

新北市政府 104 年度自行研究報告

淺 談 移 動 測 繪 技 術

研究機關：新北市中和地政事務所

研究人員：藍榕銅

研究期程：104 年 1 月 1 日~104 年 10 月 31 日

新北市政府 104 年度自行研究成果摘要表

計畫名稱	淺談移動測繪技術
期程	104 年 1 月 1 日~104 年 10 月 31 日
經費	0
緣起與目的	直至今日各種形式之移動測繪技術已非常成熟，其應用層面也相當廣泛，故本研究目的在於了解不同移動式測繪系統之種類、原理與後續之加值應用，尤其欲探討移動測繪技術建模成果與建物成果圖之應用可能性。
方法與過程	本篇以文獻蒐集法對移動測繪系統依載具之不同做分類，並研究移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)之立體模型建構與數位城市建構，最後提出未來努力方向，希望讓移動測繪系統有更多元之應用。
研究發現及建議	無人飛行載具(UAV)可用於緊急災害應變，提供小範圍即時影像傳送，對於緊急事件相當有幫助，且可深入人跡不易到達之位置；光達則是能夠快速提供大範圍標的之三維坐標，是研究地形變遷重要的科技，地面光達亦可用於歷史建物、古蹟之保存，對於監測災害潛勢效果亦非常顯著；測繪車部分則提供了不同視角之測繪模式；另三維建模方面，各種移動測繪技術皆可建構數值地形模型，其中建物成果圖可配合建置建物 3D 模型，以其詳細之建物資訊做後續更多加值應用，惟較困難之部分應為各地政事務所建物成果圖可能早期無圖的情況較多，需進行補繪的數量亦多，且許多無舊案可稽，另後續之加值應用亦須他單位之配合，如建立一資訊交流平台，使得各項資訊皆可流通使用，如此一來，數位城市便得以實現，達到城市資訊利用最大化。
備註	

目錄

壹、 緒論	2
貳、 研究目的	3
參、 研究方法	3
肆、 文獻蒐集	3
一、 移動測繪系統	3
二、 空載移動測繪系統	4
(一)、 無人飛行載具	4
(二)、 空載光達	9
三、 地面移動測繪系統	14
(一)、 地面光達	14
(二)、 車載移動測繪系統	16
伍、 三維立體模型建構	20
陸、 研究發現	23
柒、 結論與建議	25
捌、 參考文獻	27

壹、緒論

隨著時代的進步，空間資訊系統的應用越來越廣泛。為了呈現真實的地景資料、並建置增值應用之地形模型，需要大量正確且完整的空間資料與屬性資料。利用傳統的測量技術作為採集空間資訊的方法並無法全然符合成本考量，傳統測量以及屬性調查作業所需的時間較長，從開始蒐集資料到系統建置完成往往需要耗費大量時間，這已不符合科技發展的趨勢與成本效益。近年來，測量與空間資訊技術逐漸革新，測量製圖與整合式導航定位定向系統結合，搭配多種的影像感測器來蒐集空間資料，逐步實現即時移動式測量及空間資料蒐集技術。

具備直接地理定位系統(DirectGeo-referencing System)及多元感測器系統(Multi-sensor System)的空間資訊獲取移動平台(Mobile Platform)為因應此挑戰的最佳利器，其完整的方案一般稱為移動式測繪系統(MobileMapping Systems, MMS)¹。

利用移動式測繪系統可建置立體三維模型，三維模型可進一步與各種屬性資料或圖資搭配有更多元的應用，另如進一步利用建物成果圖建置建物三維模型，亦可逐步實現數位城市之願景，使城市資訊成為易得之國土利用資訊一部分。

¹李育華、江凱偉、饒見有，測繪車之系統率定及其效能分析，第1頁。

貳、研究目的

直至今日各種形式之移動測繪技術已非常成熟，其應用層面也相當廣泛，故本研究目的在於了解各種不同移動式測繪系統之種類、原理與後續之加值應用，尤其想探討移動測繪技術建模成果與建物成果圖之應用可能性。

參、研究方法

本篇以文獻蒐集法對移動測繪系統依載具之不同做分類，並研究移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)之立體模型建構與數位城市建構，最後提出未來努力方向，希望讓移動測繪系統有更多元之應用。

肆、文獻蒐集

一、移動測繪系統(Mobile Mapping System, MMS)

移動測繪系統依載具的不同，約可概略分為空載移動測繪系統與地面移動測繪系統，空載移動測繪系統又可分為無人飛行載具(Unmanned aerial vehicle, UAV)與空載光達(Airborne, LiDAR)，無人飛行載具特點為富有機動性，且可深入人跡不易到達之地方提供小範圍之資料，無人飛行載具對於天候不佳的災害監測或變異分析方面佔有重要角色，而相對於無人飛行載具，空載光達特性為能夠短時間內獲取

大範圍面積之正確三維資訊，並可提供災害分布及潛勢資訊，達成國土保育的基本目標，缺點為飛行成本較為昂貴；地面移動測繪系統可分為地面光達(Ground based LiDAR)與車載移動測繪系統，地面光達之原理與空載光達相同，與空載光達相比，地面光達可長時間觀測某區域之地貌變化，同時亦可觀測較小位移之變化，有助於防災部分之監測，亦可透過地面光達輔助空載光達，過濾點雲製作需要之 DEM，具有多元的應用方式；另車載移動測繪系統亦可分為街景車載與光達車載移動測繪系統，街景車載為使用相機的率定與影像匹配做影像之後處理；而光達車載如同空載光達一般，為發射雷射光，利用接收回波計算出三維坐標。

以下就不同載具之移動測繪系統作詳細之介紹。

二、空載移動測繪系統

(一)、無人飛行載具(Unmanned aerial vehicle, UAV) 或稱無人飛機系統(Unmanned Aircraft System, UAS)²

UAV 的發展最初是以軍事用途為主，其概念可追溯自第一次世界大戰，但受限於當時的科技，其運用效果相當有限。直到 1970 年代，軍用 UAV 才在美國國防部的主導

