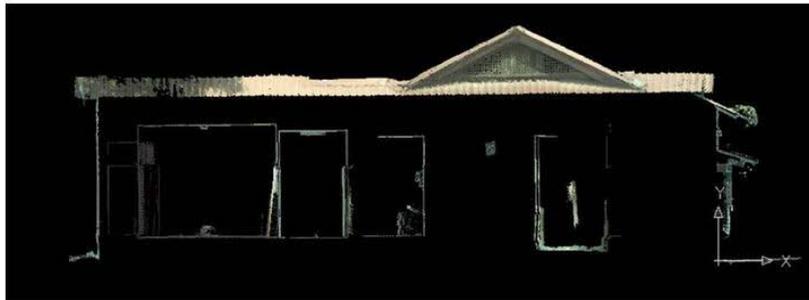
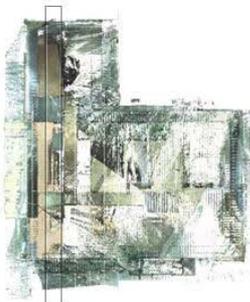
## 攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

可了解各空間之寬度及斜屋頂高度、斜度。

- B 10~B14 縱剖：自左到右空間分別為書房、廊道、茶室空間，透過該圖，可了解各空間之傢俱擺設。



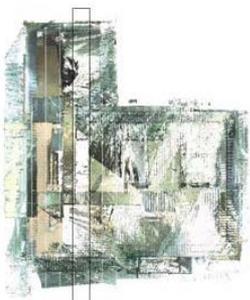
B1 縱剖



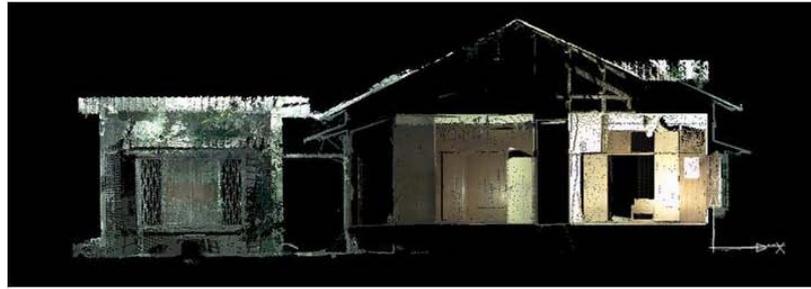
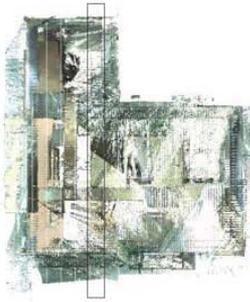
B2 縱剖



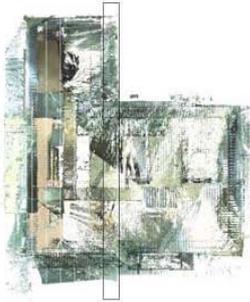
B3 縱剖



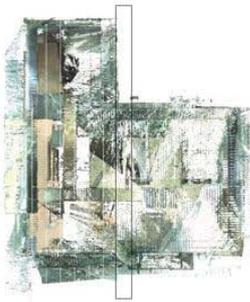
B4 縱剖



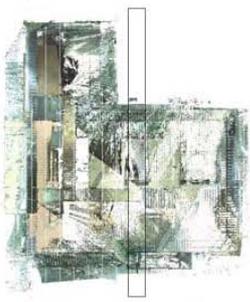
B 5 縱剖



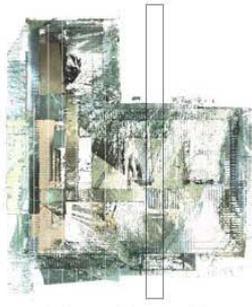
B 6 縱剖



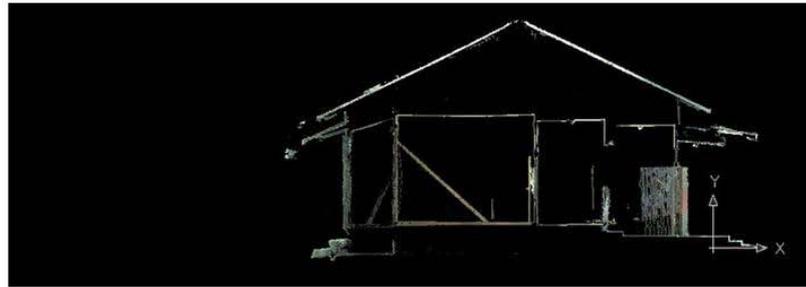
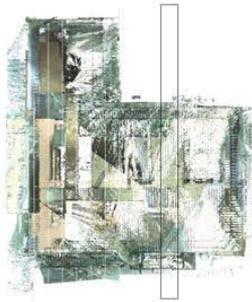
B 7 縱剖



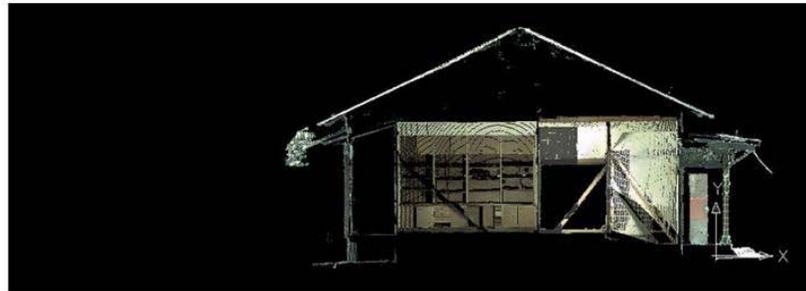
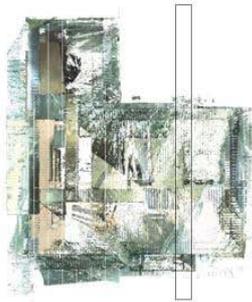
B 8 縱剖



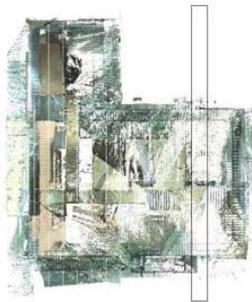
B 9 縱剖



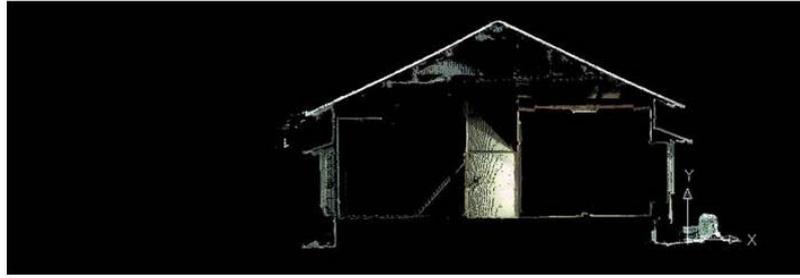
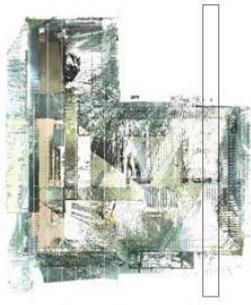
B 10 縱剖



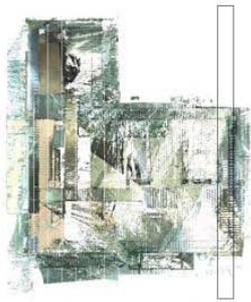
B 11 縱剖



B 12 縱剖



B 13 縱剖



B 14 縱剖

圖 5-3 與入口垂直之剖面圖

透過利用不同建築高度、寬度及深度之分段擷取的點雲資料，所產生之圖面，可快速且便利即可建立相關剖面及轉換不同的視景，藉以了解各空間之組成、尺寸及變化關係，且點雲資料，即為現場狀況，免除了過去的人工繪圖，所可能產生的各種問題，此外，建築物及室外空間之關係，也可經由圖面而清楚的表達，如庭園之規模、形狀、增建空間及與圍牆距離等等，由此可知，數位化資料之便利性及完整性，亦有助於輔助調查研究及後續設計之執行效率。

## 貳、室內破壞狀況及表面平整度分析

古蹟修復之基本原則為：應保存原有的形貌及工法，唯傳統的作業方式，皆以文字及簡略圖形概略描述破壞情形於 2D 圖上，故僅能知道有破壞，但無法確切的表達被破壞的程度、絕對位置與面積，以致，繪圖者跟觀賞者之認知，有所誤差。本次掃瞄作業，著重於室內空間之掃瞄記錄，為能清楚表達室內的被破壞狀況，以空間為單元，透過 3D 立體圖面，來描述各項立面及天花板之破壞狀況，供後續之規劃設計者，能更精確的掌握破壞狀況，而有助於改善、修補工作的進行，室內空間包含：牆面、天花板及地面，在此，將提出各表面之破壞情況及進行平整度分析，其位移容許值，將以正負一公分為基準，如表 5-1 至表 5-5 所示。

表 5-1 室內空間(一)的破壞狀況及表面平整度分析

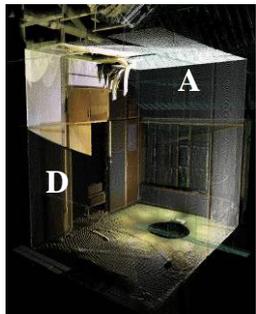
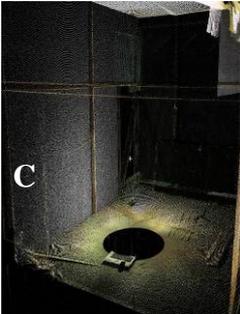
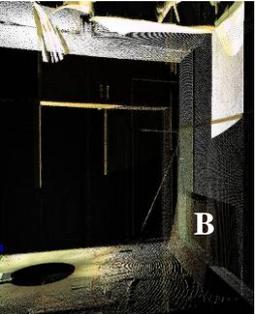
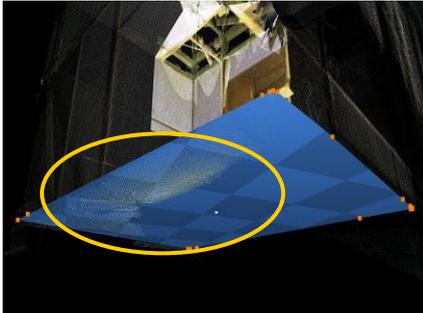
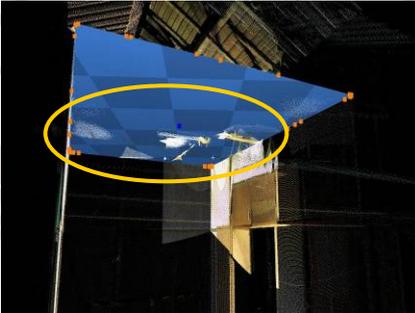
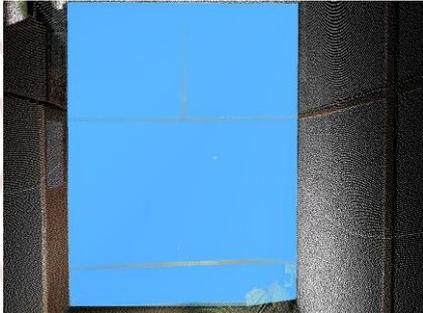
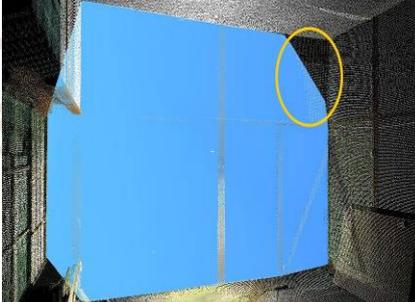
			
	<p>A 牆、D 牆、天花</p>	<p>地板及 C 牆</p>	<p>B 牆</p>
<p>破壞狀況：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 天花板破洞、表面材料脫離</li> <li>● 地面及天花板不平整</li> <li>● B、C 牆面不平整</li> </ul>			
			
<p>地面</p>	<p>天花板</p>	<p>A 牆</p>	
			
<p>B 牆</p>	<p>C 牆</p>	<p>D 牆</p>	

表 5-2 室內空間(二)的破壞狀況及表面平整度分析

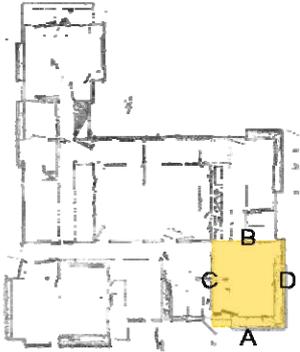
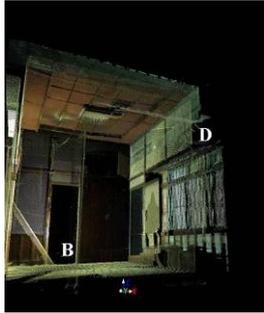
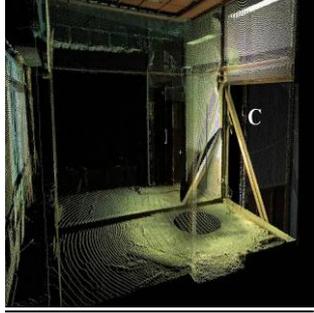
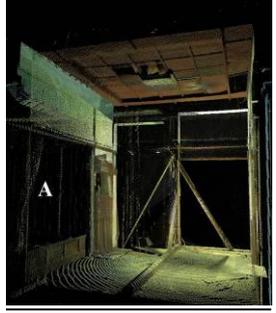
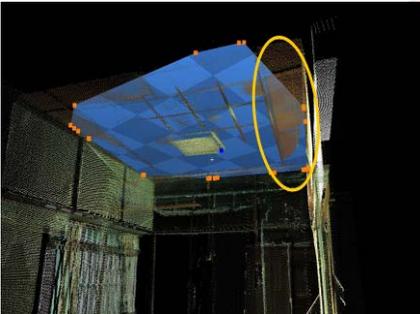
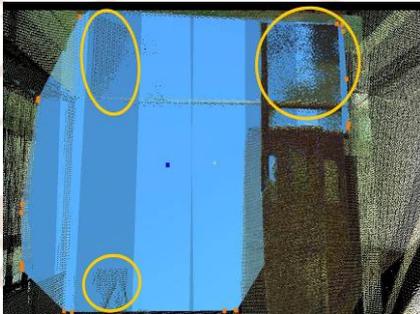
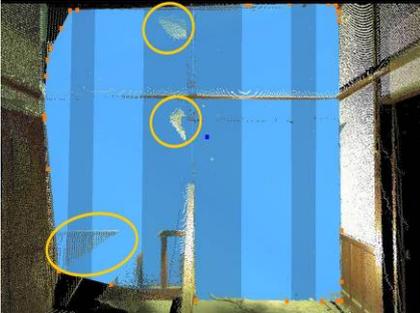
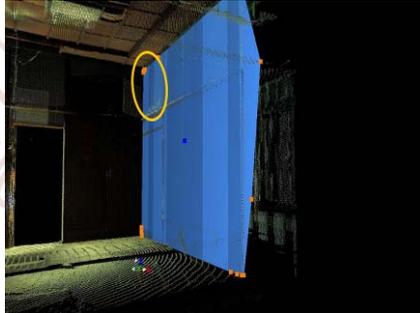
			
	B 牆、D 牆、天花	地板及 C 牆	A 牆
<p>破壞狀況：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 天花板破洞</li> <li>● 地面及天花板不平整</li> <li>● 牆面不平整</li> </ul>			
			
天花板	A 牆	B 牆	
			
C 牆	D 牆		

表 5-3 室內空間(三)的破壞狀況及表面平整度分析

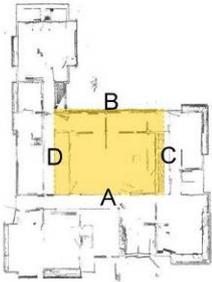
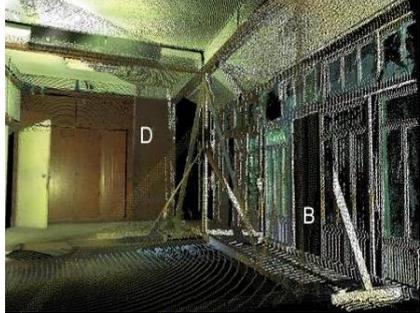
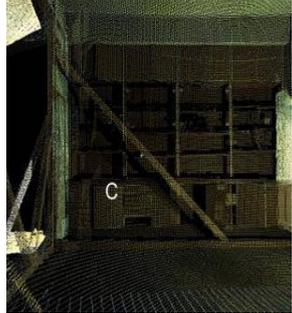
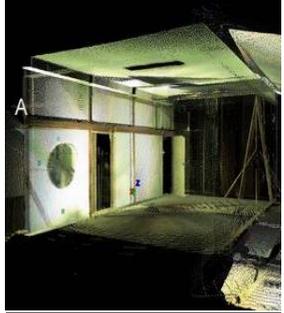
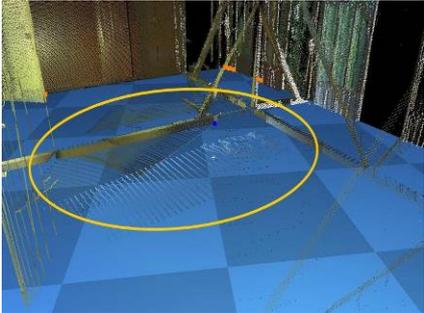
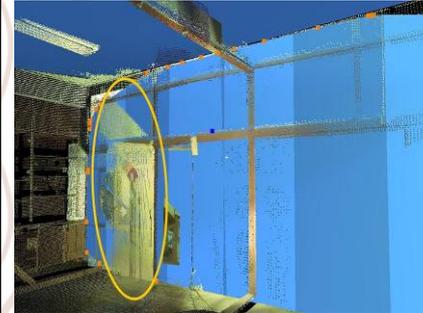
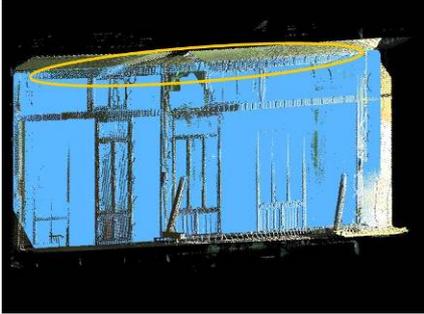
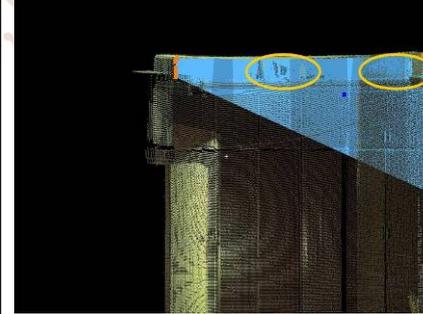
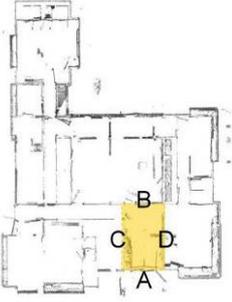
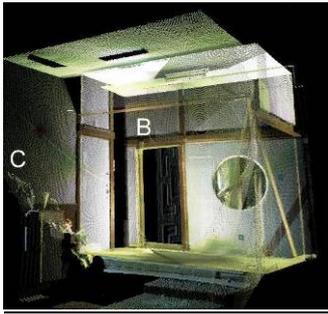
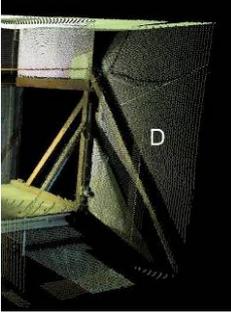
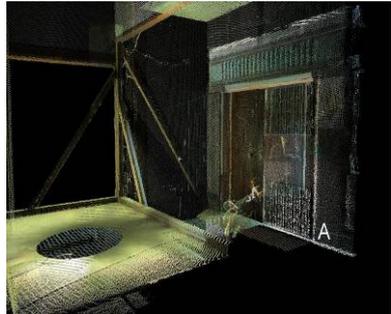
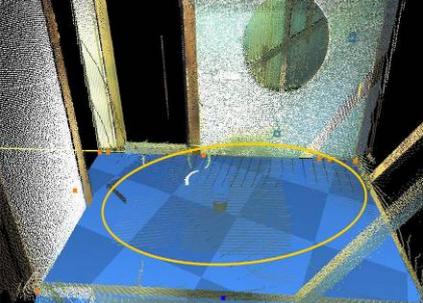
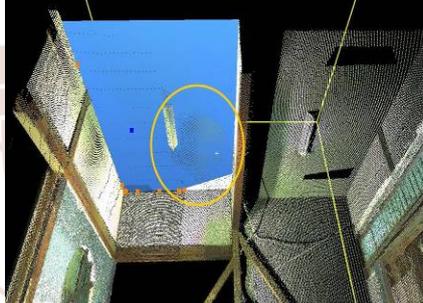
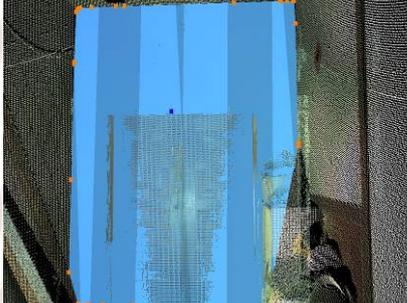
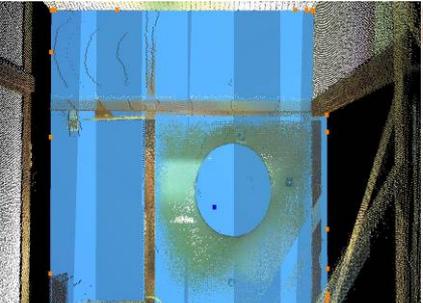
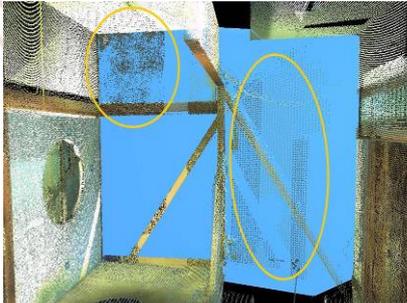
			
