

基於機器視覺之草莓成熟度辨識技術

A Vision-Based Maturity Assessments Method
for Strawberry Automatic Harvesting

蔡雅惠

工研院機械所
智慧系統工程技術組
機器視覺系統部
副理

黃國唐

工研院機械所
智慧系統工程技術組
嵌入式控制系統部

李韋辰

工研院機械所
智慧系統工程技術組
機器視覺系統部

關鍵詞(Keywords)

- 機器視覺 Machine vision
- 成熟度 Maturity
- 色彩模型 Color model

摘要(Abstract)

本研究利用 $L^*a^*b^*$ 色彩模型來擷取草莓的成熟度特徵，以模型中 a^* 特徵來建立草莓特徵資料庫，可有效的改善 Hayashi 等人使用 HSI 彩色模型易受光源影響的缺點，本方法可有效提升草莓影像分割的完整度，並降低雜訊干擾及並提高成熟度之辨識率。

In this research, the $L^*a^*b^*$ color model was developed to capture the maturity of characteristic in strawberry automatic harvesting. A database of a^* 's strawberry characteristic is constructed, which can be effectively improved by comparing with the Hayashi's method. Besides that, the HSI color

model, however, is susceptible to have the issues on lighting source and the enhancement of image segmentation integrity. Finally, the experiment results have shown that the noise interference was decreased, and the maturity recognition rate significantly improved.

1. 前言

草莓是高值經濟作物，目前採收均採人工方式進行，全期每公頃採收人力至少需要 600 人/天，採收占總勞力之 50.25 % [1]，在農村勞力老化，人力缺乏之情況下，為了解決採收大量人力需求問題，且降低大量人工作業所造成病蟲害的損失，採收自動化將成為農業發展之趨勢。目前自動化採收方面，日本有多年研發草莓採收機器人之經驗，以機器視覺做為草莓採收辨識的基礎，透過彩色 CCD 及 LED 輔助光源擷取影像，再利用 HSI 色彩模型顏色分類及立體視覺定位技術來導引機器人自動採收，但因成熟度辨識容易

受環境光源亮度及色溫影響而誤判，且整體處理速度慢，目前仍無法真正落實於產業之應用。

在草莓成熟度辨識方面，因草莓為不規則曲面，在不同環境、視角及深度時，其草莓表面呈現的色相及飽合度皆不相同，日本草莓採收機器人採用 HSI 色彩模型分類，容易受到環境光源亮度及色溫而影響而使成熟度辨識率不高。本研究中採用 L*a*b* 色彩模型來擷取草莓的成熟度特徵，並以模型中 a* 特徵表現紅色至綠色的成分，來建立草莓成熟程度特徵資料庫，再搭配光源的設計佈局，將可有效提升成熟度辨識率。

2. 草莓自動採收辨識流程

草莓自動採收辨識流程中首先透過攝影機大範圍取像，使用彩色影像空間轉換濾除技術，初步偵測出疑似成熟草莓果實之位置，完成成熟草莓初步定位及個別果實偵測順序後，進行草莓物體與背景分割作業。草莓物體分割作業，主要分為草莓果實及果萼/柄部分分割，在果實分割流程裡包含果實色彩分析以及果實成熟度計算。在果萼/柄分割流程中，則進行果柄定位，包含採收位置、方向及伸出角度偵測，以利採收夾爪進行採收作業，辨識流程如圖 1 所示。

3. 草莓定位與果實分割

草莓影像透過色彩空間分析可將非成熟果

實的部分先濾除，保留可能為成熟果實的部分快速定位，再分析出各成熟果實之成熟度以做為分辨採收之標準，以下將針對色彩空間分析及草莓果實快速定位方法做說明。

3.1 色彩空間影像分析

本研究中利用 L*a*b* 色彩模型[2, 3]來決定草莓成熟與否的特徵，而 CIE L*a*b* (CIE 1976) 是慣用來描述人眼可見顏色最完整的色彩模型，L*a*b* 色彩空間是顏色-對立(color-opponent)空間，L* 空間代表亮度，a* 和 b* 代表顏色對立空間，基於非線性壓縮的 CIE XYZ (CIE 1931)[4] 色彩模型而來。由於 a* 空間為表現紅色至綠色的成分，適合於建立草莓顏色特徵資料庫，L*a*b* 色彩模型的演算法如下：

$$L^* = 116 f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16$$

$$a^* = 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right]$$

$$b^* = 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right]$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{\frac{1}{3}}, & \text{if } t > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{1}{0.17697} \begin{bmatrix} 0.49 & 0.31 & 0.20 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0.00 & 0.01 & 0.99 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

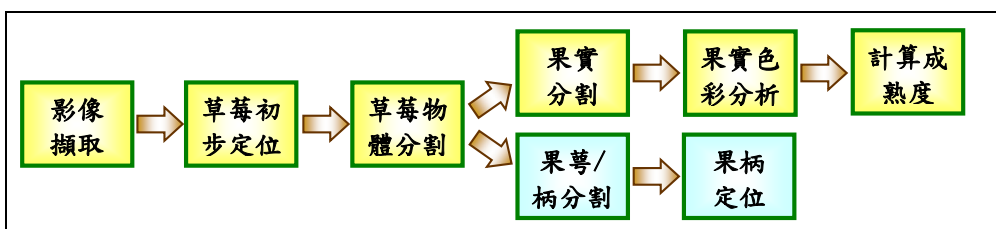


圖 1
草莓自動採收辨識流程

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】356期・101年11月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw