

應用於種苗移植作業之機器視覺系統

A Machine Vision System for Seedling Transplantation

國立台灣大學農業機械工程學研究所碩士

國立台灣大學農業機械工程學研究所副教授

賴 天 明

林 達 德

Tian-Ming Lai

Ta-Te Lin

摘 要

本研究之目的為建立種苗移植作業之機器視覺系統，以偵測育苗箱中種苗缺株情形。此機器視覺系統以OCULUS 150影像處理卡和照明系統擷取二元化的種苗影像。所得影像經過四種影像處理方法—常態分佈法、三角分佈法、判斷區域設定方法和數位遮罩處理，以得到代表各苗格內種苗之有效像素。此有效像素可作為偵測苗格是否缺株之指標，根據苗格內之有效像素數目，再利用變異數判斷法或統計圖判斷法判斷出育苗箱中之缺株苗格。機器視覺系統完成後以西瓜和甘藍種苗進行偵測試驗。實驗結果顯示影響判斷準確率的因素為育苗箱背景、種苗葉片面積、苗格中生長位置和照明之均勻程度。以黃土栽培的種苗在相同的灰度分界值下，缺株偵測之結果較差，最小的判斷正確率為79%，而對於深色泥土或黑色介質栽培的種苗，四種處理方法和兩種缺株判斷方法可百分之百偵測出缺株苗格和非缺株苗格。單一影像處理時間與處理方法有關，利用區域設定方法以286個人電腦處理時，所需的處理時間約為7秒鐘。此機器視覺系統之設計可適用於各類育苗箱，處理所得缺株苗格座標，可提供未來發展之種苗移植機構定位之用。

關鍵詞：機器視覺系統、種苗、移植、影像處理

ABSTRACT

A machine vision system was developed in this research for inspecting seedlings in nursing trays. Binary images of different types of nursing tray were acquired with an OCULUS 150 image processing card and a lighting setup. These images were further processed with four filtering methods, normal distribution method, triangular distribution method, AOI setting method and masking method to obtain effective pixels representing seedling images in tray cells. The number of effective pixels was used as a criterion for determining the existence of seedling in a tray cell. Two classification algorithms, variance method and histogram method, were developed to detect the absence of seedling based on the effective pixel criterion. Nursing trays planted with watermelon seedlings and cabbage seedlings were tested and inspected with the machine vision system developed. The major factors which may affect the accuracy of seedling tray inspection were: leaf area, seedling position in the tray, soil background and uniformity of lighting. The worst case of inspection accuracy was 79% for seedlings planted on yellow soil due to similar grey levels of the leaves and soil background. For watermelon seedlings and cabbage seedlings

planted on dark soil or medium, all four filtering method and two classification algorithms have proved to be successful, and the existence or absence of seedling in a tray cell could be accurately identified without error. Individual image of seedling nursing tray could be processing in 7 seconds using an AT 286 personal computer. The machine vision system was designed to be flexible for a change in tray configuration. The detected coordinates of missing seedlings in a nursing tray can be used for positioning operation of transplant mechanisms to be developed.

Keywords: Machine Vision System, Seedling, Transplantation, Image Processing.

前 言

在具有環控設施的溫室中利用育苗箱培育幼苗，待其生長至一定程度，再行移植到田間種植，可使幼苗有較高之成活率且生育良好而不易發病，作物產量可因此而提高，更重要的是採收期可提前而提高其市場的競爭能力。以本省之蔬菜為例，採收期往往可提前七天到十四天左右，所以這種栽培方式在本省已為農民所接受且正逐步推廣中（張，1990）。另外從機械化作業觀點言之，培育於育苗箱中之種苗配合蔬菜移植機與收穫機之發展，在本省農村勞力老化之現況下，亦將成為未來本省蔬菜栽培之必然趨勢。目前已有專業化育苗中心或農民投入於培育幼苗的工作，於多種不同型式之育苗箱中把培育成功的幼苗出售給農民，故種苗之培育除了為將來蔬菜栽培作業中重要之一環外，種苗生產本身亦將獨立成為一經濟性生產事業，而今後幼苗的培育工作走向專業化與企業化經營的農業生產方式，在本省將成為未來之走向。

機械化的種苗生產作業中，種子通常可以真空吸力或機械方式精確地點播至育苗箱之苗格中（Hassan, 1981; Parish et al., 1991），然由於受種子品質與生長環境影響，苗格中之部分種子仍然會有無法發芽或發育不良的可能，造成催芽與綠化後之苗箱中有缺株的情形發生。為了解決此情形，目前需由人工判斷育苗箱中缺株的苗格位置，然後再進行人工補植作業，相當耗費人力。由於在世界性之農業勞動力短缺衝擊下，種苗生產作業將逐步走向機械化與自動化的階段，以合乎生產需求，而缺株補植作業若以傳統人力方式完成，則必將成為整個種苗自動化生產作業中的人力瓶頸之一。因此若移植或補植作業中之複雜人工動作，能以自動辨識與機械動作取代，使種苗生產作業得以一貫化，方能建立整個花卉與蔬菜生產體系一貫化與自動化之基

