



# 搭乘無人航空載具 臥遊山川大地

Landscape aerial photography using  
unmanned aerial vehicle

呂明倫 / 行政院農業委員會特有生物研究保育中心助理研究員

Ming-Lun Lu

黃靜宜 / 行政院農業委員會特有生物研究保育中心助理研究員

Jing-Yi Huang

## 前言

1858年12月法國攝影家納達爾(Nadar)搭乘備有暗房的巨大熱氣球，在巴黎街道的上空拍下世界上第一幅鳥瞰航空照片，為往後的航空攝影技術開啟了先河。由於航空照片能夠清楚地呈現各式各樣的地表型態，除了早期的攝影藝術外，逐漸也被應用於軍事、考古、都市發展與自然生態等，爾後更衍生出航空測量學(aerial photogrammetry，以下簡稱航測)，其為一種遠距離感應的測量技術，測量者本身不須接觸目標物，僅需透過飛行載具的探測，便可記錄山脈、植被、

道路與建築物等地物的位置、形狀及特徵，主要用來測繪地形圖或做立體觀測。航測所用的飛行載具繁多，常見者像是飛機、直升機、熱氣球、小型飛船……等，隨著科技的進步，近代發展出的新型無人航空載具(Unmanned Aerial Vehicle，簡稱UAV)，俗稱無人飛機，是現今人氣超夯的航測設備。本文之目的是對UAV與航測相關原理做簡單介紹，另以行政院農業委員會特有生物研究保育中心(以下簡稱特生中心)的生態教育園區為示範區，建立一高解析的3D立體空間資訊，希望未來對於生態環境的經營管理及教育推廣都能有所幫







多旋翼型UAV。(呂明倫 攝)

## 無人航空載具

UAV顧名思義是指沒有飛行員於載具上操控，使用者可藉由地面遙控或機器自動拍攝取得地物資訊。該技術最初的起源是在第一次世界大戰，但因當時的科技受限，尚未獲得有效的運用，在第二次世界大戰以後有了起色，各國因軍事上所需，開始致力於研發執行特殊任務的UAV。因此，往後的開發路線多以軍事



由茗豐國際有限公司協助UAV航線規劃與攝影。(呂明倫 攝)

領域為主軸。約莫2000年以後，美國國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)成功將UAV擴展到民生用途中，許多民間企業也著手設計與銷售自主性研發的UAV，至今交由UAV執行環境監測方面的工作明顯成為一股潮流，而市面上所販售的民用UAV種類業已超過上百種。

UAV依據飛行的方式，一般可區分為定翼型與旋翼型兩類，其中定翼型較像是常見的飛機樣式，機身兩側有一對固定機身的主翼，飛行方式最符合空氣動力學；旋翼型則近似直昇機，按旋翼數量的多寡又分為單旋翼與多旋翼機。兩種型態的UAV各具有特色與優缺點，如定翼型滑翔能力強，具有耗能小、航程距離長等優勢，但卻不能滯留於空中，須不斷地前進；旋翼型可直接垂直升降，並固定於空中，適合做定點的監測，缺點是需要相當大的電容量供應。一組完整的UAV裝置必須搭載具有攝影或測量功能之儀器，如照相機、攝影機、熱像儀及光譜儀等，用來取得照片、影像、熱輻射、



高解析航空照片可應用於辨識樹種的特徵差異。(呂明倫 攝)

光譜訊號等等所需要的資訊。然而，這些儀器本身的重量關係到飛行載具的最大起飛重量，通常與載具的實體大小成正比，與起降的方便性成反比。關於UAV航測的操作流程，首要步驟應先針對目標範圍進行航攝規劃，根據任務特性設定適當的飛行高度、速度、航線與拍攝頻率等，再將這些參數輸入飛行控制的電腦，確定後即可在周圍環境尋找適合的起降地點讓UAV升空，並完成高空自動攝影，最後再回到室內進行影像匹配、接合及賦予座標等後製作業。

相較於傳統的大型飛行載具，UAV具多項優勢：(一)一般多在雲層下方執行低空航攝任務，當天候狀況惡劣時較不受影響；(二)由於裝備簡單，體積小且攜帶方便，僅需要大略瞭解環境概況，必要時須事先申請好空域，便可在許可期間內自由起降；(三)進行具高度風險區域之探勘任務時，可兼顧降低不必要的人員冒險，同時取得完整的資訊，尤其應用於救災、救難工作可望大幅提升安全

性及成功率；(四)UAV的單價雖然不算低，但與以往航測常使用的有人飛機設備相比，僅能說是九牛一毛。另一方面，UAV仍有其不足的地方，如衛星與大型有人駕駛飛機所進行的大面積遙航測作業，是UAV無法達成的。

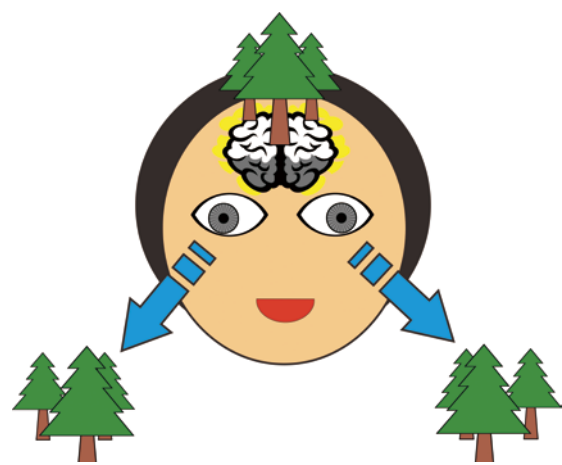
## 高解析航空照片

航空照片可忠實地記錄著一個地區在某一時



UAV高空自動攝影。(呂明倫 攝)





兩眼視差所構成之立體影像。(呂明倫 繪)

期的自然及人為景觀樣貌，臺灣最早的一批航空照片是在1940-1950年代二次大戰末期，美軍利用飛機所攝，範圍涵蓋全島的平原地區，自1976年起行政院農業委員會林務局農林航空測量所(以下簡稱農航所)實施航空攝影作業，迄今已累積超過百萬張照片影像，但早期是用傳統類比式相機所攝，照片為黑白色，解析度也較不佳，大約於2000年以後，拜電子科技發展之賜，數位式航空測量攝影機興起，航空照片的品質跟著全面提升，因此，也有民間

業者開始生產與販售高清晰的彩色航空照片。

由於航測科技不斷創新，航空照片的取得已不再是僅仰賴機員駕駛的大型飛機，使用者可依需求與目的，自行開發專屬的UAV機型，誠如前述UAV的低空航攝與高機動性，搭配上高畫質的數位相機，其生產的照片影像可獲得非常高的地面解析度，一般UAV執行任務的高度在地表200-500ft，解析度最佳可達到5cm左右，所能判讀的地物可從以往的大型物體(建築物、道路、樹林)提升到小型物件，如行人、車輛、行道樹等清晰可見，而以自然生態環境為例，森林的樹冠層結構，像是色澤的深淺、立木的排列、葉片的形態、枝條的分布等，皆突破舊有航測影像無法判讀的侷限，有利於研究者進行物種的辨識或樹木的生長監測。

### 3D 數位地形

為滿足人類身歷其境之視覺感官，近代的顯像技術已從一般的2D平面，成功進化至3D立體空間。由於3D立體顯像技術可讓人在觀看影像時提升逼真度，再加上不斷的創新與改良，如今應用的層面也漸趨普及，像是2009年最火紅的3D電影「阿凡達」，至今仍是全球史上票房最成功的電

影，而現在3D立體影像也已延伸至家用的顯示螢幕上。所謂的立體是人類兩眼的視差(parallax)所造成的，視差是指兩個瞳孔水平差距約6.5cm，觀看物體時角度略有所偏差，所以當我們觀看些微差異的錯位影像，經過大腦影像修補後就能看到帶有深度資訊的3D立體影像。

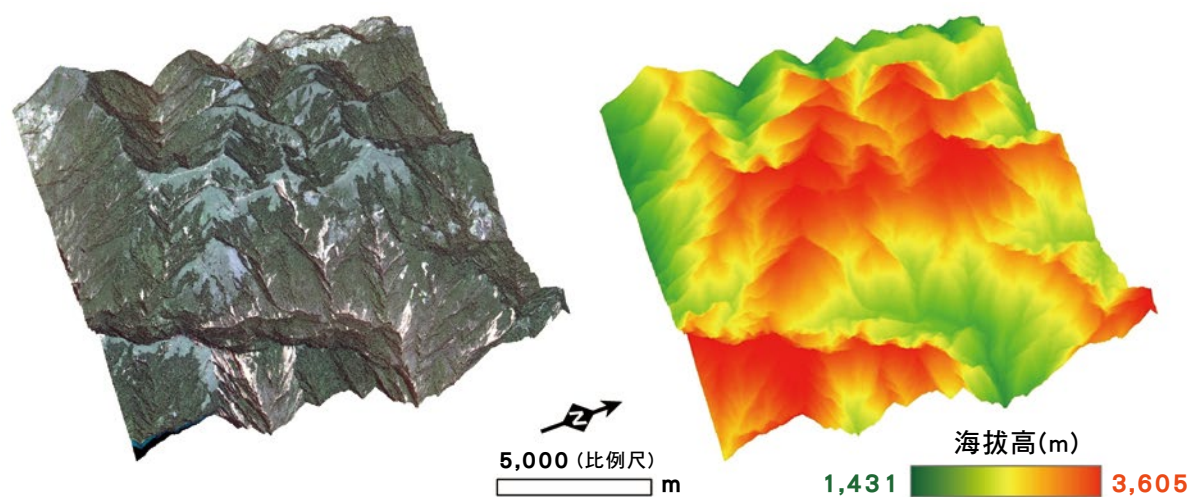
在視差原理的基礎上，各式各樣的立體視覺技術被科學家們廣泛地開發使用，其中數位航測技術成功地幫助人類探索大地的起伏變化，為了要獲得地表的立體空間資訊，可借助視差原理產生立體感，因此，進行航測作業時，常透過飛行載具於前、後拍攝點不相同，但有交疊部分的影像取得立體像對(stereo pairs)，由於交疊部分在空中屬不同位置所攝，就像是人的雙眼觀看同一物體所產生的視差角，經由偏光眼鏡搭配專用的電腦螢幕，便能俯瞰恍如置身於空中的立體視覺效果。此外，若進一步應用數位航測的相關學理及運算，更可將這些立體地形數位化，現今無論是公或私部門經常展示的真實3D立體地形，普遍都是應用數位航測技術中的空中三角測量法所產製。

