

# 設施蘆筍智能影像生長監測系統

文／圖 ■ 郭明池<sup>1</sup>、陳世芳<sup>2</sup>、黃廷瑞<sup>2</sup>、白騏瑞<sup>2</sup>、邱冠融<sup>1</sup>、彭瑞菊<sup>1</sup>、謝明憲<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>臺南區農業改良場、<sup>2</sup>臺灣大學生物機電工程學系

## 前言

蘆筍栽培因作物及經營管理特性，收穫期每日連續性採收，各產期之母莖培育需先將原有留存之老化母莖割除，此些作業皆耗費大量人力，因此機械化作業為蘆筍栽培大面積拓展經營仰賴之關鍵要點。機械化開發若能以人工智慧辨識配合自動化機具進行採收及母莖割除，可大大減少人力，提升栽培效益，而人工識別亦可進行各項栽培處理生長紀錄，應用於訂定母莖更新的判斷指標及選留標準，作為栽培管理輔助。有鑑於此，臺灣大學生物機電工程學系與本場開發設施蘆筍智能影像生長監測系統，結合機電整合

及影像處理技術建構智能拍攝載具車，並應用深度學習演算法於影像物件判讀，建立蘆筍生長監測系統。

## 國內栽培模式之影像識別開發

國內外栽培模式差異，國內蘆筍栽培為留母莖採收模式（圖一），每株（叢）選留固定支數的母莖後再採收每日長出的嫩莖，與國外將植株（母莖）全割除，採收時地上部無母莖存在之採收方式不同（圖二）。因國外不留母莖採收地上部無背景存在，在進行影像識別時較無干擾，識別成功率高；國內因留母莖採收，採收時地上部有母莖存在，因此



圖一、留母莖栽培法



圖二、不留母莖採收方式

需同時辨別母莖、母叢或將其排除，增加辨識之困難度。而在蘆筍辨識研究方面，於國外不留母莖採收模式之場域，開發以單色相機與近紅外光拍攝嫩莖生長，以影像處理其幾何特徵分割出蘆筍之位置與長度。近期亦有研究團隊於採收機底部架設相機與飛時 (Time of Flight) 測距感測器拍攝生長影像，整合物件偵測模型、點雲技術及馬達回饋控制，用於採收目標嫩莖。惟此些辨識技術多建立於不留母莖栽培法之場域，無法直接套用於國內留母莖栽培法具複雜背景之場域，因此須另行開發適用之辨識技術。

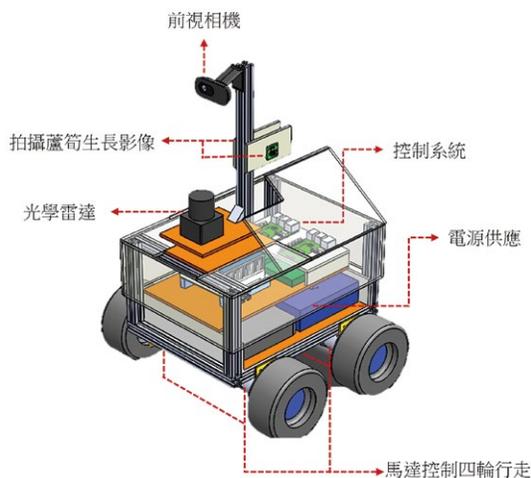
## 人工辨識及卷積神經網路

近年來人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 於視覺辨識 (Visual Recognition) 的技術發展迅速，主要泛指應用計算機系統通過分析和處理圖像資訊，用以理解及識別其內容及特徵，分析複雜的模式、結構和特徵。藉由人工智慧和機器學習方法解析視覺信息，所訓練的模型可模仿人類視覺的判別，故可用於各種監測情境中。卷積神經網路 (Convolutional Neural Network, CNN) 為目前深度神經網路領域的廣為應用主力方法之一，可協助進行特徵提取、有效識別辨識對象。卷積神經網路架構主要包含以下幾部分：(一) 卷積層 (Convolutional Layer)：將原始圖片與特定的濾鏡進行卷積運算，可設定濾鏡數目及濾鏡大小進行濾鏡特效的處理，依照個別濾鏡特效產生不同的卷積運算，而獲取設定的卷積運算圖片；(二) 池化層 (Pooling Layer)：挑選圖片局部明顯的特徵，設定縮減

的比例，縮減卷積層產生的卷積運算圖片大小，藉由降低特徵圖尺寸降低計算量，有助於優化地學習；(三) 平坦層 (Flatten Layer)：將池化層得到之圖片，進一步轉換成一維向量，將卷積層與池化層輸出的特徵拉平，進行做維度的轉換，並放入全連接層神經網路分類；(四) 隱藏層 (Hidden layer)：位於輸入層和輸出層之間，負責特徵提取並從輸入數據中學習複雜的模式。於農作栽培方面之應用，卷積神經網路近年來因其優異的辨識效能而被廣泛應用於田間辨識相關的成果，包含作物生長狀態識別、病蟲害辨識及視覺定位採收等。

## 蘆筍智能影像辨識系統開發

開發設施蘆筍智能影像辨識分為生長影像拍攝收集與標記分類、機器學習及影像辨識、結果輸出資料庫與網頁應用，接收來自智能影像拍攝行動載具之圖片影像進行後續機器學習，辨識場域中嫩莖、母莖及母叢。