礎。

育苗箱中之缺株偵測方式，應以非接觸式之感測方式為佳，以減少因接觸偵測時所可能造成之種苗損傷。Maw等人（1986）採用光感測方式設計梳子狀之缺株偵測系統，固定放置於育苗箱上方，當育苗箱以步進馬達控制移動，使植株通過一對發射器和接受器之間，植株便會因遮斷光線造成光感測器之訊號中斷而產生脈衝訊號，此脈衝訊號即可經過電腦界面被電腦讀取以判斷苗格中是否有植株。利用上述方法，對松樹、胡椒和蕃茄的種苗進行試驗其判斷誤差小於3%，而處理200株一箱的種苗所需的時間約為5秒鐘。在應用機械手臂進行種苗移植作業之研究方面，Ting等人（1990）於機械手臂手端安裝了電容式之種苗偵測器，在確認苗格中有種苗後方進行移植作業，以正確完成植株之移植動作及減少不必要之機械手臂行程。Eddington等人（1988）利用光纖與光感測原件設計了選別煙草的系統，依據煙草苗葉片經光纖照明所反射之光頻譜與葉片面積，此系統將過小之煙草苗正確區分出來之成功率達95%。在蔬菜育苗箱之缺株偵測研究方面，Aoyama等人（1992）應用微電腦界面控制氣動機械，使光感測器能逐一檢測苗格中是否有植株，該研究中分別以假苗與萵苣為對象測試系統之性能，對假苗而言，缺株偵測之正確率可達100%，然對於萵苣苗而言，缺株偵測之正確率約為95%。造成錯誤判斷之主要原因為萵苣苗不一致之生長狀態所致。另外於系統操作時，偵測裝置之性能受光感測器與種苗距離、種苗大小以及感測時間等因子所影響。

近年來有關機器視覺系統之應用，不論在工業或農業上均有顯著之發展，於農業應用方面更是隨視覺系統硬體價格之下降，在高產值農業生產之應用日漸廣泛。謝（1990）應用影像處理卡以迴歸區域填佈理論作蔬果大小之二維選別及建立選別指

標。李(1990)利用影像處理系統和背光照射法獲得檸檬二元影像，然後量測其長度、寬度、投影面積與投影之邊界長。實驗結果顯示投影面積與質量、長度和寬度之間均有高的相關係數，故可應用於檸檬之選別或分級作業。Rehkugler和Throop(1989)利用攝影機攝取一個旋轉一週後大小為250x64像素的蘋果表面影像，然後用影像處理的方法得到蘋果表面深色部分之影像，愈接近圓形的部分，則為其表面瘀傷。判斷一顆蘋果瘀傷所需的平均時間為2到3秒鐘。另外於玉米（Gunasekaran, 1988）、雞蛋（Elster and Goodrum, 1991）、蘋果（Troop et al., 1989）與種子（Berlage et al., 1984）等農產品品質判斷之應用研究亦不勝枚舉。

機器視覺系統是目前可用以代替人工判斷育苗箱缺株情形的另一可行方法。利用攝影機擷取育苗箱之二維影像，再以影像處理與分析技術，進行育苗箱影像缺株苗格位置的判斷，可提供補植機構所需的定位資訊。與前述之種苗偵測方式一樣，應用影像處理原理建立機器視覺系統進行種苗缺株偵測，為非接觸式偵測，雖然設置成本較高，然由於其在應用上較具彈性，可適用於不同尺寸之育苗箱，且一般而言其缺株偵測方式為二維影像之判斷，速度將較苗箱一維偵測或個別種苗偵測之方式為快，而缺株判斷之成功率，則視機器視覺系統內之處理與判斷法則優劣而定。因此，本研究之主要目的有以下三項：

- 一、建立判斷育苗箱缺株情形之影像處理法則及分析方法。
- 二、對育苗箱中之假種苗、西瓜和甘藍種苗進行缺株判斷實驗，並依判斷結果提供移植機構定位之資訊。
- 三、建立種苗移植作業機械之機器視覺系統軟體。

試驗設備與研究方法

種苗缺株判斷之機器視覺系統主要可分為硬體和軟體兩部分說明，硬體設備主要是用以在較佳之照明條件下取得育苗箱之種苗影像，而軟體則為根據所得影像，進行影像處理和缺株判斷之法則與程式。以下就所設置之軟硬體設備及所應用之研究方法分述之：

一、種苗和育苗箱之選擇

本研究中之試驗種苗為台灣省桃園區農業改良

場所提供的西瓜與甘藍種苗，而於初期試驗時則採用紙製的假種苗以利實驗之進行。試驗中所用之種苗均以植株葉片的生長範圍不超過苗格為原則，以避免各苗格之間的植株影像發生相互干擾的現象。至於育苗箱方面，假種苗之育苗箱是根據甘藍苗箱大小，以黑紙繪製而成的模擬育苗箱，而表1所示為西瓜與甘藍育苗箱之大小規格。

二、攝像硬體系統

攝像硬體系統大致上可分為影像擷取系統和照明系統兩部分，主要功能是希望於可控制之照明條件下取得適當的種苗影像。組成此系統之主要構件與連接關係說明如下：

1. 影像擷取設備

完成影像擷取工作所需之硬體主要有影像處理卡、CCD攝影機與個人電腦，其中影像處理卡採用CORECO INC.製造之OCULUS 150二元影像卡，謝(1990)曾應用此影像卡進行水果選別之影像處理方法研究。影像擷取功能之控制由IPC 610 286工業級電腦（研華公司）透過卡上3個控制暫存器之設定達成（CORECO INC., 1985）。攝影裝置為日本ELMO公司型號為EC-202之CCD攝影機，物體經由CCD攝影機取像後，依明暗程度數位化為256個灰度，再經由OCULUS 150影像卡以設定之灰度分界值，直接以黑白二元影像輸出於電腦之黑白監視器上。影像灰度分界值可以程式設定，因此調整灰度分界值即可調整顯示影像中灰度值大於分界值之亮點數目。