	B 牆、D 牆	C 牆	A 牆、天花、地板
<p>破壞狀況：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 地面凹陷</li> <li>● 天花板與牆面相接處形變</li> <li>● 天花板中間處沉陷</li> <li>● 地面及天花板不平整</li> <li>● A、B、D 牆面不平整</li> <li>● A 牆圓形裝飾處牆面傾斜</li> </ul>			
			
地面	天花板	A 牆	
			
B 牆	C 牆	D 牆	

表 5-4 室內空間(四)的破壞狀況及表面平整度分析

			
	B 牆、C 牆、天花	D 牆	A 牆、地板
<p>破壞狀況：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 地面凹陷</li> <li>● 天花板與牆面相接處形變</li> <li>● 天花板中間處沉陷</li> <li>● 地面及天花板不平整</li> <li>● A、B、D 牆面不平整</li> <li>● A 牆圓形裝飾處牆面傾斜</li> </ul>			
			
地面	天花板	A 牆	
			
B 牆	C 牆	D 牆	

參、結構變位分析

變位及變形狀況，為傳統量測、記錄方式最難掌握之部分，過去在人工測繪時，往往本體結構及構件軸向，皆以垂直水平帶過，造成圖面無法閉合，而逕為接合，這樣的作法，忽略了實際的狀況，以致影響到後續之結構安全及工程執行。

本案為木構建築，且使用年代久遠，為了了解現場結構的狀況，藉以評估其之安全性，接著將利用掃瞄點雲資料，針對現場結構變位及變形狀況，來進行檢討分析。

### 一、平面變形

利用 AutoCAD 讀入、結合，並矯正座標完成之點，選擇檢視上視圖，於高架地板之上方，進行平面切片，取得古蹟平面圖；接著將垂直的水平線，做為偏移角度的基準，沿古蹟外牆進行描繪，並量測各牆面之位移量及角度。由圖 5-4 分析後得知，此建築物之平面變形，大多集中於古蹟左半部，牆面位移量約 0.2 到 7.6CM 之多，另外，在變形量上，各牆面旋轉角度，約 0.1 到 3.4 度，甚少有絕對垂直的水平牆面，此部分，在人眼上，是甚難察覺的。透過以上數據化的資料發現，整體建築物受到外力之影響，是呈現前後牆面，往內擠壓之狀態，而導致部分牆面之位移變形，建議設計者，可在後續修復時，加以考量或補強。

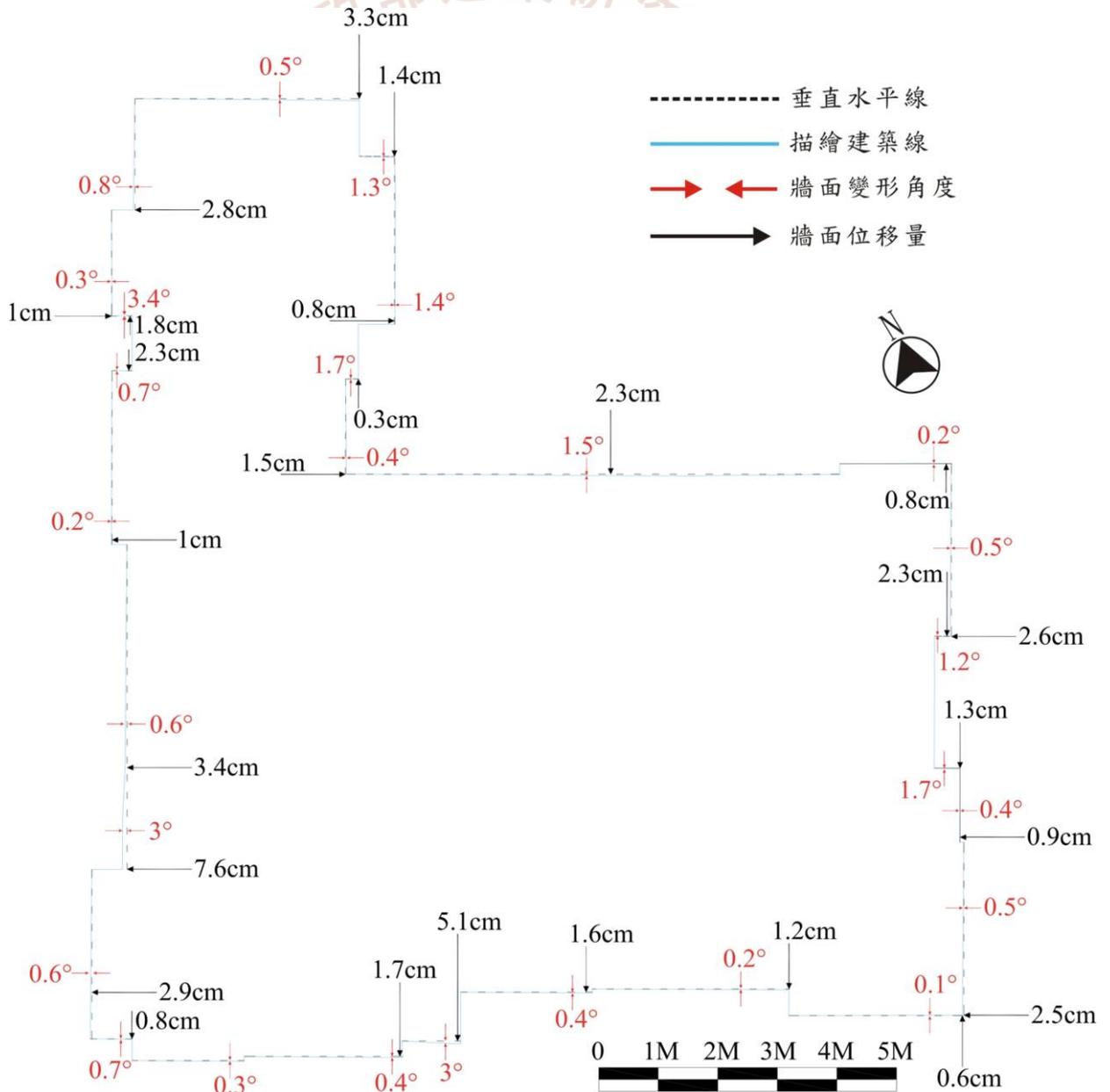


圖 5-4 牆面變位分析圖

二、立面變形情況

於平面分析後，將點雲資料轉換至立面視景，再依需求進行點雲資料擷取，本次針對標的物的牆面、屋頂、樑柱，來進行分析。經量測後發現：結構體柱子的變形量約 1.31~3.78 公分，而屋頂的變形，則發生於中間部位，沉陷約 3.66 公分，經分析結果，本案結構已受損嚴重，且導致屋身構件之變形及牆面向外傾斜，後續，應加以修復及補強，如圖 5-5 至圖 5-8 所示。

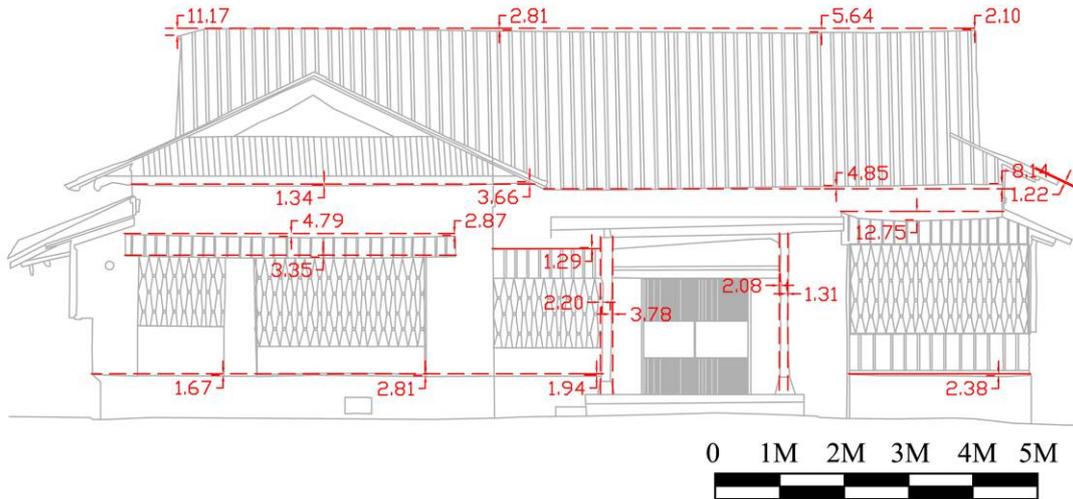


圖 5-5 正向立面圖

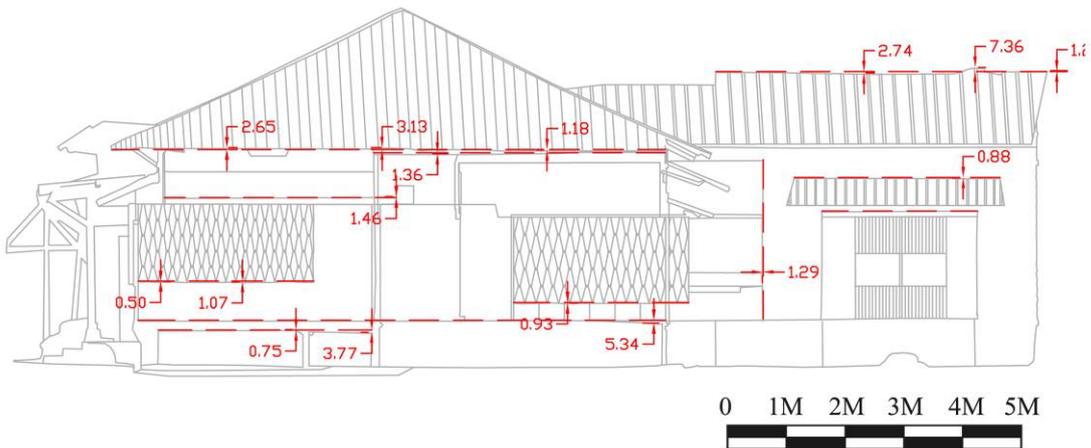


圖 5-6 右向立面圖

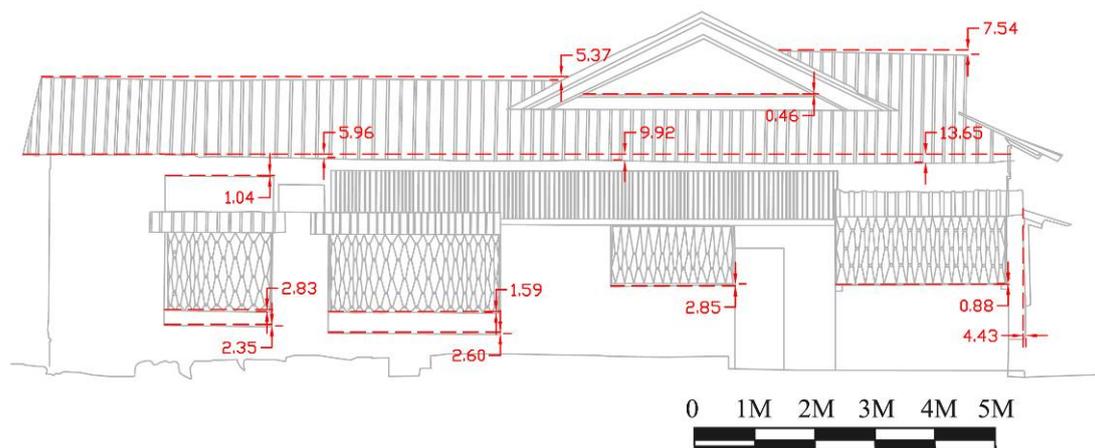


圖 5-7 左向立面圖

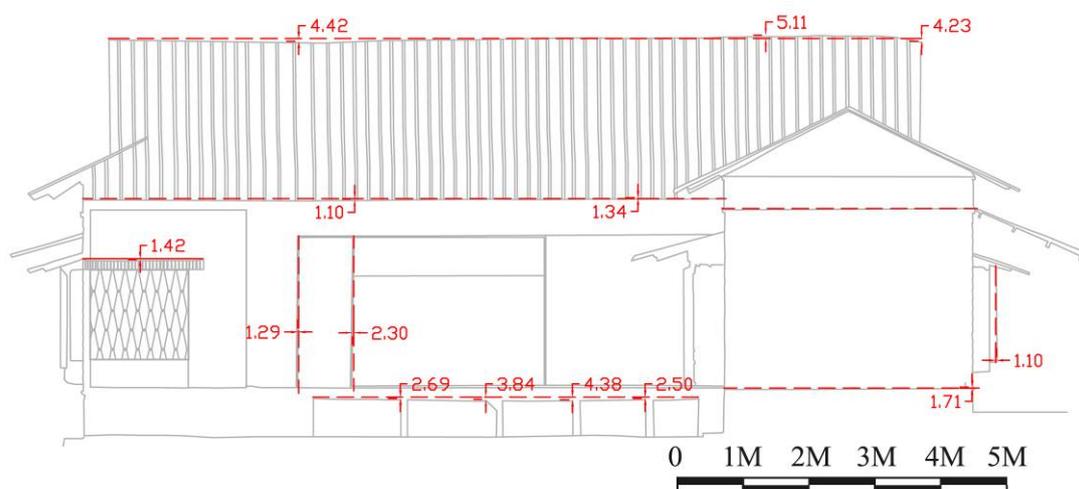


圖 5-8 背向立面圖

### 三、剖面變形情況

於立面分析後，將點雲資料轉換至剖面視景，再依需求，進行點雲資料擷取，本次針對標的物的中心位置，進行縱、橫剖面，來進行分析。經量測後發現：結構體柱子變形量不明顯，主要變形發生於天花板及長押；天花板部分往建築中心點，塌陷 2~5.3 公分為，如圖 5-9 至圖 5-10 所示，經分析結果，本案屋架結構已受損嚴重，且導致屋身構件之變形及牆面向外傾斜，後續，應加以修復及補強。

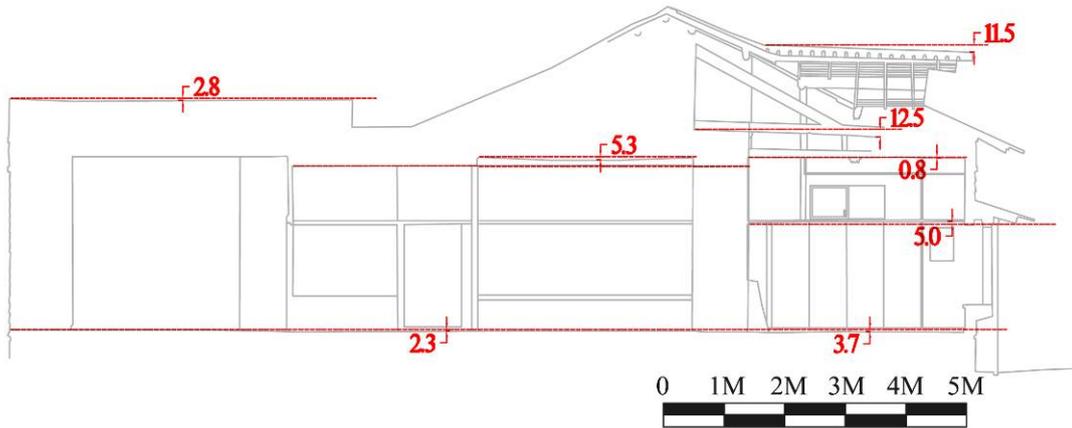


圖 5-9 橫向剖面變位分析圖

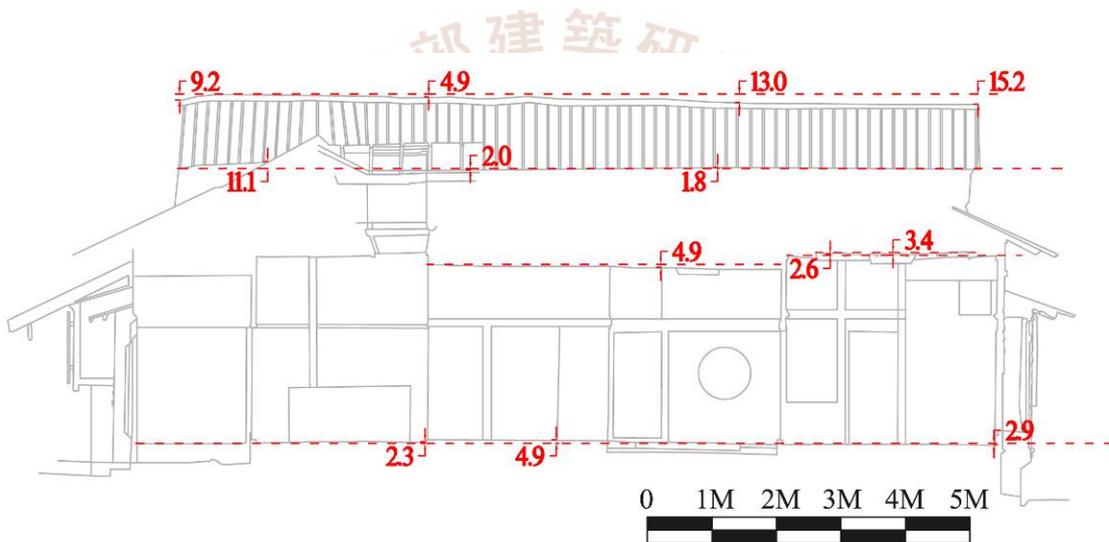


圖 5-10 縱向剖面變位分析圖

#### 四、室內地面變形情況

經量測後發現：室內地坪變形量明顯，往建築中心點塌陷 2.3~4.9 公分，如圖 5-10 所示，經分析結果，本案地面已受損嚴重，後續，應加以修復及補強。

#### 肆、柱子變形情況

古蹟除建築本體，需要加以保存記錄，構件之保存亦同等重要，本案操作標的為木構造建築物，著重項目之一在於木構造之技術，以往在以人工方式調查記錄現況時，由於受限於修復時間、調查工具及人力影響，往往不能將所有構件之尺寸及樣式完整記錄下來，僅能大致描繪形式，若在修復過程或後續管理維護中構件有所遺失或破壞時，會因資料之不完全而無法回復原有樣貌，導致文化資產之消逝，現運用 3D 雷射掃瞄技術記錄後，各可視部分之構件之詳細尺寸及樣貌皆能以點雲資料數位記錄下來。

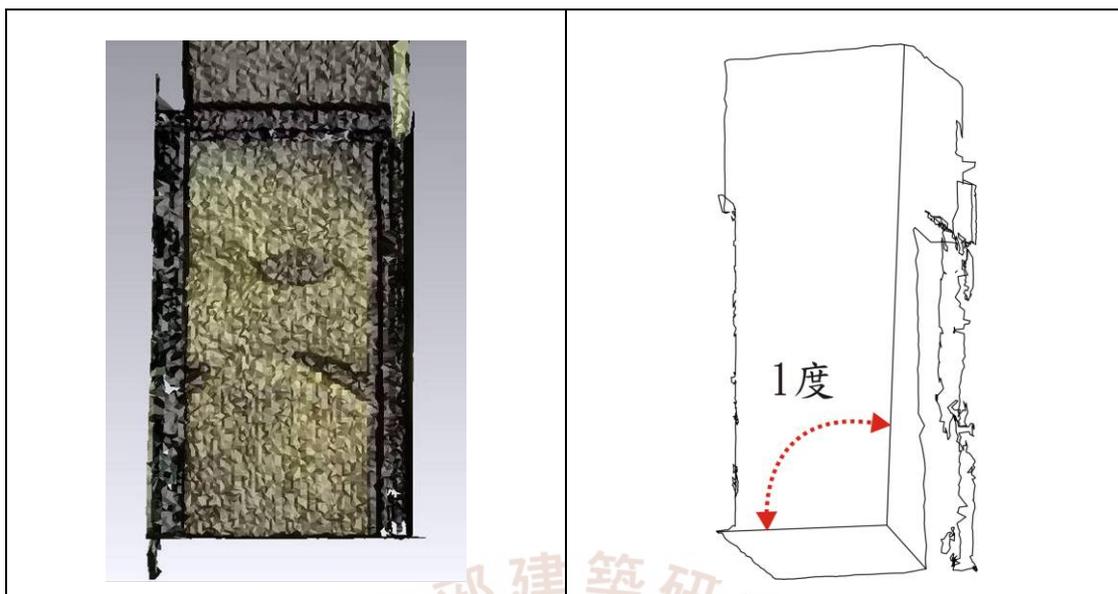


圖 5-11 柱子與地面變位分析圖

由圖 5-11 得知，柱子與地面變位角度為 1 度，顯示柱子經過長年的重壓，產生了變形，後續，應對柱子強化結構部份，避免日式宿舍倒塌。

經由上述分析可得知，古蹟各部分之變位及變形情況，透過點雲資料之擷取及視景轉換後，直接於電腦量測，即可取得相關數據進行分析，而能提供完整資訊予規劃設計者，作為後續結構安全補強及修復之參考依據。

### 伍、式宿舍屋架

日式宿舍的屋架（小屋組）為木材，一般分為和小屋及洋小屋兩種。（中原大學，2000）

- 一、和小屋：由水平樑木及垂直束木構成，通常使用於較小空間（約 18 張榻榻米大小），其特點是：利用粗大的木材樑木，承受彎曲應力，在空間的隔間上，較為自由，如圖 5-12 所示。

