



「城市競爭力」——
提升臺中市重大治安、交通、災害事件
現場測繪紀錄與重建能力之研究

研究機關：臺中市政府警察局

單位：刑事鑑識中心

研究人員：李國屏

研究期間：103 年 04 月 01 日~103 年 08 月 25 日

中華民國 103 年 08 月 25 日編印

摘要

1991 年吳銘漢夫婦命案(蘇建和等三人死囚案)、2002 年峇里島爆炸案、2012 年臺鐵太魯閣號列車司機蔡崇輝殉職案，這些社會矚目事件都顯示出，案發後現場紀錄採證的完整性，是如何嚴重地影響事發過程重建之正確性。因此，如何快速、正確且完整地留存案發現場原貌，成為能否釐清事實真相之重要因素。3D 掃描相關技術，似乎為這繁瑣的工程，提供極佳的解決方案。

3D 掃描技術近年發展快速，產品種類繁多，各種不同的技術都有其優劣之處，搭配上近一年來成為熱門話題的 3D 列印技術，更加擴展其應用領域。本研究擬利用實際操作測試，對於 3D 掃描相關技術進行探討及比較，以期更明瞭該技術於災害現場紀錄重建的可應用程度。

在今日，3D 掃描技術已廣泛運用在工業設計、災變監控、地貌測量、醫學資訊、數位文物典藏、電影製片…等領域。在人權日益高漲的年代，刑事證據之要求標準與日俱增，法庭上的論戰成敗，多取決證據之良窳，因此，如何快速、正確且完整地保存及重建現場原貌，已是現今重要課題。3D 掃描儀各類產品都有其適用領域，成本與售價也有高低之分，然而工欲善其事、必先利其器，選擇適用之工具並兼顧成本之效益，能進一步提昇組織工作效率及品質並提供民眾更專業優質之服務。

目錄

壹、研究緣起與目的

貳、問題之背景與現況

參、研究方法與內容

一、研究方法

1. 2D 照片轉 3D 立體模型軟體

2. 手持式紅外線 3D 掃描儀

3. 基站式 3D 雷射掃描儀

二、研究內容

1. PixR3 多視角照片影像重建 3D 模型軟體

2. MVC-F5 Hand-Held Imager 手持式紅外線 3D 掃描儀

3. FOCUS 3D S 雷射掃描儀

肆、研究發現與結論

一、研究發現

二、結論

伍、建議事項

陸、參考文獻

壹、研究緣起與目的

「城市競爭力」為何?就字面上意義是指一個城市與其他城市相互競爭時所具備的優勢能力。但要如何明瞭一個城市具備何種程度的競爭力呢?就如同國家競爭力一般,城市競爭力也具有多項的衡量指標。在江大樹教授於「我國城市競爭力指標體系建構與運用之研究」一文中所建構之我國城市競爭力指標體系的架構雛形可看到,城市競爭力指標分為「構面」、「次級要素」、「指標項目」三個層級[1]。在一百多項指標項目中,大多屬於藉由可量化的數據統計顯示該城市於該指標項目的表現。然而,在「公共安全」及「施政運作」兩項次級要素下的「意外災害」、「消防水準」及「政府效能」、「政府回應力」四項指標項目則非單純的統計數據可以完整呈現出競爭力的強弱。

安居樂業,是人民生活的目標。優質的各項公共建設,固可使人民生活安樂,但天有不測風雲,在災害發生時,如何使人民的損傷降低?如何快速地讓人民回到正常的生活軌道?如何釐清筆責,還人民應有的公道?這些所考驗的正是政府的效能與回應能力。災害種類繁多,各種會傷害人民生命、財產、權利的事件,皆屬災害。在災害發生時的處置與應變及災後的重建與調查,比起太平盛世更能真實反應出政府的效能及回應力。而就筆者工作範疇之刑案、交通或公安事件之現場調查能力,亦應屬政府效能與回應能力表現之一。

2002年10月海島渡假勝地-印尼峇里島,發生舉世矚目的爆炸案,造成近200人死亡。在這次令人髮指的恐怖攻擊下的犧牲者,多數是西方遊客,其中又以澳洲人居多,約佔七成。澳洲警方於案發後,迅速與印尼政府達成協議,由澳洲警方協助印尼政府進行調查工作。為了對爆炸後雜亂無章的現場進行快速且精確的測繪與重建工作,並計算爆炸威力及範圍,澳洲警方使用一種名為LIDAR(Light Detection And Ranging)的3D雷射掃描儀器,對爆炸後的現場進行完整又快速的紀錄工作[2]。

在臺灣,遠自1991年吳銘漢夫婦命案、2002年5月發生之華航澎湖空難、2004年總統大選前的319槍擊案、2009年8月6日至

8月10日間的莫拉克颱風所造成的八八水災、2012年臺鐵太魯閣號列車司機蔡崇輝殉職案…等災難事件，都在社會上造成極大爭議與震撼，同時也令國人付出慘痛的代價。這些事件除了讓政府與百姓瞭解到事前預防工作的重要性外；更讓大家深刻體認災後調查及重建的艱辛與漫長。從一次次災難復原的過程中，也讓我們確知，災後初期現地資訊收集與紀錄的品質，關係著調查與重建成果的良窳。

本研究想藉由事件現場紀錄方法之實際操作比較，明瞭各類方法之優劣點，以期為現場紀錄找出較佳的執行方法，俾利事件日後調查或重建工作之順遂進行。

貳、問題之背景與現況

1991年發生的吳銘漢夫婦命案(蘇建和、劉秉郎及莊林勳三死囚案)及2004年總統大選前一日發生的319槍擊案，此兩案堪稱中華民國司法史上最受矚目及最具爭議性的代表。前案歷經多任法務部長均未批准死刑執行令，是首件由檢察總長提起三次非常上訴及死刑判決再審後改判無罪，但經上訴發回又改判死刑的刑事案件，也是首件判處死刑後未收押被告的案件；而後案所引起的巨大政治爭議，在中華民國近代史上更是無出其右，它所帶來的政治影響至今仍未消退。這兩件相隔13年看似無關的案件，卻有著一個共同點，那就是兩起案件都聘請國際刑事專家李昌鈺博士協助現場的重建與鑑驗工作，而在耗費大量時間及人物力的情況下，現場重建後所挖掘出先前被忽略或未發現的資訊，的確左右著調查的方向與結果。在過往的年代，受限於儀器設備，對於災害事件的現場紀錄，往往心有餘而力不足，單就範圍不大但嚴重毀壞或狀態複雜的現場，已無法鉅細靡遺地詳加記載，更遑論如何完整確實地紀錄重大災害事件現場。

在數位科技如此發達的今日，我們對於災害事件的現場紀錄方法，仍多以錄影、照相、筆記、草圖等測繪方式為主。此類以2D模式產生的資料，很難正確地顯示出現場跡證間的3D空間數據，且對於各項跡證或現場物品間的方位、距離等數據，都需由操作人員以尺規、量角器或測距儀器來做測繪，不但耗費時間，且常需至少

