

# 應用空載光達 (LiDAR) 技術於國土利用調查 資料庫建置之研究

The research in establishment GIS database of land use survey using  
LiDAR technology

黃紹東<sup>1</sup>

徐明鎰<sup>2</sup>

黃英婷<sup>3</sup>

蘇惠璋<sup>4</sup>

Shao-dung  
Huang

Ming-Yi  
Hsu

Yin-Ting Huang

Huei-Chang  
Su

## 摘要

本研究將透過近年發展迅速之空載光達技術，使用 LEICA ALS50 雷射掃描儀配合 Rollei AIC 數位相機，同步對彰化及雲林地區進行 3D 地形掃描，獲取高精度 DSM/DEM/DBM 及高解析力彩色正射數位航空影像於國土利用調查資料庫建置。研究結果發現採用先進的光達儀器，經由光達標準生產作業流程可產製出所有 3D 光達點雲高程影像圖、雷射反射強度影像圖及分類後建物高程影像圖、植被高程影像圖、道路高程影像圖、2D 彩色正射影像圖，不僅可明顯有效改善僅靠傳統航照正射影像進行數化所造成之地形誤判及精度不足等缺點，並可縮短外業調查人力及時間，提升國土利用調查的判釋準確度及作業品質。

關鍵字：空載光達、數位相機、光達點雲圖、正射影像圖。

## Abstract

This paper presents a method, which integrate image knowledge and LiDAR classified point cloud for GIS database generation of Taiwan land use survey in Chang-Hua and Yun-Lin county. The LiDAR system have two main parts, Leica ALS50 for laser profiling and Rollei AIC digital metric camera for RGB images capture at the same GPS event time. We found that the quality and accuracy of land use map have significant improvement not only in map itself but also in field time of surveying after engaged 3D laser cloud image map, Intensity map, classified building elevation map, vegetation elevation map, road elevation map and digital orthomap。

Keyword：LiDAR, land use, elevation map, Intensity map.

<sup>1</sup>亞新國土科技股份有限公司經理

<sup>2</sup>亞新國土科技股份有限公司總經理

<sup>3</sup>內政部國土測繪中心測量員

<sup>4</sup>內政部國土測繪中心副主任

本論文為內政部國土測繪中心「96 年度國土利用調查第二標」計畫案之部分成果

## 一、前言

行政院在民國75年9月接受國建會的建議，利用地理資訊系統（Geographical Information Systems, GIS）的技術，展開推動「國土資訊系統」的工作，土地基本資料庫為「國土資訊系統」九大資料庫之一。內政部為建立完整的土地基本資料庫，於民國84年結合中央及地方地政、戶政及稅捐等機關人力，辦理第一次全國性之土地利用調查作業，藉由地面調查方式建立、獲取當時已登記土地的使用狀況；而隨著全球經濟的蓬勃發展，國內已由農業轉變為工商服務業發展並進的型態，土地利用的變化加快，致前開資料已不敷使用。因此，內政部交由國土測繪中心於95年至97年期間委請廠商運用航遙測影像內涵豐富資訊，搭配GIS輔助資料及部分地面調查作業，快速、確實獲取國土利用調查成果，提供國土規劃、防救災、環境與污染監控、資源探勘、地質分析等各項國家政策推動所需基礎資料。因此必須以更快速、精確的技術，有效的對環境資源進行精密調查，而空載光達技術正是能夠符合這項需求的新興科技。

亞新國土科技有限公司於96年開始引進光達測繪技術，辦理「96年度國土利用調查案」，進行相關國土利用調查資料庫建置作業，有別於過去傳統影像直接判釋方法，研究結果發現對內業判釋及品質檢核有極大助益。

## 二、技術簡介

### 2.1 空中雷射地形掃描系統與高解析力數位相機設備介紹

亞新國土科技有限公司於2004年10月引進德國LEICA 公司最新的空載雷射掃描系統，系統整合了雙頻衛星定位器(Global Position System, GPS)、慣性導航儀(Initial Measurement Unit, IMU)、雷射掃描儀、量測型數位相機及機上電腦系統(computer rack)五部份，以即時獲取大量的地形高程點空間資料。系統除了有高脈衝率(83khz)、高掃描角度(75度)、飛行滾轉角度自動補償(Automatic adaptive roll compensation)及最大海平面飛行高度(AGL4000m)，亦融合了工研院精心設計的機載平台及率定程序以提昇設備整體耐用性、操作方便性及掃描精度（徐明鎰，2005）。