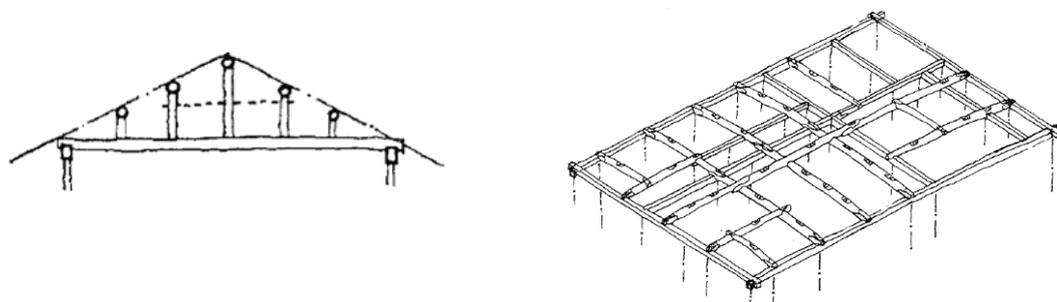


圖 5-12 和小屋組示意圖

- 二、洋小屋：斷面較小之規格化木料，可分為壓縮材及引張材使用，整體承受荷重，在木材材積上，較為經濟，如圖 5-13 所示。

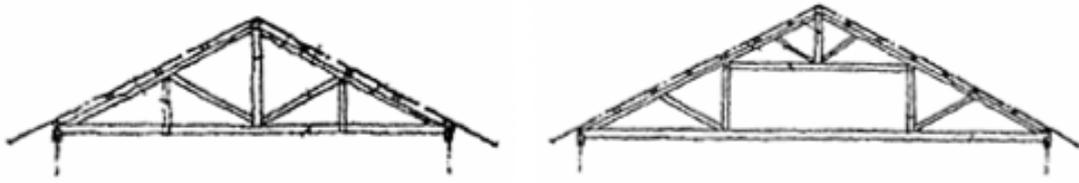


圖 5-13 洋小屋組示意圖

本研究發：現齊東街 53 巷 11 號之屋架型式，較接近和小屋組，如圖 5-14 圖 5-13 (左) 所示，但加入了斜撐的構件，因此，與小屋組，又產生了些許差異，據此，可假設該斜撐，並非與整體構架同時建造，可能後期因結構不穩定或因其他因素，導致結構破壞，故以斜撐補強該屋之結構強度，如圖 5-14(右) 所示。

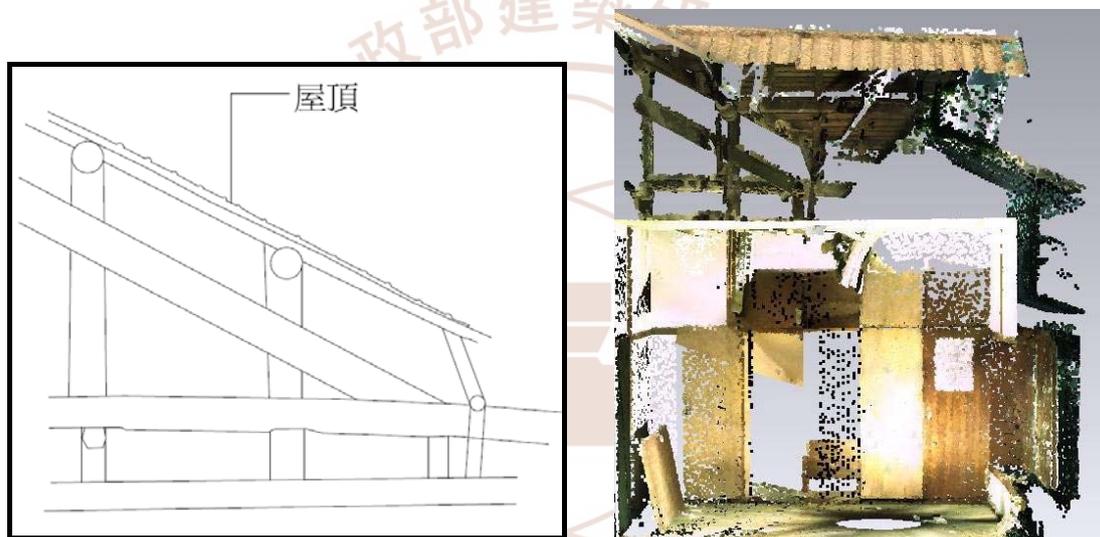


圖 5-14 齊東街 53 巷 11 號之屋架示意圖(左)室內空間及屋架點雲關係圖(右)

## 第二節 點雲資料應用方式

利用 3D 雷射掃瞄的技術，可有效且逼真的記錄真實的都市環境，但由於真實的環境中，包含了許多複雜的環境資訊，因此，在掃瞄取樣記錄時，若能以點雲資料為本，並據以建構數位化的立體資訊，除可兼具平面影像的色彩及圖面的準確外，且為完全立體的足尺資訊，因此，在使用上，能夠呈現更多的資訊給使用者，以下，針對都市、法規、古蹟修復、建築生命週期及多角度瀏覽等提出使用上的建議。

### 壹、都市紋理的分析、使用

都市掃瞄的最直接效益，係可提供完整且數位化的資訊，作為都市研究、分析使用，以往有關都市的調查、記錄，多半透過訪查、攝影(錄)及測繪的方式進行，故難以有效且確實的獲得有用的資訊，以作為研究、分析時使用，對此，掃

瞄後的點雲，則能提供有效的資訊使用，從單純的視覺呈現，到複雜的資訊整合，藉由資料在連結、使用上，以數位化的方式呈現，現有的都市紋理與脈絡(如都市的天際線、尺度關係、地形地貌等)，並以數位保存的方式，以完整保存現有的環境資訊，作為日後各研究、分析時使用，如圖5-15所示。

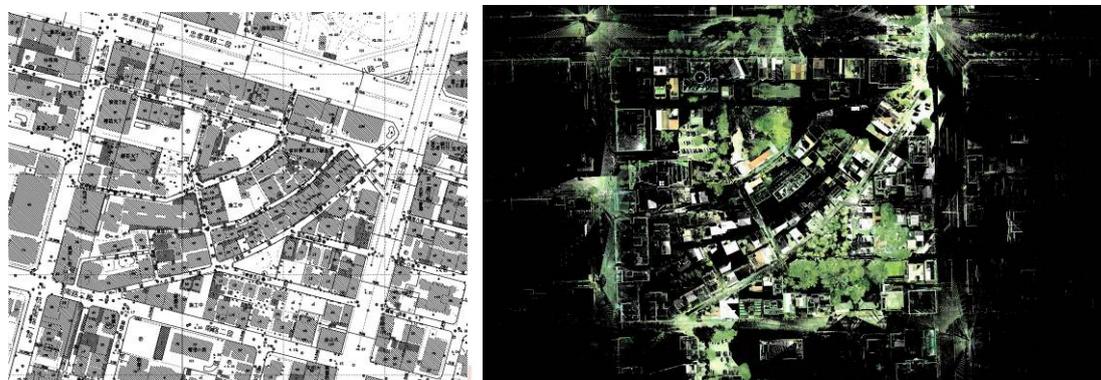


圖 5-15 齊東街數值地形圖(左)與點雲(右)的呈現比對

## 貳、景觀、設施呈現

以往都市三維模型建構時，對於公共景觀、設施等資訊，看似單純的設施物件，若要確實模擬時，其實是非常不容易的，主要是因缺少相關真實的現況尺寸，且不易量測，因而，導致了公共景觀、設施在模擬時，難以貼近現況，為了確實有效的獲得現況景觀、設施等的相關資訊，故可藉由掃瞄量測的方式，記錄景觀、設施等的現況資料，並透過數位保存呈現的方式，有效使用掃瞄獲得的點雲資料，從而繪製景觀、設施等的現況二維圖說，作為相關設計、變更時的參考依據。

### 一、植栽生長、分佈調查記錄

以往都市街道植栽、綠地等，自然景觀的量測記錄，往往無法準確量測出實際的相關尺寸資訊，如樹冠的大小、間隔距離、樹種特性等資料，因而，對於相關都市影響評估之研究，僅具有參考的價值，也因此，無法確實提供作為相關都市環境分析時的有效資料，如圖5-16(左)所示，為二維平面資訊記錄，所呈現的方式。而透過掃瞄量測記錄的方式，如圖5-16(右)所示，可呈現三維的記錄結果，掃瞄後的植栽點雲，可清楚的呈現相關的現況情形，包含樹幹、枝葉、高度等生長的情況，及與周圍環境現況關係，如圖5-17所示，並可經由數位量測的方式，提供樹木冠徑、胸徑、高度等相關尺寸資訊，如圖5-18所示，同時，掃瞄後的點雲資料，經由後續處理後，可作為相關環境影響評估、都市災害及防災評估等之用。

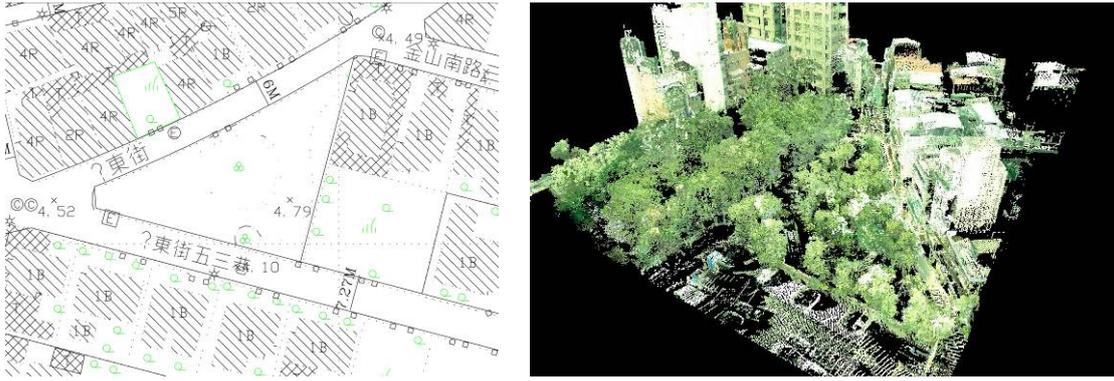


圖 5-16 街道植栽的數值地形圖(左)與點雲(右)的呈現比對

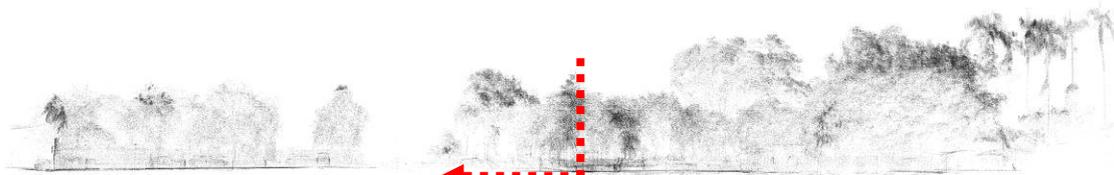


圖 5-17 齊東街公園立面資訊

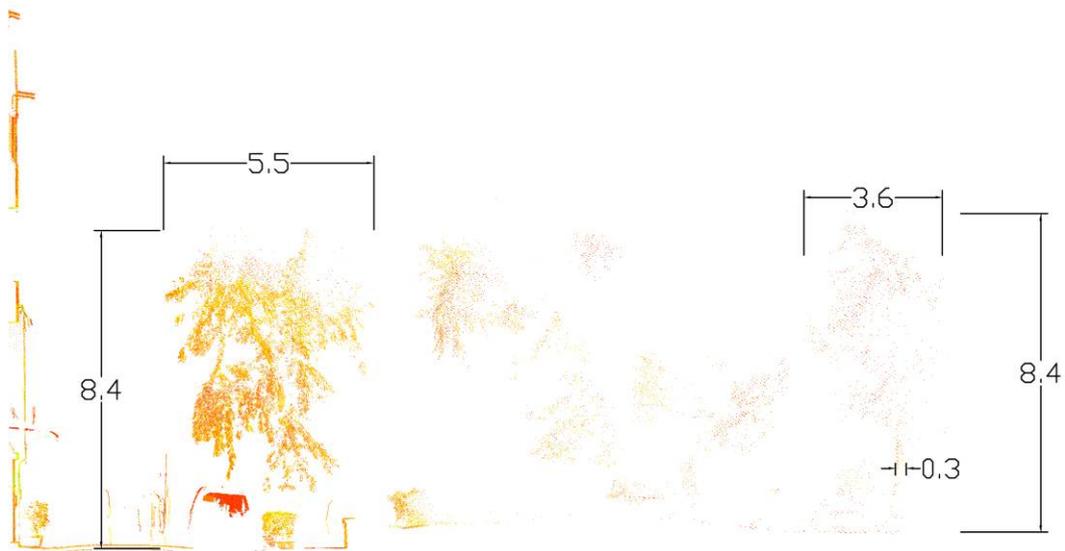


圖 5-18 齊東街公園剖面資訊

## 二、3D 景觀、植栽資料庫的使用

真實的都市環境當中，除建築主體之外，同時，也包含了許多的景觀設施、植栽、人車等物件，然而，對於數位3D 的模擬來說，對於各種不同設施物件的模擬，雖看似簡單，但卻未能真實的進行模擬，故在進行齊東街都市景觀的掃瞄記錄中，都市之所以賦有生氣，彼此間相互產生的關係所至，進行數位模擬時，難以真實詮釋的部份。

思考將既有的設施、植栽、人車等物件，透過掃瞄的方式，轉化為數位的3D 資料，據此，建立相關的資料庫系統，除單純作為資訊的記錄之外，亦可

作為日後相關都市模擬與建築使用的模型資料庫，以真實掃描記錄後的模型，作為數位模擬呈現時使用，以便詮釋真實環境的感覺。

### 參、街屋-日式宿舍11號-新生高架橋關係

齊東街從忠孝東路和金山南路口，一直通到杭州南路，鄰近著台北商業技術學院、台大法學院等文教區，整條齊東街四處座落著各具特色的日式宿舍，在喧囂的台北之鬧區中，更凸顯其難得的文化資產。由於，忠孝東路、金山南路、杭州南路、濟南路之大樓逐漸林立，周遭已展現繁華，但在齊東街內，車水馬龍的噪音，傳不進來，愈往內走愈是安靜，所看見的是：成排的日式黑瓦屋、茂密的大樹。

齊東街之所以內部、外部差異會這麼大，是由於道路呈弧線形狀，街頭看不到街尾，形成一個較封閉的空間，區內之建築，仍保有日式宿舍之建築特色，具當時都市住宅群落特徵，整個街廓林蔭森森，具有鬧中取靜的特色，該建築群，夾處鬧市中，卻擁有綠蔭公園與空地，所形成之綠意空間，其人性化的低密度空間，形塑了良好的都市生活環境。

齊東街之古蹟保存，有別於單點的文化保存，本區過去，曾遭到不等的破壞，但在劃設成特定區後，將可永續保存當地日式宿舍與老樹街區，成為後代台北人，共享的文化資源，是繼迪化街之後，第二個用特定區完整保存地方發展紋理的區域，齊東街有著不同層次的歷史出現，如圖5-19所示，才有今天齊東街的面貌。

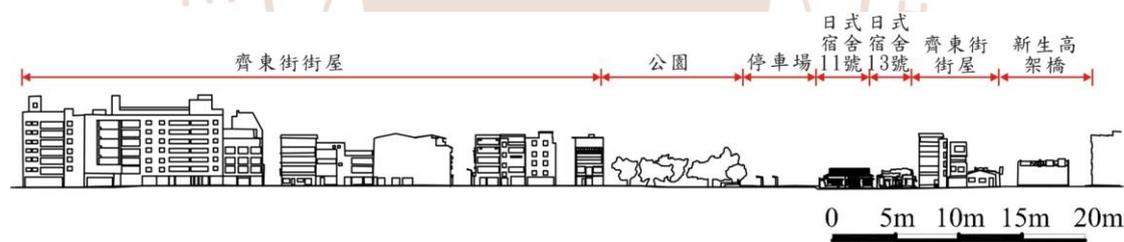


圖 5-19 街屋-日式宿舍 11 號-新生高架橋立面圖

### 肆、都市天際線檢討

天際線（又稱城市輪廓、全景或天空線）被最適當的描述，可能是：由城市中的高樓大廈構成的整體結構，或由許多摩天大廈構成的局部景觀。天際線亦被作為城市整體結構的人為天際。天際線扮演著每個城市給人的獨特印象，現今世上，還沒有兩條天際線，是一模一樣的。在城市中，天際線開展了一個廣闊的天際景觀，在許多的大都會，摩天大廈在其天際線上都扮演著一個重要的角色，如圖 5-20 所示。

在都市計劃及建築相關法規中，所規定的建築物高度，其目的，除了為控制建築物的使用密度、人口數、航空管制外，另有控制建築物高度，以保持適當的都市天際線之功能，而透過空照圖或拍照並無法有效的了解區域內建築物的建造對於該區之影響，而利用掃描，進行資訊的擷取，不但可以用不同的角度進行瀏

覽，對於都市環境的掌控，亦有所幫助。



圖 5-20 齊東街區域之建築群所創造出之都市天際線

在都市設計中，一個城市的天際線，也反映出這個城市，在土地使用、機能分區的屬性差異，通常天際線的最高點，都是精華的商業區，或城市裡頭具代表性的地標。天際線有時也被運用作為都市設計管制的工具，例如：在歷史街區或重要代表性建築的周邊，作為一個視覺景觀管制的操作依據。

然而，在齊東街這個區域，並不重視天際線的管制，通常只要面臨的道路寬度越大，新建房屋高度也越高，與老舊社區的高度，呈現明顯的對比，見圖 5-21 至圖 5-26，在這所見的天際線模式，是屬於一種「你爭我奪」、「目中無人」式的天際線類型，大家爭搶著當「最高」或「比你高」的同時，突顯了自己，卻忽略了與周邊環境的配合，也都忘了，建築其實是城市背景的一部份。

藉由，都市3D掃描後的點雲，則能提供有效的資訊使用，從單純的視覺呈現，到複雜的資訊整合，將可提供完整且數位化的資訊，完整保存現有的環境資訊，作為日後的研究、分析之用。

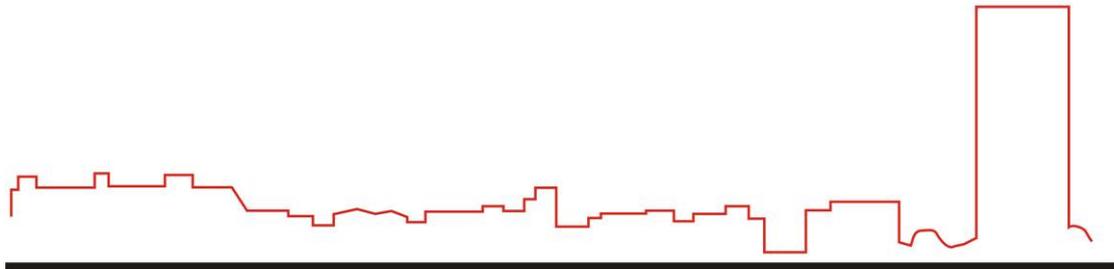


圖 5-21 齊東街北面天際線



圖5-22 齊東街南面天際線

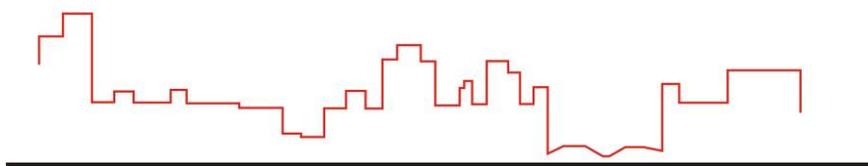


圖5-23 濟南路天際線

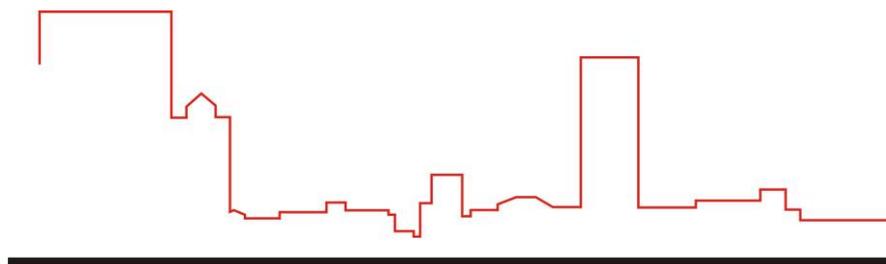


圖5-24 忠孝東路天際線

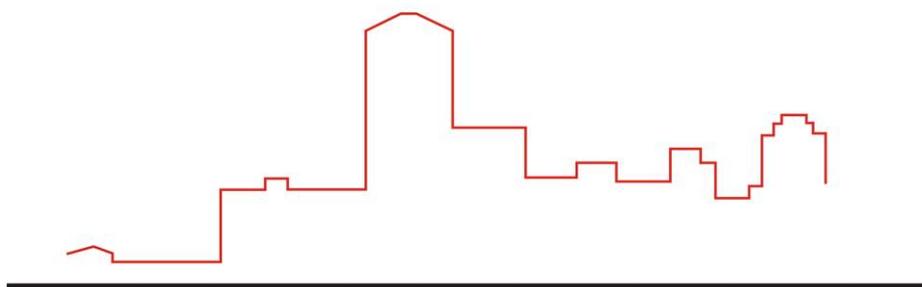


圖5-25 杭州南路天際線

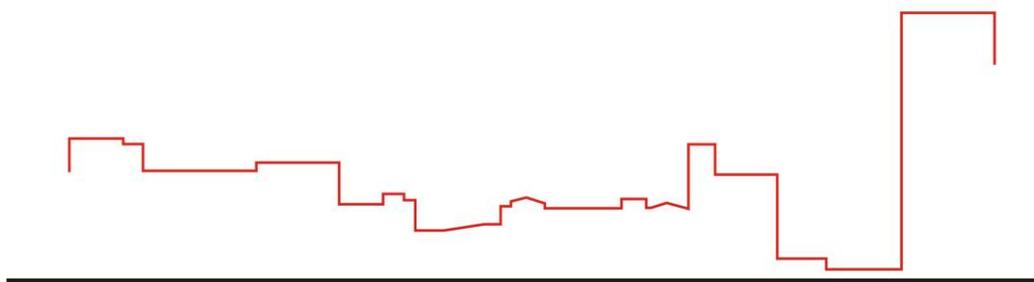


圖5-26 金山南路天際線

## 伍、法規檢討

過去法規的檢討僅能以測量或拍照的方式，來比對地形圖，且需以單棟建築為單位，來進行比對，除了效率低之外，精確度也可能較低，且無法與周圍鄰棟建築物及環境相對應，亦無法評估在該區域中的影響。