2. 照明系統

由於所攝取之影像受照射光線的強弱和分佈均勻程度影響很大，適當強度且均勻的光線，能使攝影機攝取苗箱中所有資訊的機會相等，且可避免不恰當之陰影產生。一般在室內或室外的光線，強度大都不足也不夠均勻，為了能有一個良好的攝影環境，必需設計一個照明系統，使得光線能控制在一適當且均勻的強度範圍內，以便得到好的種苗影像。

圖1所示為本研究所完成之照明系統，系統之照明室以厚3mm黑色壓克力板與角形鋁條組合而成，內層漆成白色以產生散射及減少吸熱，內部安裝兩排各三個之60瓦鎢絲燈、兩個散熱用風扇和一扇作為照明暗室之維護及實驗時之門，燈光強度可由調光器調整。攝影機固定於可三軸移動之位置調整架上，以便應用於各種不同尺寸之育苗箱時，可調整攝影機位置取得適當影像。

表1 各種育苗箱之規格與攝影高度

編號 No.	育苗箱尺寸 長×寬×高 (cm)	育苗格尺寸 長×寬×高 (cm)	苗格格數 長×寬 (格)	種苗種類	材 料	攝取影像 中之苗箱 大小	攝影機離 箱面高度 (m)
1	61×31×5	5.0×5.0×4.5	12×6	甘 藍	黑色塑膠	半 箱	0.72
2	36×32.5×7.5	6.0×6.0×7.0	5×6	西 瓜	黑色塑膠	全 箱	0.77

單位：公分（cm）

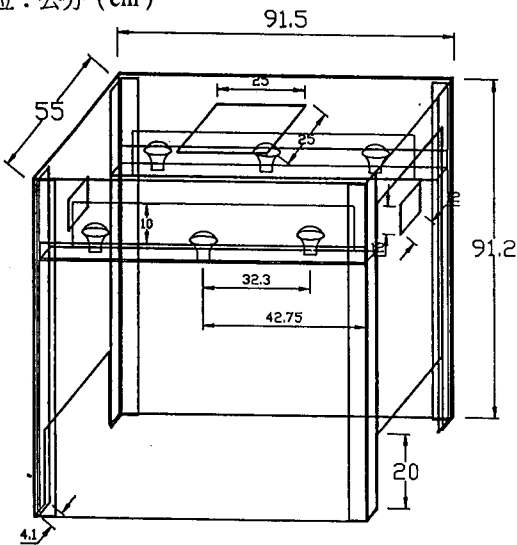


圖 1 育苗箱影像擷取之照明暗室尺寸圖

攝影機的高度決定了所攝取到的育苗箱影像大小。由於各類種苗依生產作業需求不同，其培育用的育苗箱也各自不同，表 1 中所列之甘藍育苗箱若要全箱攝入影像中，將使得所攝取之各苗格的影像相對地變小，而會減少各植株原始影像的資訊，影像判斷之正確率。另一方面，若攝影機的位置過高，則配合攝影之照明暗室體積也將相對隨之變大。由於受上述因素的影響，本研究中所攝取之每一甘藍苗影像僅包含半個育苗箱，而西瓜苗之影像則為整個育苗箱。

由於攝取之影像為具有灰度之黑白影像，對育苗箱中之種苗而言，所欲攝取之影像為苗格中之種苗，同時希望種苗之背景能與種苗有強烈之對比而

得以分離。因此於攝取影像時除應注重照明外，適當之濾光亦有助於分離不同顏色之種苗與土壤或介質背景。若以特定波長範圍的濾光材料過濾進入 CCD 攝影機之光線，則只有具此特定波長範圍的顏色會通過。故在攝取種苗影像時，可利用相近於葉片波長範圍的濾光材料，濾去苗箱中不屬於葉片顏色的部分（如土壤或介質），以減少不必要的影像資訊，獲得所要的種苗影像。在本研究中以簡易方式，於 CCD 攝影機鏡前加上深綠色透明玻璃紙濾光，經過濾光處理後，影像中種苗與背景間之對比有顯著提高，有利於影像之分析及缺株之判斷（賴，1992）。

三、影像擷取與苗格座標計算

種苗影像之獲得乃藉由CCD攝影機將外界影像之類比訊號轉換為數位訊號，經由OCULUS 150影像處理卡擷取至IPC 810 286工業級電腦上進行處理。由於進行缺株判斷之最終目標為偵測出育苗箱中缺株之苗格座標，以利移植機構依座標定位進行移植作業，因此於擷取苗格影像後必須計算出各苗格影像在電腦記憶體之對應位置。在本研究中所設計之機器視覺系統控制軟體中是以電腦滑鼠，直接指定苗格在電腦顯示幕上之像素點座標，然後再經由對應公式計算出苗格在記憶體中的正確位置，如此便可由攝取到的影像中直接建立起一個苗格座標系統。對於不同大小育苗箱之苗格座標與影像像素之對應，採用此種方式可增加機器視覺系統之彈性，並減少操作時可能產生之錯誤。