同時亞新國土科技有限公司為回應航測方面的需求，更於2004年8月引進高像素高解析力數位量測相機模組(Rollei Aerial Industrial Camera,

以下簡稱AIC，安裝於ALS50 光學掃描儀旁的雙照相孔以同時獲取三度空間地形資料及RGB航測影像資料。兩者結合之後數位影像可快速獲取RGB彩色正射影像及高精度數值地形，並可帶來許多後續如水資源應用分析、3D都市管理、山坡地管理及監測等地理資訊(GIS)廣大應用領域(徐明鑑，2005)，設備示意圖如圖1所示。



圖1、空載雷射掃描系統及數位量測相機模組設備示意圖

## 2.2 光達技術 (LiDAR, Light Detection And Ranging) 介紹

### 2.2.1 光達技術 (LiDAR, Light Detection And Ranging) 簡介

光達技術，台灣最早曾在2000年由成功大學引進測試(尤瑞哲，2001)，而後再由交通大學及工研院合作於2002年完成商業系統的引進測試(史天元等，2002)。到了2004年則已經有民間業者引進二套空載光達掃描設備，本研究使用之空載雷射掃描設備為其中之一。

空載雷射掃描系統搭載數位空照相機，其實最主要的目的是利用Applanix POS AV 510記錄每一個照相點啟動快門所送出的TTL(Transistor-Transistor Logic)脈衝信號事件(Event mark)之瞬間GPS及IMU資料作為數位影像投影中心點外方位參數( $x, y, z, \omega, \phi, \kappa$ )資料來源，優點是可節省大量地面控制、佈標及航測空三平差推算之工作量，並且可利用數位影像配合LiDAR DSM製作正射影像圖。實際應用上，如要達到大比例尺製圖精度要求，這中間則需經過精密率定程序(Boresight calibration)找出像機像平面XYZ參考坐標系與IMU之boresight angles( $\omega, \phi, \kappa$ 差異量)及GPS Phase center之間正確相對關係(如圖3)方可成就(徐明鑑，2005)。

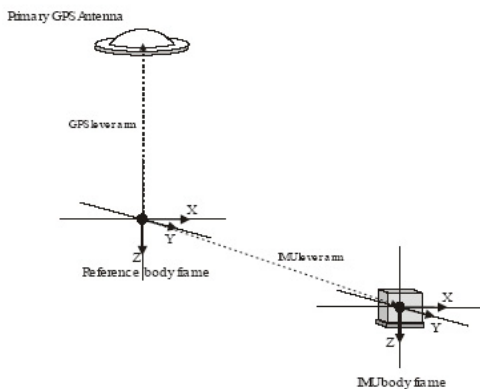
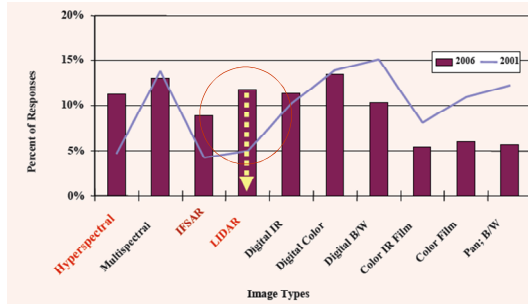
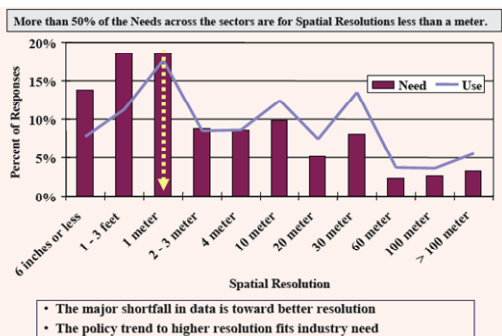


