

應用無人飛機協助農業勘災技術研發

文圖 ■ 農業試驗所 周巧盈・巫思揚・陳琦玲・郭鴻裕・姚銘輝
農業試驗所嘉義農業試驗分所 蔡惠文・吳永培・廖大經
苗栗區農業改良場 張雅玲

一、前言

臺灣位於太平洋西側之大陸與海洋型氣候交會處，易受颱風侵襲，而伴隨的暴雨、強風和洪澇等氣象災害發生頻率相當高。加上近年來受到全球氣候變遷影響，極端性的氣候災害產生，不僅對生命安全造成威脅，各產業亦受到影響。其中，臺灣農作物經常成為受災嚴重之產業，災害不僅使得農民財產損失（每年約 10 ～ 180 億元），政府更須花費相當多人力，針對災害發生情形及相關災害補償進行鑑別及判定，不僅耗費時間與人力資源，更易造成紛爭。因此，針對天然災害造成的農損，除了防災減災技術發展外，如何加速災害判釋與救助流程，協助農友儘快復耕，亦相當重要。近年來，國內外無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicles, UAV）拍攝技術發展漸趨成熟，應用此項技術可快速紀錄並突破空間障礙，應可加速農作災損勘災，以減少所耗費的時間與人力，並可提供農業保險相關政策之擬定；106 年 5 月間農委會修正之「農產業天然災害救助辦法」，第 5 點第 2 項亦提出「農產業災情實地勘查認定，以攝影、照相或數位化工具先行影像存證，另得以科技工具輔助勘察」。因此，現場災損情形可透過 UAV 航拍影像分析後所產生的 GIS（Geographic Information System）災損判釋成果，提供農損查報所需之空間輔助圖資，以協助地方人員進行勘災作業並加速災後復耕。本文係介紹 UAV 於農作物災後勘災之航拍技術，以及如何利用 UAV 之航拍特性，以提供有效的災損影像；再接續說明如何發展農作物之災損判釋與分析機制，以產生農損面積估算之空間圖資；最後則探討 UAV 航拍影像於農作物災損判釋之成效，歸納出適用 UAV 航拍技術判釋災損的作物，並提出未來利用 UAV 航拍技術於農作物災損判釋上，應加強與改善的建議方向。