四、灰度分界值之自動計算方法

當特定育苗箱苗格與影像之對應座標計算算出來後，以後每一箱經過機器視覺系統處理之育苗箱

苗格影像範圍便可確立，而在苗格範圍內的影像亮點像素，便可作為缺株判斷的依據。由於OCULUS 150影像處理卡直接將CCD攝影機擷取之256階灰度之影像，依設定之灰度分界值分界為二元影像顯示與處理，故在擷取影像時，使用者可透過程式調整出適當的灰度分界值以得到種苗影像，而於理想狀況下，最佳灰度分界值之分界效果即是將屬於種苗之像素點設定為二元影像之亮點，背景或雜訊則設定為暗點。為了能達到自動作業的目的，本研究發展了兩種自動求取最佳灰度分界值之計算法則，使此機器視覺系統在擷取影像時具有自動設定灰度分界值的功能：

1. 統計分界法

統計分界法只適用於灰度值統計分佈圖（Histogram）具有雙峰特性之影像，如圖2a所示。對於種苗影像來說，其灰度值統計分佈圖應如圖2b所示，在此圖中可分為三個族群（class），第一個低灰度值族群屬於較黑色之苗箱本體影像，因其大部分為泥土和種苗葉片所覆蓋，故灰度值分佈面積最小，可忽略不計，第二個族群為泥土影像，灰度值分佈面積最大，最後高灰度值族群則為種苗葉片影像。因此實際上種苗影像可視為具有雙峰特性之影像，而此類影像可利用統計學的原理，在假設雙峰均為常態分佈條件下，依雙峰之平均灰度值與變異數找出分界雙峰之最佳灰度分界值（林，1991；賴，1992），如此便能將影像中屬於種苗葉片部分分割出來。在機器視覺系統中，此部分之影像處理主要功能使置於照明暗室中之育苗箱，於每批次移植作業時若照明或背景有所變動，能依此計算法則自動計算灰度分界值，以擷取最佳之種苗影像。

2. 教導式分界法

此方法是於固定照度下，對一箱已知缺株位置的育苗箱採用不同灰度分界值取得影像，再個別進行缺株判斷，將判斷結果與已知結果互相比對。在不同灰度分界值之下可各自得到缺株判斷正確率和誤判率，因此便能根據其判斷正確率為100%且誤判個數為0之值來選定灰度分界值的適用範圍，或取此範圍內之中間值作為以後在此照度下，進行缺株判斷時，灰度分界值之設定值。

此分界法自動選定灰度分界值之步驟如下：

(1)調整照明系統之光源至一固定照度。

(2)讀取或建立苗格座標，並將苗箱中缺株苗格之座標輸入電腦。

(3)由0開始設定灰度分界值擷取影像。

影像元素個數 影像元素個數

(4)利用缺株判斷方法進行判斷，求取缺株苗格位置。

(5)判斷缺株苗格位置與已知之缺株位置比較，計算判斷正確率和誤判個數。

(6)灰度分界值依某一增量增加，最小單位為1。

(7)重覆步驟(4)至(6)，直到最高灰度分界值255。

(8)正確率為100%且誤判個數為0條件下之灰度分界值範圍便為所求。

(9)在適當之灰度分界值範圍內選定單一灰度分界值。

由於灰度分界值增量為1時，顯示之二元種苗影像的變化甚小，故在本研究中為節省計算時間而取第(4)步驟之灰度分界值增量為4，因此在第(7)步驟之重覆循環有64次，在完成64次循環後於第(8)步驟中找出能正確進行缺株判斷之灰度分界值範圍，然後於第(9)步驟中取此範圍之中間值作為爾後擷取各育苗箱影像之灰度分界值。

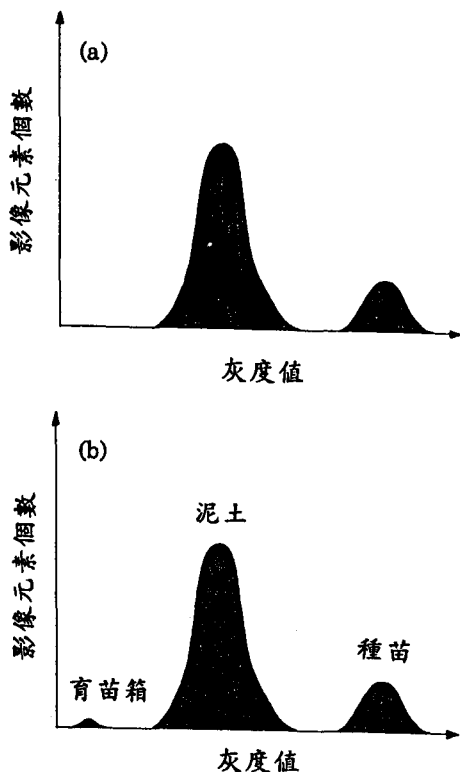


圖2 影像之灰度值統計分佈示意圖。(a)典型雙峰影像之灰度值統計分佈示意圖，(b)育苗箱影像之灰度值統計分佈示意圖

五、種苗有效像素之決定

缺株判斷方法是以苗格影像範圍內的亮點像素個數作為判斷依據，因此在進行判斷時，希望此亮點像素個數即為種苗葉片在攝影機上的投影面積。實際上，這些亮點像素並不能完全代表種苗葉片，而有可能是屬於種苗背景、雜訊或鄰近種苗葉片之亮點像素，所以於取得種苗之二元影像後可以再進行影像處理，以減少非屬於種苗葉片之亮點像素，確認屬於種苗葉片之亮點像素為有效像素，以提高缺株判斷正確率。