圖2、GPS/IMU/Camera frame 相對關係位置圖

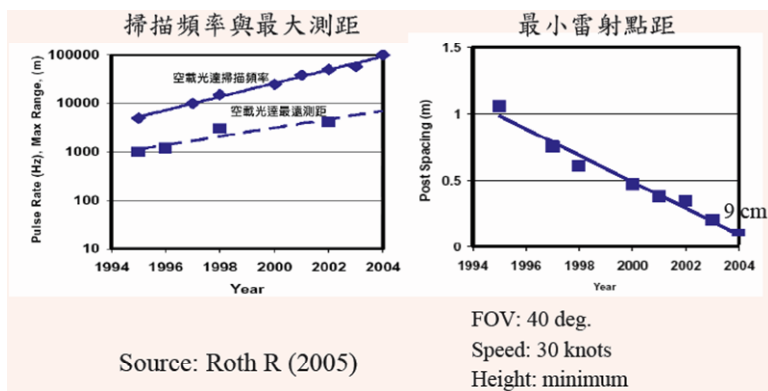
透過相關文獻，也可以發現在現今科技發達的社會，快速、精確的 LiDAR 技術對於傳統測量領域已造成了最大的衝擊，如圖3所示 Mondello 於2003年發現1公尺以內影像解像力為目前需求量及使用量最大的航空影像資料，同時如圖4所示 Mondello 也發現與2001年相比，LiDAR在遙測資料形態需求上相對於其他資料形態預計將有驚人的急速成長趨勢。Roth R 也於2005年研究過去10年光達主要技術發展情況，發現掃描頻率、最遠測距及最小雷射點距等均有著長足成長。



資料來源：Mondello,2003

圖3、影像解像力需求分析圖

圖4、遙測資料形態需求比較圖



Source: Roth R (2005)

FOV: 40 deg.  
Speed: 30 knots  
Height: minimum

資料來源：Roth R,2003

圖5、過去10年光達之主要技術發展趨勢圖

### 2.2.2 LiDAR系統率定及影像精度分析

本系統於測區掃描前皆於已選定之台中港區率定場共飛行500m及1000m各四條對向來回航線進行掃描儀器率定校正(Boresight Calibration) (如圖6所示)。率定後之雷射高程(x,y,z)與地面已知TWVD2001高程控制點(約520點)比較後,高程精度獲取值為 $\sigma_z \leq 5\text{cm}$ 。



