

~~~~~  
**新科技報導**  
~~~~~

結合先進空載技術於測繪應用

Application of Advanced Airborne Technologies Integration to
Surveying and Mapping

杜宇軒¹

賴澄漂²

賴泳成³

邱俊榮⁴

Yu-Hsuan Tu

Cheng-Piao Lai

Yong-Cheng Lai

Jun-Rong Qiu

摘要

近年來由於科技發展，測量製圖成果較已往相比更為精確。尤其在航空測量領域，因其能在短時間內完成大範圍面積測繪的特性而漸受重視。本文將介紹本公司目前航空測量所使用結合空載光達及大像幅相機的整合系統，以及後製成果的相關應用。

ABSTRACT

Due to the development of technology in these years, surveying and mapping products are more precise and accurate than before, especially aerial survey, which have become more and more important because of its ability to acquire large amount of data within short term. This article introduces our integration system, which combined with airborne LiDAR and large format camera, and the application of its products.

一、前言

以往的航空測量主要以攝影測量為主，受限於解析度及地表覆蓋物的關係製作出的地形資料較不準確(尤其在植被下的地形)。近來由於高解析度相機的產生及雷射測距掃描儀(LiDAR)的應用，航空測量已突破原先限制並邁入新的里程碑。自強工程顧問有限公司(以下簡稱本公司)近來致力於發展航空測量。目前所使用之相關儀器，皆屬國內高規格機種。以下將詳加介紹三項主要裝備，並介紹相關成果的後續應用。

¹ 自強工程顧問有限公司 工程師 / Engineer, Strong Engineering Consulting Co Ltd

² 自強工程顧問有限公司 董事長 / President, Strong Engineering Consulting Co Ltd

³ 自強工程顧問有限公司 總經理 / General Manager, Strong Engineering Consulting Co Ltd

⁴ 自強工程顧問有限公司 副總經理 / Deputy General Manager, Strong Engineering Consulting Co Ltd

二、設備介紹

本公司於航空測量上使用以下三項主要設備：空載雷射測距儀 (Light Detection and Ranging, LiDAR) Riegl LMS-Q680i、大像幅航照相機 Microsoft Vexcel UltraCam-XP 及定翼機 P68C-TC。

1.P68C-TC

本公司於 101 年引進由義大利 Vulcanair 製造之全新 P68C-TC 定翼機(圖 1)，性能極佳，無機體老舊與金屬疲乏之疑慮，在飛航上最為安全，同時飛機為本公司獨資自有，飛航使用上具有完全的自主性。為強化 P68C 飛機的使用彈性，在飛機於義大利出廠後，飛至奧地利 ABT(Airborne Technologies) 飛機改裝公司，針對航拍航測任務所需量身改裝，在機腹下開挖 3 個孔位，並設計專屬使用之固定支架(圖 2)。本飛機是全世界第一台該機型可同時安裝大像幅相機及空載光達的航拍飛機，可同時取得高解析影像與高密度點雲成果，用以產製高解析度正射影像及高精度數值地形模型，提高正射影像以及地形圖精度。



圖 1：P68C-TC 定翼機實機照

P68C-TC 是 P68C 系列換裝單具出力 210 匹馬力的萊康明氣冷式活塞渦輪增壓引擎的改良機種，和過去台灣舊有的航拍機相比，P68C-TC 的爬升率較佳，可以更快到達執勤高度，特別適合台灣空域有限的環境；此外，雙引擎的配置提升飛行安全性，此項特點在高山環繞與氣候多變的台灣顯得格外重要。



圖 2：P68C-TC 改裝示意圖

如圖所示，機身下方共有三孔(右上)，可在機尾安裝 Riegl LMS-Q680i 及中像幅相機(左上)並在機腹安裝 UltraCam-XP 大像幅相機(左下)。右下為機內兩套系統的整合操作平台。