確認每一個苗格中有效像素點的方法，可以對苗格中之亮點像素依其所在座標加以權重計算或以數位遮罩(Mask)加以處理，然後把每一苗格之計算值累加起來貯於電腦記憶體之 α_{ij} 陣列中，其中 i 為影像中水平方向上的苗格個數， j 為影像中垂直方向上之苗格個數，作為下一步驟進行缺株判斷之條件。在本研究之機器視覺系統中可選定數種處理方法計算有效像素，其中權重計算法乃是對種苗葉片於苗格中最可能所在位置加以權重計算，而數位遮罩之功能則主要是去除取像時所產生之背景雜訊。

1. 常態分佈權重法

如圖3a所示，常態分佈權重法是根據苗格大小給定每一個像素一個二維的常態分佈的權重值

$R(x, y)$ ，其計算式如下：

$$R(x, y) = \exp \left\{ -\frac{[(x - \mu_1)^2 + (y - \mu_2)^2]}{2\sigma^2} \right\} \quad (1)$$

其中 x = 像素在苗格影像中的水平位置，
 y = 像素在苗格影像中的垂直位置，
 μ_1 = 各苗格水平方向之中心座標，
 μ_2 = 各苗格垂直方向之中心座標，
 σ = 常態分佈之標準偏差。

$R(x, y)$ 值隨像素所在的位置而異，其形式為經過正規化(Normalization)之常態分佈函式，故其值介於0與1之間。由圖3a和(1)式可知，在苗格中央附近的像素所佔的權重較大，而苗格四周的像素所佔的權重最小，這是為了減少苗葉生長超過了苗格範圍所造成的干擾。權重之調整以設定 σ 值為之， σ 值小則增加苗格中心亮點之權重， σ 值為無限大時則為無權重之情形。

用以判斷苗格是否為缺株苗格之有效像素累積值 A 則以下列式子計算：

$$A = \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N R(x, y) \cdot P(x, y)$$

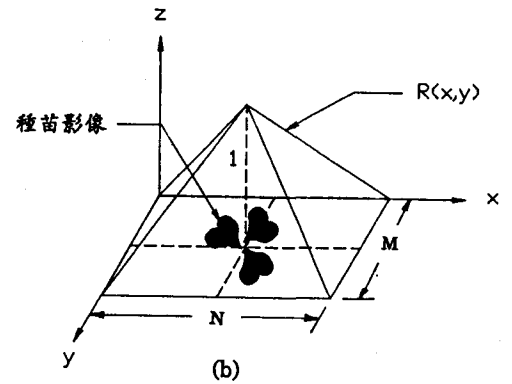
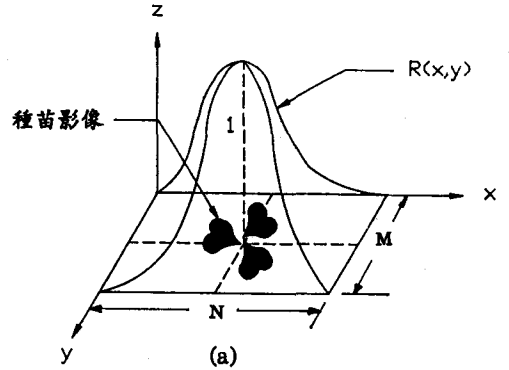


圖3 有效像素之權重分佈示意圖。(a)常態分佈權重法，(b)三角分佈權重法

其中 $P(x, y)$ =苗格二元影像之影像元素值，亮點為1，暗點為0，

N = 各苗格水平方向之影像元素數，

M = 各苗格垂直方向之影像元素數。

以(2)式計算每一苗格之有效像素累積值 A ，再存入陣列 α_{ij} 中，若苗格中為缺株其 A 值應顯著較小，因此再進一步分類處理代表整個苗箱影像之 α_{ij} 陣列，即可找出育苗箱中缺株之座標，而分類處理之缺株判斷法則將另述於後。

2. 三角分佈權重法

此法與常態分佈類似，只是權重值是以三角形分佈形式計算，且最大值為1，如圖3b所示，而苗格中像素位置座標之權重值 $R(x, y)$ 可以下式計算：

$$R(x,y)=\begin{cases} 2y/M, & \text{若 } x \geq N \cdot y/M \text{ 且 } x < N \cdot y/M+N \\ 2x/N, & \text{若 } x < N \cdot y/M \text{ 且 } x \leq N \cdot y/M+N \\ 2(M-y)/M, & \text{若 } x \leq N \cdot y/M \text{ 且 } x > N \cdot y/M+N \\ 2(N-x)/N, & \text{若 } x > N \cdot y/M \text{ 且 } x \geq N \cdot y/M+N \end{cases}$$

同理，以(2)式計算每一苗格之有效像素累積值A，再存入陣列 α_{ij} 中作為缺株判斷之依據。此種計算方法較前述之常態分佈法簡易，在計算時間上較為經濟。權重之調整以調整三角形基底占苗格長寬之百分比為之，百分比愈小則在苗格中心之亮點像素權重愈高。

3. 判斷區域設定法

除了以上所述的權重分佈方法之外，也可只設定所要判斷之苗格範圍大小以防止受鄰近苗葉干擾，此方法是以苗格中心點為主，然後以百分比設定所要判斷之水平和垂直兩方向上之大小值，如此可縮小判斷範圍。然後設定範圍內之 $R(x,y)$ 值為1，範圍外之 $R(x,y)$ 為0，再同樣以(2)式計算A值，將結果存入陣列 α_{ij} 中。此種方法之處理效果不如前述之加權方法，但法則更為簡易，且計算時間更為經濟。判斷區域設定法除可以單獨應用於種苗影像之處理，亦可以與前述加權處理法合併應用。