圖6、數位影像解析度分析

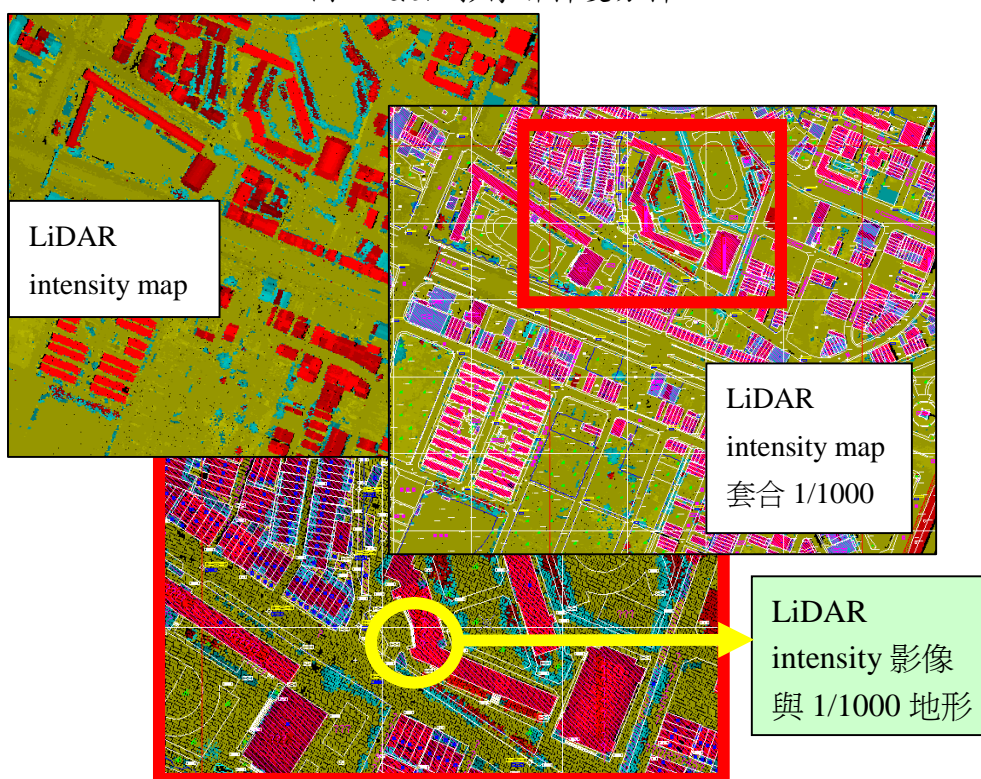


圖7、LiDAR影像精度分析

透過上述技術,可將分類後建物群供土地利用判釋及數化使用,

Intensity map更可供道路判釋使用。LiDAR高程影像圖則可以修正本計畫案內業判釋中高程誤差情形及提高品質檢核之精度。

### 三、作業構想

#### 3.1 研究範圍

本研究範圍為96年度國土利用調查作業案第二作業區，作業範圍及分期辦理區域如圖8所示，圖幅數量以基本圖比例尺1/5000圖幅為單位。本研究將以彰化縣溪湖鎮為例說明如何應用LiDAR技術於國土利用調查。