兩人以上配合才能完成一些基本的量測，而災害事件現場也常見具高度危險性的情況再次發生，人員停留時間愈長，則遭受危害的機率愈高。另外以此傳統方式所做的測繪紀錄，無論花費多少人力、時間，仍不免有疏漏之處，實務上常會在事後調查過程中發現所需資料不足，但現場原貌已不復在。因此尋找或使用更快速完整進行現場測繪紀錄的方法，也成為災害調查重建工作中，重要的一環。

在國內，對於應用新一代測繪技術協助重大災害案件調查則首見於 2002 年 5 月發生之華航澎湖空難一案。行政院飛航安全委員會於 2005 年 2 月 25 日公佈之飛航事故調查報告中顯示，飛安會對於自澎湖海域撈獲的機體殘骸，應用地面 LIDAR(光達)系統，分別進行 2D 硬體、3D 硬體及 3D 軟體的重建工作，其中 3D 軟體殘骸重建即是以地面光達建立殘骸的 3D 立體模型。此階段工作於 2003 年 1 月執行，將 161 片殘骸利用名為 3D 軟體殘骸重建及展示系統(3D Software Wreckage Reconstruction and Presentation System, 3D SWRPS)進行重建，重建後之模型其最主要功能係用於與雷達資料、彈道分析、風向風速等資料結合，模擬空中解體之順序(圖 1) [3]。

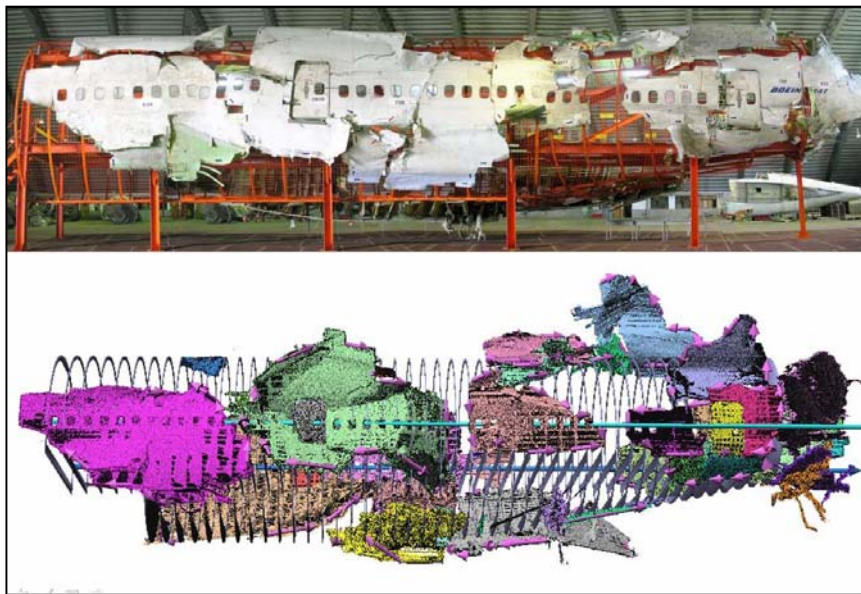


圖 1 . 三維硬體及三維軟體重建之比較(摘自華航澎湖空難飛航事故調查報告 P117)

另外，近年在刑事鑑識體系也引進所謂 3D 繪圖軟體來協助繪製刑案現場之現場圖，如 SketchUp(圖 2、圖 3)。由 Google 所開發的 SketchUp 繪圖軟體，相較 AutoCAD、Autodesk 等繪圖軟體簡單易學，但以此類軟體所繪製的現場圖其圖內物品之大小、相關角度、距離等位置的呈現仍需依賴從現場量測的數據加以繪製成圖，其完成品與現場之真實狀況仍有極大差距，此類現場圖充其量只能稱其為現場示意圖。

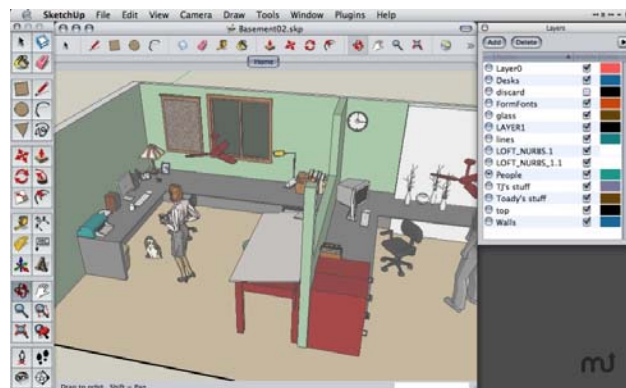


圖 2 . 以 SketchUp 軟體所繪製的 3D 立體圖
(摘自傑頂資訊網站)



圖 3 . 以 SketchUp 軟體所繪製的 3D 立體圖
(摘自傑頂資訊網站)

其次，也有將 2D 照片轉成 3D 照片的軟體，簡單的轉換軟體如 Automatic Photo Pop-up、J3DMaker 等軟體，僅是將平面照片轉換成有立體視覺效果的照片，在此類照片上是無法量測出相關數據的。但高階的 2D 照片轉成 3D 立體模型的軟體，則是將多張以系統性方法拍攝的照片轉換成 3D 點雲，以此方式製成的立體圖，則可進行各項數據的量測，可以算是接近真實現場的 3D 立體模型。

參、研究方法與內容

一、研究方法

此次研究主要是想瞭解以傳統攝影、拍照方式進行現場測繪紀錄與使用軟、硬體製作 3D 立體模型之間的差異及優劣。3D 立體模型的製作又有許多不同方式，本研究則是選擇「2D 照片轉 3D 立體模型軟體」、「手持式紅外線 3D 掃描儀」、「基站式 3D 雷射掃描儀」此三種不同方式進行實際操作。

在簡介各項方法之前，應先瞭解 3D 掃描儀器的原理與特性。名為 LIDAR(又名為光達)的 3D 雷射掃描儀器是一種雷射測距儀，雷射測距是藉由主種發射雷射光，打在被測物體表面反射回來，接收後量測其時間差或相位差，經計算獲得其距離。量測時間差測距者為脈衝式雷射(Pulse Laser)，量測相位差測距者為連續波式雷射(Continuous-wave Laser)，目前的地面光達多採用脈衝式雷射[4]。

光達依使用方式，可區分為空載光達及地面光達。空載光達是將光達裝置於航空器上，其掃描定位除了雷射掃描測距系統外，尚須搭配全球定位系統(GPS)及慣性量測系統(IMU)才可有效並精確地測量(圖 4)。地面光達的構造，主要是由雷射測距儀加上垂直與水平兩個方向的等角速度旋轉之反射稜鏡所組成，經由雷射測量距離，並以反射稜鏡定角度，可藉此換算出雷射中心點到描掃點之相對 3D 坐標差(圖 5)。

