

利用無人機影像進行水稻株高繪測之研究

蔡欣潔*，陳俊諺*，賴俊傑，林汶鑫**

國立屏東科技大學農園生產系

摘要

水稻(*Oryza sativa* L.)是世界上重要的穀物之一，主要種植於熱帶與亞熱帶區域，為亞洲主要的糧食作物。隨著現代科技的進步，無人機(unmanned aerial vehicle, UAV)、遙測以及定位等電子設備迅速發展，提供更低成本、高解析、高彈性、快速及低操作門檻的方式，執行精準農業相關的數據蒐集工作，再輔以資料科學相關分析技術，使得精準農業的實踐得以逐漸普及。本研究嘗試以UAV快速蒐集水稻田間植冠正射影像，配合地理資訊系統(geographic information system, GIS)探測田間株高的模型與實際株高的差異，並使用定位儀器定位控制點增加精確度，以便未來育種人員可以更精準及方便於大面積的水稻田進行調查。研究結果指出，數值表面模型(digital surface model, DSM)之繪測株高與實際株高具有高度相關。因此，未來預期將可使用DSM取代實測株高，提供育種人員快速收集高通量性狀資料，以大幅提高勞動效率。

材料與方法

本試驗為以水稻品種為高雄147號(KH147)為材料，地點位於國立屏東科技大學實習農場。栽培過程中以Mavic 2 Pro (28 mm, f/2.8 - f/11, 2000 MP) (DJI, Shenzhen, China) 取得空拍影像，飛行高度20公尺，前後與側邊重疊率皆為50%，相機仰角90度及70度進行垂直拍攝。人工測量方式則以捲尺測量葉片自然高度(plant height, PH) 與伸展之最高(plant length, PL)高度紀錄。無人機拍攝之影像以Pix4D (Pix4D SA, Switzerland) 進行拼接與生成帶有空間訊息的點雲，通過real-time kinematic global navigation satellite system(RTK)於田區制定7個地面控制點(ground control point, GCP)，獲得準確的空間(x,y,z axis)坐標，使誤差縮小至公分尺度，再經過三角定位生成兩種圖層—數值表面模型(digital surface model, DSM)(Fig. 1a)和數值地面模型(digital terrain model, DTM) (Fig. 1b)，最後匯入QGIS (open source geospatial foundation)進行圖層操作與數據提取建立模型。爾後以SigmaPlot (systat software, USA) 進行實際測量株高與DTM、DSM之線性回歸以及資料視覺化呈現。

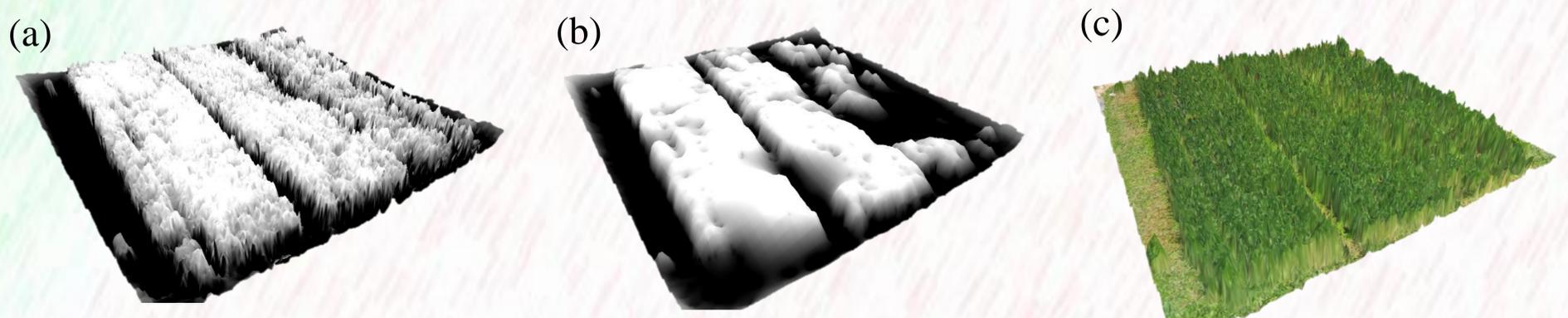


Fig. 1. Schematic diagram of (a) Digital surface model (DSM); (b) Digital terrain model (DTM); and (c) Crop surface model (CSM).

結果與討論

透過UAV以仰角拍攝作物側面影像，可獲取地表以上高程信息，估算地表上之DSM(Fig. 1a)，於一定程度上可視為該作物區域之株高變化。然而，地勢變化將直接影響地表高程之數值變化。因此，在植冠不過於茂密情況下，同時估算地勢變化(DTM)，再以DSM扣除DTM取得純粹之作物高度信息(CSM)為較理想之作法。然而，從Fig. 1.b可看出DTM圖層隨株高而起伏，且由(Fig. 2.a)結果得知，DTM之平均值與實測株高之PL與PH進行回歸分析，則分別獲得0.7254***與0.7253***之相關係數；CSM之平均值與實測株高之PL與PH回歸分析(Fig. 2.b)，分別獲得相關係數0.1863^{ns}與0.1588^{ns}，呈負相關，這表明產生DTM過程中存在系統誤差，而系統錯誤是由圖像的地理位置誤差和密集點雲生成過程中的三角測量誤差所引起，但在本實驗中運用RTK定位提高準確的平面座標，故可排除地理位置誤差之問題，推測為由於在茂密的水稻葉覆蓋過程中，影響密集點雲生成，進而導致DTM與實測株高產生不應存在之相關性。未來可在栽培前先取得空拍影像之DTM並配合田區地面控制點，使DTM不受茂密植冠影響而導致誤判，或是結合多光譜、高光譜等其他感測器的數據融合，改進估算模型，減少植冠茂密覆蓋土壤之問題。故本試驗只採用DSM之平均監測水稻株高，以DSM之平均值分別與實測株高之PL與PH進行回歸分析(Fig. 2c)，其模式之相關係數0.8070***與0.8282***，皆具有良好線性關係，但DSM之平均值與PH之相關係數較高，得知DSM平均高度更接近現場實測之自然株高，較適用於未來評估植株高度。

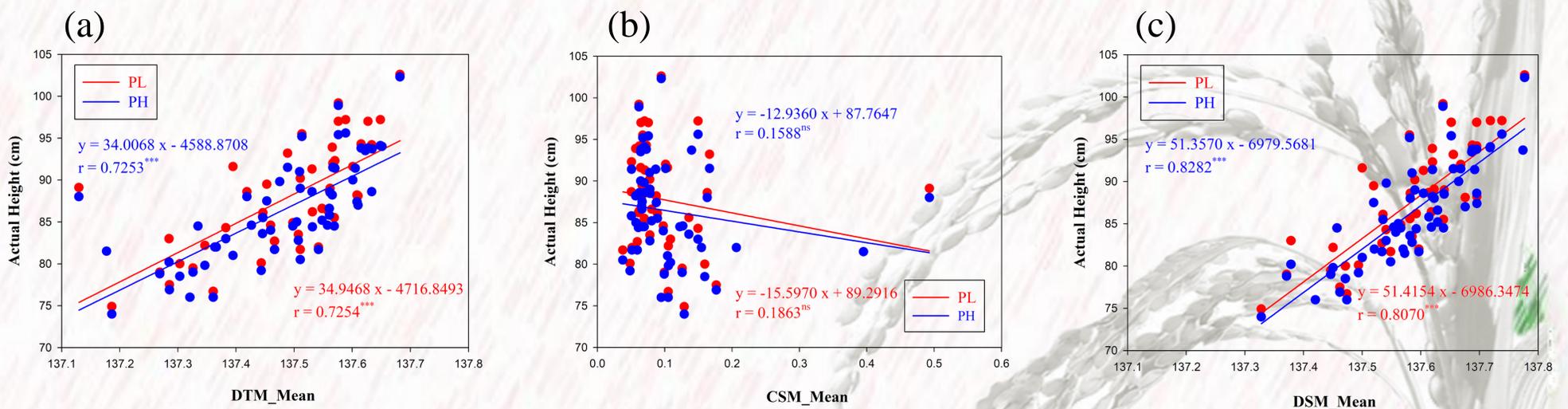


Fig. 2. Linear regression model for actual plant height and (a) DTM, (b) CSM, and (c) DSM. ***: $p < .001$; *: $p < .05$; ns: non-significant

結論

在本次試驗中，實際測量所耗費人力相較UAV高出三倍，透過UAV的操作快速將數據收集，可大幅提高勞動效率，並縮短時間與人力成本。研究指出，DSM未來可取代實測株高，然而在茂密的植被中易造成覆蓋率飽和問題，使DTM與實測株高產生不正確的相關性，此現象值得進一步深入探討。未來研究將採用水稻長期監測策略，以多年規模收集更多的數據集，透過更多參數及品種間之差異，改進估算模型以確保模型的可行性與品種之間的通用性。