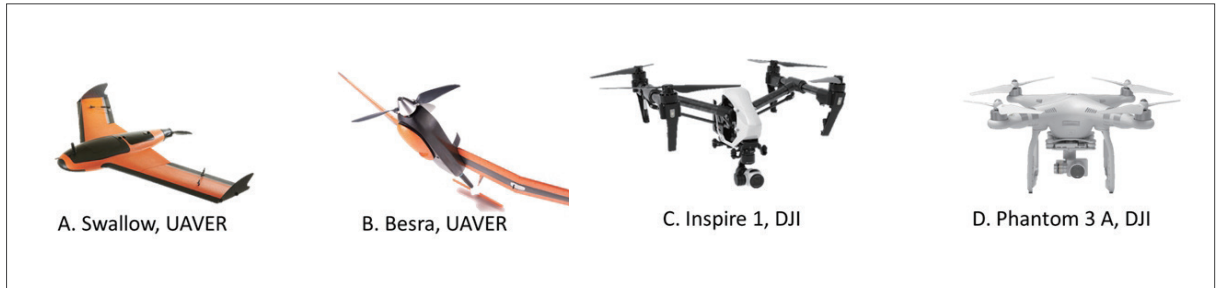


圖 1. 無人飛行載具（定翼型：A&B；懸翼型：C&D）。

二、UAV 於農作物災後勘災之航拍技術

UAV 依照其載具產生升力的方式，大致可分為定翼型（Fixed wing）及旋翼型（Rotary wing）兩大類（圖 1）。定翼型無人載具相較於旋翼式具有較佳的滯空時間與飛行高度，因此有較大的影像拍攝範圍，但起降與飛行過程對地形要求較高，不適合於複雜之地形飛行。旋翼型無人載具雖耗電量較高，但具有可垂直起降、載重量高、可掛載具自穩功能之雲台等優點，較適合在複雜地形飛行。目前 UAV 可搭載的影像感測器相當多元，如可見光 / 多光譜 / 高光譜等不同影像感測器、雷達—RADAR、光達—LiDAR 等遙測感測器。UAV 航拍時必須透過航拍路線規劃軟體，進行飛行高度、影像重疊度及飛行速度的規劃，以取得不同地面解析度（Ground Sampling Distance, GSD）的影像。目前航拍影像計算軟體相當發達且多樣，如 Pix4D Mapper、Altizure、DJI—Datamate、Umap、DJI GS PRO、Skycatch、Dronepan 等，可用於運算航攝資料、產製正射影像、數值地表模型 DSM（Digital Surface Model）等功能，可得到高精度鑲嵌之正射影像。

UAV 具相較於飛機與衛星，具有快速、解析度高及不受雲層影響等優點。因此，當天然災害發生時，能夠針對特定的受災地點與作物對象，進行即時的航拍任務。目前市面上定翼型 UAV 1 天可完成 1,000 公頃以上之影像拍攝（地面解析度約 5 公分）。國際上無人飛行載具應用在農業災害監測與勘災上，主要針對大面積且具高經濟效益的農作物，例如歐美農莊的葡萄園、玉米田、小麥田、咖啡園、茶園等，能夠快速且有效率的掌控作物災害範圍、擴散情形，以即時監控，減少損失。另外，也有許多應用在森林火災、病蟲害、山坡地崩塌等監測與勘災上。因此，UAV 具有應用在不同作物監測上的發展性，能夠因應不同規模、尺度的經營環境，以迅速提供航拍影像在進行災損判釋與分析所需的空間圖資。

目前研究團隊（包括農委會農業試驗所、嘉義分所、苗栗農業改良場）自 105 年起，應用 UAV 進行農作物災損監測與勘災技術之研發，105～106 年針對尼伯特 / 莫蘭蒂 / 梅姬 / 尼莎 / 海棠等颱風、梅雨季的連續超大豪雨及寒害所造成的災害，進行災損航拍作業，主要針對臺中地區水稻、臺東地區番荔枝、高雄地區香蕉、屏東地區蓮霧 / 芒果 / 木瓜、宜蘭地區青蔥、苗栗地區高接梨等作物。除透過影像判釋的分類技術，進行作物災損之範圍與受災程度之辨釋，並透過物件導向分類技術，進行落果、落葉及樹冠變化之辨釋。

三、UAV 航拍影像於農作物之災損判釋與分析機制

UAV 技術應用於農作物災損現地調查，須發展 UAV 航拍影像於農作物之災損判釋與分析機制。天然災害發生後，由地方政府進行農損災情之蒐集，並通報農委會農糧署進行彙整後，由農委會評估是否公告各縣市進行災害救助之辦理。當中央公告該縣市辦理災害救助後，UAV 航拍作業即刻啟動，航拍團隊首先進行航線規劃，並執行現地航拍與地面相關資料蒐集。UAV 進行災後作物空拍任務，依據作物特性，需要不同地面解析度之航拍影像，透過低空（60～200 公尺航高）之系統航拍，單機 1 天可完成約 300～1,200 公頃之地面拍攝（影像之地面解析度約 5 公分）。航拍影像先進行影像輻射校正、影像鑲嵌及幾何校正等前處理後，接著進行作物災損判釋及影像光譜分析等內業工作，以產生「作物災損面積比率」圖層，並進一步與地籍圖進行套疊。最後透過網路雲端共享介面，提供地方災損判釋之輔助圖資，以更快速且有效率進行地面災損查核作業。