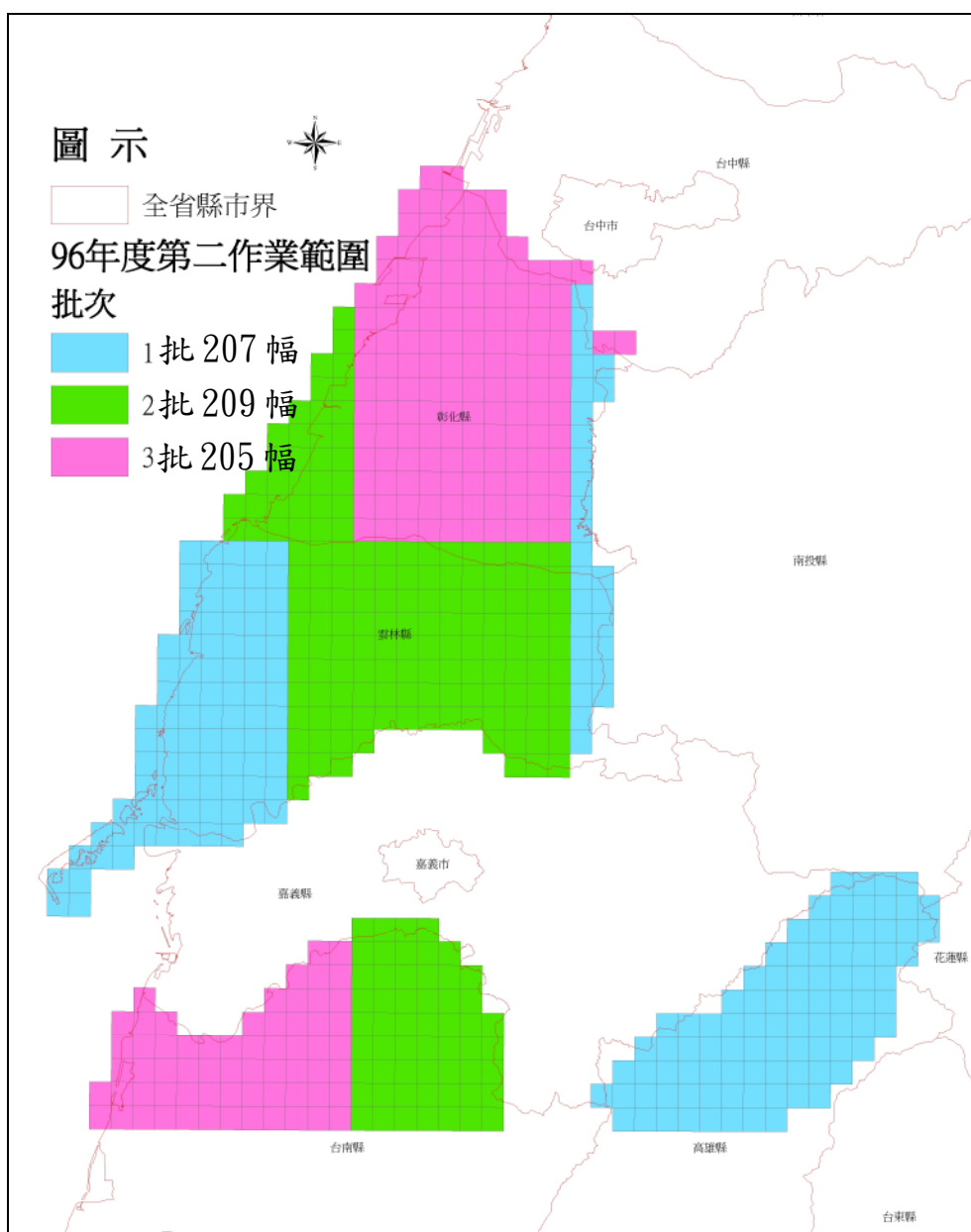


圖8、國土利用調查作業範圍示意圖

### 3.2 作業流程說明

國土利用調查計畫運用航遙測影像內涵之豐富資訊，搭配相關輔助資料及全面確實地面調查作業，並以 GIS 工具建立全國性國土利用資料庫。由於本計畫為第二年度計畫，根據過去辦理經驗並考慮計畫範圍內彰化及雲林地區土地使用繁雜，建物密集區也較第一年度計畫多，為解決國土利用調查取得最新航空影像資料及高精度作業要求，引入高精度空載雷射掃瞄 (LiDAR) 相關技術，以 LEICA ALS50 加上 Rollei AIC 數位相機同步獲取高精度 DSM/DEM 及彩色數位影像，不僅可獲取高解析力正射影像，亦可同步提升作業精度，以更準確獲取國土利用資訊，提供最完整國土利用調查成果。國土利用調查作業流程圖如圖 9 所示。