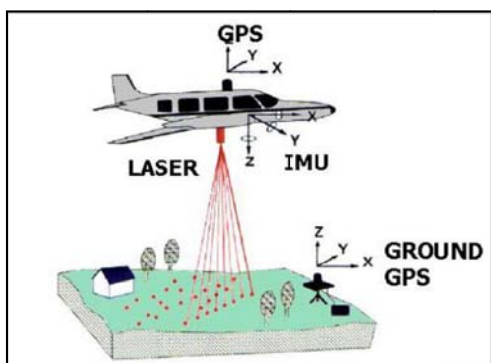


圖 4 空載光達運作示意圖(摘自 LIDAR and Digital Elevation P1)

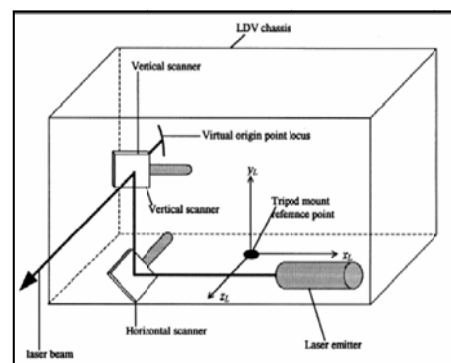


圖 5 地面光達構造示意圖(摘自地面光達點雲資料的平差結合與影像數貼 P8)

空載光達一般應用在地表測量。以往的遙測，無論是衛星影像或是航空照片，其解析度低且資料量大(影像檔)，而空載光達其除了水平解析度提昇外，在高程上精度的改善更大幅超越以往。此外以往對於地表建物及植被下的真實地貌，皆難藉由傳統遙測方法加以探知，而空載光達利用其高密度點雲，除可探知樹木及建物的高程資料，更有部份因足跡效應(footprint)穿過樹林的雷射光，應用此類雷射光其不同反射值探知真實地貌(圖 6)，據此濾除植被，製作數值地面模型(DTM)。2009 年莫拉克颱風造成的八八水災導致小林村因山崩而滅村，政府為免憾事再度發生，於是積極投入各項山區防災、預警工程，其中一項即是利用空載光達大規模探查山區地表裂縫的生成，對於資料分析出可能生成裂縫的區域，再派員深入山區實施現地調查，先期發現可能發生大規模地滑或崩塌區塊，並依照調查結果製作全國潛勢土石流或潛勢崩塌地預警地圖，同時在這些區域進行各種防災預警工程及人員疏散或撤離的計畫與演練。

地面光達的應用較空載光達更為廣泛，常用於建築物設計與重現、管線監測、塑模、變遷監測、工業設計、地貌測量、醫學資訊、數位文物典藏、電影製片…等領域。近年來藉助儀器速度及精度的大幅提昇，可應用範圍持續增加，尤其在交通事故量測及重大災害或恐怖攻擊事件上的應用成效，更受各方矚目。例如 2002 年 10 月印尼峇里島所發生恐怖攻擊爆炸案之現場重建，更是光達於刑事鑑識應用之良好示範。國內對於應用地面光達協助重大災害案件調查則首見於 2002 年 5 月發生之華航澎湖空難一案。

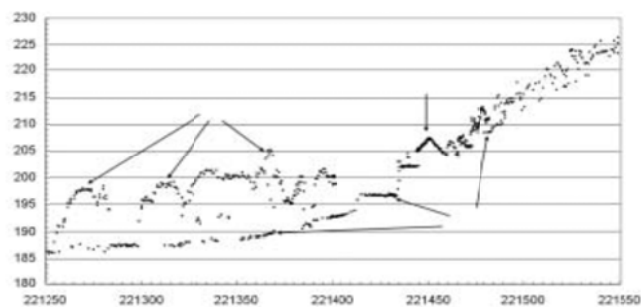


圖 6. 空載雷達掃描資料點剖面圖，呈現出樹木、房舍以及地面高程(摘自科學發展 2005 年 6 月，390 期 26 頁)

光達有以下特性：

1. 點雲：

光達係使用主動式雷射來測量被測物表面的 3D 座標差，且因掃描速度的大幅提昇，其一秒可掃描點數約為 5,000~1,000,000 點(因光達種類不同而異)，每一個掃描點具備的空間資訊包含點位 3D 座標(X, Y, Z)與雷射反射強度(I)。反射強度值的範圍為 0~255，數字越大，代表此點位的雷射光反射強度越高，故一般地面光達點雲資料內容為(X, Y, Z, I)，此種資料內容在展示平台上所呈現的點，顏色為漸層的灰階。而部份光達搭配攝影鏡頭擷取各點的色彩資訊(R, G, B)，故此類光達點雲資料內容則為(X, Y, Z, I, R, G, B)，其所展示之影像更接近目標物的真實外貌。

2. 足跡效應(footprint)：

雷射光雖有良好聚光性，但仍會因聚焦及繞射而漸漸發散，因此打在物體上有其涵蓋面積，稱為足跡(footprint)。一般而言，雷射測距儀只要有 5% 的反射量就能獲得有效的觀測，故對高反射性物體的邊緣易發生點雲外擴情形，反之低反射性物體則易於邊緣發生點雲內縮(圖 7)現象。另一現象為反射量如太過強烈，超出儀器所能接收範圍而無法產生有效的觀測，則易產生點雲中空情形(圖 8)。

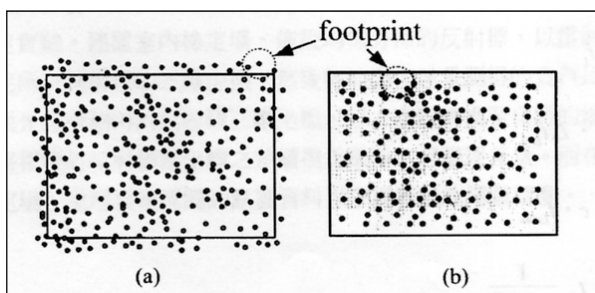


圖 7. 因足跡影響點雲外擴(a：好的反射體)及點雲內縮(b：不好的反射體)(摘自地面光達掃描定位原理與誤差分析 P6)



圖 8. 反射稜鏡所產生之點雲外擴及中空情形(摘自地面光達掃描定位原理與誤差分析 P7)

3. 提升高程精度：

傳統數值高程模型(DEM)是使用成對航空照片來製作，其高程精度約數公尺，水平解析度約為 20~40 公尺(圖 9)，而使用空載光達對地表所進行之掃描，其掃描之密度取決於航高與航速，一般而言其密度可達每平方米內有 1 個以上的掃描點



圖 9. 40m 數值高程模型(摘自科學發展 2005 年 6 月，390 期 28 頁)

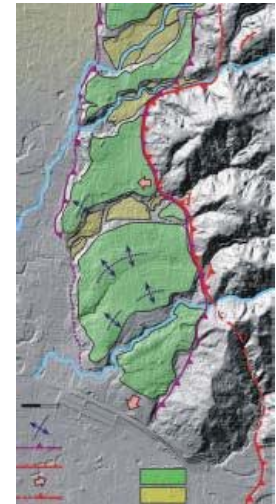


圖 10. 以 LIDAR 製作的 2m 精度之數值地面模型(DTM)(出處同圖 7)

