

# 具標示與追蹤能力之植物影像教學平台

蔡哲民 崑山科技大學資訊管 理學系 tjm@mail.ksu.edu.t w	傅耀賢 高雄醫學大學生物醫 學暨環境生物學系 m805004@kmu.edu. tw	周家弘 崑山科技大學資訊管 理學系 samejack@msn.com	賴峻廷 崑山科技大學資訊管 理學系 mit872084@hotmail. com
--	--	---	--

## 摘要

本論文提出一個具備標示物件與物件追蹤能力之影像互動教學平台，並將其應用於植物或者生長過程緩慢的生物觀測上。使用本教學平台的師生將可以透過線上教學系統所提供之指標及多邊形圈選功能，針對影像中的物件進行標示及線上即時互動討論，以達到教學平台互動之優點。在物件追蹤上我們使用動態輪廓模型演算法與影像梯度結合，即使影像中的物件發生變化而其輪廓改變時也能自動化地追蹤並且更新該物件之相關資訊，快速地修正標示輪廓座標位置。本文以觀測綠豆之生長為例，利用 CCD Camera 擷取影像並透過影像處理技術達到追蹤物件之能力，本系統以 Java 程式撰寫而成，提供使用者透過瀏覽器執行 Java Applet 或直接使用 Application 執行線上教學平台。本系統將可以應用於輔助國中、小自然科學課程之生態教學中，透過即時的影像及互動式的教學可讓學生更容易了解生物之生長過程。

**關鍵詞：**線上教學、動態輪廓、物件追蹤、物件標示、影像處理

## Abstract

This paper proposes a teaching platform which can mark objects and trace the marked objects with slow moving speed. The marks are created by teacher initially, and then are traced and modified by proposed system. We use active contour model algorithm composes with image gradient to trace the edge change of objects.

This platform is implemented by JAVA and PHP, which can be accessed through browser. Some mung beans are kept under observation through this system in demo website.

The proposed platform also provides pointer and polygon drawing functions to support the interaction among teacher and students. It is suitable for the courses concerned the development of plants or cells.

**Keywords:** Active contour, object tracked and object marked.

## 1. 前言

現今網際網路蓬勃發展，多元化的網際網路教學系統成為目前提供輔助學習之最佳工具，知識的傳授已不再侷限於特定的時空下進行。然而現今的遠距教學系統所包含的教學內容，將由傳統以文字及公式為主體而延伸至藉由圖片、多媒體等方式傳授影像與標示為主體的知識。然而如何在教材中有效且正確地標示物件，以完成教材的製作將會是一個重要的課題。

以往在進行圖形化的數位教學時，其教材內容大多針對固定不會變動的物體進行影像物件標示教學[3][4][6]，在活體動態的教材影像上，因為影像物件標示不易則大多傾向以電腦動畫繪製方式呈現，往往失去教材本身的真實性，且製作動畫成本高昂，更增加教材製作的困難。再者，針對連續教學影像中之同一物件，亦需要花費大量人力以手動的方式反覆重新針對不同張影像中的同一物件，進行標示並加以解說，這樣的方式對於數位教材的製作是極為繁雜費時且耗費人、物力資源。在我們以前曾製作的一套植物觀測平台中[5]，在影像標示部分使用 Fuzzy C-Mean 對物件與背景做分群的動作，但是這樣的方式容易受到環境光線的影響且運算複雜度高並不適合用在即時運作的系統上。

為了開發即時教學平台與改進上述之缺點，本系統採用以 CCD Camera 拍攝的方式，來擷取目前植物生長之影像。在植物生長初期先由教材製作人員針對影像中存在的物件進行初始輪廓標示，標示完成後即以現今成熟之電腦影像處理技術，使用 Sobel 邊緣偵測與動態輪廓模型演算法[8]來追蹤物件輪廓之變化，當植物於成長過程中發生改變時，系統將隨時自動修正與更新影像物件的輪廓位置資訊，讓使用者隨時能夠掌握正確的物件輪廓資訊，使得即使在無人操作的環境下也能夠自動修正標示物件之輪廓，減少製作教材人員反覆修正所耗費的人力與時間。

在教學方面，本系統提供 Applet 與 Application 兩種執行模式，可同時支援授課教師與多位學生同時於線上進行植物生長過程觀測，並藉由教學平台中所提供的指標標示與多邊形圈選標示的功能，進行互動式的討論，方便授課教師能透過網際網路即時與學生對話教學，提高學生之學習成效。學生在課餘時間亦可透過網際網路隨時上網觀察植物生

長的情形與畫面，點選所感興趣的物件來取得物件之說明資訊。我們發展這樣的系統可以應用於國小自然科學課程中，讓學生可以看見目前植物的生長情形，以達到輔助教學之目的。

## 2. 系統架構與系統設計運作

本研究以「綠豆的生長」為例，將綠豆種植於穩定光源的環境中。系統平台採用 Open Source 的 Linux、Apache 網頁伺服器為基礎架設教學網站，程式部份則以 Java 與 PHP 為主，撰寫開發完成。植物生長影像取得方面則由 IP Camera 接收後傳回 server 端。在系統中設定每間隔 20 秒便執行影像物件輪廓的更新修正動作。系統架構圖如圖 1 所示，硬體取圖環境照片如圖 2 所示。

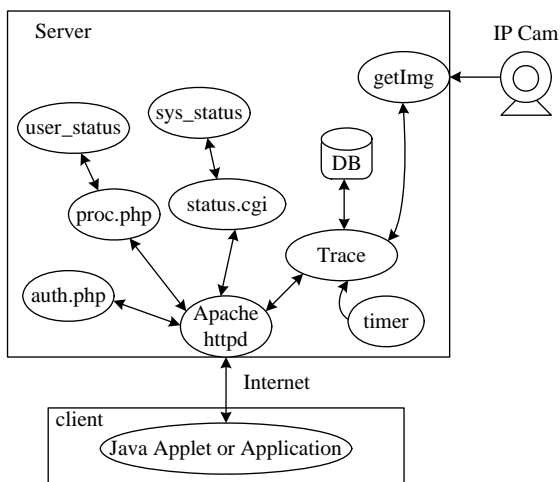


圖 1 系統架構圖



圖 2 硬體取圖環境照片

在 server 端軟體部份，主要是以 PHP 與 Java 為工具開發完成。使用者的身分認證機制透過 auth.php 連接系統 imap port 進行驗證；使用者的狀態透過 proc.php 取得；藉由 status.cgi 可取得教學系統平台狀態；影像物件輸入與追蹤則透過 trace 程式完成。考量在植物成長過程中影像物件數量少，故系統中是採用以文字檔記錄的方式儲存物件資訊。

為了提供更為完善且人性化的使用者介面，且便於取得使用者的操作資訊，本系統採用 Java 進行使用者介面的開發，撰寫可 Applet 與 Application 兩用之程式，以期讓使用者除可透過瀏覽器執行外，亦可直接執行教學平台程式，增加使用者的使用彈性，使用者介面如圖 3 所示。