²徐百輝，無人飛行載具簡介及其於測繪領域之應用，第 1-3 頁。

之下開始進入發展階段；另一方面，美國航空暨太空總署（NASA）則針對非軍事用途之 UAV（non-DoD UAV）展開一系列的研究與發展。

無人飛行載具可簡單定義為沒有搭載飛行員，且可重複使用的航空器。早期 UAV 的操作方式大都由人員於地面手動遙控，但隨著微電腦及自動導航技術的進步，UAV 可搭載微型的飛行控制電腦、搭配全球定位系統（GPS）、慣性導航系統（IMU）等，進行半自動或全自動導航飛行。近年來使用於非軍事用途的無人飛行載具可分為定翼機（如圖 1）、單旋翼機（如圖 2）與多旋翼機（如圖 3）等。



▲圖 1 定翼機



▲圖 2 單旋翼機



▲圖 3 多旋翼機

若將 UAV 應用於地物或地形測繪，一般稱之為 UAV 攝影測量技術，由於現代 UAV 上皆具備 GPS 及 IMU 等導航儀器，可以取得影像拍攝時之載具位置及姿態等方位資訊，因此 UAV 已被當做是一個新穎的攝影測量工具。UAV 攝影測量的執行程序基本上與一般的航空攝影測量類似。首先根據目標區域進行航拍規劃，根據應用目的決定影像地面

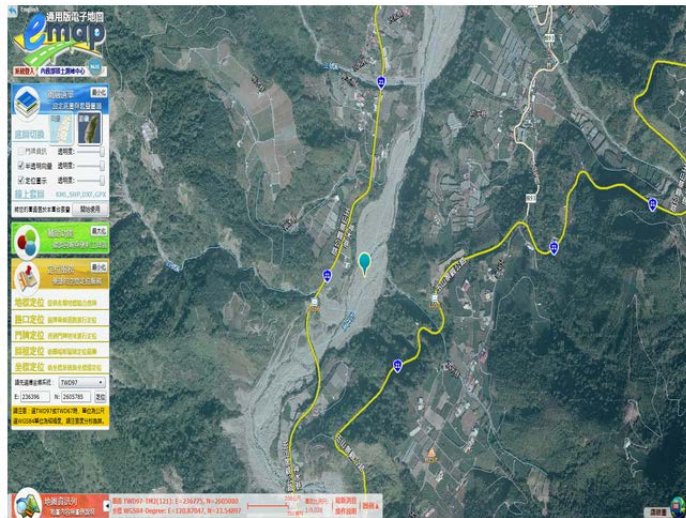
解析度及重疊率，選擇適當的相機鏡頭焦距，同時確定 UAV 的飛行高度、速度、航線等飛行參數，輸入飛行控制電腦後即可讓 UAV 自主飛行並進行空中拍攝。取得 UAV 航拍影像後，則依照航空攝影測量資料流程，先利用空中三角測量 (aerial triangulation) 計算出每張影像的方位參數，接著於影像的重疊區域，利用共軛像點的前方交會即可計算出地面點的三維坐標，進一步可獲取數值地形模型 (Digital Elevation Model, DEM)，接著進行高差移位糾正及影像鑲嵌之後，可獲得正射影像。亦可利用立體製圖儀，以人工方式進行詳細的地形圖繪製。

除了地形測繪的應用之外，UAV 因可在雲層下方進行低空航拍作業，且可到達人跡無法深入的區域，對於天候不佳的災害監測或變異分析亦具有相當的優勢。雖然當天氣候不佳，雲層深厚，但仍可即時取得災害現場的影像，提供救災人員進行災害資訊的研判及後續應變時的參考資訊。以下為內政部國土測繪中心於緊急災害應變時利用 UAV 航拍影像所作之應用³：

³內政部國土測繪中心無人飛行載具系統專區 https://www.nlsc.gov.tw/UAS/4-1_disaster.html。

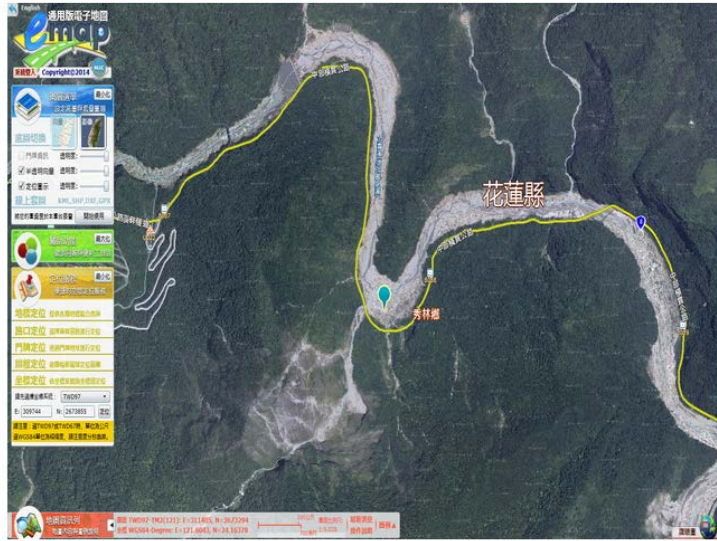
1. 南投縣和社溪堰塞湖

101年6月12日因連日豪雨造成部份山區傳出災情，國土測繪中心首度配合救災作業，於6月14日接受國家災害防救科技中心通報緊急災害應變需求之任務，並於6月15日完成南投縣和社溪堰塞湖航拍作業，立即製作快速拼接影像成果，提供中央災害應變中心參考。