空載光達掃描之點雲資料所製成之數值地面模型(DTM)，其水平方向的準確度約為 50~100 公分，在垂直方向的準確度更可高達 10~15 公分(圖 10)，這種準確度已遠超過以往航空照片測量精度[5]。

本次研究是利用辦公室室內空間，以下列三種方法進行實測，據以瞭解各種方法之間的差異及適用性，選用實測方法如下：

1. 2D 照片轉 3D 立體模型軟體：

本次選用的PixR3 多視角照片影像重建 3D 模型軟體為義大利 GEXCEL 公司所製作的軟體，其功能是將不同視角所拍攝

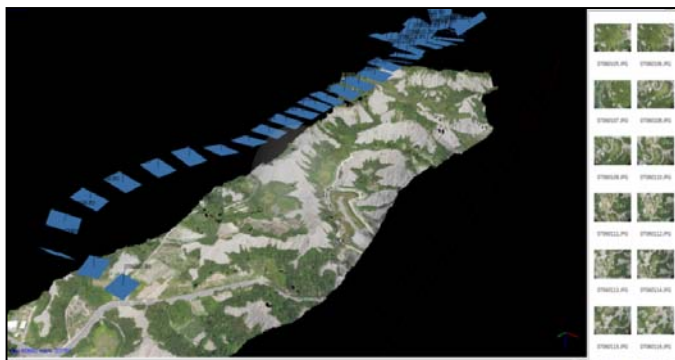


圖 11. 照片拍攝軌跡圖(摘自力弘科技)

之照片(圖 11)載入軟體加以運算後轉化成 3D 點雲資料，建立 3D 模型(圖 12)，由於大多數的現場範圍小且單純，而現場紀錄基本上都會使用照相機拍攝照片作為紀錄，因此這次實測也就選擇

了轉換軟體，以瞭解其操作過程及效果。



圖 12. 照片轉換成彩色三維立體模型(摘自力弘科技)

2. 手持式紅外線 3D 掃描儀：

MVC-F5 Hand-Held Imager 是以色列 Mantis Vision 公司生產的手持式紅外線 3D 掃描儀，由於它是使用紅外線為光源進行掃描，故所製成之 3D 模型並無色彩，但該公司也開發一套名為 MPV-3 Production Software 的軟體，可將被掃描物件的表面和點雲結合成為彩色 3D 模型。

3. 基站式 3D 雷射掃描儀：

FOCUS 3D S 雷射掃描儀，為德國 FARO 公司生產的基站式 3D 雷射掃描儀，該機擁有體積小、重量輕、掃描速度快等優點。下表為上述三種方式所使用設備之比較表(表 1)

表 1. 各類三維立體模型建立方法所用設備比較表

設備名稱	PixR3	MVC-F5 Hand-Held Imager	FOCUS 3D S
設備外觀	無。		
價格	定價：16 萬	定價：190 萬	定價：280 萬
操作人數	單人操作	單人操作	單人操作

精度	支援匯入格式：JPEG, TIFF, PNG, BMP, JPEG Multi-Picture Format (MPO)	精度(3D point Accuracy)：0.05mm 以內(0.5 公尺範圍)	精度：25m ±2 mm
重量	支援輸出格式：GeoTIFF, xyz, ASPRS LAS, Google KMZ/KML, COLLADA, VRML, OBJ, PLY, 3DS, FBX, Universal 3D, PDF…等	重量：1.7KG	重量：5KG

二、研究內容

以前一節所選用的設備及方法進行辦公室部份區域實測，其方法及成果如下：

1. PixR3 多視角照片影像重建 3D 模型軟體：

以單眼相機，設定固定焦距，對樣本區域進行掃描式拍攝(相連兩張照片拍攝區域需有至少二分之一重疊)，現場從規劃拍攝路線到拍攝完畢(僅拍攝約三分之一空間，共拍攝 24 張照片)，約使用 10 分鐘現場操作時間，然後載入軟體進行轉檔至完成，約使用 50 分鐘後製時間，其成果如圖 13~圖 16。

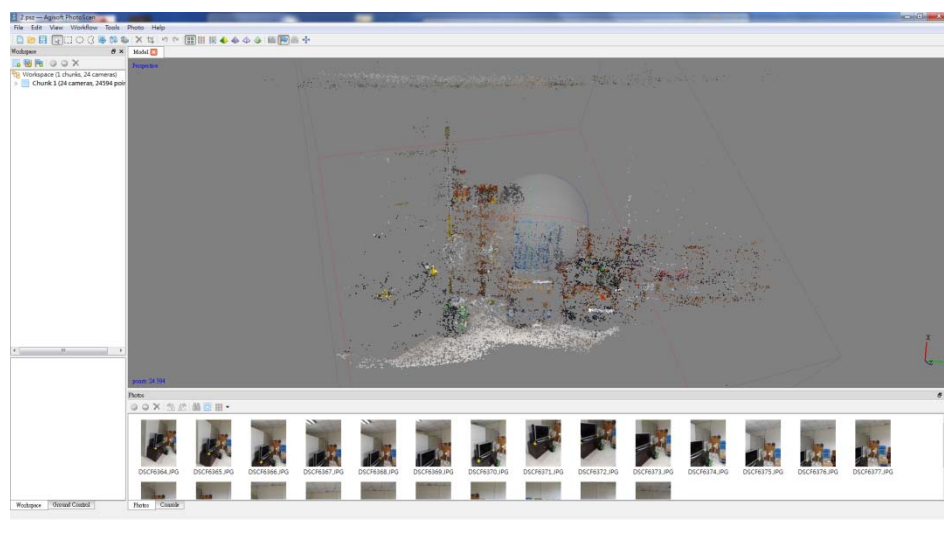


圖 13. 以 PixR3 軟體將 2D 照片轉換成 3D 點雲模型(1/4)

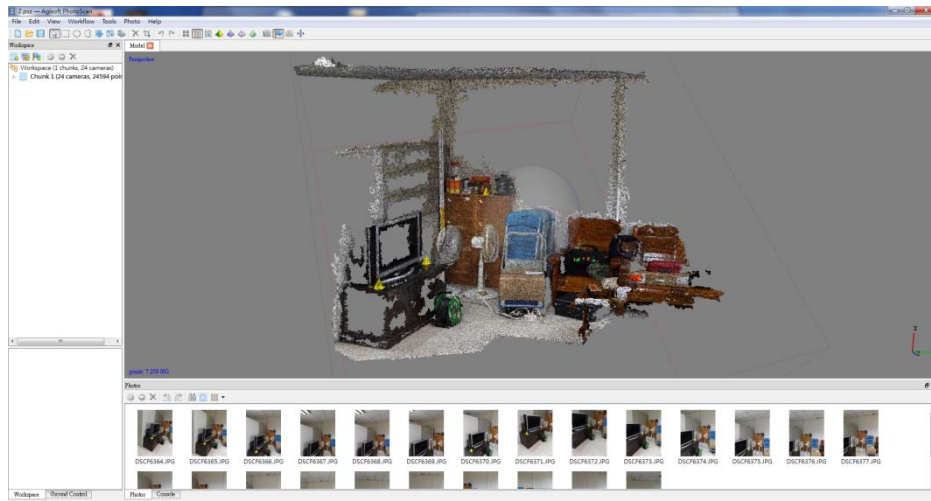


圖 14. 以 PixR3 軟體將 2D 照片轉換成 3D 點雲模型(2/4)