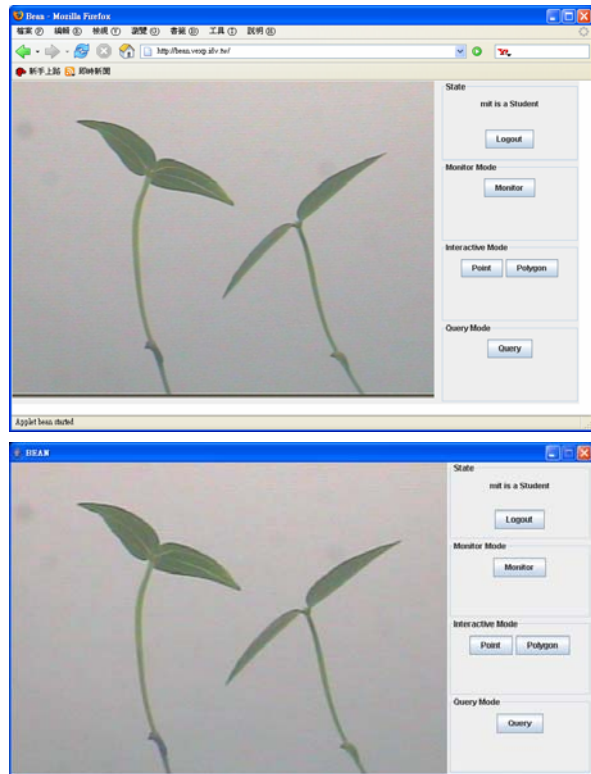


圖 3 Applet 與 Application 之使用者介面

以下我們將針對影像物件的追蹤修正及具指標與多邊型區域圈選的互動式教學作進一步的說明與介紹。

### 2.1 影像物件追蹤

本系統使用動態輪廓模型 (Active contour model) 又稱為蛇形 (Snake) 演算法作為影像物件追蹤之演算法，該演算法最早在 1988 年由 Kass[8] 所提出的輪廓模型為概念。目前在醫學影像 [1][2] 的處理中也常使用此演算法，用來處理低對比度與高雜訊之醫學影像物件切割與邊緣偵測，故亦可用於物件之追蹤與輪廓搜尋，先前已有研究者 [10] 提出以此方法追蹤實驗用之老鼠行走路徑，與研究者 [9] 使用於家畜的追蹤實驗中。在本系統中使用該演算法於追蹤變化中的物件輪廓資訊。該演算法為一種半自動的輪廓偵測演算法，必須事先定義標示物件之初始輪廓，接著藉由計算影像之最小能量值 (Energy Minimization) 的方式移動控制點進而將初始輪廓趨近至影像之特徵位置。傳統之動態輪廓模型公式如下 (式 1) 所示：

$$E_{total} = \int_0^1 E_{snake}(v(s))ds = \int_0^1 (E_{int}(v(s)) + E_{ext}(v(s)))ds \dots (式 1)$$

其中  $E_{total}$  為整個輪廓之總能量，而  $E_{snake}(v(s))$  為輪廓上某個控制點之能量，而總能量又為內部能量  $E_{int}(v(s))$  與外部能量  $E_{ext}(v(s))$  之總和所組成，其中  $v(s) = (x(s), y(s))$  所指為控制點在影像中之資訊，可以由像素梯度值或影像強度值等資訊所組成。

而內部能量(Internal Energy)的定義為初始輪廓上各單一控制點所計算出來的能量，主要為了維持輪廓之線性與平滑度，公式如下(式 2)所示：

$$E_{int} = (\alpha|V_s(s)| + \beta|V_{ss}(s)|) / 2 \dots (式 2)$$

其中  $\alpha$  與  $\beta$  為第一項與第二項的參數，當  $\alpha$  越小將導致輪廓的連續性降低， $\beta$  越小則輪廓變的更平滑，公式中的  $|V_s(s)|$  與  $|V_{ss}(s)|$  為控制點  $v_i$  的一階微分與二階微分，亦可寫成如下(式 3)與(式 4)：

$$|V_s(s)| = \left| \frac{dv_i}{ds} \right| = |v_i - v_{i-1}| \dots (式 3)$$

$$|V_{ss}(s)| = \left| \frac{d^2v_i}{ds^2} \right| = |v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}| \dots (式 4)$$

而外部能量(External Energy)的定義為影像資訊所計算出來的能量，其主要的目的為促使輪廓漸漸移動至影像特徵上之外部推力，所指之特徵像是影像之邊緣、線段、強度等。外部能量之公式如下(式 5)所示：

$$E_{ext} = -\gamma|G(x, y)| \dots (式 5)$$

其中  $|G(x, y)|$  為影像的梯度值， $\gamma$  為外部能量的控制參數，在本文中所使用的梯度值取得方法為 Sobel 邊緣偵測，使用以下水平遮罩  $G_x$  與垂直遮罩  $G_y$  對來源影像  $I(x, y)$  做梯度計算，計算  $G_x$ 、 $G_y$  與  $G(x, y)$  公式如下(式 6)、(式 7)和(式 8)所示：

$$G_x(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * I(x, y) \dots (式 6)$$

$$G_y(x, y) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * I(x, y) \dots (式 7)$$

$$G(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \dots (式 8)$$

取得影像梯度值後，最後我們將  $E_{snake}$  公式整理如下(式 9)所示：

$$E_{snake} = \int_0^1 ((\alpha|V_s(s)| + \beta|V_{ss}(s)|) / 2 - \gamma|G(x, y)|)ds \dots (式 9)$$

透過上面的公式(式 9)，針對輪廓上各個控制點周圍  $m$  乘  $m$  的區域計算最小能量出現的位置，接著將控制點移動至能量最小的座標點上，使輪廓達到逼近物件邊緣的效果，如下圖所示。圖 4 為原始影像，圖 5 為將原始影像轉灰階後經過 Sobel 邊緣偵測的結果。圖 6 中紅色標示為教材製作人員手動圈選之初始輪廓，圖 7 為經過一次動態輪廓模型演算法所修正的標示輪廓，當初始輪廓之控制點不足時，將自動增加適量的控制點以利輪廓進行動態輪廓模型演算法。在圖 8 中顯示一連串植物影像之物件追蹤結果。



圖 4 原始影像



圖 5 邊緣偵測梯度影像

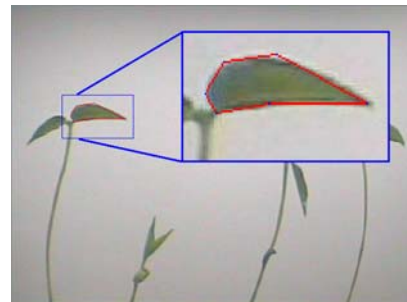


圖 6 手動標示物件初始輪廓

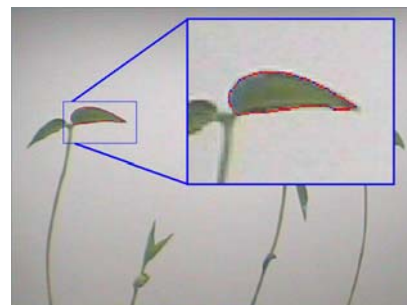


圖 7 輪廓經由演算法修正後較靠近物件



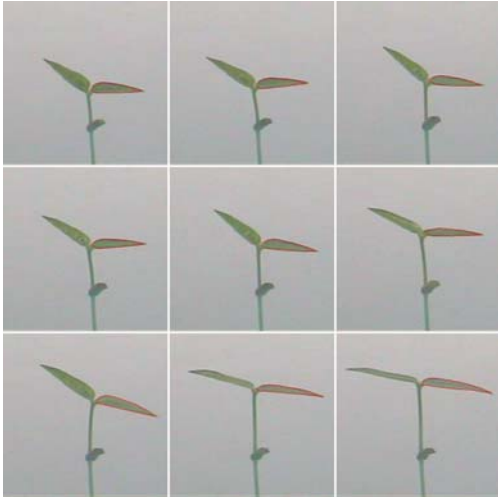


圖 8 一連串的植物輪廓追蹤影像  
(由左至右,從上至下依序為9個時間點的追蹤修正)

在本系統中,將會持續不斷監控追蹤植物生長過程中之影像物件的移動,並加以修正更新物件資訊記錄檔之內容,使用者可隨時透過系統提供的「物件查詢」功能獲得最新的物件相關資訊,物件查詢畫面與結果如圖 9 所示。當使用者點選影像欲查詢物件資訊時,系統會將使用者滑鼠點選座標位置傳回伺服器端,伺服器端接收到該座標點後比對物件記錄檔中的輪廓位置,找出相符的物件並將該物件資訊回傳至 Client 端,Client 端接收到回傳之物件資訊便將物件輪廓及物件說明內容更新顯示於畫面中。藉由整合此物件追蹤的機制,教材的製作人員針對相同物件僅需進行一次的標示說明,物件發生變動時,則由系統自動更新資訊內容,大幅提高整個教學系統在教材製作上的便利性,可降低透過人工修正而花費的時間及人力,除此之外,亦可改善因變動後未及時更新物件資訊而造成的錯誤情形,提高整體教學教材內容的正確性。