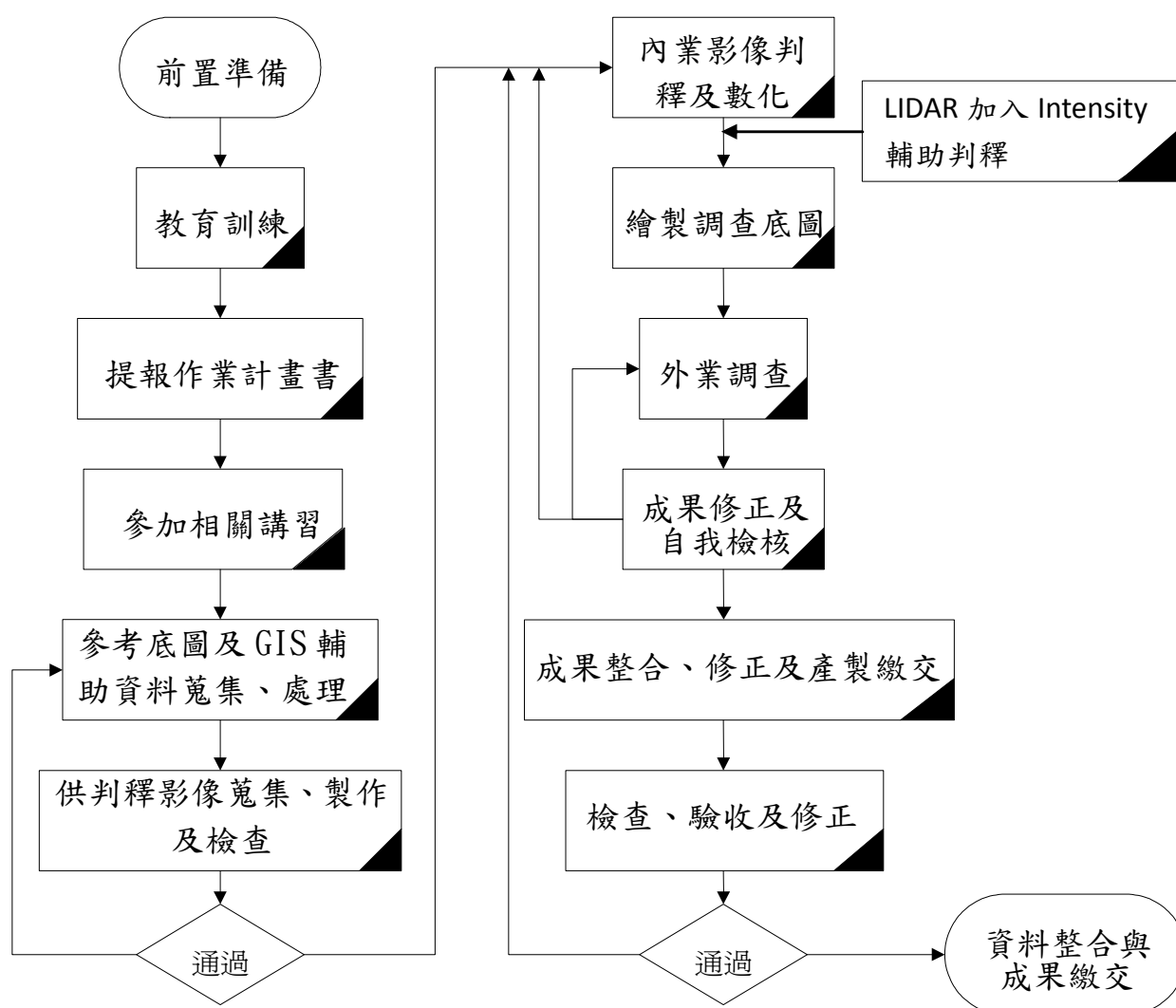


圖 9、國土利用調查作業流程圖

## 四、傳統內業判釋及利用光達技術內業判釋比較

### 4.1 內業判釋精度提升

空載光達以高精度、高解析度、高度自動化且高效率的優勢，已成為世界各國進行大面積三維地表資料測製的主流與趨勢，其多重反射回波之特性，可同時獲取地面及其覆蓋物之精確三維坐標，為提高國土利用調查之高程精度，本研究使用高精度空載雷射掃瞄（LiDAR）技術取得建物密集地區最新數位航照影像、高程資料及反射回波強度資料，並利用其產製之高精度高解析度數值地型模型，作為內業判釋輔助資訊並同時加強建物及道路分類作業。如圖 10 所示，在未套入 LiDAR 高程影像圖之前，航空影像明顯有高差位移情況出現，但套入 LiDAR 高程影像圖（圖 11）之後，建物精確的位置得以最精確數化，有效避免本年度計畫案中高建築物高差位移情況；LiDAR 同時也提供了 Intensity（反射回波強度）資料，所產生之 Intensity 影像圖則有效減少了道路被建物遮蔽的情形（圖 11）。

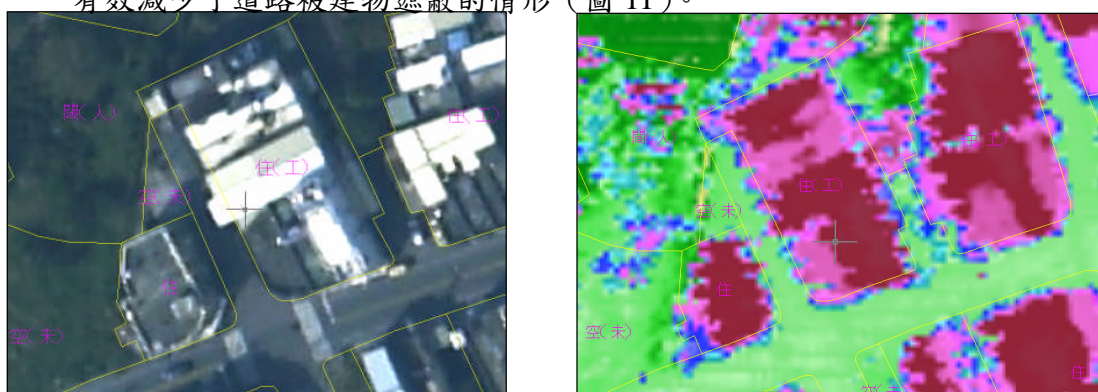


圖 10、正直套疊航空影像示意圖 圖 11、套疊 LiDAR 高程影像圖數化情形示意圖



圖 12、套疊 LiDAR Intensity 影像圖數化情形示意圖



同時透過 LiDAR 技術所取得之高程資料，也提供了內業判釋重要的訊息，本研究透過設定不同高程數據，製作成高程影像圖（如圖 13 所示），透過高程分類後，將對本計畫中土地使用作出初步分類（如圖 14、圖 15 所示）。