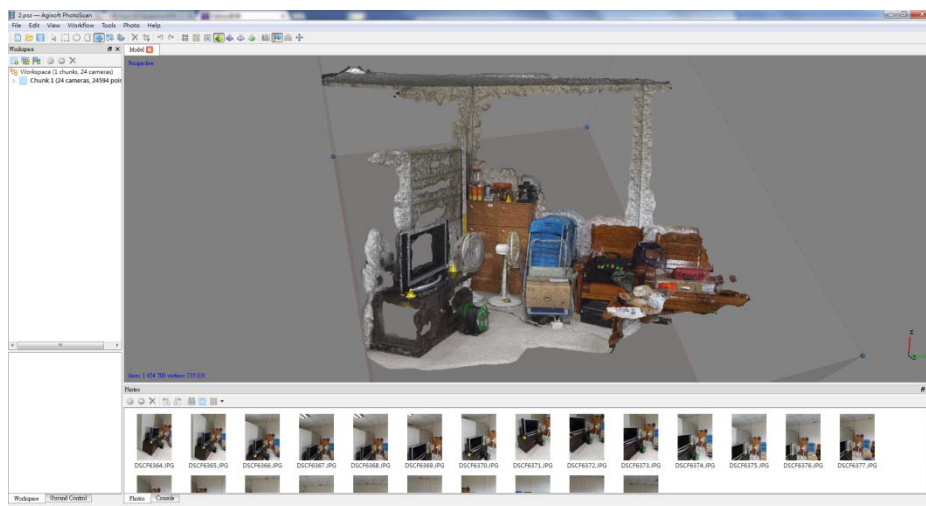


圖 15. 以 PixR3 軟體將 2D 照片轉換成 3D 點雲模型(3/4)

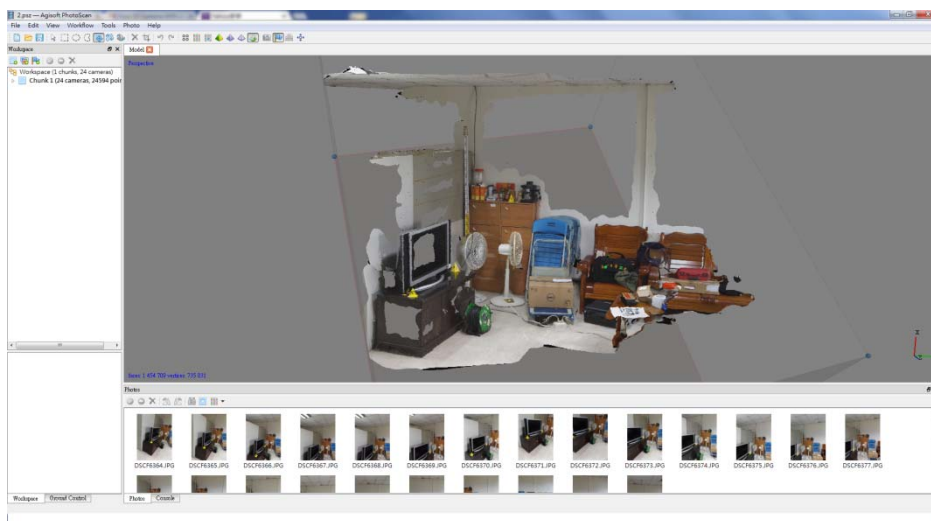


圖 16. 以 PixR3 軟體將 2D 照片轉換成 3D 點雲模型(4/4)

2. MVC-F5 Hand-Held Imager 手持式紅外線 3D 掃描儀：

以 MVC-F5 Hand-Held Imager 手持式紅外線 3D 掃描儀對樣本區域進行掃描，現場從規劃掃描路線到掃描完畢(每段連續掃描 15 秒，分 4 段掃描，約掃描三分之二空間)，約使用 10 分鐘現場操作時間，然後下載檔案到電腦、2D 轉 3D、及 3D 套疊的工作時間大約 20 分鐘完成，其成果如圖 17~圖 20。

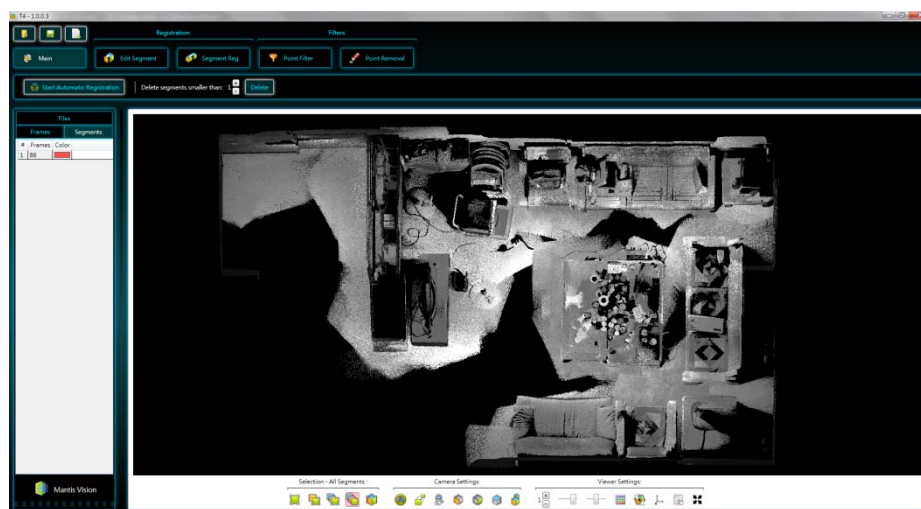


圖 17. 以 MVC-F5 Hand-Held Imager 手持式紅外線三維掃描儀製作 3D 點雲模型(1/4)