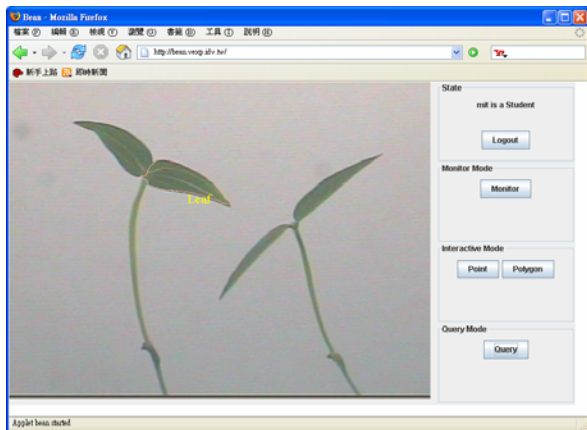


圖 9 物件標示查詢結果

## 2.2 指標與多邊型區域標示之互動教學

以影像為基礎的教學系統在教學過程中,參與課程的師生常需要進行即時的溝通討論,因此是否

提供完整的影像標示討論功能便格外重要。本系統中除了具有物件查詢功能可供個別單一使用者進行觀測與學習外,我們亦提供了可支援授課教師與學生同時多人使用的線上互動討論教學功能。其互動方式包含了指標單一位置點的標示與多邊型區域範圍標示兩種。

在單一位置點標示部分,使用者可透過 Java Client 點選操作介面中的「Point」按鈕並在影像中點選欲標記之位置,在選定位置並選擇「Submit」後,透過 PHP 程式將滑鼠點取之座標位置傳回 Server 端暫存,並修正系統參數,當 Client 端發現系統參數改變時便進行資料與畫面的更新,顯示指標資訊;依據使用者登入身分的不同,其點選的指標將會以不同的顏色區別,如圖 10 所示。圖 10 中 test 是以教師身份登入,mit 是以學生身份登入。

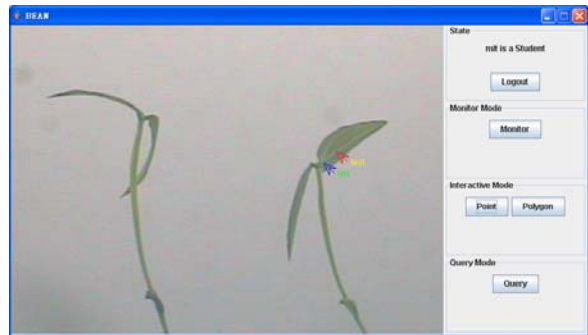


圖 10 單一點指標標示

在影像討論過程中,雖然單點標示增加了師生溝通交談的便利性,但對於較大面積的區塊影像卻不易表達,故本系統提供了多邊型區域圈選的標示功能。參與課程的師生可透過圈選區塊的方式針對影像中的物體更加明確的表達欲傳達的訊息,彌補了單一點指標標示上的不足,強化線上溝通互動的機制,如圖 11 所示。圖 11 中 test 為教師身分,mit 為學生身分。使用者透過點選操作介面中的「Polygon」並在影像中以滑鼠連續點選的方式進行多邊形區塊的圈選,圈選完畢後連同所輸入之對話訊息一併送出;server 端的 PHP 程式接收到該筆訊息後將該筆資訊暫存於系統中,並修正系統參數,當 client 端程式發現系統參數更動時便進行資料及畫面更新,將 polygon 及對話訊息顯示於畫面中。



圖 11 多邊型區域圈選標示

在本系統的互動討論教學主要是採取改變伺服器端的教學系統參數的方式進行設定；當 client 端程式偵測到 server 端參數有變化時才進行畫面及資料的更新，相較於以不斷 reload 的方式更新資料與影像，此一機制對於網路教學系統而言，在多人使用的情況下，除可大量節省網路的頻寬外亦可降低系統的負載。

### 3. 比較與討論

在我們實作系統的過程中，在追蹤物件上採用傳統動態輪廓模型演算法，這樣的演算法在使用者標示初始輪廓時必須盡可能靠近物件之邊緣，方能有效的進行邊緣輪廓的修正，意味著在物件快速變化時我們也必須提高更新輪廓之頻率，否則將容易出現追蹤錯誤之情形。此外，影像之背景也可能包含各種雜訊梯度的存在，這樣的背景梯度將可能使得物件輪廓在更新修正時受到雜訊的干擾而產生輪廓追蹤上的錯誤。而這樣的情形可以針對影像梯度進行事先的濾波動作，例如經由中值濾波器對雜訊做進一步的處理等，或是藉由調整動態輪廓模型演算法中的  $\alpha$ 、 $\beta$  與  $\gamma$  三個參數來改善輪廓移動誤差情形，並得到更好輪廓的修正結果。而未來將可改以輪廓收斂效果較佳之梯度向量流動態輪廓模型(Gradient Vector Flow Snake, GVF)[7]取代傳統的動態輪廓模型演算法，以獲得更為精確之物件輪廓資訊。