圖三、載具機構示意圖



圖四、載具實際運作情況



圖五、設施蘆筍生長影像與標記：嫩莖(綠色多邊形)、母莖(紅色多邊形)與母莖叢(黃色矩形)

### 一、蘆筍智能影像拍攝行動載具

在進行神經網路訓練前，必須收集足夠之特徵影像供機器學習訓練用，目前已完成可用於收集目標環境影像之載具車，於圖片影像收集作業上，為了取代人力，開發可遠端遙控功能之拍攝行動載具(圖三、圖四)。載具車架設前視鏡頭及光學雷達，使車輛可居中行走於畦溝，並搭配兩側鏡頭，可即時拍攝蘆筍生長照片並上傳雲端資料庫。

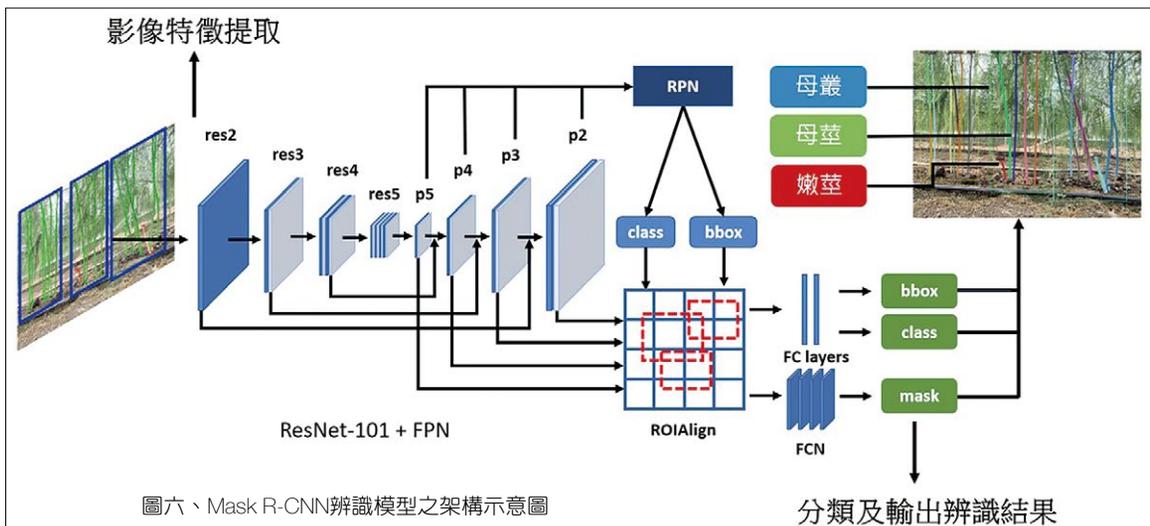
### 二、生長辨識資料收集與標記分類

為方便獲取生長狀態及位置資訊，依畦

面分區進行生長影像記錄，以拍攝行動載具車於設施蘆筍栽培場域逐日進行蘆筍影像收集。後續將影像中之目標物件分為三類：嫩莖、母莖與母叢。母叢為留母莖栽培法，選留母莖後所形成之母莖聚落(圖五)。在標記分類部分以多邊形標記嫩莖與母莖、四邊形標記母叢，以提供準確的嫩莖與母莖外型。

### 三、影像辨識方法

本研究應用遮罩區域卷積神經網路(Mask Region-based Convolutional Neural





圖七、智能影像拍攝載具車執行後之資料輸出頁面，用以展示辨識結果

Network, Mask R-CNN) 作為蘆筍辨識主架構，搭配匯集殘差網路 (Aggregated Residual Network, ResNeXt) 與特徵金字塔網路 (Feature Pyramid Network, FPN) 為特徵提取骨架作為辨識模型 (圖六)。然而由於蘆筍嫩莖每日採收特性，嫩莖拍攝後被採收，導致母莖之圖像多於嫩莖，因此利用Copy-Paste 資料增量法，隨機將他張影像中的嫩莖貼至目前訓練影像上，以平衡母、嫩莖數量差距造成的模型效能影響。本研究開發之影像辨識方法辨識準確率為母叢89.34%、母莖82.72%及嫩莖75.30%。

#### 四、結果資料庫與網頁應用

建置結果網頁平台 (圖七)，可接收來自上述載具之影像資料，深度學習辨識分析之結果，並依拍攝位置提供各區域之母莖、嫩莖數量並做歷史統計。於結果顯示頁面可依

日期與區域顯示辨識結果，並可進一步點選圖片查看母叢、母莖與嫩莖詳細資料，且可進行資料下載供後續應用。

#### 未來應用

本研究開發之設施蘆筍智能影像辨識系統，於國內留母莖栽培法，具複雜背景干擾下可有效識別嫩莖、母莖及母叢，可用於栽培管理輔助參考及試驗反應記錄，為未來各項應用之重要技術工具，例如，藉由蘆筍生長影像之有效識別，於後續可用於自動採收機之開發，在畦面上判斷達適當採收高度之嫩莖並進行機器採收，然而於國內留母莖栽培模式下，採收動作須與母莖保持適當距離避免傷及母莖，開發上較具挑戰性。