2. Riegl LMS-Q680i

空載雷射測距系統為整合雷射測距、光學掃瞄、全球定位系統及慣性導航系統等技術，快速獲得掃瞄點的瞬時三維坐標。其原理為利用近紅外光之脈衝雷射進行掃瞄，接收目標物多重反射訊號進行測距，飛行載體則以 DGPS 精密動態定位，並利用 IMU (Inertial Measurement Unit) 獲取姿態參數後，整合雷射掃瞄測距成果計算測點的三維坐標 (Ackermann, 1999; Briese and Pfeifer, 2001; Wehr and Lohr, 1999)。雷射掃瞄系統主要包含：「雷射掃瞄組件」以及「定位與定向組件 (Position and Orientation System, POS)」二大部分。其中雷射掃瞄組件之性能如測距範圍、掃瞄寬度 (掃瞄角)、點位密度 (掃瞄頻率) 等，直接影響施測之能力；定位與定向組件之性能，則是影響測點精度之關鍵。本儀器為奧地利廠商 Riegl 所研發之空載雷射測距儀，具有體積輕巧、多脈衝、平行且均勻掃瞄線、無限回波及大掃瞄角的特色。Riegl LMS-Q680i (如圖 3 所示) 具有多時段雷射回波接收技術 (Multiple-Time-Around, MTA) 以及數位全波型分析 (digital full waveform analysis) (圖 4)，這兩項技術結合讓掃瞄成果可以真正獲得地表高程的資料。

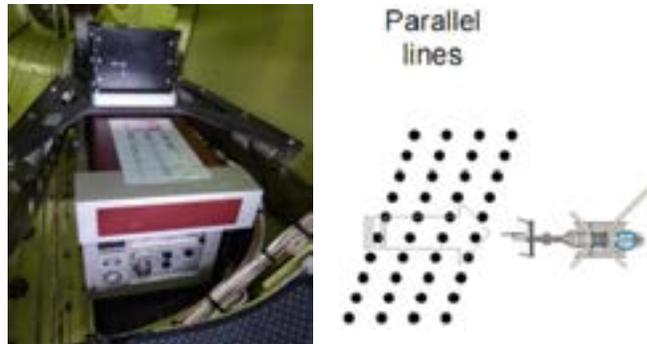


圖 3：Riegl LMS-Q680i 設備照片

左圖為 Riegl LMS-Q680i 安裝於航拍飛機上的照片。右圖為 Riegl 平行掃瞄線示意圖

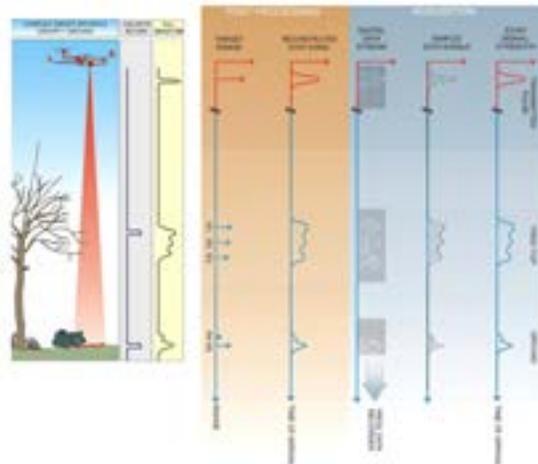


圖 4：全波形示意圖

傳統波形記錄方式是採用波峰 (peak)，但全波形 (Full Waveform) 技術可保留雷射偵測到物體時該物體對光線的波形特徵。

與傳統的航空測量相比，LiDAR 最大的好處即為其雷射脈衝所具備的穿透特性。在植被生長處，LiDAR 能有效獲取傳統航空攝影測量無法量測到的真實地表（圖 5），從而提升整體地形模型的精準度。且由於雷射光為主動式感測技術，可在光源不佳的情況下獲取資訊。

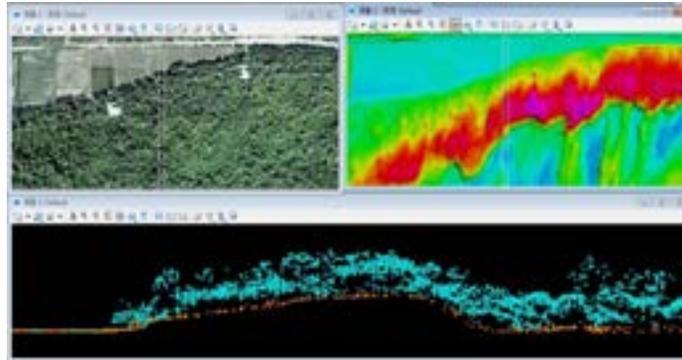


圖 5：LiDAR 穿透力示意圖

如圖所示，在影像中植生茂密處，LiDAR 仍能穿透植被並獲取下方地表點，進一步呈現真實地形。

3. Microsoft Vexcel UltraCam-XP

為 Microsoft 旗下專責空間資訊的子公司 Vexcel 所研發第二代大像幅航照相機，為目前國內像幅最大的航測相機（圖 6）。其系統採用多鏡頭原地點延時曝光技術達成真正的中心投影，解決了大像幅相機影像扭曲的問題（圖 7）。色彩捕捉能力方面，UltraCam-XP 具有 RGB 及 NIR 四個波段光譜的接收能力，色彩深度可達 14 bits，能呈現出更飽和的影像細節（圖 8）。詳細規格請見表 1。