其中，農作物之災損判釋與分析機制的過程，首先需完成 UAV 航拍影像之前處理，包括影像鑲嵌拼接、影像輻射校正及幾何校正等。目前係透過影像處理軟體（Pix4D Mapper）進行原始影像之正射鑲嵌編輯，並進行影像選取、替換及拼接改善，加入地面黑／白帆布光譜值進行輻射校正；同時，透過 Pix4D Mapper 軟體中之率定功能（calibration）進行相機率定，以修正因相機在飛行過程中可能受無人機馬達震動的影響。影像完成前處理後，透過地理資訊軟體之商用套裝軟體 ESRI Arcmap 進行影像幾何校正，透過地面控制點進行航拍影像之地面絕對位置校正，以利後續之接圖處理與套疊分析。接著，透過多光譜相機所獲取的藍光（450～520nm）、綠光（520～600nm）、紅光（630～690nm）與近紅外光（760～900nm）等 4 個波段的光譜值，進行多光譜分析與 NDVI（Normalized Difference Vegetation Index，常態化差異植生指數）影像生成。其中，藍光波段，水體穿透力強，有助於近海水域製圖，也可以用於土壤及植物的分別；綠光波段，對於健康茂盛植物的綠色反射質敏感；紅光波段，為葉綠素的主要吸收波段，用於區分植物種類及附蓋度。近紅外光波段，用於區別植物類別、水體。而 NDVI 指數是由紅光波段與近紅外光波段計算而得，其對於辨釋健康的栽植作物與受病害、損害的作物以及辨識不具葉綠素的植栽作物，具有良好的區分能力。圖 2-A 為 106 年 6 月初連續大豪雨對於臺中市霧峰區五福里所造成的水稻倒伏情形。

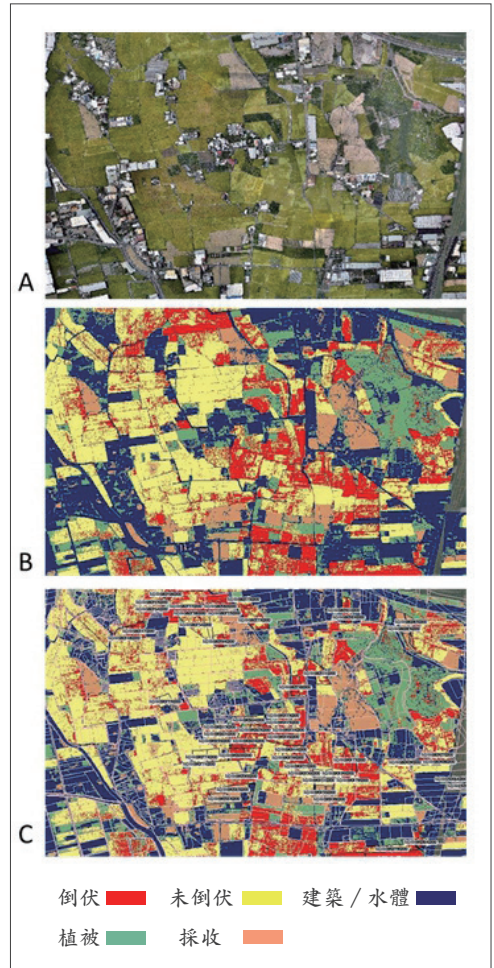


圖 2. 106 年 6 月初連續大豪雨於臺中市霧峰區五福里之水稻倒伏情形。（A：航拍影像；B：水稻倒伏影像判釋成果；C：災損判市套疊地籍圖）。

另一方面，透過光譜分析所產生的可見光（RGB 光譜值）災損影像，依據影像分類之監督式分類（Supervised Classification），使用 GIS 影像軟體圈選訓練樣區，將地物分為 4 大類：人工建物、水稻、倒伏水稻與其他植被，完成後以訓練樣區之光譜特性作為影像分類之判釋依據，透過最大概似法（Maximum Likelihood）進行地物分類（圖 2-B）。最大概似法對影像像元（pixel）進行分類時，假設各類資料的分布為常態分布。經由均值向量（mean vector）與共變數矩陣（covariance matrix）兩項參數，可計算各像元被分類為某一類別之機率，並以最大機率作為判斷像元所屬類別之依據。分類完成之圖檔以 GIS 軟體套疊地籍圖（圖 2-C），進行各坵塊分類影像資訊計算，以快速掌握災後作物災損面積與情況。目前農業試驗所針對水稻倒伏之判釋正確率可以達到 9 成以上，而水稻倒伏面積較小（< 20%）的坵塊，其判釋正確率較差，需地方農政人員進一步的現場勘查，以提供較準確的災損判釋成果。

四、UAV 航拍影像於農作物災損判釋之成效評估

有鑒於 UAV 航拍能提供快速且大範圍（100 ~ 1,000 公頃）的農作物災損空間圖資，並進而透過影像判釋與光譜分析機制進行災損判釋，提供即時的災害範圍區劃與災損判釋輔助圖資。但因受限於航拍影像（針對光譜影像），只能觀察到由空中對地面的俯視角度，因此若觀測的對象易受上層植栽所覆蓋，例如結果於樹冠下層、落葉/落果位於樹冠下方等，將無法透過 UAV 航拍影像進行作物災損之判釋。另外，雖然 UAV 航拍影像能提供十分精細的影像圖層（地面解析度約 5 公分），但若作物受災害影響的倒伏程度 < 50 公分，也無法透過 UAV 航拍影像進行作物災損之判釋。而各項作物生育習性相異，受天然害造成影響亦不同，為了能掌握 UAV 航拍影像應用於不同農作物之災損判釋成效，農業試驗所自 105 年起，預計透過 4 年（105 ~ 108 年）的時間，針對臺灣過去容易發生災損救助的作物及果樹，包括：水稻、青蔥、毛豆、香蕉、蓮霧、芒果、高接梨、荔枝、木瓜、美濃瓜、番荔枝、柑橘、葡萄、番石榴、桶柑、文旦、鳳梨、柿子等 18 種，進行重點試驗區作物之受災空拍監測作業，同時進行各作物不同生長期之空拍監測作業，以累積並建立不同作物不同生長期及受災影像光譜特性與災損程度之資料庫，發展作物災損之影像判釋技術，以供未來災區航拍影像資料災損辨識之基礎資料與技術之建構。

至 106 年底，研究團隊已完成 12 種作物 / 果樹之災損 UAV 空拍作業與航拍影像災損判釋之初步分析，其中針對水稻與香蕉受到颱風侵害所造成的大面積倒伏判釋成果最佳。水稻倒伏的判釋成果如前段所述（圖 2）。香蕉受災影像的判釋，目前係依據影像非監督分類之物件導向方式（Object-Based Image Classification），透過香蕉作物的光譜特性，可將其星芒狀葉片與週圍的環境組成加以區分，並透過香蕉倒伏的紋理特性，將香蕉的災損範圍區劃出來，可以得到判釋正確率約 85% 的成果（圖 3-A1, A2）。

另外，透過地面解析度 5 cm 的航拍影像，可以進行高接梨（圖 3-B1, B2）與番石榴（圖 3-C1, C2）的套袋計數與產量估計，準確率接近 90%，但仍須克服影像拼接所損失的影像解析度；同時，也可進行嚴重災損發生後，上述果樹及文旦的落果計數，但因為仍有部分落果位於樹冠下方，因此須透過一定比例的權數進行加乘，以得到較接近真實情況的落果數量估算。而針對蓮霧、芒果受到颱風侵害後的樹冠

受損與落葉 / 落果情形，需要災前與災後兩個時期之影像進行植株覆蓋率變化的比對，才能獲得較準確的判釋成果。現階段嘗試透過物件導向式影像分類，除了考量影像光譜值外，同時依據光譜空間排列與組合的特性，進行影像分類，其準確率初步可達 75 %。

另一方面，受限於 UAV 航拍影像地面解析度與高程判釋能力，地面作物高度若 < 50 公分，如青蔥、毛豆、美濃瓜苗等，無法進行有效的航拍災損判釋。而針對高接梨接穗點（大小約 1 ~ 3 公分）的判釋，需要較高解析度（< 1 公分）的空拍影像，同時選擇白色、紅色等接穗膠布，可強化接穗點與背景環境的辨識能力。因此，研究團隊將持續進行各類果樹與作物之災後航拍監測，並評估各類作物之判釋成效，針對航拍影像判釋成效佳的作物進行空拍作物、影像處理、影像分析與判釋之 SOP 建置。另針對影像災損判釋成果不佳的作物，進行檢討與改善之建議。

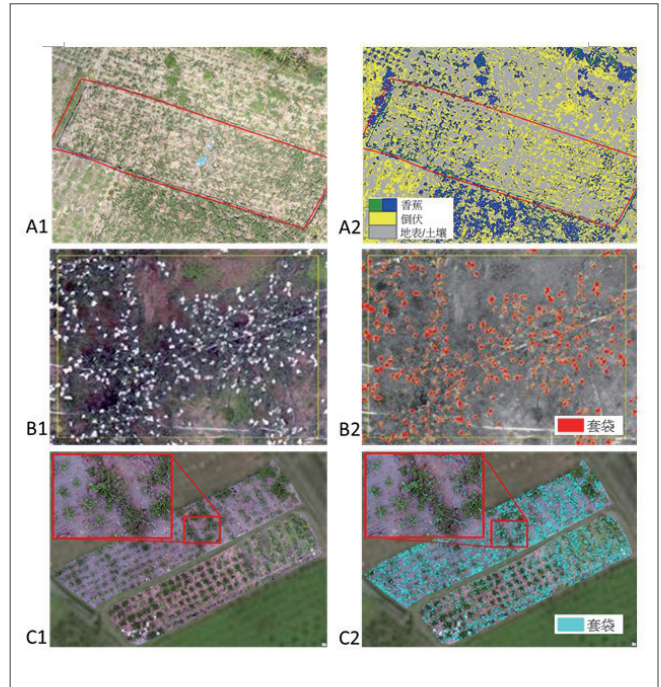


圖 3. 災損影像判釋分析成果。（A1：香蕉災損航拍影像；A2：香蕉災損影像判釋成果；B1：高接梨災損航拍影像；B2：高接梨災損影像判釋成果；C1：番石榴災損航拍影像；C2：番石榴災損影像判釋成果）。

五、結語

現行農業天然災害查報流程為，農民需於災害發生後主管機關公告災損申請期間內進行申報，申報後由農政人員進行現場損害調查。如能於公告 7 日期間完成航拍與災損影像判識，並提供農政人員於現勘前瞭解情況，可加速災害補助之流程並減輕第一線農政人員負擔。目前水稻災損影像判釋流程為：災害過後天氣穩定後的 2 ~ 3 日內可完成災損影像拍攝與拼接，完成後 4 日內可產製災損報告，提供第一線農政單位參考。因此，透過 GIS 影像分析與影像處理系統的開發，增加無人機航拍影像的光譜分類、物件辨識及地面紋理分類的運算能力，將能針對不同作物進行災損影像判釋，產出農損面積估算及農損嚴重度圖資，提供農損查報所需之空間輔助圖資，協助地方人員進行勘災作業並加速災後復耕。

另一方面，UAV 的技術發展將越來越成熟，因此應用在農業災害的監測及勘災上，將會越來越廣泛，且 UAV 的操作門檻與成本需求會越來越降低。同時，UAV 航拍影像的分析與判釋能力，經過持續的研究與努力，將會累積足夠程度的影像光譜資料庫，以反應各種作物在不同生長期背景條件下災後的影響程度。更進一步，UAV 影像判釋成果將能協助農業災損判釋與嚴重程度之標準制度的建立，以健全農業保險體制。未來，UAV 在農業災損影像之分析與判釋上，將以全面自動化為發展方向，以立即掌握災後農損情形，提高政府與農民的應變效率。