



多光譜拍攝標準作業流程說明



文・圖/胡智傑¹、林汶鑫²

前言

水稻作為全球半數以上人口的主食，其穩定的產量是維繫糧食安全與社會穩定的基石。然而，病害頻繁發生是水稻生產面臨的嚴峻挑戰之一。傳統的病害監測方式，如人工巡查，耗時費力且難以精確評估空間分布與蔓延趨勢。近年來，隨著科技飛速發展，無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)俗稱無人機，已在農業領域掀起一場革命。其搭載的高解析度攝影機、多光譜或高光譜感測器，能以非接觸、高效率且大規模的方式獲取水稻生長資訊，特別是在水稻病害的監測與管理上，無人機展現出巨大潛力，能協助農民更早發現問題、更精準地施藥，從而降低生產成本、減少環境負擔，並最終提升產量。

本場近年著手利用無人機搭載多光譜相機研究水稻各種病害表現情形，為提供農企業、專業農民未來技術開發或病害監測預警參考，本文將簡介無人機在水稻病圃的完整拍攝流程，從前期準備、飛行操作到後期處理與分析，提供一份操作指南，以期提升水稻病害監測的效率與準確性。

飛行前準備

1. 飛行規劃與權限申請：在臺灣，無人機的飛行活動受到民用航空法規嚴格規範。當確定飛行區域後，首要任務是查詢飛行區域的法規限制，例如，機場周邊、軍事設施、人口稠密區等均可能設有禁飛區或限飛區，即便是在農業區，也需確認是否有高度、時間或用途上的限制。務必依規定在施測前15天向民航局及空域所屬機關提出空域申請，配合現地踏勘所選定的無人機起降點劃設飛行範圍，並同時依據氣象局網站觀察及評估測區的天候狀況。
2. 器材檢視與校準：檢查無人機機臂、螺旋槳、起落架是否有裂痕或變形，馬達是否轉動順暢無異音。確認電池電量充足，外觀無膨脹或破損，並檢查接觸點是否清潔。需注意清潔鏡頭，檢查感光元件，確保其功能正常。檢查遙控器電量，確保遙控器與無人機之間的通訊鏈路穩定。

現地飛行規劃及圖資收集

1. 飛行路線規劃：根據病圃的形狀、面積、地形複雜度及病害分布特點，設計涵蓋目標區域的飛行路線。目前較常用的網格狀 (Grid) 模式規劃飛行路線，無人機以平行線條來回飛行，確保對整個區域進行系統性掃描。
2. 飛行參數的設定：飛行高度 (Flight Altitude) 直接影響影像的地面採樣距離 (Ground Sample Distance, GSD)，高度越高，GSD越大，解析度越低，故需根據所要監測的病害識別精度進行調整，依本團隊經驗水稻病害拍攝飛行高度可用20~40公尺。另，航速 (Flight Speed) 過快可能導致影像重疊不足或動態模糊，建議小於2公尺/秒。影像重疊率 (Image Overlap) 是影像拼接的關鍵，通常設定前後及左右重疊70%~80%，過低的重疊率可能導致拼接斷裂或錯誤；過高的重疊率則會產生冗餘數據，延長飛行時間和數據處理時間。
3. 控制點設置與校正：為確保影像的地理準確性，在病圃內策略性地設置明顯的地標是不可或缺的步驟。地標可以是預先製作好的棋盤格板、塗有醒目顏色的木樁，或是利用反射材料製成的專用地面控制點 (Ground Control Points, GCPs)。地標的精確地理座標 (透過高精度RTK-GPS或差分GPS測量) 將作為後期影像拼接及地理校正的參考點，病圃拍攝建議至少8點以上，並均勻分布在病圃四周。



航線規劃及任務上傳無人機



利用棋盤格布設立控制點



劃設標線供圖像上辨認不同處理



利用RTK-GPS標定地面控制點

4. 穩定飛行與影像採集：選定飛行高度和速度後，飛行過程儘量避免急轉彎、劇烈變速或晃動，保持無人機穩定飛行以獲取清晰、無畸變影像。

圖資處理與分析

1. 影像拼接與地理校正：將數百至上千筆影像拼接成一幅完整的大範圍影像地圖，需要專業的影像拼接技術。通常利用市面上成熟的軟體，如Agisoft Metashape、Pix4Dmapper、DroneDeploy等，影像拼接軟體會自動識別影像中的共同特徵點，進行影像配準，然後構建密集點雲、生成數位地表模型(DSM)或數位高程模型(DEM)，最終輸出正射影像(Orthomosaic)。同時，透過前期設置的地面控制點(GCPs)進行精確的地理校正，將拼接後的影像地圖與真實環境的地理坐標系(如TWD97)對齊，確保其具備高精度的空間定位資訊，此對於後續的病害精確定位和地塊管理至關重要。
2. 影像分析與病害判識：利用多光譜影像計算各種植被指數，如正規化差異植被指數(NDVI)、綠色正規化差異植被指數(GNDVI)、紅邊正規化差異植被指數(NDRE)等。未來希望結合先進的機器學習或深度學習演算法(如卷積神經網路CNN)，對大量標註過的影像數據進行訓練。透過訓練好的模型，自動識別出水稻病害的類型，評估病害的嚴重程度，提高病害判識的效率、準確性和客觀性，並應用於大規模的病害監測。

結語

無人機在水稻病圃的拍攝流程，不僅是技術的應用，更是實現精準農業與智能決策的關鍵環節。期待無人機的應用能夠克服傳統方法的侷限，提供高效且精準的病害資訊，未來希望協助農民進行更明智、更即時的決策，從而有效控制病害蔓延，提升水稻產量。