圖 6：UltraCam-XP 系統架構圖

A 為相機系統：左方為運算及儲存單元，右方為相機主體，中間為操作面板。B 為慣性承載平台，可用於校正相機偏差角使影像方位較為一致。

表 1 UltraCam-XP 主要規格表

像機型式	陣列式數位攝影機	備註
影像大小(像素)	17,310 × 11,310	像幅大，有效航拍面積廣
像素大小(微米)	6	為國內民間公司最高解析度之航測數位相機
焦距(mm)	100	屬常角鏡頭，建物傾斜及高差位移情形最少
視角(°)	55	有效航拍視角廣
彩色影像大小(像素)	5,770 × 3,770	像幅大，有效影像面積廣
航高 1,000 公尺 GSD(cm)	6	可製作極高解析度正射影像
連拍時間間隔(秒)	2	連拍間隔短，可用於低航高及高解析的航拍作業
彩色影像成像方式	3CCD	飽和彩色影像
儲存空間(張)	6,600	極充足的容量儲存影像
像移補償	TDI	避免影像模糊情形發生

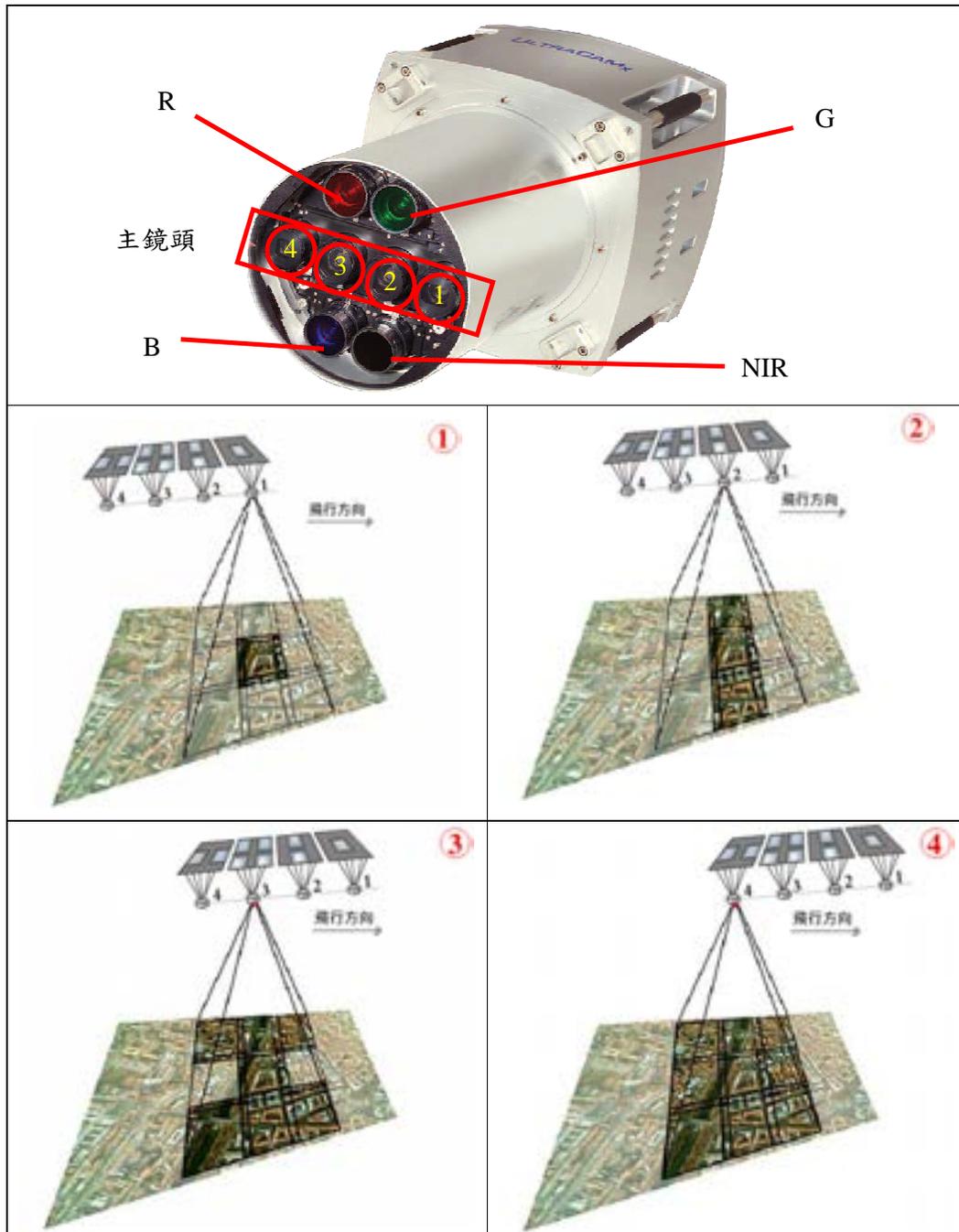


圖 7： UltraCam-XP 曝光流程圖

UltraCam-XP 由四顆全色態主鏡頭及四顆多光譜鏡頭負責影像截取。(1)第一主鏡頭先拍攝中央影像。(2)第二主鏡頭拍攝左右影像，同時綠光及近光外波段也在此時由 G 及 NIR 兩顆鏡頭拍攝。(3)接著第三主鏡頭拍攝出四個角點影像，同時由 R 及 B 鏡頭拍攝紅光及藍光。(4)最後再由第四主鏡頭拍攝出上下影像，進而完成整張影像融合。由於不同鏡頭有各自的相位中心，可確保影像不會在邊緣處扭曲。