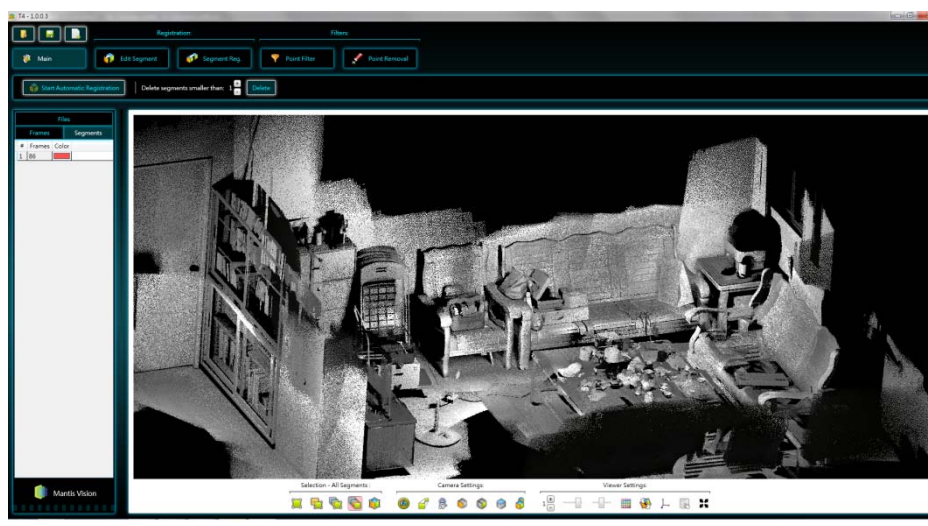


圖 18. 以 MVC-F5 Hand-Held Imager 手持式紅外線三維掃描儀製作 3D 點雲模型(2/4)

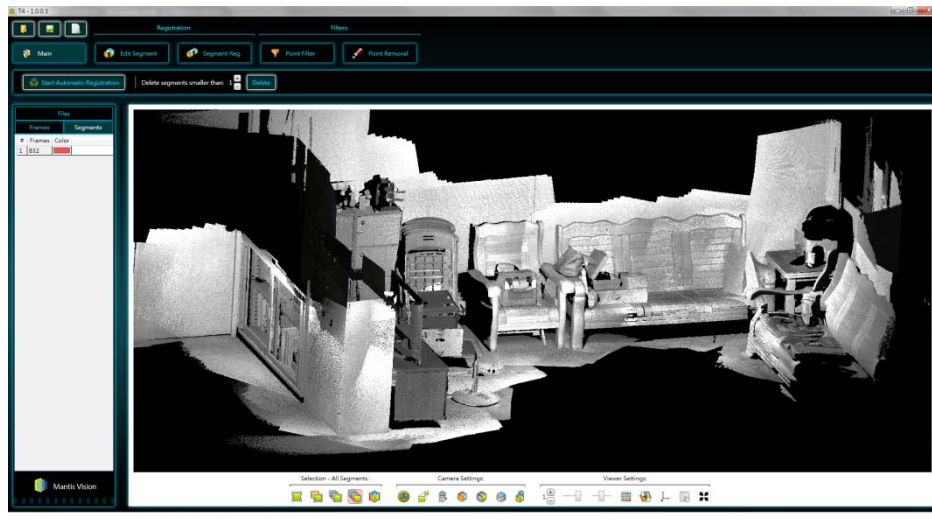


圖 19. 以 MVC-F5 Hand-Held Imager 手持式紅外線三維掃描儀製作 3D 點雲模型(3/4)

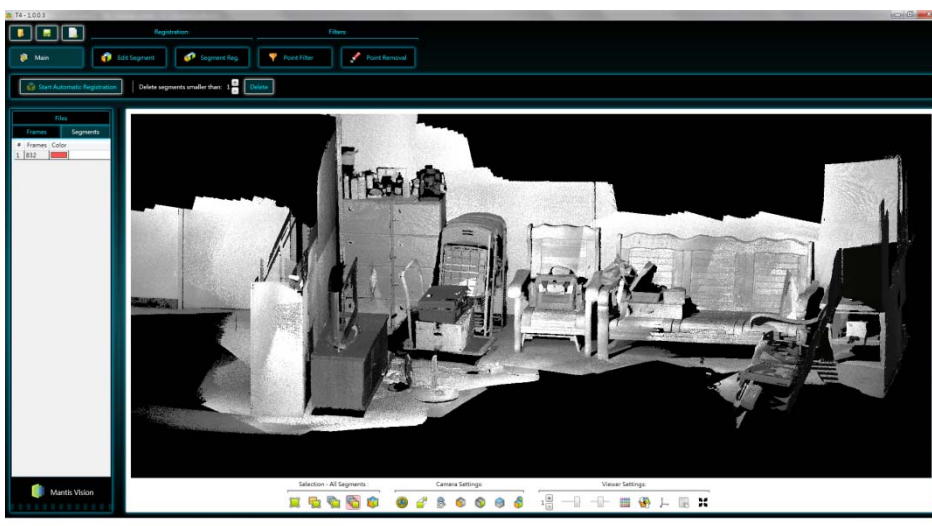


圖 20. 以 MVC-F5 Hand-Held Imager 手持式紅外線三維掃描儀製作 3D 點雲模型(4/4)

3. FOCUS 3D S 雷射掃描儀：

以 FOCUS 3D S 雷射掃描儀對樣本區域進行掃描，現場從規劃基站架設位置到掃描及拍照完畢(架設 3 個基站位置進行掃描、拍照及轉站，掃描全部空間)，約使用 30 分鐘現場操作時間，然後下載檔案到電腦進行拼合的工作時間大約 15 分鐘完成，其成果如圖 21~圖 24。

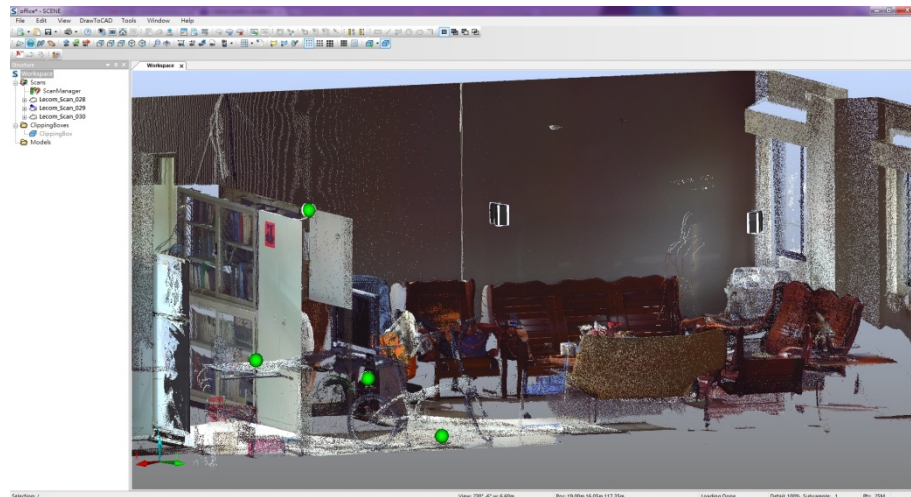


圖 21. 以 FOCUS 3D S 雷射掃描儀製作 3D 點雲模型(1/4)