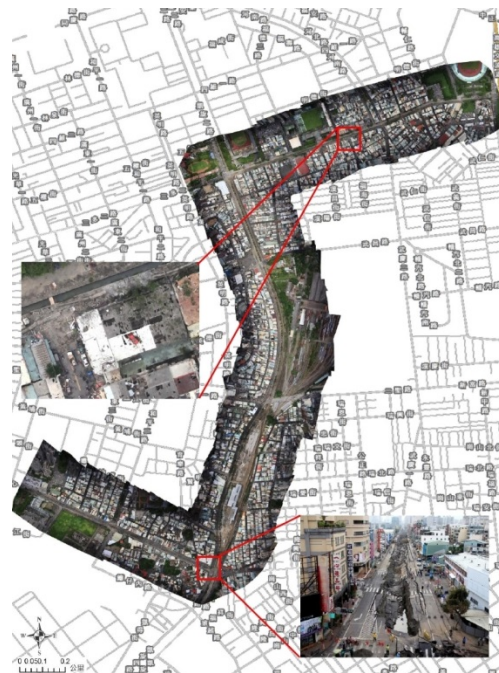
2. 花蓮台 8 線 181.4k 崩塌地

102年5月8日交通部公路總局請國土測繪中心協助拍攝台 8 線 181.4K 崩塌地以了解道路邊坡崩塌情形，國土測繪中心 UAS 團隊接獲通報後即刻整備前往災點辦理航拍作業，並於5月10日完成航拍任務，快速製作崩塌地全景影像提供交通部公路總局參考。



3. 高雄前鎮氣爆災點

另103年7月31日高雄市前鎮區發生氣爆災害，
國土測繪中心依據8月1日國家災害防救科技中心提出氣爆災點UAS 航拍需求，於8月1日下午完成上開災點拍攝工作，並製作快速拼接影像成果提供空間情報小組災情研判參考。



UAV 的機動性及影像處理技術的成熟，使其成為地形測繪或環境監測的新型工具，但其取像區域範圍較小，目前僅適合於較小區域範圍的應用，但其可彌補遙感探測或航空攝影測量的不足，若互相搭配使用，將可提供國土監測更即時及更有利於判釋的影像資料，進一步提昇國土規劃、經營與管理的整體效益。

(二)、空載光達(Airborne , LiDAR)⁴

空載光達技術是獲取廣域高密度與高精度數值地形的有效的工具。同時，數值地形是國家空間資訊基礎建設之核心圖資。因此，推動全國空載光達數值地形資訊平台是國家空間資訊基礎建設與國土保育很重要的工作。

空載光達技術的發展，源自 1970 及 1980 年代美國太空總署(NASA)的研發。隨著全球定位系統(Global Positioning System, GPS)及慣性導航系統(Inertial Navigation System, INS)商用發展的普及，促使高精度的即時定位方法得以實現。然而，空載雷射掃描儀系統的誕生得歸功於德國 Stuttgart 大學於 1988 至 1993 年期間

⁴劉進金、史天元，國土資訊系統通訊第 73 期，空載光達與國家空間資訊基礎建設，第 1-4 頁。

將雷射掃描技術與即時定位定姿動態系統加以結合。

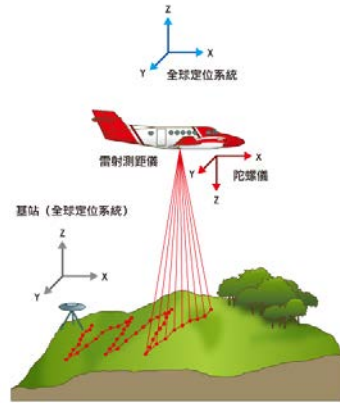
空載光達技術是一種主動式遙測技術。利用雷射測距結合直接定位技術，從空中掃瞄(如圖 4)，可在極短時間內獲得大量表面點為之三維坐標資料，並可透過資料分系產出高精度數值表面模型(Digital Surface Model, DSM)與數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)。這種高精確度與高效率使空載光達技術成為近來研究地形或地形變遷最重要的科技，其產出之數值地形圖可成為土木與水利工程規劃設計應用上重要的圖資。空載光達系統主要由三部份組成：

1. 定位定向系統 (Position and Orientation System, POS)
2. 雷射掃瞄儀 (Laser Scanner)
3. 控制器 (System Controller)。

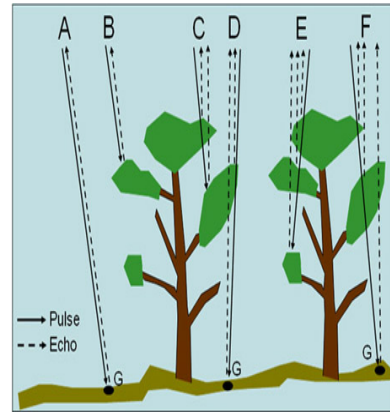
定位定向系統是一種「直接地理定位」(Direct geo-referencing)技術，結合全球定位系統(GPS)與精密慣性儀(IMU)，直接提供在飛航過程的精密航跡定位。雷射掃瞄儀記錄脈衝雷射之發射角度及接收之時間差與回波編號，並轉換為距離與反射強度。控制器除作為操作