圖 13、LiDAR 高程影像分類成果示意圖



圖 14、LiDAR 輔助土地分類示意圖（左為建築使用、右為農業使用）

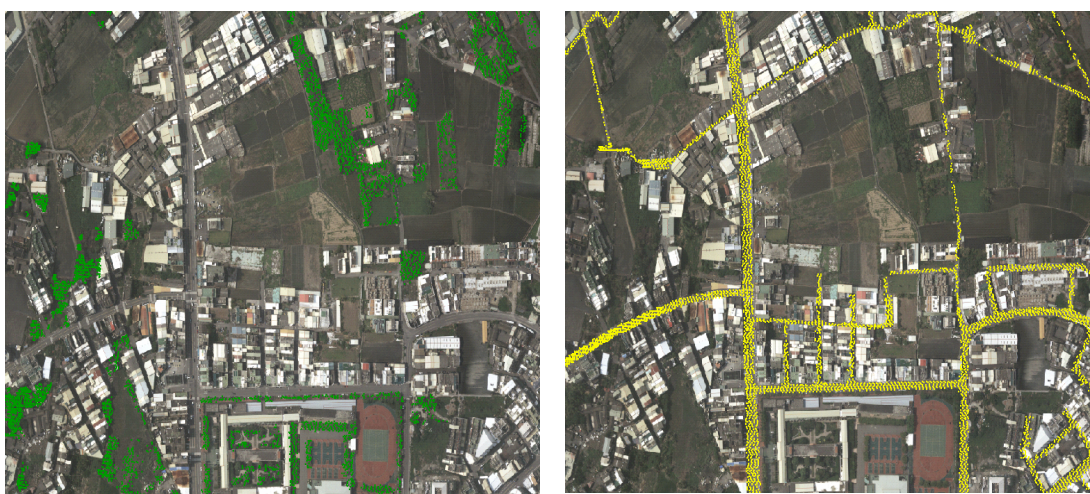


圖 15、LiDAR 輔助土地分類示意圖（左為森林使用土地、右為交通使用土地）

## 4.2 品質檢核準確度提升

為配合國土利用調查中建築使用土地分類之內業判釋作業及外業調查作業，特別是外業調查作業，其準確性只能透過外業抽樣作出檢驗，既無法全面驗核同時也耗費時間、人力、物力。有鑑於此，本研究於 96 年度計畫開始利用 LiDAR 技術，透過分析建物使用土地分類的特性，針對外業調查最容易出現誤判的情況，檢核一般商業使用中(零售批發、服務業)及(兼工業使用住宅、兼商業使用住宅、兼其他使用住宅)的分類屬性，以檢核內業及外業成果之真實性。

由於相關兼用性住宅使用土地，其分類原則皆為供住宅使用樓層比例超過 50%，換言之其出現的可能性必定為 3 層(含)以上之建築，本團隊透過 LiDAR 技術，取得密集區相關地形資料之 x,y,z 三維坐標，利用相關技術截取出 9m 以上光達點雲資料，並製作成 LiDAR 高程影像圖(如圖 16 所示)，經過套疊後，可快速控管外業調查之準確性。如圖 17 中左圖藍色圈內其土地使用分類為兼商業使用住宅(050203)，卻未落入 9m 以上區域；右圖綠色圈內為服務業(050102)，卻落入 9m 以上區域，經過這一全面性檢核後，可有效找到問題區域並配合進行外業重調或自我檢驗作業，全面提升成果品質控管效率及準確率，同時也減少無目的重調的時間及人力成本。