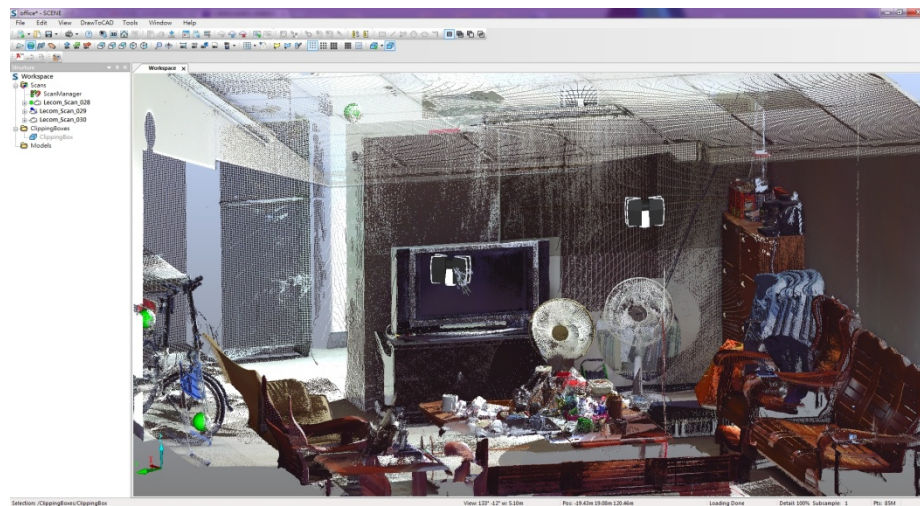


圖 22. 以 FOCUS 3D S 雷射掃描儀製作 3D 點雲模型(2/4)

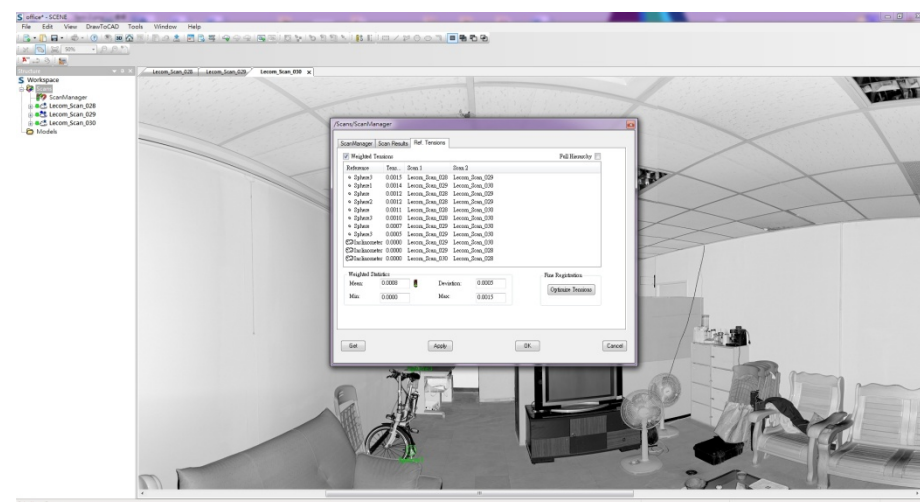


圖 23. 以 FOCUS 3D S 雷射掃描儀製作 3D 點雲模型(3/4)

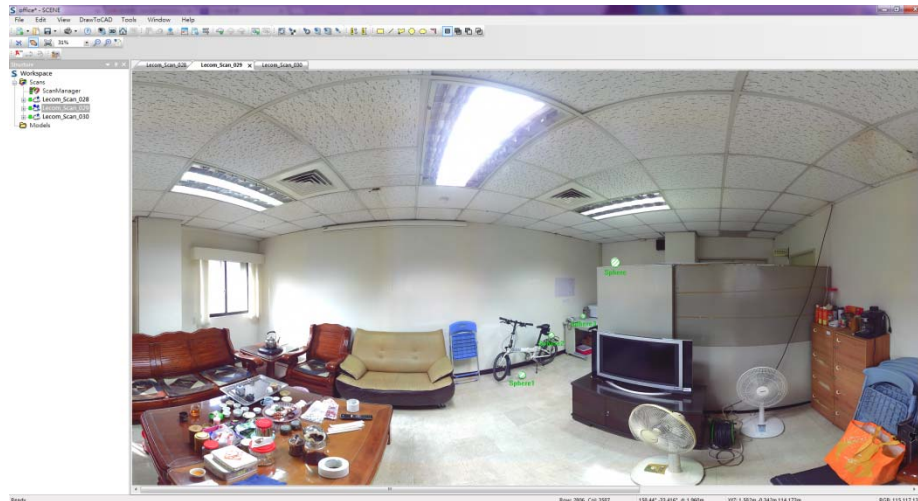


圖 23. 以 FOCUS 3D S 雷射掃描儀製作 3D 點雲模型(3/4)

肆、研究發現與結論

一、研究發現

由以上不同類型的 3D 立體模型建立方法實測中，我們可以從 3D 點雲模型圖中清楚發現，3D 立體模型應是現今所有現場測繪方法中，最能提供完整資訊及再現性的方法。其在距離、角度、體積、相對方位等各項量測數據，所能提供的精確度及多樣性，都已遠超越現今對現場測繪所要求之各項水準。

雖然 3D 立體模型對現場的保存及測繪提供不同以往的強大功能，但在點雲圖中大多數的資料對於現今的應用或調查工作上並非絕對必要，因此 3D 立體模型在治安、交通或公安事故現場上的測繪應用，並非全面性，而是有選擇性的。目前國際間對於 3D 掃描儀應用於現場測繪，多見於恐怖攻擊或重大災難現場，然而隨著儀器與應用軟體開發的足長進步，對於刑事或交通案件之現場測繪應用也大幅增加中。

本研究藉由選擇 3 種不同類型之 3D 立體模型建立方法所進行的實測，可清楚瞭解這些方法和現行測繪方法之間的差異與優、劣勢之所在。下列比較表(表 2)之內容，是就各種方法在實測中所顯示之優缺點加以條列式說明。但由於實測所選擇的空間範圍不大，故就大空間現場操作所可能產生之差異，並無實測數據，僅就業界已有其他類似操作經驗加以綜合分析。