者的人機介面外，並結合上述定位定向系統與雷射掃瞄儀之時間標記，從而推算每一個雷射反射點之精確三維坐標。

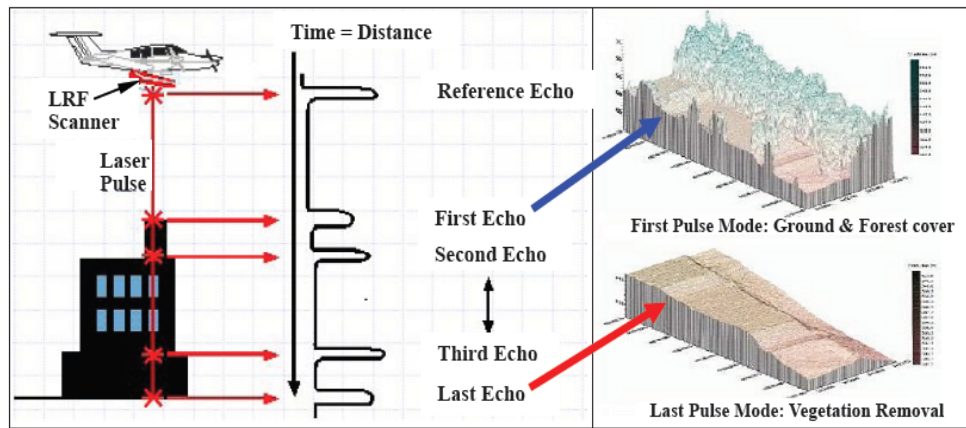
空載光達於事先規劃好的航線中，運用波長約 1 微米的遠紅外線，以每秒 20~40 萬次的頻率沿途發射訊號，再接收反射的回波，為「多重回訊」(multiple echoes 或稱 multiple returns)的特性，有助於辨別地上物件，只要根據訊號發射與反射回波的時間差，就可計算出地面到飛機的距離，進而描繪出地形模型(如圖 5、6)。如空載光達發射之一個雷射光束，首先碰到的第一個物體就隨即反射回去光達接收器，剩餘之雷射光束就會於抵達下一個物體後反射回去，直到所有光束反射完畢，缺點為如遇到一大片遮蔽物(如樹林)時，便無法得知遮蔽物底下之地貌三維資料，此時可能必須搭配地面光達或傳統外業測量獲得遮蔽物底下之地貌三維坐標資料。



▲圖 4 空載光達作業原理⁵



▲圖 5 「多重回訊」特性

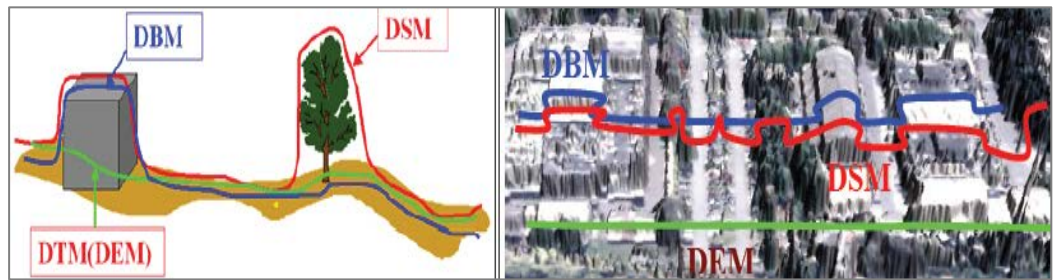


▲圖 6 空載光達「多重回訊」特性

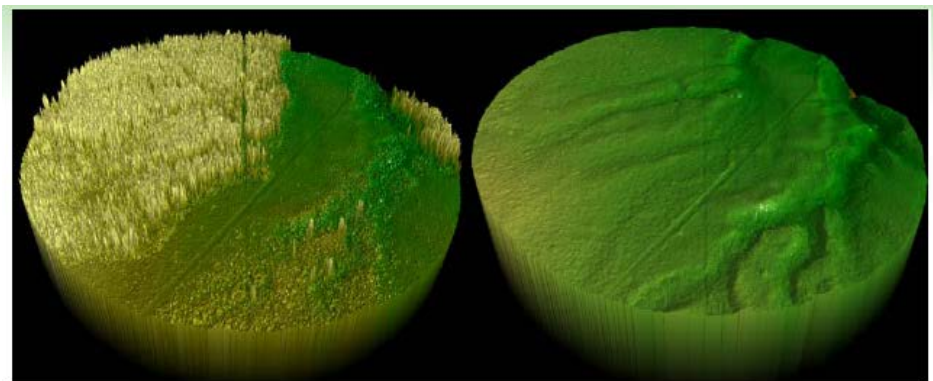
空載光達計畫作業流程包含四個階段，每個階段的成果為：(1) 原始點雲 - 分航帶 LAS 檔；(2) 分類點雲 - 分幅 LAS 檔，所有點 (all points) 與地面點 (ground points)；(3) 數值地形 - 分幅網格檔，數值表面模型 (DSM) 與數值高程模型 (DEM)；(4) 應用主題成果。原始點雲乃空中掃瞄資料經過室內前期處理所產出之成果，點雲之每一個獨立點已經具有三維大地坐標。光達數據處理目的在於進行點雲分類產出「所有點」與「地面點」，並依指定

⁵圖片來源:科學人雜誌 2012。

圖框製作 DEM 與 DSM 之分幅成果檔。原始點雲經過粗差 (outliers) 濾除後產生「所有點」成果，再進一步將非地面點濾除，留下「地面點」。這步驟被稱為點雲分類或點雲過濾。「所有點」經過內插所產生的成果稱為數值表面程模型，「地面點」經過內插所產生的成果稱為數值高程模型(如圖 7)。使用者可依需求自行過濾分析點雲產生不同的數值模型。圖 8 為點雲分類後之 DSM 與 DEM。



▲圖 7 點雲分類或點雲過濾產製不同數值模型



▲圖 8 掃描後之 DSM & 過濾後之 DEM

空載光達技術在作業上的特點為 (1) 利用「直接對位」(Direct Georeferencing)技術使數以千萬計的獨立點之每一個點都可快速獲得精確的三維大地坐標，(2) 可以產製一公尺網格的 DEM 與 DSM，以及 (3) 每天最高可

測繪 100 平方公里。因此，其附加價值可以極大化，可以與各種國家重要的空間資訊快速整合與應用，因而可成為重大天災之緊急應變時快速獲取大區域正確資訊的利器。

三、地面移動測繪系統⁶

(一)、地面光達(Ground based LiDAR)

光達之另一種型態為置於地面進行全方位掃描，又稱地面光達(如圖 9)，其原理與空載光達相同，一樣能於短時間內獲得大量表面點之三維坐標，並可立體展示三維掃描成果。經利用各種搜尋與演算方法進行後期處理後，可獲取更多樣化空間資訊。