以平面的套疊資訊，能夠檢核在地面以上的資訊，例如植栽，臨時遮蓋物或出檐，而在透視中，可彌補地形圖之不足，然而，若能夠直接對建築物之高程進行量測，對於建築師及設計單位而言，較能夠提供直接而有效的助益，且設計完成後，所繪製之 3D 模型，亦可匯入，再與地形圖及點雲資訊套疊，如圖 5-27 左上及右上，以評估建築物，在該環境中，所產生之益處及干擾，再而進行設計修改及評估。

而對於法規的執行單位而言，點雲亦可提供現況資訊以供利用，建築物的高

度，以建築技術規則設計施工篇第十四條之規定，有不得超過 1.5 倍面前道路寬加 6 公尺之高度限制(建築技術規則建築設計施工編,2008)，但因對側華山藝文特區為法定空地，因此，可增加至 2 倍，在檢核時就可了解建築物、道路及對側道路的關係，且點雲資訊，因係以點的方式呈現，因此後方建築物的型體，亦可相互堆疊，而能夠一次進行建築物高程的檢核(見圖 5-27 左下及右下)，增進工作效率。

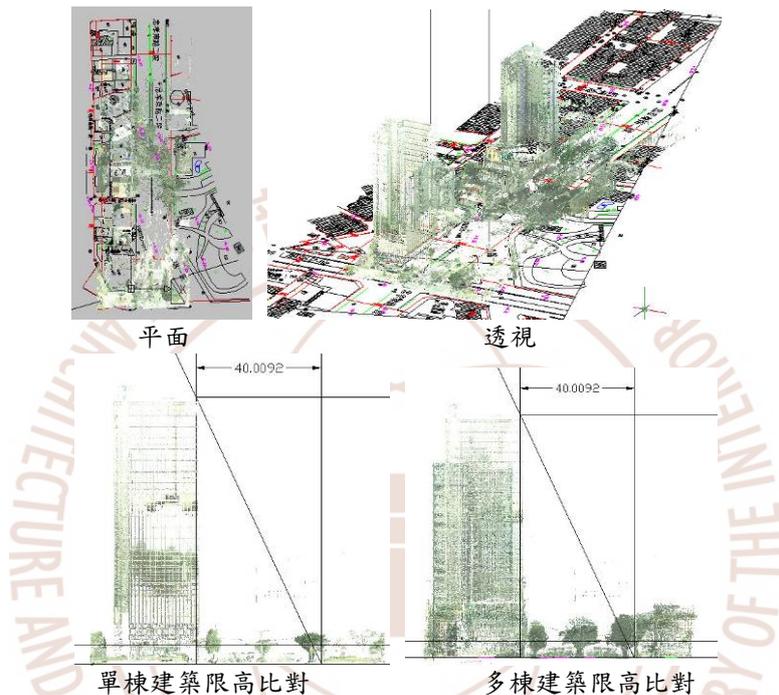


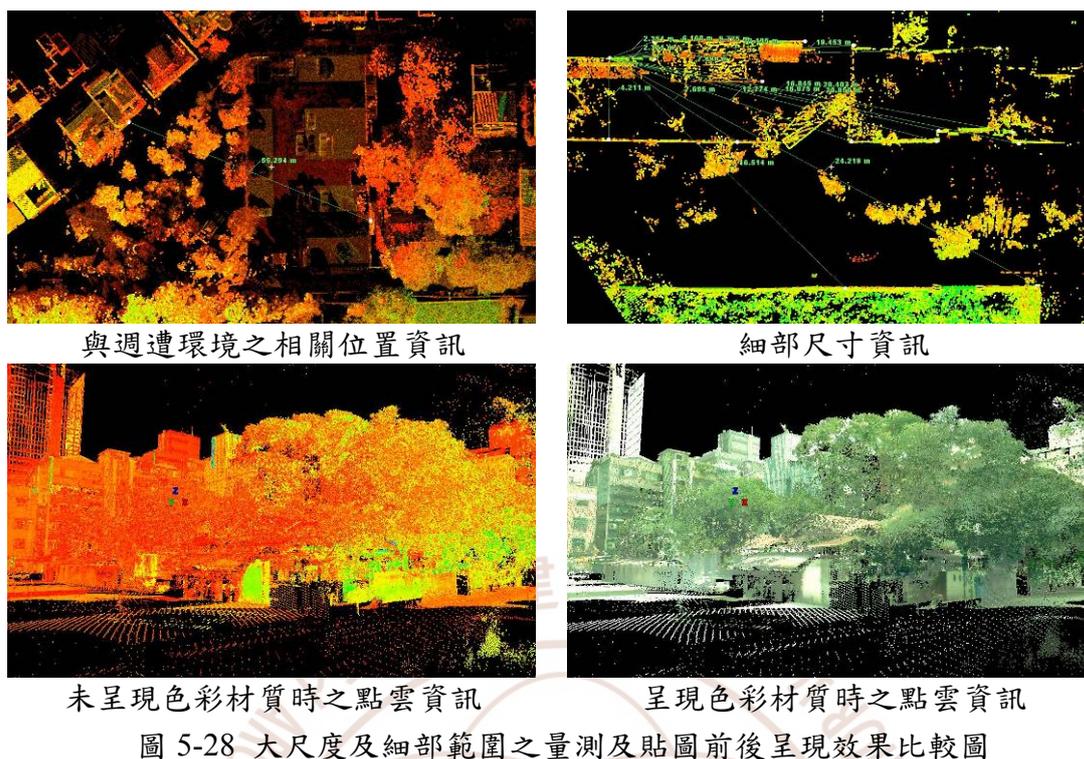
圖 5-27 依建築技術規則建築設計施工篇比對建築高度限制

### 陸、古蹟與歷史建物保存

在圖 5-28 左上所示，內容為：

1. 齊東街區域中之日式宿舍
2. 齊東街之距離量測
3. 周遭環境，其中，包含重點建築街道的資訊周遭環境，圖 5-28 右上所示，內容為日式宿舍，在擷取距離地面一米以下之資訊後，取得之建築平面圖，可進行建築物內之尺寸量測，並可以與對街之牆面，相互參照；圖 5-28 左下所示，內容為日式宿舍側面及後方環境之透視圖，與圖 5-28 右下相較之下，較難理解其所在位置及環境狀況，亦無法了解該區域中之立面材質及色彩。

點雲資料擷取後(見圖 5-29 左)可透過 AutoCAD 製圖軟體進行 2D 線檔圖的描繪(見圖 5-29 中)，以作為施工資料或記錄，亦或以 RP 機器輸出實體模型(見圖 5-29 右)，以作為展示或施工時參考之 3D 資料。



### 柒、建築生命週期之記錄

在建築的生命週期中，3D 掃描能夠記錄下，各個階段的資訊，對於歷史建築而言，掃描後之資訊，能夠提供作為數位保存及修復、製圖及展示之依據，而已存在的建築物及都市環境，在掃描取得資訊後，能夠用以審核都市計劃之落實及對法規遵守的檢核。在新建建築中，過去，皆被要求繪製建築物的竣工圖，但多數單位，皆以設計圖及施工圖稍作修改後，直接成為竣工圖交差，因此，在將來須利用竣工圖，以作為修復工程或救災時，便無法有效的取得所需之資訊，3D 掃描便能取得較正確的資訊，除是三維外，並帶有材質、色彩的資訊，能夠輔助作為建築物在完工時之竣工圖依據，圖 5-30 中所示即為齊東街入口旁的一棟新建建物之量體、立面及平面資訊，圖 5-31 左上和左下為齊東街老照片，兩者相互比較，可發現：街道的改變與建築物的逐漸增加，將齊東老街的風貌改變，唯一不變的是，保留下來的日式宿舍，如圖 5-31 右上和右下所示。

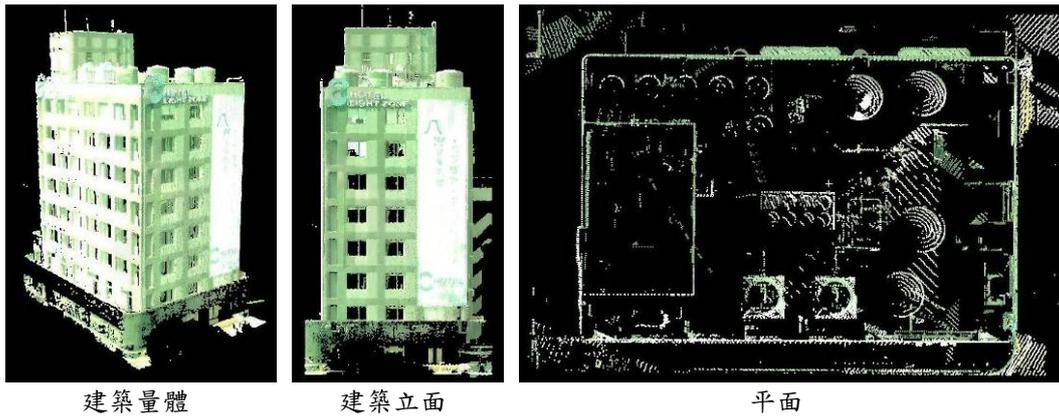


圖 5-30 新建建築在竣工時所記錄之點雲資訊之呈現效果



圖 5-31 齊東街老照片齊東街(左上和左下) 日式宿舍(右上和右下)(李全壽、陳廖月娥、周玉珠提供，2007)

### 捌、多視角瀏覽

圖 5-32 中之各視角，能夠取得不同的資訊，在空照圖的視角中，能夠得知建築物、道路及周遭環境之間之關係，猶如空照圖之功用，而在掃瞄器的視角中，可得知在掃瞄器的所在測點，對於某些建築物之可視範圍情況，以了解所在點或標的物之隱蔽性，對於需要保護的人或物，能夠先行以此視角進行檢核；以制高點(鳥類)的視角，取得的畫面，能夠觀察騎樓及遮簷處之資訊，以及該處與周遭環境之關係；而在地面(人)的視角，則是能夠做為環境的檢視之用，了解人在此環境中，所能觀察到的事物，以找出治安的死角及違反法規之事項。

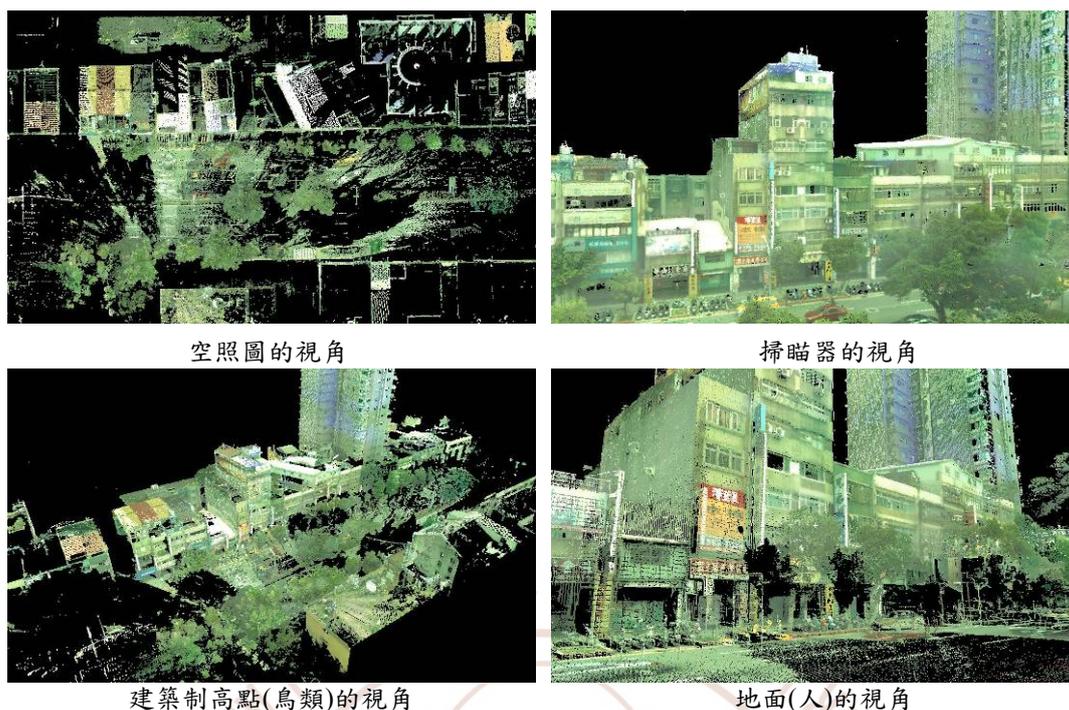


圖 5-32 點雲各視角所呈現的效果

### 玖、RP 模型輸出與現況比對

數位資料輸出，是將掃瞄的結果，使用實體模型的方式呈現，本研究，利用水溶性支撐成型系統 Prodigy Plus(圖 5-33 左)，其特色為：高品質、高強度(耐 93 度高溫)的 ABS 塑料模型輸出，材料穩定不變形，其設備成型作業空間為 203 mm x 203 mm x 305 mm (即可輸出模型最大尺寸)，適合室內輸出環境(無毒性 無粉塵 無噪音 無樹脂異味)。其輸出材料包括：形成材與支撐材，形成材為 ABS 高強度塑料，為模型本體的輸出材料，支撐材為：水溶性塑料，其功用為：支撐本體模型，使本體模型輸出時，不會因自重或角度過大，而產生崩塌，待模型輸出完成，其本體塑料完全硬化後，支撐材可利用超音波清洗機(圖 5-33 右)，加入水溶性清洗溶劑，可將支撐材剝離溶解。



圖 5-33 水溶性支撐成型系統 Prodigy Plus(左)超音波清洗機(右)

### 一、RP 模型輸出

利用 3D 雷射掃瞄器，取得的 3D 模型，僅為目標物無厚度的表面模型，但在立體模型輸出時，其材料成型，係有一定的厚度，故在輸出前，必須先將表面模型做處理，使其擁有足夠的輸出厚度，以利模型輸出(圖)，模型處理的原則，以達到輸出的足夠強度即可，若太厚，將造成模型嚴重失真，而太薄，則會因為強度不足而造成模型輸出失敗，本研究配合模型輸出的比例，厚度大約在 15mm~30mm 之間。

模型的輸出原理為將 3D 模型，分割成許多的薄片，再將這些薄片堆疊，而行成實體的 3D 模型，故在模型輸出前，須經過成型系統所附屬的處理軟體 Insight，將模型做切片、並建立支撐材料與輸出材料路徑規畫等步驟，並預估輸出時間與消耗材料體積，所有步驟完成後，即可進入輸出成型系統，進行輸出作業。輸出的 3D 實體模型，如圖 5-34 所示。



圖 5-34 齊東街 13 號日式宿舍實體模型輸出：支撐材未清洗(左上)支撐材已清洗(左下)細部呈現(右)

### 二、比對分析

隨著掃瞄距離的增加，掃瞄應用於建築與都市領域的範疇，也大幅度的增加，除能提供更為詳細、完整的資訊外，若欲立即進行都市全面的模型建置與使用，並已非難事，雖有其設備與技術上的限制，卻可於掃瞄後，針對部分的資訊，逐一進行模型資料的建構，以作為使用，其模型建置相關的應用，均如下所示：

#### (一)古蹟模型與現況比對分析



圖 5-35 現況與模型對照：齊東街 11 號日式宿舍現況(左) RP 模型(右)

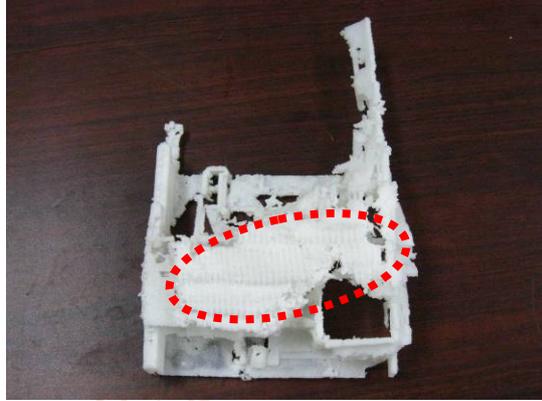
雖然，3D 在掃瞄的過程中，可透過電腦來觀看掃瞄的量體，但在分析作業時，卻常常利用模型達成，透過 RP 快速成型的技術，將所掃瞄的資訊具體化，輸出成立體模型，以便能更清楚的將現況呈現出來，如圖 5-35 所示，除單純的作為資料的保存，建立數位的模型資料庫外，若未來因時間長久，而有所損壞，如圖 5-36 (左) 所示，可將其原有掃瞄下的點雲資料，以逆向工程生產製造的方式，予以重新建置，如圖 5-36 (右) 所示



圖 5-36 日式宿舍倒塌後現況與逆向工程製做模型對照：齊東街 13 號現況(左) RP 模型(右)

對於歷史建築物來說，由於，該類建築往往具有特殊的外觀形式，若利用記錄的量測技術，實難以完整確實的記錄，以呈現其資料及圖說，為彌補此一遺憾，

掃瞄技術於建築之應用，遂因此而生，透過掃瞄的方式，記錄下相關建築物物點雲後，並輸出成立體RP模型，將現況與模型交互比對，找出模型與現況的差異點。如圖5-37所示，RP模型對照屋頂照現況，現況屋頂是破損的，反應在模型上，便可真實的將破損的部份呈現出，。



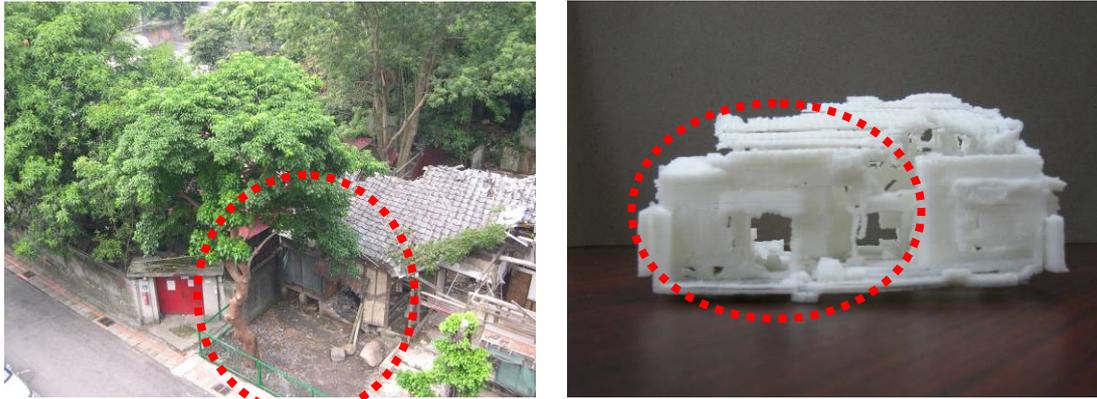


圖 5-37 現況與模型對照：齊東街 13 號現況(左) RP 模型(右)

### 第三節 網頁呈現方式

雷射 3D 掃瞄攝影，運用於齊東街的網頁，在網頁的建置上，期望，可以呈現沒有門檻的使用狀況，因此，在網頁的頁面的設置上，有多方考量，例如：更加淺顯易懂是為其一。另外，在網頁基本呈現的效果上，希望呈現比較有動態的效果，因此，決定採用 Macromedia Dreamweaver MX 和 Macromedia Flash MX 這兩套軟體互相搭配使用，讓網頁的呈現可以更為活潑，而不會過於呆板。

由於此網頁需要展現的內容，包含了許多軟體的應用，而且在主要內容表達上牽涉到很多的點雲的呈現，致使得檔案往往過大，因此，在瀏覽的過程中，需要等待非常長的時間，可是，為了品質的完善，所以，只好犧牲掉了使用者的時間，故需要每位使用者，能多點耐心等待成果顯現。

網頁主要分為幾個部份呈現，首頁、計畫緣起、環境介紹、掃瞄技術介紹、掃瞄成果展示、線檔圖面、點雲呈現五部份。每一個部份，會因為個別的內容與需求，仍然會有和其相關內容連結的情況發生，以達到讓整個網頁內容的充實與完整，如圖 5-38 所示。



圖 5-38 網頁架構圖

在網頁初期建置時，有很多事項必須要先仔細考量、省慎思考的，這樣才不會導致後續網頁和資料新建及維護上的困難，以及如何讓使用者在使用上能夠更加的得心應手，都是一些需要用心考量的地方。

### 一、網頁設計之考量點

在網頁建置前，應先有完整的規劃，和詳細而縝密的計畫，這樣才不會導致後續網頁和資料新建及維護上的困難，如何讓使用者，以下是此網頁，在初期建置過程中的考量重點：

#### 1. 新舊使用者使用便捷性考量：

先讓進入瀏覽的使用者，對齊東街的沿革，有些許的瞭解，因此，有做了一個簡單的首頁，如圖 5-39 所示。

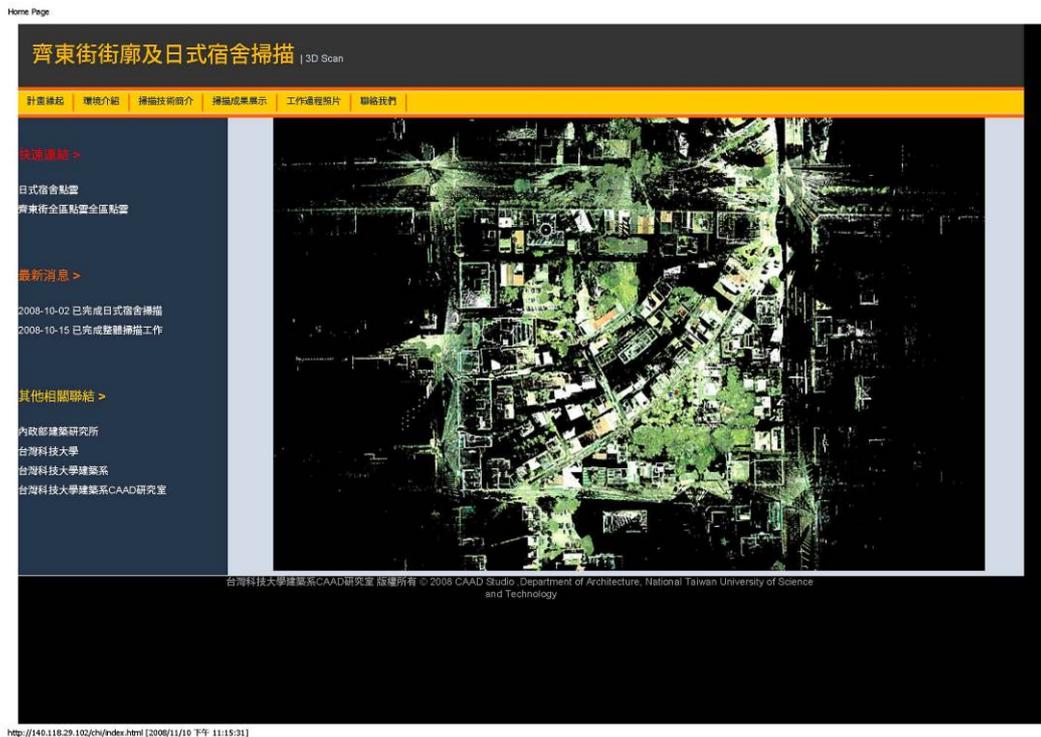


圖 5-39 網頁首頁呈現

#### 2. 軟體的應用：

由於，此網頁在點雲的後續應用的處理上，用到 VRML 軟體，做點雲的環繞呈現、用 AutoCAD 描繪點雲，處理成一般建築界使用的平、立、剖面圖，將其處理成 3D 物件呈現。牽涉的軟體有三套。