圖 8：高解析度航拍影像示意圖

圖為 UltraCam-XP 在新板特區之拍攝成果。由左到右分別為全色態、全彩及假色影像。由於色彩深度達 14 bits，影像成果色彩相當豐富，並可提供做光譜分析之用。

三、成果應用

傳統的航拍影像立體製圖無法準確製作出植被覆蓋下的地形模型，而光達正因為具備了能穿透植被的特性，可在地形模型上有較好的呈現效果。但地形模型僅能表達位置資訊，尚需要額外的光譜資訊方能使測量成果發揮出最大效益(圖 9)。尤其在地形圖及土地使用的分類，由大像幅相機產製的航照影像具有相當高的解析度及色彩飽和度，較能以立體製圖判斷邊緣線做出的高精度地形圖等圖資(圖 10)。且高精度的地形模型能用以增加正射影像的準確度，使這兩種資料能相輔相成。

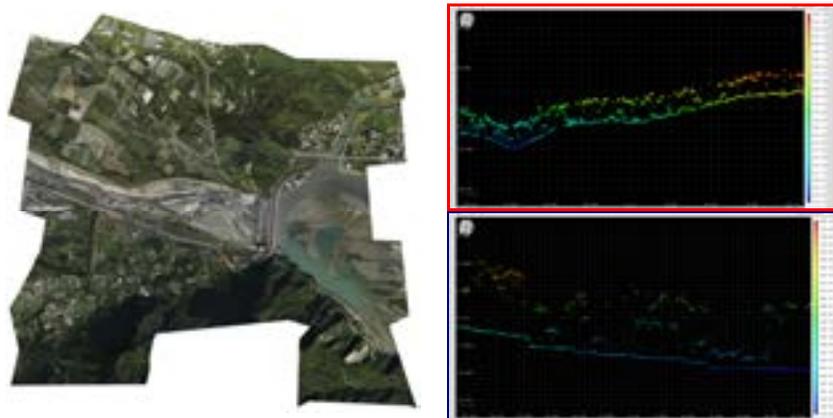


圖 9：數值地形模型(DEM)結合可見光影像圖

右圖為光達穿透植被測得實際地表的情形。利用真實地表結合光譜資訊(影像)後得到左方的成果。

測量出的地形模型及航拍影像作結合後，可用做相當多應用。所有空間資訊分析如路網分析、山崩潛勢分析或環境變遷分析等皆需使用地形資料及影像做為基本圖資(圖 11)。除了細部無法由空中拍攝到的物件及非物理空間上的資訊需現地調查外，大部份地理資訊圖資皆可由航拍影像測繪，省去大量人力、物力。