4. 數位遮罩

種苗背景如泥土或育苗箱在燈光的照射下，可能產生強烈的反射效果而造成干擾的亮點像素，這些亮點像素在苗格中為隨機分佈，因此若用前述之處理方法處理這些像素，則可能會誤認其為種苗的像素，而影響缺株判斷之正確性。為了減少這類影響，必須將此類亮點像素以適當之演算法則將其過濾處理，本機器視覺系統中設計了一個 3×3 之數位遮罩來進行過濾處理。對於苗格影像中之所有像素以此數位遮罩進行遮罩運算，其處理邏輯為先行判斷處理像素之值，若其為亮點且其四個對角相鄰像素值均為1時，則設定此像素點的值為1，否則其值為0。以此法則處理時，多數為影像雜訊之獨立亮點均可以順利去除(賴, 1992)。

六、缺株判斷方法

當各苗格的有效像素個數經計算而存於 α_{ij} 陣列後，便可對 α_{ij} 陣列之數值以變異數法或統計圖方法分析，從中求取判斷指標，以找出苗箱中真正的缺株苗格之位置。其基本原理即是希望能自動以計算法則分辨出 α_{ij} 陣列中代表有植株與缺株之兩類數值，從而由其對應註標找出育苗箱中缺株苗格

之座標。

1. 變異數法

由於本省以機械播種之育苗箱中缺株率範圍一般為5~20% (張, 1991)，因此若直接求取 α_{ij} 陣列之平均值 μ 與標準偏差 σ ，其值應接近陣列中屬於有植株苗格之有效像素平均值，在此假設下以 μ 為標準，然後以標準偏差之倍數 n 設定屬於有植株苗格之 α_{ij} 範圍作為判斷指標，求取分辨兩類 α_{ij} 值之分辨值C：

$$C = \mu - n \cdot \sigma \quad (4)$$

若 α_{ij} 陣列中某些值小於此分辨值C，則表示其所對應苗格座標為(i, j)之苗格為缺株，相反的則為正常有植株之苗格。標準偏差倍數 n 值之選定與影像性質有關，可以由實驗中直接觀察 α_{ij} 陣列中之數值選定，若 α_{ij} 陣列中之兩類有效像素值差異明顯，則其可選定之範圍較大，反之若影像中缺株與有植株苗格之有效像素差異小時， n 值必需謹慎選定，以避免苗格缺株誤判。在本研究中對甘藍與西瓜種苗缺株偵測實驗中，如無特別說明， n 值均設定為1.5，即 α_{ij} 陣列中有效像素小於 α_{ij} 陣列平均值減1.5倍標準偏差者，才判定其為缺株苗格。 n 值之選定除以實驗求得外，其值依統計原理應大致與缺株率相關，以15%缺株率之育苗箱為例，適用之 n 值應接近於常態分佈累積頻度表中查得對應於15%機率之Z值1.45。同樣地以5%左右缺株率之育苗箱為例，其適用之 n 值應在相對應之Z值1.96附近。

2. 統計圖法

此方法首先需找出 α_{ij} 陣列中之最大值 $\alpha_{\max}$ ，然後在0至 $\alpha_{\max}$ 之間，分成與育苗箱中苗格個數相等的數個等份區間，接著再統計 α_{ij} 陣列中各個值分佈於各區間的個數 b_k 。以區間為橫座標、分佈在各區間中苗格的累積個數為縱座標，畫出如圖4所示之判斷示意圖，圖中顯示的結果應有數個波谷，而每一個波谷表示苗格數為0的單一或多個相連的等份區間。由於理想上，缺株與有植株之兩類間應有最大波谷距離，因此計算各波谷所佔區間個數的大小，可以作為缺株苗格和非缺株苗格兩類間的分界指標。

求取分界指標時首先必須計算出各波谷的大小，且把每個波谷最左邊區間的位置，依波谷大小順序記錄起來。若所得影像良好，則波谷所佔區間個數最大者，必為缺株苗格和非缺株苗格的分界，因此可以此波谷最左邊區間的值，作為分界指標。

以 α_{ij} 值與此分界指標作比較，若 α_{ij} 值較大則表示苗格座標為(i, j)之苗格中有種苗的存在，否則為發育不良的植株苗格或缺株的苗格。分界指標之計算流程如圖5與圖6所示，圖5為計算波谷大小和其所在等份區間位置計算之流程圖，圖6則為依圖5流程所得結果求取分界指標之流程。

七、缺株判斷試驗流程與人機界面

育苗箱種苗缺株之自動辨識為種苗缺株移植作業之前段作業，其作業流程由育苗箱之照明、影像擷取、建立苗格座標、計算灰度分界值、應用影像

處理技術計算有效像素至缺株自動判斷等步驟之流程如圖7所示，為配合種苗移植作業機械之發展，此機器視覺系統之硬體與軟體部分均必須考慮未來機械商品化時之使用方式與人機介面。本研究所發展之自動灰度分界值擷取功能、種苗影像處理功能之選擇、育苗箱大小規格資料庫的建立功能與缺株判斷法則等，均整合於以C語言設計之軟體中，可於執行連續作業前以簡易方式設定，同時適用於不同育苗箱之缺株辨識。