表 2. 各類三維立體模型建立方法與現行測繪方法比較表

使用 方法	PixR3	MVC-F5 Hand -Held Imager	FOCUS 3D S	傳統尺規或 雷射測距儀
花費 時間	1. 現場操作時間約 10 分鐘。 2. 後製時間約 50 分鐘。 PS：因照片拍攝模 式不完整，故僅 完成三分之一區 域轉換。	1. 現場操作時間約 10 分鐘。 2. 後製時間約 20 分鐘。 PS：完成三分之二 區域掃描。	1. 現場操作時間約 30 分鐘。 2. 後製時間約 15 分鐘。 PS：完成全區域掃 描。	視現場跡證數及複 雜度而定，一般現 場約為 20~60 分鐘 、重大事件現場則 可能長達數小時至 數日。
量測 距離	所有照片定焦拍攝 ，對於遠距物件， 解析度降低頗多。	0.5m~4.5m	0.5m~120m	0m~50m
量測 限制	未拍攝照片處，無 資料可供轉換。	手持可移動，但遇 持機者無法跨越之 障礙且距離超過 4.5m 則無法掃描。	基站式定點 360 掃 描，被掃描物件背 面無法掃描，需設 多站掃描以補不足	所有量測需操作人 員全程親為，故操 作人員行動如受限 ，則量測亦受限。
便利性	無需使用相機以外 設備收集資料	手持式，可伸入物 件各面進行環繞式 掃描。	基站架設完畢，可 單鍵完成掃描。	可由操作人員決定 量測物件之取捨
所需周 邊配備	對於大範圍現場， 可能需使用遙控空 拍設備	後製應用程式	後製應用程式	紀錄設備(如錄音 筆、記事本等)
優點	1. 無需使用相機以 外設備收集資料 。 2. 可利用現有照片 針對舊案，嘗試 進行 3D 模型的 建立。	1. 可任意移動掃描 儀，對於狹小空 間之掃描使用方 便。 2. 使用紅外線，對 於光源要求度低 。 3. 對於小物件之完 整掃描非常便利 。	1. 大空間之掃描方 便、省時。可提 供多視角觀察。 2. 掃描速度快、距 離遠，可在短時 間收集大量資料 3. 可單鍵或遙控操 作，啟動掃描後 人員可離開現場 ，降低曝險機率 。	1. 可由量測紀錄人 員依經驗減少無 效資料之蒐集。
缺點	1. 有固定拍照模式 ，而現場空間條 件不一定符合拍 攝模式所需。 2. 需拍攝大量部份 重疊之照片，因 而拍攝人員易產 生漏拍之疏失。 3. 光源不足，照片 品質不佳，將嚴 重影響轉換效果 及解析度。	1. 大空間現場掃描 較費時。 2. 操作人員需全程 移動掃描，易產 生疏漏之處。 3. 較遠距離之物件 ，若人員無法靠 近，則無法掃描 。	1. 狹小空間現場， 不利基站架設。 2. 腳架正下方空間 因受遮蔽無法掃 描。 3. 對於高反射物件 易產生足跡效應 。而透明物件， 雷射光易穿透， 掃描效果不佳。 4. 所收集的大量資 料，並非全都有 其必要性。	1. 僅提供測繪者紀 錄視角資料。 2. 對於有大量待量 測資料之現場需 花費大量時間及 人力始能完成紀 錄工作。 3. 操作人員需長時 間停留在現場， 增加曝險機率。 4. 現場復原或破壞 後，將無法再進 行測繪。

二、結論

由前項的研究發現，各種不同測繪紀錄方法皆有其優劣處，而對於本研究所設定之重大治安、交通或公安事件現場的測繪紀錄，則以基站式 3D 雷射掃描儀或手持式 3D 紅外線掃描儀較能提供完整的資料收集與保存，並利事件之調查與現場之重建，因此就掃描儀的應用方面，歸納成以下幾點結論：

1. 可用於重大治安或恐怖攻擊事件之現場複製、重建與保存(如 319 槍擊案街景複製)。
2. 攻堅勤務現場地形、建物之複製及勤務佈署規劃(地形、地物、火線規劃)。
3. 可用於重大交通或公安事故現場重建及車輛形變模型之建立(如復興航空澎湖空難、高雄 731 氣爆事件)。
4. 現場跡證之立體模型建立及痕跡證據比對。

現階段各類現場之測繪與重建所提供的大多屬 2D 資訊，此類資訊雖可透過製圖及 3D 動畫軟體製成 2.5D 或 3D 現場圖，然而對於不規則曲面的物件，皆無法精確描繪，且用以製圖的正確測量數據太少，無法對現場的多樣物品任選兩點或三點進行距離及角度的測量。雖然雷射掃描儀可提供非常精確的任意測量數據，然而從實際測試中，也發現其使用上有所限制，今將其優、缺點分析如下：

1. 優點：
 - (1)可提供較完整之 3D 現場空間資料，並可重複使用、傳遞便利及長時間保存。
 - (2)可單鍵或遙控操作，減少操作人員曝險機會(爆炸案、重大災害及有二次危害可能之現場)，保障人員安全。
 - (3)可減少測繪時間，提高測繪精度。
 - (4)可提供現場全視角透視。
 - (5)提供目擊者虛擬現場，還原其視角位置，協助回復記憶。
 - (6)於最少時間內取得最大量空間資料。
2. 缺點：
 - (1)後製軟體對點雲資料量仍有處理的限制，需視電腦設備之運算能力強弱。
 - (2)在利用點雲做各項數值量測時(如距離、角度…等)，易因選

點的偏差產生錯誤數值。

(3)客製化分析軟體不齊全，有待進一步研發。

(4)掃描所得之大量資料，並非都屬必要。

(5)於高、低反射物體之點雲外擴、內縮效應(Footprint)，影響測量精度。

(6)透明物件，雷射光易穿透，無法取得正確反射值。

雷射掃描儀於重大治安、交通或公安事件現場測繪紀錄工作上的應用，雖有以上所述各項缺點，然大多可隨軟、硬體開發研究加以克服，反觀其所能提供的資訊卻是現今各種測繪技術所難以達成。

伍、建議事項

在本研究即將完成之際，國內在七月底接連發生了復興航空澎湖空難及高雄市氣爆兩大交通及公安事件，在此幅員廣大且雜亂無章的現場中，傳統的測繪紀錄方式，更顯得力不從心，而雷射掃描儀的應用，也為此提供了更有效率的解決方案。且由以上之研究可得知，重大事件現場 3D 立體模型的建立，對於事件現場之重建、發生原因的調查可提供更迅速、完整、精確的資訊。因此有以下兩點建議：

- 一、購置基站式與手持式雷射掃描儀，配發重大治安、交通或公安事件處理權責單位，以備事件發生時，能更快速、精確、安全地測繪紀錄現場原始狀態，以利事件後之現場重建及事發原因調查。
- 二、加強與軟體開發單位合作，研發適合操作的後製軟體，以利將硬體收集所得之大量資料，處理轉化為有用資訊。

陸、參考文獻

- [1]. 江大樹，我國城市競爭力指標體系建構與運用之研究，研考雙月刊2010，第34卷，第6期，頁40~44。
- [2]. Australian Bomb Data Centre，Crime seen in a new light，2003，March，P78。
- [3]. 飛航事故調查報告 第一冊 ASC-AOR-05-02-001 中華民國91

年5月25日 中華航空公司CI611班機於澎湖外海上空空中解體，
2005，頁111~117。

- [4]. 曾義星、賴志凱，地面光達掃瞄定位原理與誤差分析、測量工程，2004，46 卷，4 期，頁 3~22。
- [5]. 詹瑜璋，遙測大地見樹又見地-雷射測距掃描，科學發展，2005，390 期，頁 24-29。