地形數位化是指在電腦上呈現出一種連續性的數值型態，具體來說，是由一連串大量的X、

Y、Z座標點位所組成，用來量化地形起伏變化的狀況，一般常聽到的地形資料有數值地表模型(Digital Surface Model, DSM)、數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)與數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)，3種資料的屬性與意義有所不同，DSM是指地表上所有地物的最上層表面高程，包含人工建造物或自然森林覆蓋，DEM則表示不含人工或自然地物的地表高程起伏面，而DTM為一個泛稱的概念名詞，可包含DSM及DEM。直接以數位航測產生的初始3D立體地形為DSM，若要製作DEM則須扣掉各種地物的高度，臺灣曾於1985年間由農航所製作40m為間隔的全臺DEM網格資料，但隨精度要求愈來愈高，內政部於2006年重新完成5m為間隔的高解析度DSM與DEM，無論品質及精度都獲得大幅改進。至今UAV強勢興起，產生的DSM更加細緻，解析度可達cm等級，如果能與超高解析度的UAV彩色影像套疊，即可複製出一個逼近真實世界的山川大地。

### 應用實例—生態教育園區

生態教育園區為特生中心於1993年動工闢建，面積3.5ha，以人為棲地重建方式創造出適宜



合歡山地區之數值高程模型。(呂明倫 製)



生態教育園區內展現出臺灣典型的陸地與水域生態系特色。(呂明倫 攝)





生態教育園區之UAV航空照片。(呂明倫 製)

的植被生態，園區目前的配置共分特用植物、變色植物區、人工造林樹種、珍貴稀有植物、草澤及水塘生態、蜜源植物、水生植物池、常綠闊葉林、溪流生態和變色植物等9大分區，展現出臺灣典型的陸地與水域生態系特色。特生中心曾應用園區之UAV影像(茗豐國際有限公司協助拍攝)，產製出超高解析度的空拍彩色影像(地面解析度為5cm)，並利用數位航測技術及影像處理軟體建置DSM，兩種影像資料結合後便產生一「生態教育園區3D數位模型」。由於具備立體效果，使用者環視全園區立體樣貌之時，視覺張力與感官體驗都會更加生動有趣。除此之外，在理想的視域範圍內也能換算出各植被的高度，可為園區的經營管理提供多維的空間資訊，目前該模型展示於特生中心生態教育園區主題網站供民眾欣賞，網址為<http://eep.tesri.gov.tw/>。

### 結語

UAV具有限制少、機動性佳、安全性高及低成本等特性，目前已跳脫從前以軍用途為主的刻板印象，如今不僅是航太業新發展的主要趨勢，並為自然環境監測的新利器。筆者藉由UAV獲取本中心生態教育園區的空拍照片，超高的解析力凸顯了樹木冠層的特徵，為研究人員提供更多細微的資訊，是舊有航測資料所不及的，以往相關的試驗研究如外來或稀有物種的調查、野生物棲地的管理及森林健康監測等，應有望獲得精進。至於UAV搭配數位航測技術建置的3D數位地形，除展示出生動的立體效果，還可做為保育宣導與環境教育的參考教材，未來若能持續在自然生態領域廣為應用，相信對於臺灣生態環境的維護與保育工作，勢必更有所幫助。



特有生物研究保育中心3D數位地表模型。(呂明倫 製)



3D數位地表模型可換算任一地物的高度。(呂明倫 製)