#### 3. 網頁架構設計：

在進入網頁正文內容之後，首先，會先看到在網頁的上方部分，有呈現此網頁的標題「齊東街街廓及日式宿舍掃描」，接著在上列，有六個選項，可以選取，分別為「計畫緣起」、「環境介紹」、「掃描技術介紹」、「掃描成果展示」、「工作照片」、「聯絡我們」，每一個部分，均因應個別的需求，還會有其他部分的相關連結，呈現在網頁左邊主要內容的呈現格中，再依其需求，再繼續做後續的連結；在網頁右邊主要的內容呈現格中，在右下角的部分，有做一個此網頁的名稱，讓使用者，可以瞭解到目前是在瀏覽哪一部份的網頁，以避免瀏覽上的

迷失。在網頁左下方列的地方，有四個網站可以連結，1、內政部建築研究所，2、台灣科技大學，3、台灣科技大學建築系，4、台灣科技大學建築系 CAAD 研究室，使用者可以針對自己的需求，繼續做下一個連結的動作，如圖 5-40 所示。

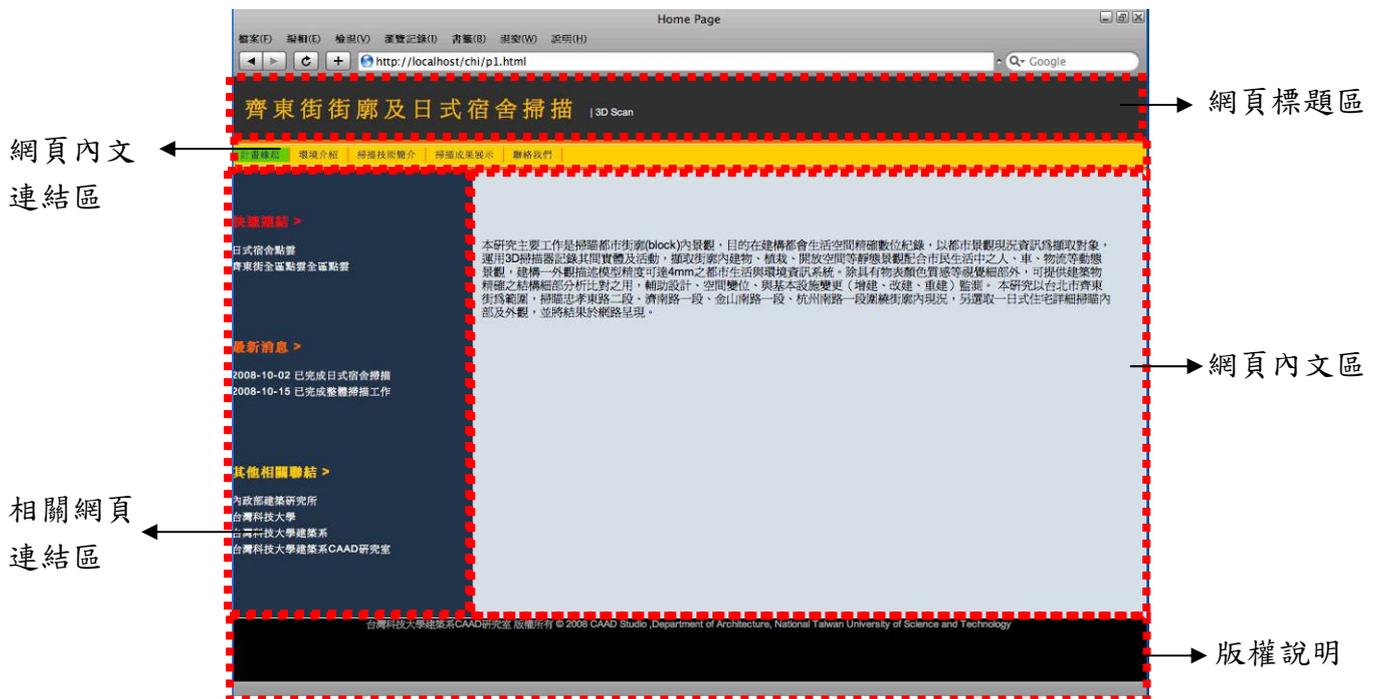


圖 5-40 網頁呈現架構圖

## 二、網頁內容介紹

### (一) 首頁

在「齊東街街廓及日式宿舍掃描」此網頁的首頁的建置中，首先就是先大略的用街廓平面圖的方式，讓使用者先對齊東街的輪廓有概略的描述，使其有齊東街的大略瞭解，之後進入瀏覽網頁時會比較知道齊東街的資訊，如圖 5-41 所示。



圖 5-41 首頁呈現網頁

## (二) 計畫緣起

在計畫緣起這一頁中，向使用者，說明何謂文化資產，以及古蹟和歷史建築基本資料的調查，和蒐集為最基本的工作。說明此研究是用 3D 雷射掃描器，來作為文化資產古蹟和歷史建築類的基本資料檔案建置的儀器，也是說明，此儀器掃描出來的資料，將成為此網頁內容環繞的重心。提供各縣市政府、專業人員、研究者及一般民眾使用豐富且正確的資料搜尋，進一步更可作為文化創意產業之使用素材，加強文化資產之使用及其附加價值，如圖 5-42 所示。



圖 5-42 計畫緣起呈現網頁

## (三) 環境介紹

在環境介紹這一頁中，對使用者說明齊東街的古蹟和歷史，本計畫，是掃描都市街廓(block)內景觀，目的在：建構歷史建築及周遭環境的精確數位記錄，以都市景觀現況資訊，為擷取的對象，運用 3D 掃描器，記錄其間的實體及活動，擷取街廓內建物、植栽、開放空間等靜態景觀，配合市民生活中之人、車、物流等動態景觀，建構一外觀描述模型，其高精度之都市生活與環境資訊系統。

內容介紹以齊東街為範圍，掃描忠孝東路二段、濟南路一段、金山南路一段、杭州南路一段圍繞街廓內現況，各日式住宅位置等，如圖 5-43 所示。

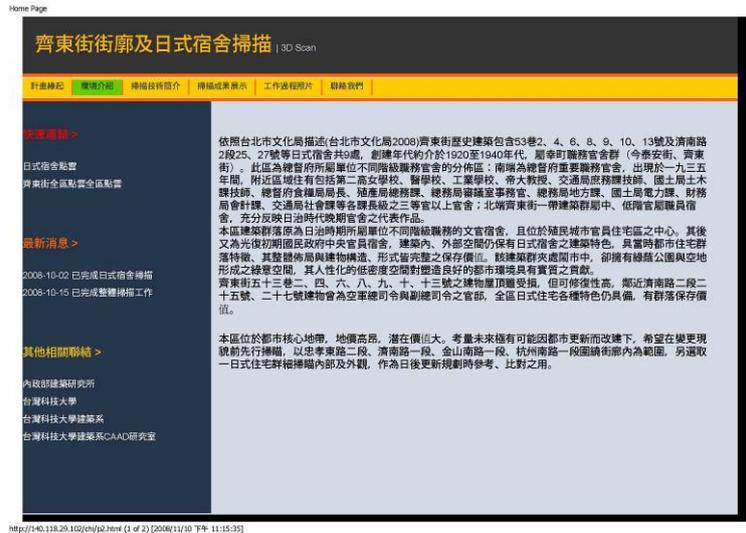


圖 5-43 環境介紹呈現網頁

(四) 掃描技術介紹

在掃描技術介紹這一頁中，所呈現的內容包括：

1. 介紹何謂 3D 雷射掃描
2. 整體的掃描規劃，
3. 後續掃描的前置作業上，需配合實際的環境狀況，如測站的規劃分析、接合點的設置計畫、高點測站的架設...等，如圖 5-44 所示。



圖 5-44 掃描技術介紹呈現網頁

(五) 掃描成果展示

1. 線檔圖面

點雲檔案在使用 AutoCAD 描繪之後，在 AutoCAD 軟體中，可經由發佈 (publish) 的功能，將檔案發佈成 DWF 的格式檔案，然後，經由 ActiveX 物件程序模型，展現於網頁瀏覽器上。(本站使用新 DWFx 格式，可更快速且穩定的呈現圖面)

DWF(Design Web Format)及 DWFx 是 Autodesk 公司所研發出來的一種可以開放瀏覽，但是保護檔案安全的格式，經由高品質的壓縮，DWF 給使用者，可以同時瀏覽很多 2D 和 3D 的設計資料，更容易的傳遞資訊和擴大團隊的使用。

以電子方式列印文件，可以避免使用者的編輯和變更，使得檔案的原始資訊，可以保留，也可以透過電子郵件或其他電子方式快速傳送。DWF 保留了設計的資訊和相對比例，因此，最佳的適合建築、工程學、和設計者使用。

Design Review 是 AutoCAD 讓 DWF 格式檔，可以在瀏覽器上運行的程式，在使用者發佈 DWF 檔案時，可以將模型、圖層、圖塊、視角等連帶發佈，這樣在瀏覽器上使用 Design Review 時，可以依照需求，做不同方式的呈現。

藉由 Design Review 程式，可以做到以下五點(Autodesk Design Review 說明檔)：

- 接收：可以從發佈者那邊，接收到 DWF 的檔案，然後在 Design Review 中，做物件的檢核。
- 檢閱：可以在瀏覽器上，增加註解、塗鴉、標註和圖章。
- 重新發佈：可以將使用者檢閱後的結果儲存。
- 返回：將檢閱後的結果，作返回的動作。
- 修改：繪圖者和設計者，可以經由原始檔的修改，重新發佈成 DWF 檔案，更新瀏覽器上發佈的檔案。

經由這樣來回檢閱和各方面人士的修正，可以使得資訊傳輸更為方便，使得設計和圖面的繪製更為完整。

在齊東街的街廓及日式宿舍的點雲檔案描繪，描繪齊東街的街廓為：忠孝東路街道立面圖、金山南路街道立面圖、杭州南路街道立面圖、濟南路街道立面圖、齊東街南北向街道立面圖；日式宿舍為：一樓平面圖、屋頂平面圖、正向立面圖、左向立面圖、右向立面圖、背向立面圖、全區縱向剖面圖、全區橫向剖面圖，然後，依序可以點擊相關的圖面，進入 Design Review 瀏覽的頁面，用移動物件、視窗縮放、量測距離、塗鴉等功能，做相關圖面之檢視和列印。

## 2. 點雲呈現

點雲呈現這一頁的網頁，在外觀點雲呈現方面，分為二個部分：外觀點雲“點”呈現、外觀點雲“面”呈現、剖面點雲“點”呈現，利用此三種不同方式的呈現，如圖 5-45 所示。

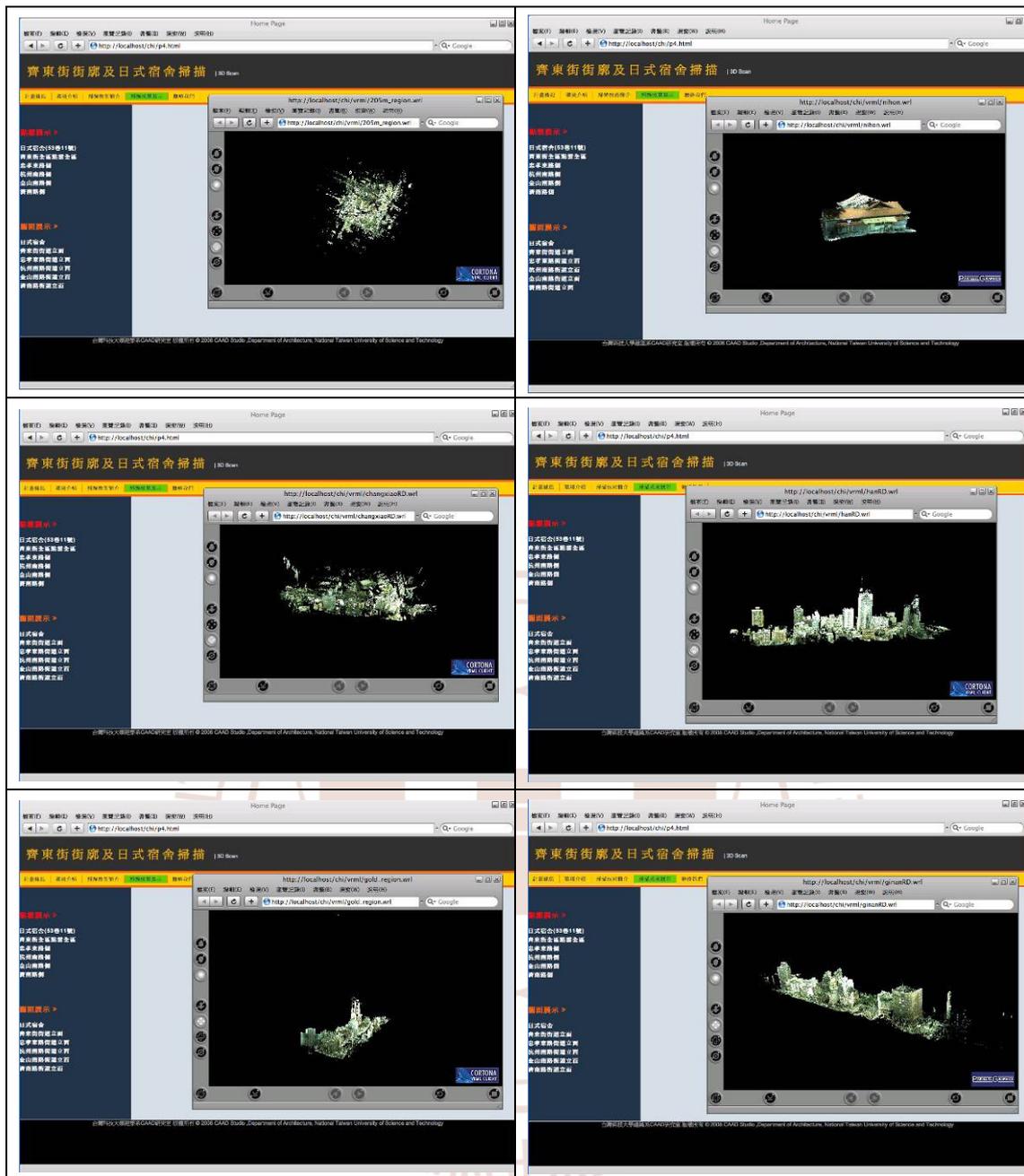


圖 5-45 點雲呈現網頁

(六) 聯絡我們

當使用者瀏覽網頁時，發現了網頁無法顯示或是需要更進一步的資訊時，可聯絡我們，留下 E-mail 或其他的聯絡方式，本研究室會盡快回覆使用者的問題，解決使用者的疑慮。



圖 5-46 聯絡我們呈現網頁

### 三、點雲呈現網頁外部網路測試

點雲呈現裡面，所展示的點雲物件，是以 VRML 格式製作，除便於使用者，可以在網路上瀏覽外，也可以讓使用者，在瀏覽的過程中，更為順暢。但是，由於本研究掃描出來的物件的檔案大小，從 2MB 到 700MB 不等，使用者在每一次檔案瀏覽的過程中，需要等待的時間，也不一定，因此，在外部網頁的測試，是必要的。本次，在外部網路的測試過程中，採用的電腦規格，如表 5-5 所示。

過程中，以點呈現的方式，測試了 6 個檔案、以面呈現的方式，測試了 1 個檔案、剖面點呈現的方式，測試了 1 個檔案，在測試之後發現，由於 VRML 檔的顯像必須將檔案完整預載後方可報行，故等待下載的時間較久，但在進行旋轉瀏覽時，轉動起來都很順暢，因此，本網站以開新 Windows 的方式進行，下載資料的同時，可瀏覽 web 中的其他內容，所以，使用者在等待的過程中，不會有不耐煩的情形產生。在“面”的方式，呈現的過程中，只要大於 30 萬面的物件，等待的時間都要 1 分鐘以上，在接近 100 萬的面的數量的時候，甚至，要等待 4 分鐘以上網頁才会有物件呈現，而且，在瀏覽時非常不順暢，因此，建議要瀏覽用“面”的方式呈現的網頁使用者，必需要有一定的耐心等待。

建議不論是使用“點”的方式或是“面”的方式，來瀏覽的使用者，只要電腦的 RAM 在 1GB 以上（越大越好），且配備有獨立顯示卡，旋轉物件的效能都將有所提升。

表 5-5 外部網路測試連結速度，採用電腦規格表

CPU	Intel Core2 Due 1.86GHz
RAM	3.0G
顯示卡	NVIDIA Geforce 7600GS
網路速度	Cable Modem 2M/256K



## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

完整都市現況資料記錄與三維都市模型的建構，是精確資訊閱讀的基礎，利用三維雷射掃瞄的方式，完整記錄的都市現況資訊，可表達二維圖像所無法呈現的空間對應關係。

研究中擷取之大量都市現況數據相較於 2D 地籍資料是一種 3D 的地籍資料，不僅反應物表細部及顏色屬性，更可從下列研究成果敘述顯現資料效能。

- 提供高精度數據擷取成果：雷射單點精度達 4mm，變成面模型後可提高至 2mm，所以不僅反映都市現況記錄，都市元素之立體相互關係一併正確瞄述。
- 建立詳實外觀瞄述模型：點雲直接擷取之形體與物表顏色可滿足視覺細部對於質感之彩色需求；操作實例顯示掃瞄可擷取細至電線直徑之線性構材，因此在結構細部瞄述上可超越傳統 3D 模型建構成果。再者環境因時間變化而未及在竣工圖中記錄或記錄未竟詳實者亦可反映在現況外觀掃瞄中。
- 提供跨部會整合用之共用數位都市景觀模型：現況景觀雖然出自建築設計與都市規劃圖，既有圖說也常用來當作傳統 3D 模型建構之依據，但資料分屬不同單位，都市建設跨越不同部會，工務、電信、交通各有建設，徒具建築之電腦模型不足以顯示都會環境，缺乏整合。因此從現況掃瞄切入，反將涵蓋不同單位建設成果，一併記錄如建築鄰街面、行道樹、人行道、高架橋、鄰屋、街道家具、電信設施、鋪面之 3D 外觀，清楚呈現相對關係，整合各部會建設現況。另對於不經意冒出之廣告看板、基地台、違章建築、甚至牆壁塗鴉均可記錄，亦形成可供跨部會審視之共享 3D 外觀資料或次文化記錄。
  - 都市計劃與都市設計方面：都市計劃與都市設計等相關決策評估與後續比對分析上，透過 3D 雷射掃瞄建構的都市模型可客觀、忠實的提供現況資料供比對分析之用，在現場選址、社區計劃和公眾參與上可藉助 3D 形象增進瞭解、提升策略宣傳效能。
  - 基礎設施和設施服務方面：都市基礎設施譬如供水、汙水、電、網路全都要求詳細的 2D/3D 資料作為維護依據，只要暴露在外之部分便可用掃瞄記錄。
- 建立具體可量測變異之描述資料：掃瞄點雲可經由特徵點結合，運用前後掃瞄重疊結果可量化顯示物體表徵位移數據。
- 現況都市景觀數位資料庫建立：現況靜態及動態景觀 3D 資料庫。全區包含植栽但原則上不包含行為記錄，原因是未來數位資料使用者可能因設計改變環境而影響使用者行為。除非在設計初期進行調查需要，環境評估是以完成建物後對環境可能之影響判斷，故未涵蓋。

教育訓練：本研究每年至少可訓練四名碩士研究生實際操作 3D 掃瞄器、結合數位與文化體驗，並將研究成果直接納入教材，使學生接收最即時之科技研究

成果。

本研究利用 3D 雷射掃瞄器高精確度，高效率的特性，以最真實且非接觸性的方式，真實的呈現歷史建築的外觀與細部構件幾何資料，且在掃瞄記錄的同時，不會因為接觸式測量人為因素而破壞其珍貴的歷史建物結構與細部。並利用逆向工程的技術，將取得的點雲資訊加以處理可進行測量、編輯、建模、輸出、資料庫製作、網頁製作呈現，達成歷史建築完整數位化保存的目的。

本研究以齊東街日式宿舍為例，利用長距離雷射掃瞄器，進行齊東街日式宿舍建築外觀與室內，進行 3D 雷射掃瞄，外觀掃瞄成果包括建築物本體結構、門窗、外牆、屋頂等……，室內則是將隔間、柱樑、屋架等……相關空間記錄，本研究將齊東街日式宿舍及周圍街廓做完整的數位保存計畫，並將取得的資料加以分析與呈現，對於歷史建物的現況保存與後續研究的基礎資料，有相當大的助益，本研究相關研究成果詳述如下：