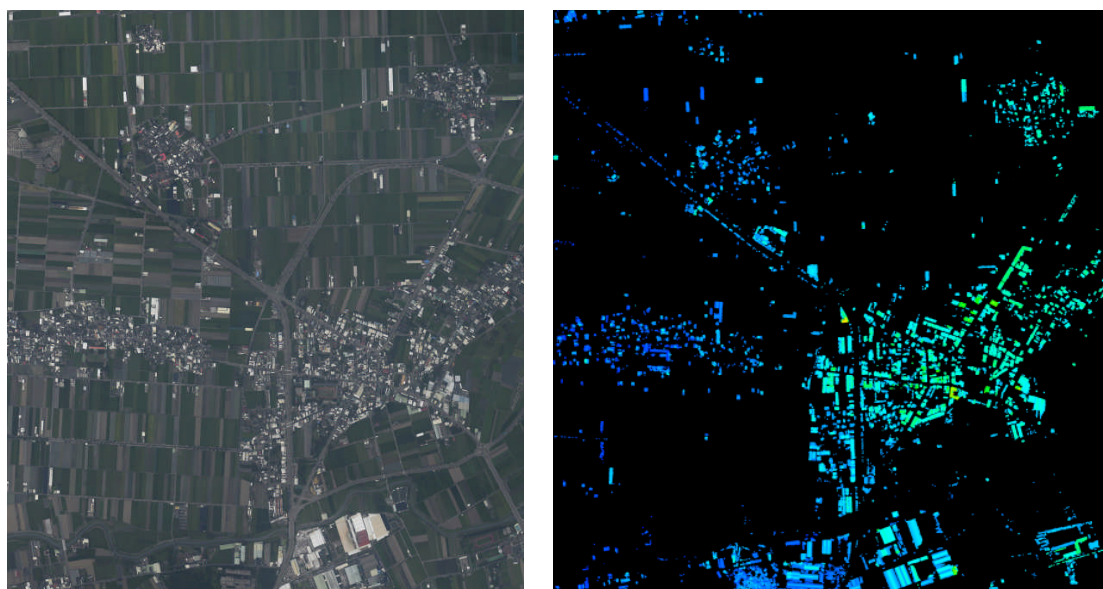


圖 16、航空影像圖及 LiDAR 高程影像圖比較圖

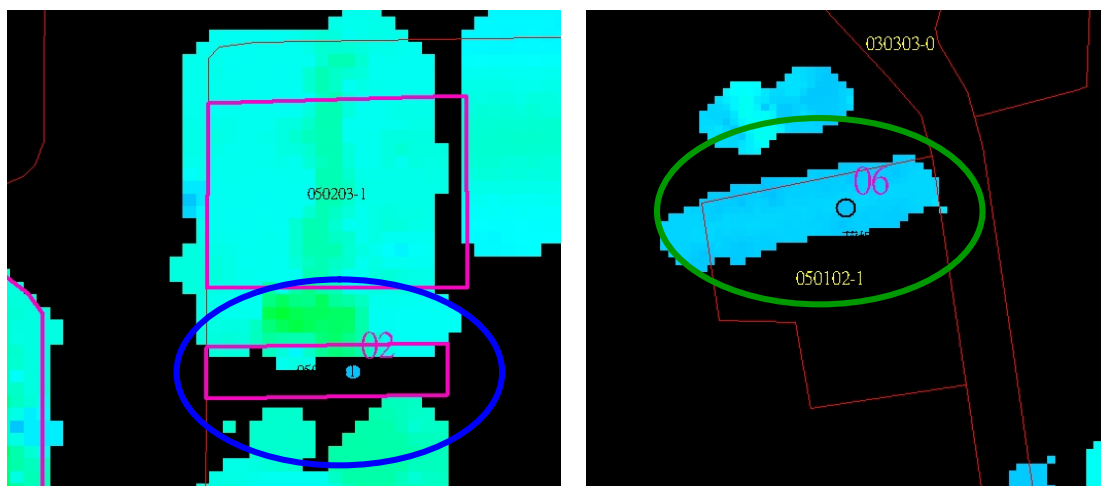


圖 17 密集區 LiDAR 高程影像檢核方式示意圖

## 五、結論

本研究透過LiDAR技術同步獲取高精度DSM/DEM及彩色數位影像，並以96年國土利用調查第二作業區作業範圍內彰化溪湖為範例進行分析後發現特別是在建物密集區，獲取與現況愈接近的影像同時配合高精度高解析度3D數值光達DSM/DEM資料，製作之反射回波強度圖及高程影像圖能有效提高影像數化時內業判釋作業品質及效率；同時LiDAR高程影像圖更有助於品質檢核執行，全面提升成果品質控管效率及準確率。

研究成果顯示日漸成為主流的LiDAR測量技術對於現況調查及土地利用數化均有絕大助益。

## 參考文獻

- 徐明鎰、江俊泓、陳文欽，2005，LEICA ALS50 空中雷射地形掃描系統與高解析力數位相機整合率定精度探討，第24屆測量學術及應用研討會。
- 尤瑞哲，2001，台灣地區自動化雷射掃瞄測量之初步試驗，2001年兩岸自動化數字工程測量研討會論文集。
- 史天元、彭淼祥，2002，九二一地震災區空載雷射掃描作業成果初步報告，第二十一屆測量學術研討會，論文編號A135。
- Mondello, C., 2006. 10-Year Remote Sensing Industry Forecast, Phase IV – Study Documentation, The Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Society, September.