本系統操作過程中，當使用者完成初始輪廓之標示後，所標示之輪廓點數可能發生點數過少之情形，而在經過下一步驟的動態輪廓模型演算法後將無法得到良好的收斂效果，且無法獲得物件上平滑的邊緣輪廓，為了避免這樣的情形發生，在標示初始輪廓後系統將自動增加適當的控制點以利後續動態輪廓模型演算法之運算。由於增加控制點之數量與畫面之解析度及標示物件之大小有相對的關係，若控制點過少將使物件輪廓失去平滑性，過多的控制點則成為多餘的運算負荷，故在我們的實驗中設定每間隔六個像素即增加一個控制點。

目前系統是採單一觀測角度方式進行植物生長情形觀測，未來可利用本系統的追蹤技術結合遙控自走車技術移動取像的 CCD 裝置，建立一個多角度甚至大範圍之觀測教學平台。在未來改善追蹤技術後亦可將觀測目標物從植物的生長或緩慢移動生物延伸至一般生物的生態追蹤觀測教學。

### 4. 結論

我們製作了一套具即時追蹤修正標示物件功能之植物影像教學平台，該系統使用 Open Source 的 Linux 作業系統及其他免費套件為基礎，使用具網路功能之 CCD camera 作為影像的取像設備針對植物的生長進行即時的觀測，並結合影像處理中的動態輪廓模型演算法進行移動物件的追蹤及邊緣

輪廓資訊的修正。利用 Java 程式語言進行使用者界面的開發，提供參與教學的使用者具指標與多邊型區域標示的互動功能。除此之外，透過偵測系統參數的機制亦可節省網路頻寬與伺服器端的系統負載。此一教學平台將可適用於中、小學自然科學教學中生物觀測之用。

### 參考文獻

- [1] 吳文鈴、張瑞峰，「主動尋找輪廓模型應用於 3D 乳房超音波之腫瘤切割」。2001，中正大學碩士論文。
- [2] 彭文立、李建興，「結合分水嶺轉換與動態輪廓模型應用於手部骨骼影像分割」。2004，中華大學碩士論文。
- [3] 蔡哲民、傅耀賢等，「線上顯微鏡教學系統」，Proc. of 2005 數位學習研討會，屏東：國立屏東師範學院，2005.5.4, pp.282-291。
- [4] 蔡哲民、傅耀賢、蕭智祥，「一個以圖形與標示為中心的組織型態教學系統」，Proc. of ECDL 2005，台北：福華國際文教會館，2005.3.25-26。
- [5] 蔡哲民、傅耀賢、周家弘、王連祥，「具自動標示功能之植物觀測教學平台」，Proc. of ICIM 2006，高雄：義守大學，2006.5.27
- [6] 蕭智祥、蔡哲民，「以影像與標示為主體的遠距教學平台-以大體解剖學為例」，Proc. of TANET 2004，台東：台東大學，2004.10.27-29，上冊 pp.78-83。
- [7] C. Xu and J. L. Prince, "Gradient vector flow : A new external force for snake." Proc. of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 66-71, 1997.
- [8] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos, "Snake: Active contour model," Internation Journal of Computer Vision, pp. 321-331, 1988.
- [9] R.D. Tillett, C.M. Onyango and J.A. Marchant, "Using model-based image processing to track animal movements." Computers and Electronics in Agriculture 17, pp 249-261, 1997.
- [10] Z. Kalafatic, S. Ribaric and V. Stanisavljevic, "A System for Tracking Laboratory Animals Based on Optical Flow and Active Contours." IEEE Faculty of Electrical Engineering and Computing, pp. 334-339, 2001.