▲圖 9 地面光達系統的操作實景⁷

⁶劉進金、史天元，國土資訊系統通訊第 73 期，空載光達與國家空間資訊基礎建設，第 1-4 頁。

⁷謝有忠，遙感探測 Remote Sensing，台灣地質知識服務網地質百科。

近年來，地面光達廣泛應用於工程測量、模具測量、地形測量、地質災害監測、建物變形監測、古蹟文物數位化保存(如圖 10)等工作。

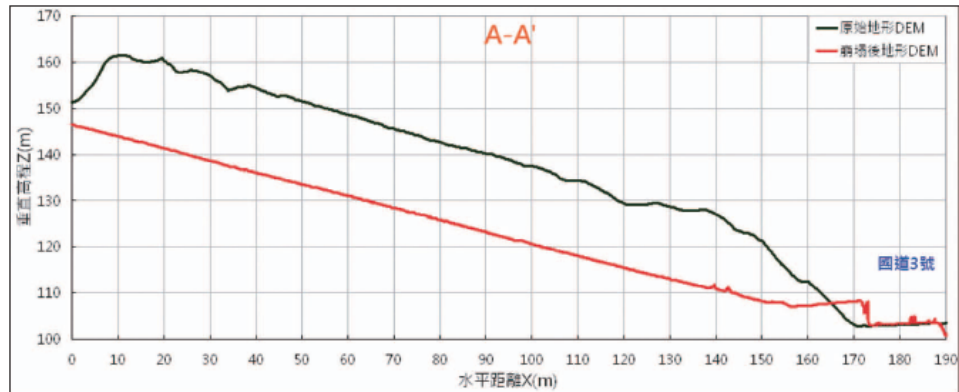


▲圖 10 特殊地形景觀掃描與重建⁸

地面光達亦可與空載光達作緊密配合，如地質災害監測方面，民國 99 年發生國道 3 號七堵 3.1K 處邊坡順向坡崩塌，經濟部中央地質調查所早於 95 年 4 月進行大臺北地區空載光達地形測製，範圍包括本次國道 3 號致災區域，利用處理後的點雲資料解算，可得到此地區災前地形的數值高程模型(DEM)，災後經濟部中央地質調查所再於災區架設地面光達儀器，針對崩塌處進行測量，製成數值高程模型(DEM)，由於地面光達點雲密度、解析力高，坡面的細微變化皆可清楚表現，與災前之 DEM 相比，即可得知崩塌面積與土方量之各種數據(如圖 11)。

⁸圖片來源:2010 建築數位化工作坊

利用空載光達與地面光達可快速、準確評估出各種數據資料，故此方法已被經常使用於各種調查中，應用可以十分多元化。



▲圖 11 災前災後的地形剖面⁹

(二)、車載移動測繪系統

車載移動式測繪系統屬近景攝影，又依照測量感測器的不同，又可分為 Lidar 車載移動測繪系統(如圖 12)與影像式車載移動測繪系統(如圖 13)。



▲圖 12 Lidar 車載移動測繪系統¹⁰



▲圖 13 影像式車載移動測繪系統¹¹

⁹梁均合、蘇泰維，2012，天衣無縫 地面光達與空載光達之整合運用，第 3 頁。

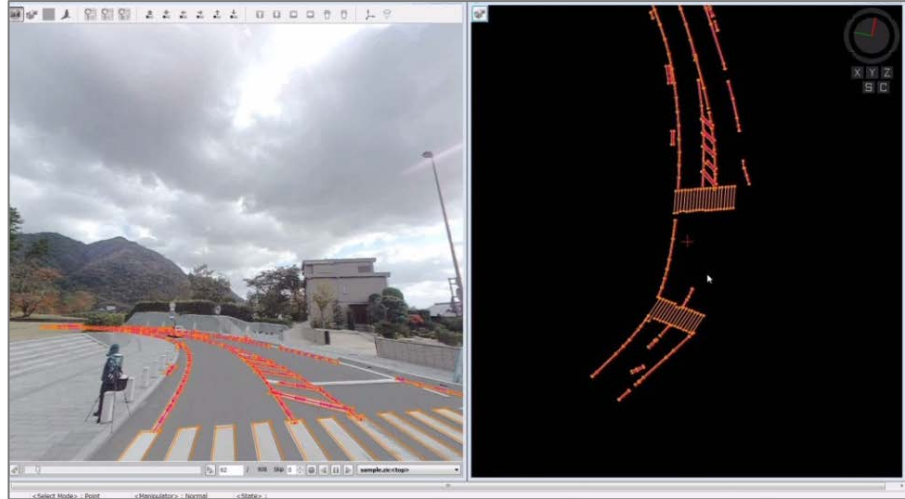
¹⁰圖片來源：<http://www.optech.ca/lynx.htm>

¹¹圖片來源：<http://www.riegl.com/>

1. 影像式車載移動測繪系統¹²

現行的車載行動測繪系統相當多，以日本 Topcon 公司所推出的整合式影像式感測系統 IP-S2 Lite 為例，IP-S2 Lite 裝載六個攝影鏡頭，以取得 720 度的動態影像，並整合全球定位系統(GPS) 和慣性導航系統(INS) 以獲得攝影機的位置以及姿態資料，組成直接定位系統(Direct Georeferencing System)。當街景車在移動拍攝的過程中，透過直接定位系統可得知相機的位置 (X, Y, Z) 與姿態參數 $(\theta_x, \theta_y, \theta_z)$ ，直接精準獲取影像於拍攝瞬間的定位定向資訊。而所獲得的影像具有高重疊度，同一個物空間特徵點會出現在許多不同的影像中，利用特徵點匹配萃取(如圖 14)及前方交會法，便可將像影像中的像空間及真實世界物空間進行轉換計算。透過演算法的計算，有效且精確地獲得影像中的地理資訊後，便可與地理資訊系統相互整合。

¹²廖法銘、楊素容，2010，從空中到地面：談街景影像於地理資訊展示與整合應用趨勢，國土資訊系統通訊，第 76 期，第 17-29 頁。



▲圖 14 街景車載移動測繪系統拍攝全景影像+地形特徵自動萃取¹³

2. Lidar 車載移動測繪系統

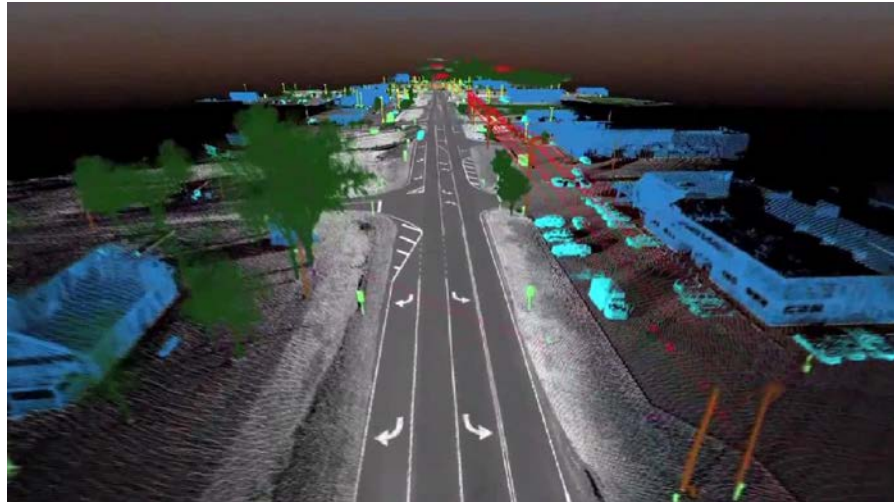
車載光達原理與空載光達相同，僅為載具之不同，車載光達雖無法如空載光達般提供大面積地形地貌資訊，但卻可以提供豐富的車行軌跡側面地形點雲資料。而車載光達移動測繪成果精度同樣取決於載具之定位精度，但其施測範圍為 200 公尺以內遠小於空載光達施測距離，因此測量側面地形點雲精度能達到 5 公分以內，且其點雲密度遠高於空載光達移動測繪成果¹⁴。

車載光達獲取點雲資料經分類去除雜點後，可表現載具行經道路附近三維坐標現況，透過軟體針對需求特徵物進行量測繪製，不僅可針對每個需求項目逐一確定坐標、距離與立體成果，全面為數值化成果，提供高效

¹³ 圖片來源:黃金聰, 2015、三維地形模型的建構—攝影測量觀點。

¹⁴ 鄭鼎耀、高玉惠, 2013, 車載光達移動測繪技術業務簡介, 地籍測量, 第 32 卷第 1 期, 第 18 頁。

率、多元化與高精度成果¹⁵(如圖 15)。



▲圖 15 LiDAR 車載移動測繪系統掃描之點雲¹⁶

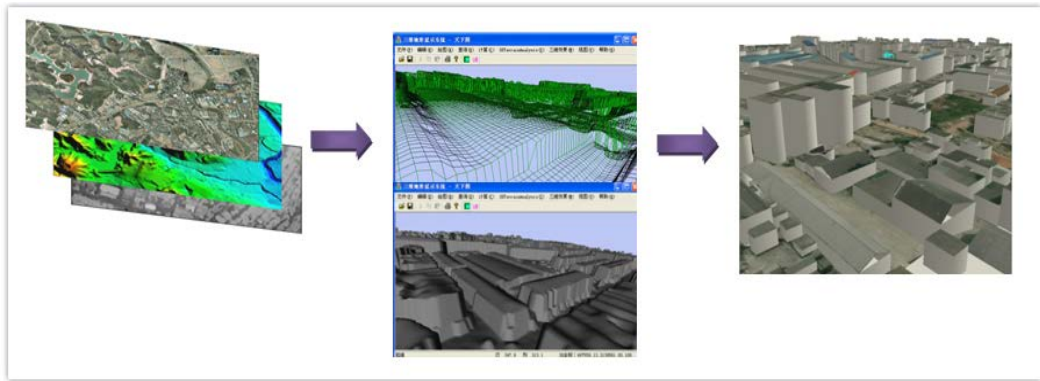
雖車載移動測繪系統無法如現地測量一般精確，但其直接定位之精確度亦可提供我們作為各種用途，如 google 街景車提供我們 google 地圖上的街景觀看，亦或是我們可以直接在具有三維坐標之街景圖上進行 3D 量測，另如更進一步使用商用軟體進行過濾，在施工、運輸、管線管理、災害管理、快速災損評估、資訊決策等都市規劃決策方面，或是地景、聚落、建築等文史資料保存及展示等各方面應用上，都提供了更大的可能性。

¹⁵鄭鼎耀、高玉惠，2013，車載光達移動測繪技術業務簡介，地籍測量，第 32 卷第 1 期，第 27 頁。

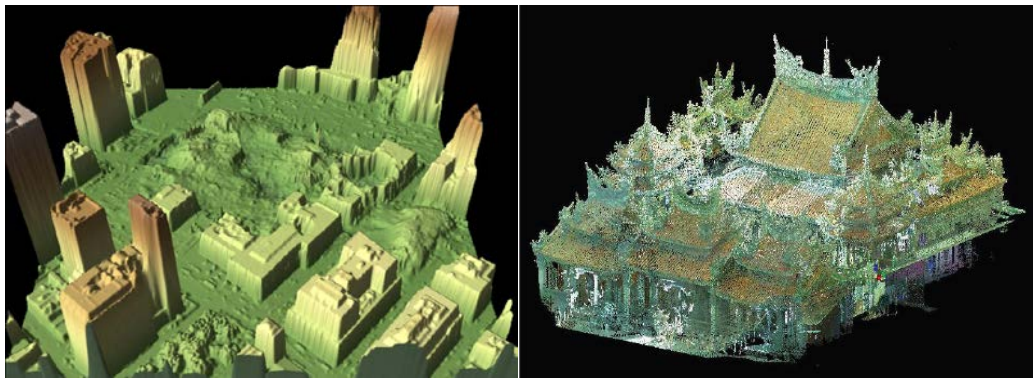
¹⁶黃金聰，2015，三維地形模型的建構—攝影測量觀點。

伍、三維立體模型建構

有了這些不管是點雲或是影像資料，進一步就是解析這些資料構建三維立體模型，不論是航空攝影測量(圖 16)或光達點雲(圖 17)皆可以建置三維立體模型，地形呈現方面，航空攝影測量、光達皆有重大貢獻，對於災害預防、監測、救災等等皆有顯著效用；惟建築物高度方面，以上方式皆無法精確呈現，皆為系統或人為推估建築物高度，我們如要獲得正確之建物高度，必須還是要透過正確之屬性資料得知。