圖 10：航空攝影測量主要成果圖

左方為利用立體製圖所繪製的地形圖，中間為正射影像，右方為利用正射影像繪製的土地利用圖



圖 11：影像變遷分析圖

利用光譜資訊可快速找出前後期影像不同處並加以分析。

套入各種圖資後，即可製作各種客製化的地理資訊系統（GIS）（圖 12），可供各種後續應用(如圖 13)。

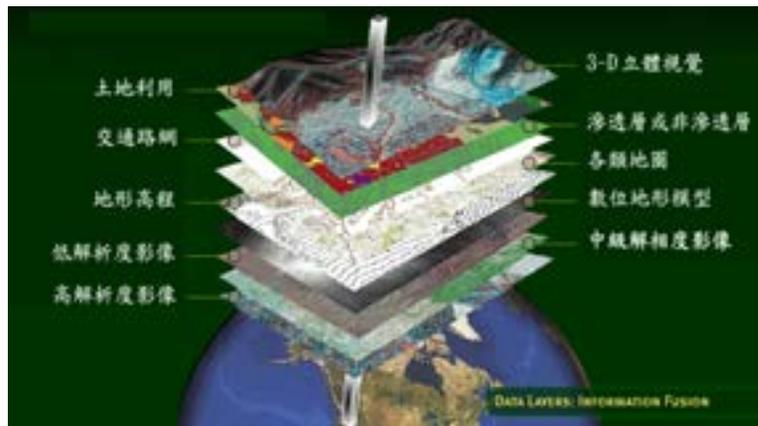


圖 12：GIS 概念圖

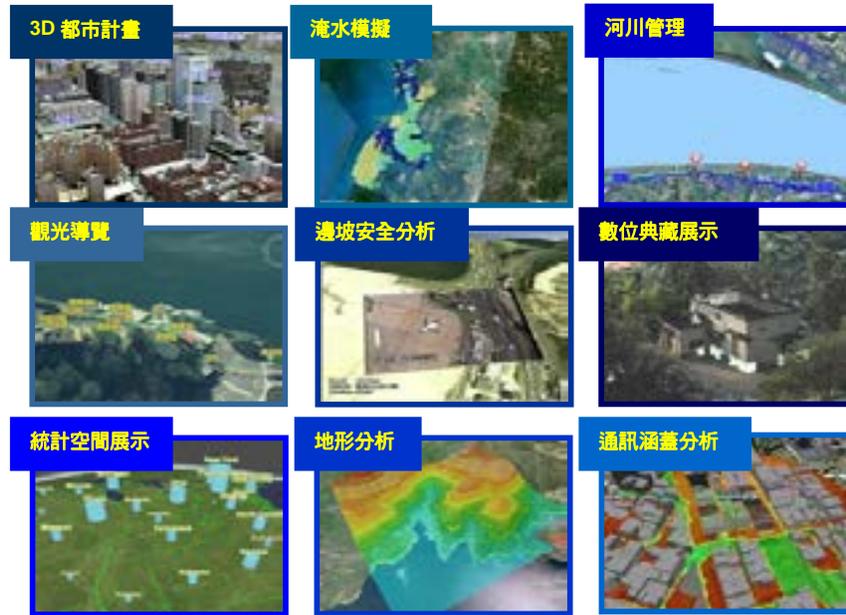


圖 13：各種 GIS 範例圖

四、公司簡介

自強工程顧問有限公司成立自民國 73 年，迄今已有 29 年，為全方位之專業測量公司。主要營運工作包括空載光達、航空攝影、海象調查、河海水深測量、數值地形測量、水準測量、衛星定位測量、3D 地理資訊、3D 地面光達掃描等。公司經營一貫秉持誠信、服務、品質、研發及效率的理念，29 年來陸續承辦國內重大工程測量工作；本公司於 97 年 6 月申請獲得國際 ISO 9001 之品質管理系統認證，並於 84、87、92 及 95 年獲得業主頒發之褒揚狀肯定及貢獻等殊榮。



圖 14：ISO 國際標準認可證書



圖 15：業主頒發之褒揚狀

公司在全體同仁團結合作下，業務蒸蒸日上，資本額由初成立時新台幣陸拾萬元起陸續增資至目前新台幣壹仟萬元，營業額在穩定中成長，94 年度營業額已突破一億以上。財力結構相當健全，未來更深具信心面對各項挑戰創造佳績。本公司一直秉持著步步為營的精神，無論是在硬體設備及人員訓練上都不斷的提升自我競爭力。未來也將繼續以優良的服務品質為臺灣的測繪產業貢獻己力。