### 1. 3D 雷射掃瞄標準作業程序

3D 雷射掃瞄器在每次出勤需動用較多的移動成本及人力支援，故在前置作業必須經過審慎的評估、規劃，為避免每次作業時都要重新檢討規劃，本研究將雷射掃瞄器操作時的標準作業流程作詳細的記錄，包括縱向的記錄(掃瞄前置作業，掃瞄進行作業、掃瞄點、參考點規劃，後續點雲處理流程)，橫向的記錄(長距離雷射掃瞄器、細部雷射掃瞄器)等，提供標準化的操作程序，以供後續相關數位保存計畫執行時之參考。

### 2. 使用高效率與高解析度之設備儀器

本研究使用掃瞄器機型為 HDS3000，分別進行古蹟歷史建物之外觀與細部構件之雷射掃瞄數位保存，HDS3000 之特色為其掃瞄範圍為 360° 全視野掃瞄，在單一掃瞄點即可取得全視野掃瞄資訊，可減少掃瞄設備移動次數，相對於文獻中比薩斜塔與吳哥窟案例中使用之 Cyrax 2500 機型，於效率與品質上皆有大幅度的提昇。

### 3. 點雲資料的流通

點雲資料的擷取，及後處理的應用是本研究最重要的研究方向，但是要如何將這些資料提供相關學者或是一般民眾做資料的瀏覽、自行轉化、闡釋資料內容，就必須藉由網頁的製作，將資料放置於網路系統上，利用網路的傳輸，讓資料得以在網路上流通。

### 4. 快速取得數位量測數據資料

利用 3D 雷射掃瞄器高效率的特性，可快速取得目標物的量測數據資料，對於急需修復的案例，能達到快速執行與緊急修復之目的，以達到古蹟修復的即時性與完整性。

#### 5. 歷史建築數位保存網頁呈現系統

本研究提出一個架構於網際網路之下的 3D 掃描資訊古蹟展示互動介面。內容架構分為計畫緣起、預期目標、構件介紹、線檔圖面、虛擬實境、點雲呈現與照相測量等七部分，內容包含了2D與3D的圖面呈現與使用者之互動操作介面，網頁點雲呈現部份使用VRML獨特的3D模型演算技術，可減少3D模型資料於網路傳輸上的負荷。使用者無須經由專業人員的解說，即可由一般的操作對點雲資料進行分析、判讀、運用，對於網路資料普及化流通，有很大的助益。

#### 6. 日式宿舍建築外觀與室內空間層級之認識

日式宿舍層級樹狀圖的建立，可以有效幫助建築相關甚至是不相關的人士，藉由構件樹狀圖的呈現，清楚明瞭日式宿舍的空間分佈、整體構件層級和所在位置，也可以對構件的名稱做初步的認識。

#### 7. 現場親臨之體驗

利用點雲檔案製作之虛擬實境場景，和手動自行用 3D 繪圖軟體製作之 3D 模型，最大的不同在於利用點雲所製作的 3D 模型是依照當時的情境和材質情況呈現的，顯示出來的場景能夠比手動繪製的 3D 模型逼真，在使用者瀏覽的過程中，藉由遠端的操縱，便可以直接體會親臨現場的感受。

#### 8. 3D 雷射掃描資料與傳統測繪圖面之比對與探討

本研究使用 3D 掃描器進行古蹟數位保存，藉由雷射光線的物理精準特性，配合逆向工程的操作方式，突破以往傳統方式執行古蹟測繪時所遭遇的困難和盲點，並討論數位保存與傳統測繪比對與誤差產生原因，並提供創新的技術和保存方法，並彌補過去傳統數位化不足的部分，讓古蹟歷史建築的數位保存技術可以朝向更精確、更多元化的方式來進行，以作為後續研究的應用基礎。

#### 9. 3D 立體模型輸出(RP)

逆向工程的最後一個階段就是數位資料輸出，將掃描的結果使用實體模型的方式呈現，本研究利用水溶性支撐成型系統 Prodigy Plus 進行 3D 立體模型輸出作業，其特色為將取得的數位構件模型，進行實體化的模型輸出，在數位表現無法完整說明時，利用實體模型輔助，可對數位保存的應用方面，與將來實體歷史建物修繕評估方面，有更切實的幫助。

## 第二節 建議

利用 3D 長/短距離雷射掃描器紀錄歷史建築、文物外觀及量體，除單純數位保存目的外，資料及其使用方式建議如下：

1. 納入建管審核資料：現況資料蒐集是建築相關作業不可缺之工作，現有資料蒐集方式多有誤差，甚至為視覺效果而變造現況量體比例。為求提升規劃設計之準確性，建議設計單位應將掃瞄資料納入送審資料，建管、地政相關機構亦應將掃瞄資料納入審查比對依據。
  - 主辦機關：建管、地政、都計相關機構
  - 相關單位：規劃設計單位
  - 執行方式：立即可行、長期調查更新
2. 都市現況資料數位化：為滿足數位時代資料處理需求，應建立一較航照、地形圖更具描述功能之資料形式，現況 3D 雷射掃瞄資料適足以此項需求。因資料保存與相關科技性，建議由學術單位主導以利長時間更新，由市政單位協助進行。
  - 主辦機關：學術機構
  - 相關單位：市政單位、內政部建築研究所
  - 執行方式：立即可行、長期維護與更新
3. 文史資料標準化：文史資料種類多元，然而對現況資料蒐集與描述仍多沿用傳統人工加上有限儀器輔助方式執行。為求提升文史資料中與空間相關數據定義與描述之準確度，建議應將掃瞄資料需滿足並提升現有工作之項目建立關連性規範。
  - 主辦機關：內政部建築研究所
  - 協辦機關：行政院文化建設委員會
  - 執行方式：立即可行、長期調查更新
4. 推廣應用：採申請、有限度開放方式提供業界或學術單位使用。
  - 主辦機關：專職機構
  - 協辦機關：原始掃瞄資料建構單位
  - 執行方式：立即可行

## 附錄一 研究計畫案期初審查會議記錄

97 年度「攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究」、「傳統灰漿可逆性補強工法之研究」及「歷史空間再利用與都市更新永續發展機制探討」等

### 3 項協同研究計畫案期初審查會議紀錄

一、開會時間：97 年 3 月 27 日下午 2 時 30 分

二、開會地點：本所簡報室

三、主持人：葉副所長世文 記錄：談宜芳

四、出席人員：葉世文、林舒華、蔡育林、柯茂榮、薛琴、林志成

王貞富、談宜芳、施乃中、李家宇

五、主席致詞：(略)

六、綜合討論：

#### (一)攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

1. 王教授貞富：(依審查意見表登錄)

(1)研究過程中應先釐清古蹟與歷史建築保存時需要哪些東西，尤其調查部分，究竟需要哪些資訊？

(2)掃描得到之數據如何用到修復保存？除了數位保存、建置模型、展示之外，是否有其他用處？

2. 林建築師志成：(依審查意見表登錄)

(1)此技術對於業界的輔助設計有何助益？對於未來的古蹟與歷史建築的修復保存的實際應用為何？建議未來的報告書可具體呈現古蹟及歷史建築修復與保存的應用方式。

(2)建議未來的成果可以人的尺度繞行室內外空間。

(3)建議未來可以呈現水電、消防設施的位置，對於歷史建築的視覺干擾改善有所助益。

3. 薛教授琴：（依審查意見表登錄）
  - (1)建議建研所宜與文化單位或都市規劃配合，瞭解實際上必須作成 3D 的數據地點，作先後優先秩序的測繪計畫。
  - (2)每種儀器有其實用性的長處，宜就設備功能多作考量。
  - (3)本案的範圍、計畫結果呈現方式是否有更具體的要求。
4. 內政部營建署柯茂榮先生：
  - (1)電腦 3D 雷射掃瞄技術運用於保存古蹟與歷史建築，作為修復時使用，值得肯定。
  - (2)本研究計畫目的尚須釐清，是作某特定古蹟或歷史建築的保存工作或是進行保存後運用於修復之研究。
5. 行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處蔡育林先生：（依審查意見表登錄）

文建會文資總處目前正推動文化資產地理資訊系統的建置，初步以遺址進行規劃。為使研究資源能整合與交流，希冀本案所建立之詮釋資料與數位資料格式能與本處 GIS 系統協調共同的規範。
6. 台北市政府文化局林舒華小姐：（依審查意見表登錄）：

本案掃描之街廓中，齊東街 53 巷正進行規劃設計及修復等工作，研究單位可於本案修復過程中進行多次掃描，可作為修復前、中、後資料保存用。

## 七、協同主持人答覆：

### （一）施教授乃中

- 1.關於王教授貞富所提供之寶貴意見回應：
  - (1)保存及調查時均需要描述結構細部及視覺細部資料，前者為幾何屬性如 3D 尺寸及物件相互關係位置，後者為顏色質感。
  - (2)修復保存時需要正確尺寸數據。建置模型、展示只是靜

態消極的資料處理方式，數位保存應該以建物生密週期資料處理為重點，從規劃、設計、施工、管理均有其迫切用途，從現況掃描製作真實竣工圖便是一例。掃描資料正確性確保其在實務執行時比傳統測繪圖面更能實際參與工程施做。

2.關於林建築師志成所提供之寶貴意見回應：

- (1)本單位已可結合掃描資料與業界資訊處理流程，可用參考圖層方式將現況資料直接用於設計圖套繪、檢核上之輔助，古蹟與歷史建築的修復保存的實際應用亦同，未未來的報告書將針對齊東街以流程與實例具體呈現。
- (2)掃描具 3D 幾何屬性，瀏覽者可隨意選取視點高度，以人的尺度繞行室內外空間是絕對沒問題的。
- (3)掃描是一種現況紀錄，存於現場之水電、消防設施位置亦一併紀錄，施工前/後掃描可為比對及檢核之用。

3.關於薛教授琴所提供之寶貴意見回應：

- (1)齊東街是建研所與文化或都市規劃單位參詢之結果，主要是該處預計在今年內可能進行建築變動，在比對及過程記錄上有其重要意義。
- (2)本工作之一為幾何屬性如 3D 尺寸及物件相互關係位置紀錄，建物構件定義完整，優於傳統經緯儀「測繪」時圖面分列且獨立描述方式。本工作採用長距離雷射掃描器，最佳範圍可達 300 公尺，正適於本基地應用。
- (3)本案範圍為忠孝東路二段、濟南路一段、金山南路一段、杭州南路一段圍繞齊東街街廓內現況，計畫結果具體呈現方式含全區 3D 點雲模型、3D 表皮模型、2D 剖/立面圖 2/3 等，且以對應格式於網頁呈現。

4.關於內政部營建署柯茂榮先生所提供之寶貴意見回應：

感謝委員提醒與支持，將參採考量委員意見。

5.關於行政院文化建設委員會文化資產總管理處籌備處蔡育林先生所提供之寶貴意見回應：

如建研所同意應可配合提供，但必須另行開會確認能與文資總處相容的規範。台灣全島 GIS 意義甚大，應與全島數位化掃瞄互為配合。

6.關於台北市政府文化局林舒華小姐所提供之寶貴意見回應：

如前述數位保存應該以建物生命週期資料處理為重點，無論是古蹟或歷史建築均同，從規劃、設計、施工均有其迫切用途，其資料可提供修復前、中、使用。文化局建議與本計畫原用意相同，計畫執行時將視工程實際進度與需求在經費容許範圍內執行，但掃瞄資料必須在建研所同意前提之下提供或與文化局共享。

八、主席結論：

- (一)審查委員所提意見，請研究團隊斟酌採納。
- (二)三案通過審查。

九、散會(下午 5 時 30 分)。

## 附錄二 第一次座談會議記錄

### 內政部建築研究所 97 年度「攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究」第一次座談會會議記錄

一、開會時間：97 年 6 月 13 日上午 10 時 00 分

二、開會地點：台灣科技大學 研究大樓 409 室

三、主持人：施教授乃中

記錄：李家宇

四、出席人員：談宜芳、林舒華、殷瑋、楊仁江、潘頤安、王惠君

施乃中、李家宇、詹世偉

五、主席致詞：(略)

六、綜合討論：

(一)攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

1. 殷瑋建築師

(1) 掃描原始檔案大小？一般的個人電腦能否運算流暢？

(2) 是否有嘗試過與數值地形圖相互套疊？

(3) 以建築師的角度來看，地籍圖與地形圖是經常被使用的資料，能否與 3D 掃描資料相互套疊並與市政府相關單位資料庫連接提供使用？

(4) 建議/掃描器在業界的應用

2. 潘頤安先生

(1) 想法/關於掃描器的技術(接續上一議題)

(2) 之前提到的建國案例中，大約使用了多少時間與測點？

(3) 掃描器的價位？

(4) 能否提供資料取得的相關服務，例如以 google earth 作為分享平台？

(5) 點雲的資料能否做資料檢索？

(6) 想法/掃描資料量及掃描內容的問題

(7)資料的取得是否有收費的程序及對策？

### 3.楊仁江教授

- (1)國內外大陸都挺多相關的研究，那在取得不同的點雲資料後，能否以 GPS 定位取得地理位置？
- (2)在街區掃瞄時，建築的基準 GL 線高度均不同，是否能標高或是增加海拔高度的記錄？
- (3)有些掃瞄器機種是外接高畫質相機，可提高畫面品質，這台掃瞄器是否有這樣的功能？
- (4)掃瞄最大的問題為天候及雜訊，但是相較於人力作業精準的多，但是經費支出可能更多，且某些機器無法的地方，還是須以人工作業。
- (5)掃瞄遮蔽分為暫時遮蔽及永久遮蔽，遮蔽問題是否有解決方法？
- (6)是否可考慮在事後描繪 CAD 圖檔？
- (7)資料檢索及縮減點後是否仍然能提供好的品質？
- (8)機器有無紅外線設備？
- (9)想法/掃瞄的應用與傳統人工測繪之差異
- (10)本案的題目以『攝影』作為主題感覺似乎降低了精確度，是否可考慮修正或加以說明？
- (11)想法/掃瞄與人相關的內容

### 4.林舒華小姐

- (1)想法/掃瞄在齊東街的應用似乎過於大材小用

### 5.王惠君副教授

- (1)建議/掃瞄的目的確立
- (2)想法/掃瞄在歷史建築物中的應用

### 6.杜金國老師

- (1)建議在歷史建築物中的應用
  - A.與傳統量測方式之成本、時間、操作難易之等級比較。

- B.除較為立體、精準、細部明確外，有關尺寸、畫面抽離、轉置等，著墨不多，較為可惜。
- C.若以地形掃瞄而言，修正(改變)後之地形，是否也可以立體之方式呈現，此舉，對坡地之規劃而言，將甚具價值。
- D.文中，未見舉例說明，若以傳統之資料做規劃，或以掃瞄所得之資料替代，其間之差異為何，亦即若以掃瞄資料為本，可獲得那些好處(優點)，文中皆以記錄之較為精準，詳實為其優點，似略顯不足。
- E.掃瞄之資料，若能以 3D 電腦動畫的方式呈現，以人為本，用多視角旋轉的方式呈現，將對實質環境之掌握，更為有利，對規劃者而言，亦將更見其實用之價值。
- F.掃瞄之資料，是否可直接轉成事務所或顧問公司作業時之用，若可，則價值甚大，即應有適當的方式予以連結。

## 七、協同主持人答覆

### (一)攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

#### 1.般建築師瑋意見回覆：

- (1)檔案大小約為 3Gbytes，一般個人電腦在使用上可能較為困難，在本研究室中實際使用情況除了設備等級可能較一般使用者略高外，最主要還是掃瞄點雲資料的軟體，一般的 3D 軟體對於過多的點雲或面的資料可能負擔過大，導致無法順利運算。
- (2)之前曾嘗試過以空照圖及台北市地形圖相互套疊，而並未以數值地形圖進行套疊研究，而實際結果發現，空照圖實際在使用時會有透視的狀況產生，因此在實際使用時雖然能夠精準的記錄環境，但是可能會有因透視效果所產生的誤差，而台北市地形圖的繪製亦以空照圖進行描繪，因此可能會產生人員作業上的疏失。

- (3)當然希望能夠以此方法提供使用，但實際上目前都只是在資料蒐集的階段，對於資料的使用、授權方式以及版權、隱私權的問題仍然有相當多值得探討的部份。
- (4)在實際的工程施作實，經常會有因誤差而產生的改變設計，而公部門並無法針對所有建築案例作實際的測量，因此可能可利用這樣的機器，透過付費機制去測量這樣的誤差；有些案件，如果必須對建築物進行實際的測繪，其實是需要耗費相當多的人力、經費的支出，因此或許可利用這樣的需求去收取費用進行掃瞄。

## 2.潘先生頤安意見回覆：

- (1)看到簡報的內容十分感動，在過去就一直希望有這樣的機器及技術，能夠對於3D立體物件的記錄有更有效率及成果的呈現，且這樣的技術在目前算是十分新潮的技術，因此在這個案子中可感覺到『前人種樹』的感覺，在目前這是一種測試，是一種先對資料進行記錄以供後續使用，並且在資料取得後開始思考各種使用的可能性，以下提出兩點建議：

A.可考慮增加服務的層面，並透過宣導使得更多人能夠知道這樣的技術。

B.可提出資料及服務提供的價位及方法，以供他人使用。

- (2)大約掃瞄了60-70個掃瞄測站，時間方面其實是在後續處理的方面花費時間較多，大約比例為1:1~1:2甚至更高。
- (3)約300多萬元，包含掃瞄器、電瓶、相關設備、軟體及一年售後服務。
- (4)實際上要公開分享資料是沒問題的，但主要擔心的，是因為許多的掃瞄資料是在研究案中所取得的，因此版權問題可能需要再經過協商，另外，被掃瞄的建築所有權人的隱私權，也是需要在考慮範圍內的，因此

若要公開提供資料，可能需要有更多的討論。(5)點雲資料本身只有記錄下 X、Y、Z 座標級色彩 R、G、B 及反射強度，並沒有其他相關資料在其中，因此本研究室使用方式為在掃瞄過後根據建築物或掃瞄構件與週遭環境的關係做座標的切割，以作為定位及檢索的方式，最後再透過網路資料庫來搜尋檢索資料，因此本身的資料並無法直接的做檢索，因其資訊非常少，檢索的意義並不大。

A.其實掃瞄的資料，並不用擔心檔案的大小，將來的設備進步速度絕對比現在要快上數倍，資料能取得就多取得，以避免將來的遺憾，例如以前在醫學界所拍攝的人體資料，只有單存的幾張，因為技術上的問題，而現在能夠在很短時間內取得很多的資料，反而該擔心的是如何縮減的問題。

B.或許資料取得的目的仍然並非很清楚，但是只要有資料，將來就會有用處。

C.室內外及整體環境的結合是相當有用的資料。

(7)目前沒有提供，如要進行收費仍需找尋授權相關機制。

### 3.楊仁江教授

(1)有考慮過，但因都市中的遮擋過多，可能影響 GPS 定位的精確度，因此考慮以 GIS 結合空照圖及地形圖資訊，可能會比 GPS 更來的精確。

(2)從 GL 線標高是沒有問題，點雲資訊掃瞄後便可取得相關訊，至於海拔高度的部份可能必須到現場看是否有三角定位點或高程點後再推算各部分高度，將包含在接下來工作中中。

(3)不同機器所使用的用途不同，因此在相機的使用狀況也不同，在 HDS3000 型機種的部份，是可以做事後貼圖的，可以用數位相機拍攝照片，在事後再從新貼圖；而習慣上，是以主題建築物貼圖為主，非主題建築的部份則是以原色呈現，可對比出主體建築的色彩。

- (4) 天候確實是很大的問題，人力作業與掃瞄作業其實都會有測量、測繪方面的死角，但相對於人力資源，掃瞄能夠取得的資訊是比較大量、精確、容易且快速的。
- (5) 在暫時性遮蔽方面，主要來源為周圍環境中的車輛及行人，而這樣的狀況只要在不同的時間點或是稍微移動掃瞄器位置即可解決，較困難的算是永久遮蔽，例如有些建築物的結構體前方使用包覆材料包覆住原本建築物結構體的外表，那麼掃瞄所能夠取得的資料便只有外部的資訊，或者在建築物的前方有放置物體遮擋，便無法有效的掃瞄完整的建築物，因此在永久遮蔽方面可能較難解決，必須多選取適當角度擷取資料，需時較多。
- (6) 實際上在此案的要求中已經有要求要在後續繪製 CAD 圖檔，在之前別的案子中也曾經有繪製過 CAD 圖檔，因此在這方面本研究室有經驗也有能力完成。
- (7) 資料的檢索主要是以網路作為瀏覽工具，因此在縮點量方面可能必須考量到使用者的電腦設備等級、網路設備的頻寬以及 SERVER 端的頻寬及設備等級等因素，那麼對於縮點的等級可針對不同的使用者進行不同的品質提供，以避免過度降低品質或造成瀏覽效率過低的狀況，因此整體的提供檢索方式仍有需要再研商。
- (8) 無，這台機器並沒有紅外線設備。
- (9) 人工的作業經常會出現自我假設的現象，因此經常造成錯誤，通常在人工測量時需經過水平的判定後才可開始進行測量，否則若地面的不平整便可能產生誤差，機器只需要些許的校正，便可得到很好的效果；而實際上這些數位資料的記錄，應該在公部門方面要有完善的建檔機制，這才是在資料取得後最重要的事項，目前的工作方式中，手繪的誤差很大，而以現在的科技，精度高、高效率的機器便可做為檢核使用，例如有些案例中，建築物的設計本身就是斜的，而在人為判斷中較難發現，若以機器進行作業，便可進行

判斷，而後輔助人工的實際記錄，使得兩種方式相互協助，將對取得資料的精準度有很大的幫助。

(10)實際上這個研究的題目是實驗性質的，因為台灣很少有這樣的案子，即使在某些博碩士論文中可以找到相關研究，但也只有少量的，且經費及時間不足的情況下，所提出的研究內容相對較少，因此便以本案進行研究探討，而題目以攝影為主題，只是當初暫時的想法，提供給施教授做參考，但後來就直接以此作為題目，因此便沒有在改變；另外，在本案中有些參考的文獻，其實都是以國外的為主，在國內以前即使有相關研究，也只是單純的應用在安全災害等較小範圍的地方使用，此案最終將邀請都市發展局進行審查，希望能夠配合歷史古蹟在都市更新及其他相關都是研究中能夠相協助。至於在評審委員中，或許必須提出一些較為簡單、淺層的應用給對於掃瞄較不清楚的委員，但是也必須提出一些實際上掃瞄的用提及建議。其實當初的題目以攝影作為主題而沒有更動，主要是要避免掃瞄與測量的主題之間太過接近的想法，在國外掃瞄結果有稱之為 range image，字面上也有 image 之意。

(11)若是將來有興趣掃瞄與人的行為相關的內容，可以考慮對捷運站內進行掃瞄，可能可以取得人的排隊習慣及其衝突點，對於動體及空間之間的關係也可清楚記錄。

#### 4.林舒華小姐

(1)這樣新技術的意義在於它的精細度高，所以在許多較有精細表現的建築物上可能用途更高，例如一些廟宇或是特殊建築物，而在日式建築物的方面，使用上的資料的價值程度似乎就低了點，反而是在都市的相關利用及週遭環境的記錄來說比較有用處，是否是對應到期初簡報時薛教授所提出的『大材小用』的感覺，且日式宿舍的周圍都被大型植栽所覆蓋，在高點也無法順利掃瞄，要如何才能夠同

時兼顧古蹟的數量及質量(即文資法中所規定要的材質及原物相關資料)，才是在此區域中可能較重要的議題。且掃瞄似乎無法知道構材目前狀況及材質的狀況，比較適用於複雜的環境及構件，能夠充分表現出材質及精雕細琢的美感，在簡單的案例中似乎較難有表現的空間。

(2)歷史建築的保存，人工永遠是無法缺少的，雖然人可以直接在現場觀察，但是往往誤差是相當大的，且一點誤差互相累積後就相當可觀，且人工在現場可能會依造自己的假設及所知去做現場環境的評估，因此並不是非常的客觀，而是有些人為因素在裡面，因此掃瞄可以輔助這樣的情況，降低錯誤並相互檢核，掃瞄器的使用上成本較高，或許將來掃瞄器的價格下降後，會對於使用上有更多的彈性空間。

(3)掃瞄器的價格在之前與現在所使用的掃瞄器價錢幾乎一樣，當然，在功能上有大幅增加，距離增加約一倍，有彩色，且輔助設備相較之下輕了許多，但是要像數位相機這般普及，可能還需要一些時間。而實際上工作情況，測繪與 3D 掃瞄所花的時間差不多，且人的測繪相對之下麻煩程度較低，不須攜帶過多的設備，但在之前的案例中，經常發現測繪及掃瞄的結果比對後，發現有許多的誤差，因此實際上可以做為測繪的檢核，3D 掃瞄比對可算是一種中立的檢核機制，因為不經過人的實際接觸，會減少人為誤差。

##### 5.王惠君副教授

(1)建議/掃瞄的目的確立

A.之後掃瞄之前可先行提出所要取得的成果內容。

B.不一定要在事後取得 CAD 圖面，因為已經有 3D 資訊存在，各單位所需要的內容不同，可直接提供 3D 資料，需要描繪圖面的再自行描繪，以節省人力、時間及資源的浪費。

C. 3D 掃瞄或許可作為每次建築物有異動時之記錄。

D. 目前的工作主要是在建立資料，或許再使用時可再另行設定目標，不必每次只針對目標物去進行工作。

(2) 如果掃瞄可以記錄下所有資料，那麼之後便可做為資料檢索使用，例如以前的第一診所，在要拆除前進行了測繪工作，但實際到後來發現，有資訊不足及錯誤的現象，那麼這樣的建築物保存工作，就失去了意義，且記錄下的資訊與實際現場的環境仍有相當大的落差，並無法做為其他研究工作使用，且實際上的資料準確度較低，完整度亦不足；雖然掃瞄的成本與人工進行測繪的成本相差許多，但掃瞄可取得的資訊其實不只是純粹針對一個項目進行，在之後往往會從之前的資料中得到更多的使用及效果，且掃瞄的結果亦可供人供參考，例如在歷史建物中經常會有構件尺寸不明的現象發生，且翻遍所有的書面記錄都找不到相關資料，若有 3D 的掃瞄資料，或許就能夠提供這樣的資訊，因此掃瞄資訊的建立並不一定是現在立即用得到的，或許在未來的其他的研究中，將能夠提供更多的幫助。

#### 6. 杜金國老師

(1) 實際上在掃瞄上成本可能會較高，因為受限於機器本他附加之軟硬體設備，而時間方面則是可大幅節省，尤其在人力較難到達的地方，利用掃瞄仍可輕易取得資訊，便可大幅減少在到達標的物之前所需搭設設備及安全防護的時間，最重要的是能夠避免因人為不慎所造成的危險或對於古蹟文物的傷害；至於操作難易度，其實掃瞄的工作本身並不困難，機器設備及軟體都是有考量到實際作業的需求，真正困難的是如何將取得的點雲資料透過轉換提供不同單位及需求的人使用，或是提出創新的議題。

(2) 在取得點雲資料後能夠利用所附軟體進行測量工作，且相對於傳統的人工測量是相當容易的。

- (3)可以，但是必須經過不同時間的記錄工作，若是單純的記錄單次的資料，便無法取得這樣的資訊，但是如果需求，可進行同地點，不同時間點的掃瞄，便可記錄下整體環境或地形的前後差異比較。
- (4)傳統的記錄方式只能針對周圍環境做簡單的記錄，例如以拍照或測量的方式進行，然而，這樣的記錄雖然可記錄到高度資訊，但實際上在資料的整理上仍然是以 2D 的呈現為主，而整體的立體環境，仍然須以 3D 掃瞄進行記錄才可得到；而兩者之間最大的差異，就是 3D 資訊能夠呈現出人實際在環境中的感知，並且能夠了解不同的物件間之相對位置關係。
- (5)實際上 3D 資料是能夠進行 3D 電腦動畫或是多視角旋轉的方式來呈現，但是既然資料能夠完全的被操控，那麼相對於 3D 動畫已被設定展示內容的資訊而言將更為有用，使用者能夠透過操控設備尋找自己所需要的資訊。
- (6)可以，在資料的轉換之間是沒有問題的，但是最大的問題是資料的版權問題，以及被掃瞄的標的物擁有權人或使用者的私密性問題，由於掃瞄的穿透性較高，可能會觸及隱私的問題，為了避免爭議，仍須在經過多方的協商及政策的制定方可落實。

## 八、主席結論：

規劃作業中，預想及模擬，是很重要的一部份，不知掃瞄之資料是否可經由置換、比對、模擬，而更有助於做出更佳之選擇，若可則對規劃作業，助益甚大。

在掃瞄取得資訊後，可以對實際規劃的模型或資訊匯入到掃瞄點雲內，進行預想及模擬，例如在以前的案例中，曾經將學生的設計模型時計套用在點雲環境中，如此可以了解到實際上設計在空間中呈現出來的效果及與周邊環境之關係，作為分析空間及都市環境之間之關係，幫助實際在規劃作業時能對環境有更多的了解。

## 九、散會(上午 11 時 30 分)。

### 附錄三 期中審查會議記錄

內政部建築研究所 97 年度「攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究」、「歷史空間再利用與都市更新永續發展機制探討」、「推動都市更新之獎勵補助制度研究」等 3 案計畫期中審查會議紀錄

一、開會時間：97 年 8 月 20 日下午 2 時 30 分

二、開會地點：本所簡報室

三、主持人：李主任秘書玉生 記錄：談宜芳、盧珽瑞

四、出席人員：莊金生、林舒華、梁華綸、錢學陶、薛琴、張梅英

張玉璜、談宜芳、盧珽瑞、施乃中、李家宇

五、主席致詞：(略)

六、綜合討論：

#### (一)攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

1. 張建築師玉璜：(依審查意見表登錄)

(1)3D 運用於文化資產保存國內已累積不少相關文獻，建議可多加參考。

(2)宜釐清所使用工具之能力與限制，使成果得而聚焦，避免誤解。

(3)從記錄的角度而論，或可探討 3D 掃描於資料保存的內涵與價值。

(4)從調查的角度而論，或可探討 3D 掃描的主要功能為何？材料為何？

2. 張教授梅英：(依審查意見表登錄)

(1)教育訓練的預期效益是否擴大至研究生以外場域 (p.25)。

(2)能否補充如何將這些數位掃描資料之更動維護做到最完善(頻率、作法、效能、限制等)，真正達應用之效果。

(pp.20-24)

(3)研究流程圖，資料庫架構表(應正名為圖)中資料流邏輯性的加強；甘梯圖查核點應否標明?(p.9.10.13)

(4)附錄一、二之修正。

(5)錯別字之校正。

3. 薛教授琴：（依審查意見表登錄）

(1)本案基本上是一項都市基本資料之建立，有其必要性。

(2)計畫內所建立之數據資料，如何運用到歷史街廓內的管理及利用，宜有更具體的建議。

(3)目前國內應用 3D 掃瞄的地區逐漸增多，為使這些資料不致喪失及增加其利用價值，建議相關機構應有資料庫的建立。

(4)對於今後類似的計畫案，其基本規範可否藉此能予建立。

4. 錢教授學陶：（依審查意見表登錄）

(1)研究投入大量心力，甚為佩服。

(2)掃瞄範圍案例地區內有北市文化局及都發局之齊東街歷史保存區之劃設，可向北市索取相關資料納入參考。

5. 行政院文建會文化資產總管理處籌備處梁華綸先生：

(1)雷射攝影測量技術用於古蹟、歷史建築修復保存，包括兩部份：(i)建立 3D 現況模型(ii)提供規劃師、建築師作為地區發展保存規劃與修復參考。

(2)建議針對後端呈現及運用部份，研究如何提供在個人電腦能運用之數位模型資料，使建立之 3D 數位模型能發揮功能。

6. 台北市政府文化局林舒華小姐：（依審查意見表登錄）

掃瞄圖像精細、資料可利用性高，希望加強圖資以後使用之便利性與可及性。

7. 中華民國建築技術學會莊建築師金生：（依審查意見表登

錄)

- (1)如何選定施作攝影保存之標的物，可否列述具體條件。
- (2)已施作攝影保存標的物，在何種情況下須要重作或修正。

## 七、協同主持人答覆：

### (一)施教授乃中

#### 1. 張建築師玉璜之意見回覆：

(1) 3D 掃瞄的文獻其實相當多，且建築及都市方面的使用相對較少，多數的用途是在工業設計、汽車工業及醫學、鞋業方面。相對於這些尺度較小的產品，建築的使用其實仍有很多探索的空間。個人自從 2000 年來研究掃描，近年來針對建築領域已有成果並發表國內外學術期刊 5 篇均列入本案參考文獻，敬請一併參考。

(2) 都市及環境中相關資訊的取得，在經費有限的狀況下可能是有目的、有方向性的進行掃描。但是若以城市發展及資料紀錄的觀點，掃描應該是沒有設限的。掃描的目的其實就跟空照圖的應用類似，相同部分均是在進行某些時間點上的空間紀錄，只是作業方式及取得資料特性不同。

研究中我們很清楚使用工具之能力，其優點、限制、及與傳統使用工具之比較因內容較多，僅擇要簡述於後，詳細內容請閱讀期初簡報或個人著作。量測在建築相關領域應用已見於國外歷史建築修復過程中，在缺少原始圖面情形下，照相測量法在立面、設備尺寸獲得中雖具成本低廉優勢，但在整體資料完備要求下仍不及 3D 長距離雷射掃描器紀錄詳實。傳統輔助設計工具運用於測繪時光學掃描器受限物件尺度，手工量測存在人為誤差，測繪數據與電腦輸入建構操作程序銜接不易，幾

何、質感資料整合亦存在問題。

(3)建築的生命週期其實是相當有研究價值的課題，在歷史古蹟的生命週期中都會有不同的元素、活動產生，而工法及材料的紀錄當然也是其中的一部分。在資料取得後，將能夠幫助歷史古蹟研究工作者進行相關的比對，使得資料不再只是平面的、向量的數據，而是最接近真實的模擬。其實要檢視 3D 掃描於資料保存的內涵與價值或對業界有無用處，只要從竣工圖是否真實依照實況繪製便知：多數建築完成後即產轉移權，竣工圖正確與否在使用執照取得後似乎便失去意義，導致現場丈量是後續修建標準步驟之一，竣工圖失去參考價值。所以從竣工圖來檢討、反應施工後真實空間數據是建築的生命週期資料確實執行之驗證，建築從業人員應該證明在實務上對精確資料之需求，而且有能力執行、整個過程可記錄、提供回溯分析機制，掃描資料才用得上。實務界含協力廠商已經發展出誤差處理方式，現場人員會收頭、收尾、及在有限精確度數據處理上的習慣，因精度提升而需往往要改變作業習慣，目前經驗得知業界處理能力有限。

(4) 3D 掃描主要功能就是記錄現況資料，其衍生效益是在設計資料外提供業界參與人員施工前、中、後實際數據，可用於比對、檢核。實際運用實例可見於建築生命週期各階段，從整地前基地實況擷取、施工中數據與設計數據比對、水電管線完工實際位置記錄、竣工空間紀錄、完工後實際尺寸轉至設施管理運用、法規檢核、到設計溝通用虛擬實境製作等均有其發揮空間。

## 2. 張教授梅英之意見回覆：

(1)教育訓練不是只有人員問題，資料處理也應一併考慮。

目前以學生為主要的訓練對象是因為較易於管理、掌控，可以持續動手操作儀器外，資料的運用及管理在延續性上亦較有保障。相對業界因對既有實務操作流程已經習以為常上，通常較難以對應，加上多數單位沒有掃描器，在教育訓練或推廣應用訓練上便有不同，因種類與對應內容而有區別。

- (2)掃描作法、效能、限制在前一位委員回應中已有提及。頻率決定於需求，如以前述生命週期所述每一階段都應掃描以提升後續建築資訊系統之完整，但是時間、經費常不允許。與其當建築、都市因災難造成損壞或是相關的更動後再來惋惜，不如按部就班執行。現況資料能夠保存是非常有意義的，掃描所得的資料最好是能允許下載使用，畢竟資料的取得本來就是以使用為目的才會衍生出掃描的動作。相對於過去的圖片式思考，雷射掃描資訊運用在法規上更能夠提供立體的、不同樓層、高度的資訊，因此在都市中最直接能夠應用的就是在法規檢討。個人認為私密性應與類似資料就其意義與服務性上一併比較、討論，類似資料如空照圖、航照圖尚可營利販售，私密性相關處理應已經有往例可尋。事實上在建管範疇中對個人財產在違建部分監督仍有與私密性共存之可能性，否則住戶可以侵犯私密為由拒絕檢查或拆除。其實絕大部分掃描是受業主委託就其業務範疇或其建築掃描，我們在執行建教案或研究案時不受委託者去掃描與其無關建物便是對私密性之尊重。
- (3)研究流程圖、資料庫架構圖說明、更正如下：PHP select 語法轉換中條件匯入後，其原有「條件匯出」係至資料庫檢索用，並將成果呈現於網頁，為協助瞭解，增加一連結至「呈現於網頁」項目。甘梯圖目前依照月底查核左列工作項目。

- (4) 附錄一、二問答方式修正為一致方式，將在結案報告中補列。
  - (5) 「期初審查會議」標題錯誤亦一併校正。
3. 薛教授琴之意見回覆：
- (1) 本案除了建立都市基本資料外，更希望能實際運用，方能彰顯資料價值。
  - (2) 數據資料運用到歷史街廓內的管理及利用在期中報告中「九、研究預期對相關施政之助益」已有提及，具體措施建議可配合主管單位的街廓定義或要求增設「數位現況資料」一項，切出關鍵剖、平面現況供一般事務所使用，運算能力較強之單位可重疊不同時期 3D 模型以比對其間差異。
  - (3) 其實資料除保存外貴在利用，「建研所」、「文建會」扮演角色對二者運用程度可能會有不同比例。
  - (4) 「規範」涉及項目很廣，格式、操作只是其二，譬如在早期研究中曾對保存完整度、網路顯示上建議不同資料量等級以利使用。使用者總是希望資料越詳細、完整越好，資料量大則物體描述較完整、運算時間較久，但業界電腦等級、軟體性能未必能配合。資料取得一般以完整度為主要考量，在提供給其他單位使用時，將會透過資料的縮減增加操作便利性。
4. 錢教授學陶之意見回覆：
- 感謝提供相關建議。將向北市文化局及都發局請益齊東街歷史保存區規劃之相關資料，研究可配合使用之處。
5. 行政院文建會文化資產總管理處籌備處梁華綸先生之意見回覆：
- (1) 我們的角色是服務來自不同領域的單位，之前座談會與不同單位討論時認為資料檔案的轉換使用是其次，其間

差異主要是不同領域工作流程亦異，必須針對需求研究。為提供可在個人電腦能運用之數位模型資料、滿足後端呈現及運用需求，技術上個人電腦在減點、面的工作已能處理，唯模型的精細程度必須視該物體的構件、尺寸、及範圍來做判斷。一般而言是以能順利在一般家用電腦上流暢瀏覽為前提下進行減點，而使用者亦可因不同的需求進行資料的處理。點雲模型與表皮模型各有其用處。

(2)電腦設備需求建議：

I. 80 萬點之模型：

處理器：Intel Pentium Dual Core E2180(2.0GHz)

記憶體：1GB DDRII 800 記憶體

顯示功能：Integrated Intel GMA 3000(onboard 顯示晶片)

II. 150 萬點之模型：

處理器：Intel Pentium Dual Core E6300(1.86GHz)

記憶體：3GB DDRII 800 記憶體

顯示功能：搭載 nVidia GeForce 7600GS 及 512MB 記憶體之顯示卡

6. 台北市政府文化局林舒華小姐之意見回覆：

掃描資料能夠透過檔案的轉換提供不同軟體使用，因此在軟體及設備方面並不至於因為時代進步而導致無法使用的情形。唯現今相關硬體設備仍然有所限制，因此資料的取得雖然看似足夠，但可能在將來科技更加先進時感嘆當初資訊蒐集的不足。不過，未來掃描相關的軟硬體也隨之進步，現在做的工作是保某一時間點某個環境現況資訊，相信對將來的研究會有所幫助。

7. 中華民國建築技術學會莊建築師金生之意見回覆：

(1)標的物的選擇主要是依造委託單位的要求，至於如何選取

標的物必須視該標的物在歷史文化及各方面的保存價值而定。掃瞄受限於時間、經費，因此標的物必須慎選，但最重要的是資料在取得後，後續的運用應該是多方面各蒙其利。當掃瞄資料被運用的次數越多，相對就會越有價值。目前國內多以歷史建築、古蹟為優先選對象，齊東街正面臨風貌轉變期，因此在以都市環境為考量範圍下一併掃瞄。事實上建築工地也可作為標的，進行長期觀測比對。

(2)已施作攝影保存標的物重複施作、修正資料庫的時機基本上建議生命週期各階段均應施行，然而發生大幅度改變時應即刻實施，以利檢測。

#### 八、主席結論：

- (一)審查委員所提意見，請研究團隊斟酌採納，並在期末報告時，能有詳細書面回應表。
- (二)三案原則上通過審查。

#### 九、散會(下午 5 時 30 分)。

## 附錄四 第二次期中座談會議記錄

### 內政部建築研究所 97 年度「攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究」第二次期中座談會會議記錄

- 一、開會時間：97 年 9 月 16 日上午 9 時 00 分
- 二、開會地點：台灣科技大學 研究大樓 409 室
- 三、主持人：施教授乃中 記錄：李家宇
- 四、出席人員：談宜芳、黃金土、黃宗仁、康仕仲、江常沛  
陳建宏、施乃中、李家宇、詹世偉
- 五、主席致詞：(略)
- 六、綜合討論：

#### (一)攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

##### 1. 台北市政府地政處

- (1)內政部地政司使用地政資料，以建物測量成果圖生成立體 3D 圖資，以竣工圖面進行 3D 的建置，內容偏向內部資訊的建置，掃瞄則是以外觀為主，若可結合將產生更完整的資訊。
- (2)民宅礙於隱私權的爭議，雷射掃瞄的推動較為困難，應考慮以地標建築，如中正紀念堂、國父紀念館等城市地標為主，並以 GIS 系統整合，對於觀光及整體政策推動將有更好的利用。
- (3)點雲資料轉出時格式為何？
- (4)點雲資料容量大小？

##### 2. 台北市都市發展局

- (1)目前所展示之掃瞄應用多為歷史建築物的數位化保存，但實際上歷史建築的修復案件遠不如一般建築的修復，在建築管理及維護上，掃瞄應如何配合？

(2)關於高程點的部份於本案是使用市政府的座標為主，因此是能夠與市政府的地形圖地籍圖相互套疊。

(3)掃瞄器遮擋可否解決

(4)建國高架道路的 6.5KM 掃瞄工作中，在一天或固定時間中約可掃瞄多掃距離及處理多少資料？

(5)齊東街一案所使用的掃瞄點距？

### 3.江常沛建築師

(1)資料如何應用於事務所的業務？資料的更新速度如何？

(2)業界較需要的為 3D 及 VR 的用途，例如將新建建物進行套疊，點雲資料應如何取得及應用？

### 4.康仕仲助理教授

(1)掃瞄資料除了建築物本體外，其他相關的設備、線路及建築遮擋都可能會降低完整度。

(2)資料處理可做為公部門在管理建築物的資訊，是否有能夠在掃瞄後進行比對？

(3)每次掃瞄產生的資料量及精細度均有所差異，是否有統一的機制，另外在資料處理及資料提供方面是否有相關配套措施？

(4)雷射掃瞄器是非常高精準度的，但目前在照相測量法(ex: 近景攝影)及環場影像上進步快速，且具備高效率及低成本的特性，是否能替代掃瞄技術。

(5)3D 顯像是否可在掃瞄或其他相關展示上有所幫助

### 5.群立科技股份有限公司

(1)縱剖面是否可模擬人行走時的視角？

(2)掃瞄資料是否可以不同的點數(如 10 萬點、百萬點)進行資料處理，利用網路進行單棟或區域的建築物進行資料的銷售？在大樓設計的版權及住戶隱私權方面如何因應？

(3)雷射掃瞄器的解析度。

(4)在探討掃瞄資料的應用時，應一併提出有效的資料管理原

則及研究出適當的販賣方式。

## 七、協同主持人答覆

### (一)施教授乃中

#### 1.台北市政府地政處

- (1)內政部地政司所進行的 3D 圖資製作，主要是以設計圖及竣工圖作為參考資料，並非現況資料。3D 掃描資訊可與不同檔案格式相互結合，但點雲資料量相當大，需要高階的軟硬體配合才能有高效率的瀏覽環境，因此在精細度與流暢度間應先找到平衡點。
- (2)掃描時資料亦將包含民宅的資訊，而掃描時可能因雷射光的穿透，取得內部的資料，可能會有隱私性的問題，而觀光及地標建築的資料取得可能較容易且爭議較小，推動的可能性較高，但民宅亦為都市環境中的一環，位求完整，應由政府推動，並研擬資料保存及保密辦法。
- (3)點雲資料可轉出成.pts,.xyz,.txt 等包含 XYZ 座標及色彩資訊的文字描述檔，透過 3D 處理軟體，可轉成市面上多數軟體所支援的 3D 格式，主要包含：
  - CAD 系統：DWG,DXF,IGES
  - 3D 繪圖系統：  
3DS,OBJ,PLY,VRML97,VRML2.0
  - RP 輸出系統：STL
- (4)資料量是依造掃描密度而定，一般而言一棟歷史建築物的資料量約在 2GBytes 到 3GBytes 之間。