▲圖 16 航空攝影測量建構立體模型¹⁷



▲圖 17 航空攝影測量建構立體模型¹⁸

¹⁷ 黃金聰，2015，三維地形模型的建構—攝影測量觀點。

¹⁸ 黃金聰，2015，三維地形模型的建構—攝影測量觀點。

其中之一解決方案為「數位城市」，數位城市包含地形、房屋、道路等物件，亦可區分為有形的物件塑模與無形的屬性資料¹⁹，建構完善數位城市則需要更為精密之樓層資訊，甚至更進一步可以與地政單位之地政資料、地籍圖、向量式建物測量成果資料，工務單位之建管資料、竣工圖，都市單位之地形建物圖、正射影像圖以及民政單位之門牌位置資料等，取得這些資料與之結合將使三維立體模型有更多加值應用。

而三維建物立體模型又可分為積木模式、通用模式、仿真模式、樓層平面架構²⁰：

一、積木模型 (block model) (如圖 18)：

純具幾何外形，不具有牆面及屋頂影像資訊，可利用地形圖、航測立測、空載影像及光達等資料單一、或混合運用，以自動化或半自動化方式完成之房屋外形模塑。

二、通用模型 (generic model) (如圖 19)：

對積木建物模型，選擇材質圖庫裡各類圖形紋理來貼敷於屋頂、牆面，以建立建物外觀。由於材質圖庫的圖形紋理資料量小，可有效達美觀效果。

三、仿真模型 (photo model) (如圖 20)：

¹⁹ 蔡富安、陳良健，三維數位城市之建置及應用，主題報導，第 18 頁。

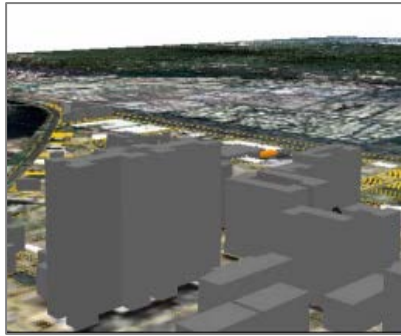
²⁰ 江澤欽，2008，地籍建物測量成果資料立體化發展之規劃與應用，國土資訊系統通訊，第六十六期，頁 37-39。

將建物之真實立面影像分別鑲嵌於各牆面、屋頂，使房屋模型具有真實及直觀的外形及紋理，有利於視覺化的展示及查詢，惟建置費工，成本高。

四、樓層平面架構 (architecture model) (如圖 21)：

將各棟建物依其各樓層平面圖與樓層高度，建立起各建物樓層的構造資訊，樓層的內外部均可再進行紋理貼敷處理，有利應用建物內部空間資訊之應用。又此為應用地政事務所之建物成果圖，搭配地籍圖轉至 3D GIS 中展現，由於建物成果圖之資料非常詳細，包含樓層平面屬性、樓層平面圖形、樓層平面圖基本資料、樓層平面圖棟別資料，故可建立詳細之樓層資訊，惟獲取樓層平面圖的途徑較難，且易涉隱私，成本亦較高。

未來如能將建物成果圖製作成三維建物並與各種政府資訊做連結，對於不動產市場、大樓建築物結構和住戶管理、空氣污染與流動狀態監測、地下管線規劃與管理等應都具有參考價值，另三維建物也可應用在土地管理與決策分析，落實地政便民的創新服務之外，亦可作為工務、都市開發、消防安全等多目標之應用。



▲圖 18 積木模型



▲圖 19 通用模型



▲圖 20 仿真模型



▲圖 21 樓層平面架構

陸、研究發現

隨著時代進步，早期傳統測量技術耗時費力，故漸漸發展出各種移動測繪技術，搭配 GPS、IMU 皆可以達到直接地理定位，提供快速、高精度之成果。

由蒐集文獻可知，無人飛行載具(UAV)可用於緊急災害應變，提供小範圍即時影像傳送，對於緊急事件相當有幫助，且可深入人跡不易到達之位置；光達則是能夠快速提供大範圍標的之三維坐標，是研究地形或地形變遷最重要的科技，地面光達亦可用於歷史建物、古蹟之保存，對於監測災害潛勢效果亦非常顯著；測繪車部分則提供了不同視角之測繪模式；相關移動測繪技術比較如表 1。

▼表 1 不同測繪技術比較表

	無人飛行載具 UAV	空載光達	地面光達	車載移動測繪系統	
				影像式	光達
形態	空中	空中	地面	地面	地面
技術	攝影	雷射	雷射	攝影	雷射
成果精度	依飛行高度有所不同，300公尺約±10公分。	約±5~15公分	約±2.5公分	相對精度約±10公分；絕對精度公尺級。	絕對精度約±5公分。
地面點坐標計算	空中三角測量、前方交會	直接地理定位	直接地理定位	前方交會	直接地理定位
單次測量面積	小 (局部)	大	小 (局部)	小 (車行軌跡)	小 (車行軌跡)
優點	深入人跡無法到達地方；不受地面交通、天氣限制。	高準確性；高密度性資料；不受地面交通、天氣限制；點雲可進行過濾。	高準確性；高密度性資料；可精密觀測細微變動量。	機動性；效率高；成本較低。	機動性；高準確性；高密度性資料；精密測繪。
缺點	取像範圍較小；空域申請不易。	遮蔽問題；飛機租借；航管規定問題；成本高。	遮蔽問題；需為道路可達處。	需為道路可達處；GPS訊號遮蔽。	測量距離較短(200公尺)；需為道路可達處；GPS訊號、地物遮蔽問題。
應用	正射影像製作；時序影像比對；環境監控；即時救災。	地形測製；土木與水利工程規劃；災害監測。	工程測量；模具測量；地形測量；地質災害監測；建物變形監測；古蹟文物數位化保存。	都市規畫與管理；快速災害評估；建物及聚落之保存；活動紀錄。	精準測量與土木工程。