#### 2.台北市都市發展局

- (1)掃描資料可作為建築物生命週期的記錄，將建築物的興建前、中、後至使用、更新及拆除的過程做完整記錄，作為都市環境的數位記錄資料。
- (2)關於高程點的部份於本案是使用市政府的座標為主，因此

是能夠與市政府的地形圖地籍圖相互套疊。目前在齊東街已進行高程點的記錄，目標是至少取得三個高程點的座標，再利用座標位置將點雲及地籍圖、地形圖相互套疊，使得平面的地形圖能夠有更多的立體資訊。

- (3)掃瞄遮擋造成的黑色區塊，僅需於不同位置掃瞄即可補及，若是所在位置並無重疊資訊，可利用軟體進行補面，在展示時能夠更完整。但儘量不用軟體進行，以維護資料之正確性。
- (4)建國高架橋的掃瞄工作，須預先進行掃瞄環境調查、位置的安排、場地出借等前期工作，現場工作時需進行約 20-30 分鐘的暖機動作及影像拍攝，再進行掃瞄，一個點位的總掃瞄時數約為 2-3 小時。掃瞄器的最遠距離雖可達 300 公尺，但實際上環境的遮擋及反射率將影響掃瞄距離，且掃瞄環境的物件高度不同而異。以建國南北高架橋為例，在制高點作業將漏失地面及橋下資訊，在地下卻又無法取得橋面資訊，因此須於橋的兩側及制高點、屋頂間交錯工作。內業工作包含掃瞄檔案備份、結合、點雲資料處理、轉檔、點線面間的轉換、縮減資料量、資料最佳化處理、RP 輸出、網頁及資料庫的建置與管理等，一般工作時間約為掃瞄工作的 4-10 倍，即掃瞄兩小時約需八小時進行後續作業。
- (5)掃瞄點具可分為大範圍及細部掃瞄兩部分探討。
  - 大範圍：包含街道及遠方物件，以 100 公尺距離以垂直 15 公分以下、水平 15 公分以下間距進行掃瞄。
  - 細部掃瞄：包含歷史建築物及重要地標，以 100 公尺距離以垂直 2 公分以下、水平 2 公分以下間距進行掃瞄。

### 3.江常沛建築師

- (1)掃瞄資料是呈現出立體的資訊，可做為資料圖面的參考，並轉換成點、線、面的型式瀏覽，但業界仍習慣使用 2D 圖

面，掃瞄雖加速 2D 圖面的繪製，但需以人工進行，難免產生誤差。掃瞄資料的更新需要時間、經費及人力資源的配合，目前的工作仍是以資料保存為前提。

- (2)用於 3D 及 VR，可商討由公部門進行系統的建置，統一管理掃瞄點雲資料，並處理成不同解析度，供業界進行檔案的付費下載，再利用軟體將點雲場景套入繪製好的建案 3D 中即可產生更真實的 3D 模擬。

#### 4.康仕仲助理教授

- (1)雷射掃瞄器可能受限於材質及距離而有所限制，但可在黑夜中作業，而玻璃、水或是半透明材質都可能阻礙掃瞄工作，在建築物的線路及設備都會一併取得，雖然可能在觀賞上有所阻礙，但亦為建築物的一部分，若是需單純瀏覽建築物的外觀，也可刪除。
- (2)3D 掃瞄資訊在違建及建築管理上相對於照片的判斷將會更容易，僅需取得兩個不同時間點的 3D 資訊，即可利用軟體的布林運算進行建築物或都市環境的差異比較。
- (3)資料取得總是以高精細度為目標，但過於龐大的資料將造成系統的負擔，故掃瞄資訊將針對不同的使用需求進行資料量最佳化，依造不同的需求量身打造，在檔案格式及精細度方面找出最適當的狀況。
- (4)近景攝影及相關的立體攝影，在設備經費上較便宜，但在精確度上可能不及雷射掃瞄，且雷射掃瞄是即時取得座標資訊的，較不受物體的移動或光線明暗影響。另外，照相測量法需針對不同角度進度進行拍攝，且因多數的物件並非直角，在軟體運算上較困難。本研究室先前之研究，以廟前石獅子作為攝影標的，約需進行三百次拍攝，且因光線及標的弧度過大，約 1/3 的影像無法使用，需重新拍攝。因此近景攝影雖然便利、低成本，但實際運作效能仍遠不如 3D 掃瞄。

(5)3D 顯示技術近年有顯著進步，且已不需使用輔助鏡片，可裸眼進行瀏覽，但影像僅能提供視覺資訊；RP 技術除了能夠產生視覺資訊外，亦可產生觸覺的，且能被直覺性的使用，並可在無法使用多媒體設備的情況下展示及溝通。

#### 5.群立科技股份有限公司

(1)可以，透過軟體(如 QUEST3D、VRML 檔)進行處理，轉成 VRML 檔或處理成 VR 執行檔即可。

(2)資料的銷售可分為兩部分：『資料處理』、『權利及法律問題』兩部分探討，資料處理方面本研究是已執行多年，各種技術相當熟悉，各種軟體間也可相互支援；但資料販賣所牽涉到的隱私性及版權問題，將是在進行商業販售前需先避免爭議的課題。目前本案是接受委託而進行，並無版權或隱私權的問題。在大樓外觀版權方面，依造都市計畫法中的規定，建築立面屬於都市環境中的公共財，既然空照圖的資訊得以延續使用，雷射掃瞄應可比照辦理；隱私性方面，目前僅能儘量避免對可穿透材料進行高密度掃瞄，若是不慎取得建築物內部資料，在展示前也將予以清除，避免他人隱私資料外洩。

(3)可依造距離及點距進行調整，掃瞄所產生的點雲資料與影像不同，並非以 pixel 作為解析度的評比單位，而是以點距為單位；以齊東街一案，掃瞄的解析度最高設定在 100 公尺距離以水平點距 15 公分及垂直點距 15 公分為標準，再根據標的物的距離及所需精細度作調整，最低調整為每 100 公尺以水平點距 0.6 公分及垂直點距 0.6 公分為掃瞄精度。

(4)掃瞄時所取得的資料，都是可供使用的資源，應設法推廣及應用，包括公部門、業界、學術單位甚至民眾，資料是因需求及持續的應用而產生價值的；應用及管理問題可考慮由公家單位進行資料庫建置，統一管理，並仿照空照圖的管理模式，進行定時的區域性記錄，在有足夠的資料後，

再行探討資料販售的準則。

#### 八、主席結論：

感謝各位與會者所提供的意見，將於會後針對各問題及意見做出書面答覆。

#### 九、散會(上午 11 時 30 分)。





## 附錄五 第三次座談會議記錄

內政部建築研究所 97 年度「攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究」第三次座談會會議記錄

一、開會時間：97 年 11 月 11 日上午 9 時 00 分

二、開會地點：台灣科技大學 研究大樓 409 室

三、主持人：施教授乃中

記錄：詹世偉

四、出席人員：談宜芳、殷瑋、王惠君、康仕仲、施乃中

李家宇、詹世偉

五、主席致詞：(略)

六、綜合討論：

(一)攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

1. 康仕仲助理教授

(1) 點雲如何由點轉換成面？

(2) 點雲如何繪製平、立、剖面圖？

(3) 建議在建築資訊模型的應用

2. 殷瑋建築師

(1) 如何將點雲資料轉換成向量資料，能夠對建築師提供更多的幫助？

(2) 建議在建築鄰損鑑定的應用

(3) 業界在都市審議時，較需要的為 3D 模擬，例如將新建建物進行套疊，點雲資料應如何取得及應用？

(4) 掃瞄日式宿舍一次時，大約使用了多少時間與測點？

3. 王惠君教授

(1) 能否針對細部的掃瞄？

(2) 建議/古蹟掃瞄的應用

(3) 想法/歷史建築物中的應用

4. 談宜芳小姐

(1)建議在掃瞄在古蹟的應用

七、協同主持人答覆：

(一)施教授乃中

1.康仕仲助理教授

(1)點雲轉面的過程如下：

- A.先以點雲軟體去除雜點及遮擋務
- B.圈選出需要的需要的區塊
- C.選擇檔案格式(.pts、txt、xyz、dxf)
- D.匯入 3D 編輯軟體
- E.進行面生成
- F.轉出所需檔案格式(3ds、wrl、obj)

(2)雖有軟體可自行演算，但精準度有待驗證，因此本研究是以人工的方式進行，將模型沏出需要的區域，以等角透視進行旋轉時，牆面的線條便會出現；但繪圖畢竟是二次施工，人為都可能產生誤差。

(3)BIM 建築資訊模型在新建建築上有所幫助，但已經完工的建築很難得到相關資訊，是否能夠將掃瞄資訊作為標準資料庫，將繪圖過程及內容找到標準作業流程，並建立資料的完整度，提供給需要的人員使用，

2.殷瑋建築師

(1)有些軟體可直接將點雲轉換為線檔圖，但產生資料的精準度有待商榷。

(2)在建築時所使用的模型，或 3D 圖，通常僅能以單色調作為建築物的顏色資訊，因此無法對週遭環境有所展示，或在鄰損鑑定時是否有相關方式可進行，作為鑑定的基準

(3)可利用軟體將點雲場景套入繪製好的建案 3D 中即可產生更真實的 3D 模擬。

(4)大約掃瞄了 15 個掃瞄測站，時間方面，掃瞄一次約 1~2 小時，其實是在後續處理的方面花費時間較多，大約比例為 1:1~1:2 甚至更高。

### 3.王惠君教授

(1)標準化的比對基準

(2)以修復為目的，不需用到掃瞄，但可真對古蹟保但可對專門的構件，如柱與樑的卡榫，減少工作量與時間

(3)可跟文化局調閱日式宿舍相關資料，將掃瞄資料與人工測繪相互比較，找出相同點與相異點，供文化局參考。

### 4.談宜芳小姐

(1)建議在掃瞄在古蹟的應用

A.可加入關於齊東街的相關文獻，將掃瞄成果對照是否有出入。

B.可加入齊東街古蹟保存和都市紋理的相互關係。

C.掃瞄和古蹟保存的優缺點。

D.期末簡報時，可加入現場實做照片，簡報時字少圖多，以具體的方式呈現結果。

E.後續研究發展的可能性。

## 八、主席結論：

這是一個完整的研究計畫,最重要的是它包含了整合性與落實的評估。

1. 以建築的傳統工業為主軸,結合適當的電腦數位科技與人才,在這個整合團隊的努力下,在建築的角度上對過往歷史的研究,對未來計畫的評斷同時達到了回顧、考證、重生、計畫、修復、預覽...等多項令人興奮的成果。
2. 3D 的呈現是 2D 與大眾最佳溝通橋樑,而且此次是以雲點並含有屬性的資料為儲存單位,精準度可達 4mm,資料匯出有十種以上格式...其可應用之範圍是極為多元與廣泛的。

(1) 由於點(4mm)的資料 可產生 線、面、體...等不同的精準組

合應用

- (2) 由於屬性的存在 可區分 材質、色彩、人、車、植栽 不同的呈現
  - (3) 古代文獻與現有古蹟的搭配可以作為修復與保存,修復經費不足時可以做電腦模擬 古基亦可再現
3. 此次由於團隊人才經驗豐富,在所選用的機具上,操作十分方便,重要的是可以克服以往許多掃描過程中角度、遮擋、天候、等問題。
  4. 完成數個案例的實作是此研究最有價值的地方之一,實作內容不但包含古、今中、外的各項測試外,更重要對是把建築相關的建築物個體或都市的一個完整街廓都有完整的成果呈現。

九、散會(上午 11 時 30 分)。





(5)此 3D 技術選用在一般建築上問題較少，但古蹟與歷史建築所關注的建物保存過程與一般建築不同，建議訪談並參採業務執行人員的看法，納入操作參考。

2. 中華民國建築師公會全聯會江建築師星仁：（依審查意見表登錄）

(1)現場看來相當危險，在勘查、攝影時有無安全措施？

(2)若房屋傾斜 5 公分或 10 公分，此儀器設備能否顯示？

七、協同主持人（計畫主持人）答覆：

(一)施教授乃中

1. 張震鐘教授之意見回覆：

(1)此案在過去已做過相當多的討論，建研所方面希望能夠探討古蹟修復及保存的應用問題，並深入古蹟在都市環境中之角色及其相互之關聯性。因此本案並非單純以古蹟為掃描標的，主要是對都市環境作完整紀錄，並挑選其中一棟建築物進行外觀及內部之紀錄，以探討是否對古蹟保存及修復能有所助益。

(2)雷射掃描係以雷射光透過物體表面反射進行紀錄，並無法穿透物質，因此只要物件未被遮擋，便可取得資訊。於本案作業過程中，亦利用部份天花板破損處對屋頂架構進行掃描，但其他部分為避免損及歷史建物，並未對遮擋物進行移動或破壞。若將來進行施作時對建築體進行解體時，便可研議後續研究之可行性，在固定時間或建築有重大變化時進行紀錄，便可以數位化的資料掌握施工進度及狀況。

(3)在掃描時能夠紀錄影像、色彩及型體，由於建築表面材質的凹凸程度不同，掃描時紀錄其形體後，加上色彩即可分辨其材質。本單位亦有更精細的設備能夠針對古蹟建築之雕刻、壁畫等富有藝術價值之構建，進行更細微

的掃描。材料毀損及衰敗，於掃描中可利用其表面或尺寸的變化來分析，例如結構體的裂縫寬度、原始結構體尺寸及現今尺寸之比較、結構體撓曲或變位，都可以掃描紀錄後進行分析。

(4)由於本案中所包含之區域除了古蹟建築外，其街道及都市的發展亦為極重要之歷史街區，除了研究歷史建築物在修復及數位保存上之應用外，主要針對歷史建築物在都市環境中之關係作為作業重點。因此本案緒論著重在都市景觀，將修復及其他相關應用留待後續章節中提出建議。

(5)於作業過程中已透過座談會邀請不同專業之業界或公部門專家前來研議，本研究也針對不同單位常用的軟硬體設備來提供意見。例如將點雲資料轉換成能夠相容於業界中最廣泛使用的 AutoCAD 製圖軟體，以 DXF 格式提供點雲資料，對於其作業效率應有所助益。

## 2. 中華民國建築師公會全聯會江建築師星仁之意見回覆：

(1)在現場工作時都會以人員安全為首要考量因素。本案所選定之建築主要為齊東街 53 巷 11 號，該建築結構體完整，且室內有支撐架，並無立即倒塌之危險；53 巷 13 號雖有倒塌之危險，但作業時都以制高點或較遠的地面點進行，並無人員傷害之憂慮；其餘的都市環境皆以大樓屋頂或地面直接進行掃描，亦無安全顧慮。

(2)本次簡報及報告書中已有提到，可以點雲為底圖，直接利用業界熟悉之軟體(如 AutoCAD)進行傾斜距離及角度分析，除房屋立面傾斜度外，尚可對室內牆面、地坪、天花板進行分析。

## 八、主席結論：

(一)審查委員所提意見，請研究團隊斟酌採納並修正報告書。

(二)在簡報中所提及有關結論及建議內容，亦請納入報告書中。

(三)三案原則上通過審查。

九、散會(中午 12 時 20 分)。



## 參考書目

1. Day A. , 1994: From map to model. *Design Studies* 15: 366–384.
2. Delaney B. , 2000: Visualization in urban planning: they didn't build LA in a day , *IEEE Computer Graphics and Applications* , May/June , pp. 10–16.
3. Dick, A.R., P.H.S. Torr and R.Cipolla, 2004: “Modelling and Interpretation of Architecture from Several Images”, *Intl J. of Computer Vision*, Vol.60, n° 2, 111-134.
4. Fernández-Martin J.J., SanJosé J.I., Martínez J., and Finat J.: Multiresolution Surveying of complex façades: a Comparative analysis between digital photogrammetry and 3d laser scanning, *CIPA Symposium*, Torino, 2005.
5. Früh, C. and Zakhor, A, 2004. “An automated method for large-scale, ground-based city model acquisition”. *Intl J. of Computer Vision*, 60(1), 5-20.
6. Hartley R. and Zisserman A. *Multiple view geometry in Computer Vision*. University of Cambridge, UK, 2000.
7. Ikeuchi, K., M.Sakauchi, H.Kawasaki, I.Sato: “Constructing Virtual Cities by using Panoramic Images”, *Intl J. of Computer Vision*, Vol.658 n° 3, 237-247, 2004.
8. Martínez, J.; J.Finat, L.M.Fuentes, M.Gonzalo, A.Viloria: A coarse-to-fine curved approach to 3d surveying of ornamental aspects and sculptures in façades, *CIPA Symposium*, Torino, 2005
9. SanJosé J.I., Finat J., Fernández-Martin J.J., Martínez J., M.Fuentes L., Gonzalo M.: Urban lasermetry. Problems and results for Surveying urban historical centres: Some pilot cases of spanish Plaza Mayor, *CIPA Symposium*, Torino, 2005.
10. Slabaugh,G.G., W.B-Culbertson, T.Malzbender, M.R.Stevens and R.W.Schafer: “Methods for volumetric reconstructions of Visual Scenes”, *Intl.J. of Computer Vision*, Vol.57, n° 3, 179-200, 2004.
11. Teller, S., M.Antone, Z.Bodnar, M.Bosse, S.Coorg. M.Jetwa and N.Master: “Calibrated, Registered Images of an Extended Urban Area”, *Intl. J. of Computer Vision*, Vol.53, n° 1, 93-107, 2003.
12. Triggs, B., P.F.McLauchlan, R.I.Hartley and A.W.Fitzgibbon: *Bundle Adjustment: A modern synthesis*, in B.Triggs, A.Zissermand and R.Szeliski, eds: “*Vision Algorithms: Theory and Practice (Corfu, 1999)*”, LNCS 1883, Springer-Verlag, 1999, 298-372.
13. Peter,K.;Allen,Troccoli,A.;Smith,B,”Ioannis Stamos and Stephen Murray.”3D Modeling of Historic Sites Using Range and Image Data,IEEE Iolein~fiOnaIC onference on Robotics & Automation,pp.145-150.Taiwan, 2003.

14. (2008). 建築技術規則建築設計施工編.
15. 中原大學建築系，(2006)，《日式木造宿舍修復、再利用、解說手冊》，行政院文化建設委員會。
16. 中原大學，(2000)，台北市日式宿舍調查研究專案報告書，行政院文化建設委員會。
17. 中國科技大學，(2006)，《林務局台北市金山南路二段 203 巷日式建築群調查研究暨 22、24 號日式傳統官舍建築修復計畫》，行政院農業委員會林務局，pp75-83。
18. 李全壽、周玉珠、陳廖月娥，(2007)，齊東街老照片，華山社區發展協會。
19. 施乃中，王惠君，(2007)，雷射 3D 攝影測量運用於三峽祖師廟之建築藝術成果報告書. Taipei.
20. 姜智勻，(2006)，3D 雷射掃瞄在歷史建築數位保存模型之網路系統整合應用：以三峽祖師廟為例，國立台灣科技大學碩士論文。
21. 楊轟嬪，(2007)，〈3D 雷射掃瞄技術在古蹟修復上之應用-以臺北市市定古蹟總督府山林課宿舍為例〉，國立台灣科技大學碩士論文。

中文網站：

1. 內政部建築研究所 <http://www.abri.gov.tw/>，2007
2. 法務部全國法規資料庫 <http://law.moj.gov.tw/>，2007
3. 國立文化資產保存研究中心  
[http://www.ncrpcp.gov.tw/km2/front\\_d/index.htm](http://www.ncrpcp.gov.tw/km2/front_d/index.htm)，2007
4. 群立科技，<http://www.geoforce.com.tw/>，2007。
5. 華山社區發展協會，<http://rural.swcb.gov.tw/index.asp>，2006。
6. 農林航空測量所，<http://www.afasi.gov.tw/>，2008。
7. 臺北市文化局，古蹟建築，  
[http://www.culture.gov.tw/freeway\\_web/building/view.php?vid=211&page=1](http://www.culture.gov.tw/freeway_web/building/view.php?vid=211&page=1)，2008.3。
8. 臺北市建築管理處，<http://www.dba.tcg.gov.tw/>，2005。
9. 臺北市政府法規委員會，<http://www.law.taipei.gov.tw/>，2008。

10. 臺北市政府都市發展局，<http://www.udd.taipei.gov.tw/>，2008。

英文網站：

- 1.Octree Corp. <http://www.octree.com/> , 2006.
- 2.RIEGL 3D Scanner Inc, <http://www.rieglusa.com/> , 2006.







攝影與電腦技術運用於古蹟與歷史建築修復保存之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：毛犖、施乃中

出版年月：98 年 01 月

版(刷)次：一

ISBN：978-986-01-7564-6 (平裝)