※備註：成果精度依不同儀器而有所不同。

另三維建模方面，建構 3D 地形圖已非難事，各種移動測繪技術皆可建構數值地形模型，其中建物成果圖可配合建置建物 3D 模型，以其詳細之建物資訊做後續更多加值應用，如所有建物皆可製成 3D 建物並搭配各種政府資訊如工務、民政、地政資訊，所完成圖資可支援數位城市（Cyber City）以及防救災等相關系統應用，加速國土資訊系統之 3D 應用系統遠景。

柒、結論與建議

移動測繪技術可提供我們大量且精確的資料，對於政策決定、災害預防、國土規劃、國土規劃都有很大的幫助，尤其災害監測方面，如在一地質敏感地區持續利用光達測量，其變動如有異常便可立刻得知，便可以迅速地加以做災害應變，惟各種攝影測量方式皆有缺點，如空載光達或航拍 UAV 有可能因為遮蔽物而無法得知某些地貌，此時可以搭配地面光達或近景攝影輔助，各種不同方式互相應用，可解決各種問題。

另街景測量方面亦隨著車載移動式測繪系統技術的進步，越來越多單位投入街景影像的拍攝，讓街景影像越來越普及。街景影像有多種應用，也為各種行業帶來新的商機。舉凡觀光旅遊、房仲、圖資收集、商業廣告、消防救災、交通設施與路樹維修等，都能利用街景影像來達到更完美的資料呈現，讓觀看者獲得更多

資訊，亦也讓民眾的視野從空中轉至地面，貼近生活。

在三維建模方面，建置數位城市應為未來趨勢走向，且建物元件應傾向於樓層平面架構，惟較困難的應為取得平面圖資訊、結合建物成果圖製成之建物模型套用至 3D GIS 中，除因隱私問題、資料取得問題等等，又各地政事務所建物成果圖可能早期無圖的情況較多，需進行補繪的數量亦多，且許多無舊案可稽，內部問題持續改善中，另後續之加值應用亦須他單位之配合，如建立一個資訊交流平台，使各項資訊皆可流通使用，建置完善的地形、建物資料搭配正確屬性資料，數位城市便得以實現，達到城市資訊利用最大化。

捌、參考文獻

1. 劉進金、史天元，國土資訊系統通訊第 73 期，空載光達與國家空間資訊基礎建設。
2. 達雲科技有限公司，<http://www.lidar.com.tw/?m=111&d=5>。
3. 簡榮興、王天佑、曹鼎志、辜炳寰、簡志凱、財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心、農委會水土保持局，2010，應用無人飛行載具 UAV 技術進行土石災區之調查-以 88 水災後之六龜鄉大智瀑布為例。
4. 徐偉城，2007，LiDAR 與環境調查/監測/災害防救應用。
5. 郭朗哲，2004，地面光達於崩塌地地形製圖之應用。
6. 梁均合、蘇泰維，2012，天衣無縫 地面光達與空載光達之整合運用。
7. 何幸娟、林伯勳、許振崑、冀樹勇、施美琴、尹孝元、財團法人中興工程顧問社大地工程研究中心、行政院農業委員會水土保持局，2010，應用地面 LiDAR 施測技術分析莫拉克颱風後神木地區出水溪土砂運移產量。
8. 陳永寬、詹進發、葉堃生、鄭祈全、施瑩瑄，2005，應用地面雷射掃描儀測算樹高之研究。
9. 謝有忠，遙感探測 Remote Sensing，台灣地質知識服務網地質百

科。

10. 內政部國土測繪中心無人飛行載具系統專區，
https://www.nlsc.gov.tw/UAS/4-1_disaster.html。
11. 徐百輝，無人飛行載具簡介及其於測繪領域之應用，杜風電子報
第 67 期特別報導，
http://www.ntuce-newsletter.tw/vol.67/T4_1n.html(2014.7
.30)
12. 李育華、江凱偉、饒見有，測繪車之系統率定及其效能分析，航
測及遙測學刊，第十五卷，第 3 期，第 229-242 頁。
13. 廖泫銘、楊素容，2010，從空中到地面：談街景影像於地理資訊
展示與整合應用趨勢，國土資訊系統通訊，第 76 期，第 17-29
頁。
14. 蔡富安、陳良健，三維數位城市之建置及應用，主題報導，第 18-30
頁。
15. 劉濠雄，建築數位化工作流程指南，中央研究院地理資訊科學研
究專題中心第 68-76 頁，
<http://idv.sinica.edu.tw/kumahl/VMMS/VMMS.pdf>。
16. 鄭鼎耀、高玉惠，2013，車載光達移動測繪技術業務簡介，地籍
測量，第 32 卷第 1 期，第 18-29 頁。

17. 江渾欽,2008,地籍建物測量成果資料立體化發展之規劃與應用, 國土資訊系統通訊, 第六十六期, 第 37-53 頁。
18. 江渾欽,2008,臺北市建物測量位置圖數值化作業研究報告書。
19. 江渾欽,2009,樓層平面圖立體化與增值應用,台灣土地研究, 第十二卷, 第一期, 第 31-53 頁。
20. 內政部地政司,2011,多目標地籍圖立體圖資建置計畫,計畫編號:6.4.5.10。