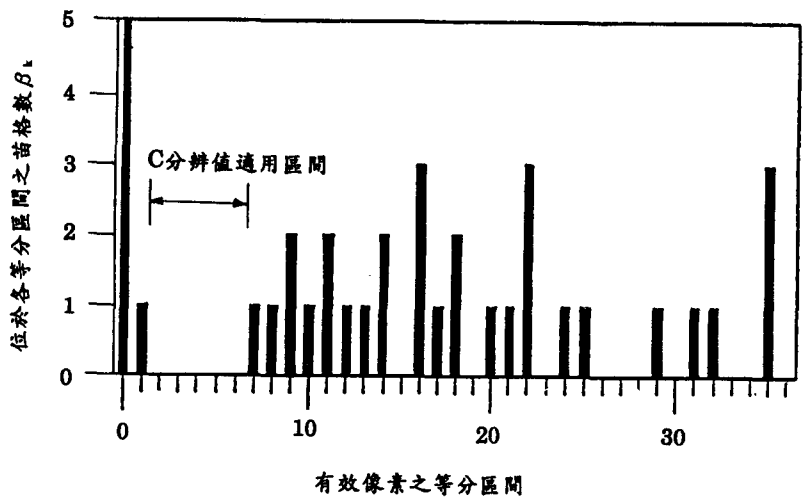


圖 4 α_{ij} 陣列值以等份區間分類之統計圖

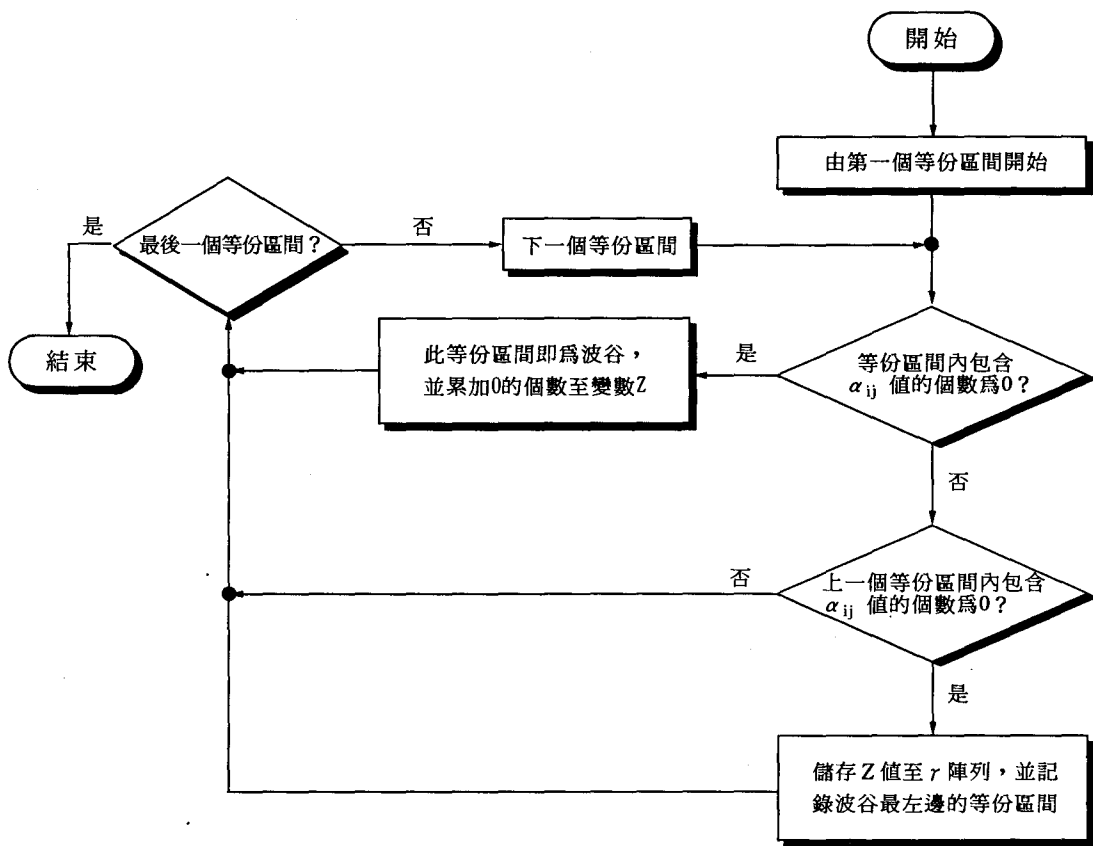


圖 5 缺株判斷統計圖法中計算波谷大小和其所在等份區間位置流程圖

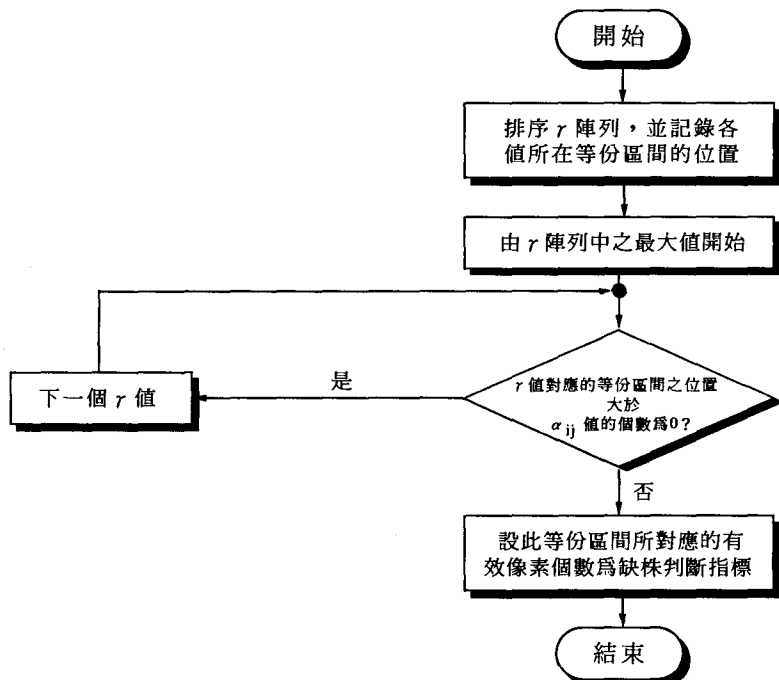


圖 6 缺株判斷統計圖法中依波谷區間求取分界指標之流程圖

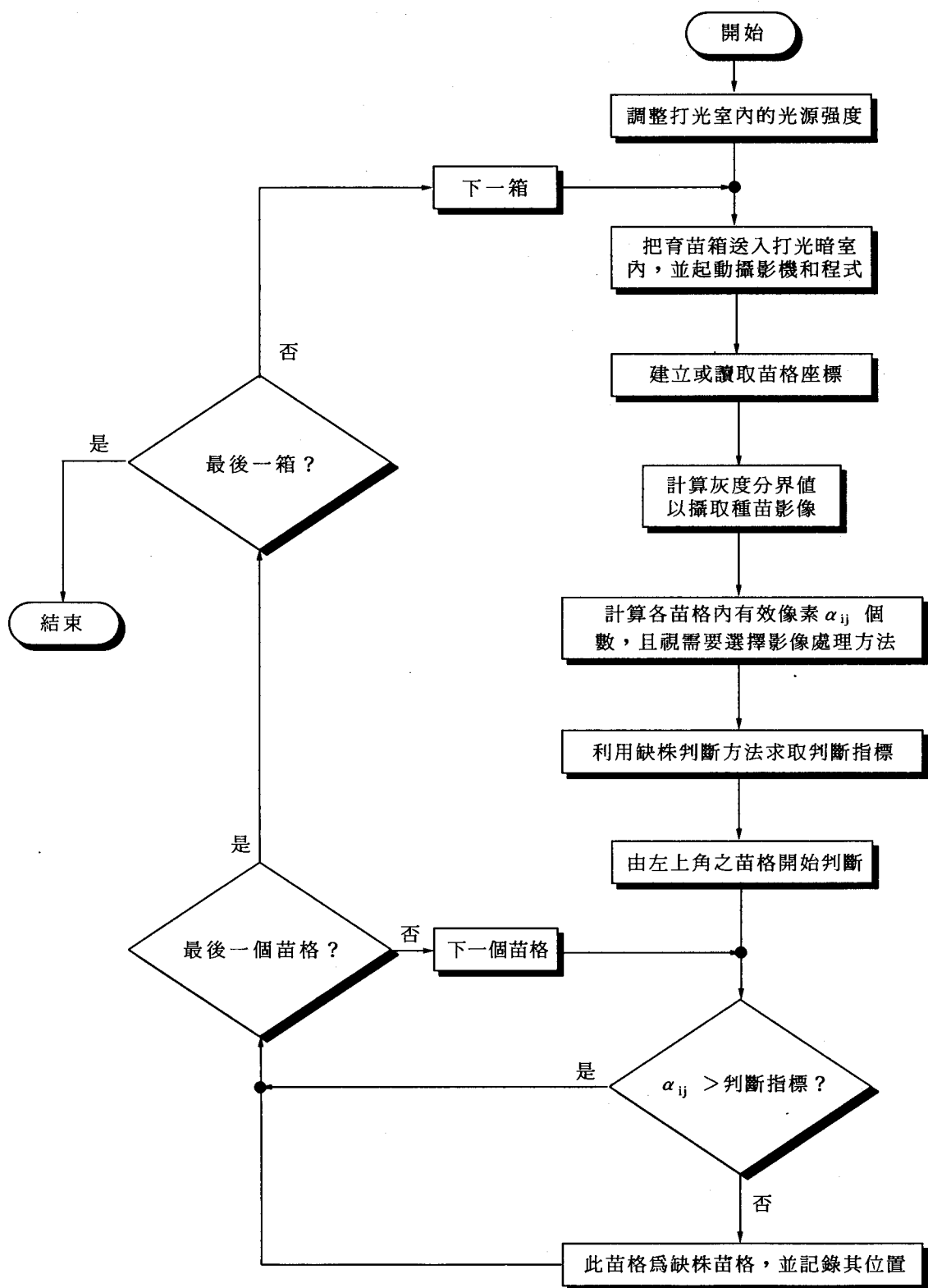


圖 7 種苗移植作業機器視覺系統之作業流程圖

結果與討論

一、種苗影像擷取

在攝取種苗影像過程中，希望所得到的影像純粹是苗葉亮點像素，方有利於判斷作業的進行。可是實際上由於照明暗室中光的分佈情形、苗葉背景和灰度分界值的設定等因素，使得真正影像品質受到了影響，以下便針對影響缺株判斷影像品質之兩個最主要因子進行分析：

1. 照明

在照明暗室中，光源是採用點排列的方式產生散射效果，因此難免會有不均勻的現象發生，圖8所示為實驗時照明暗室中光線分佈之情形，暗室中央部份的照度最強且較均勻，周圍的照度最弱。其平均照度大約為638 Lux，標準差為21 Lux。因此在試驗時，所要攝取的苗箱範圍，其中心位置位愈接近照明暗室中心點，愈能得到照明對稱的種苗影像，如此較有利於影像分界和缺株判斷的進行。

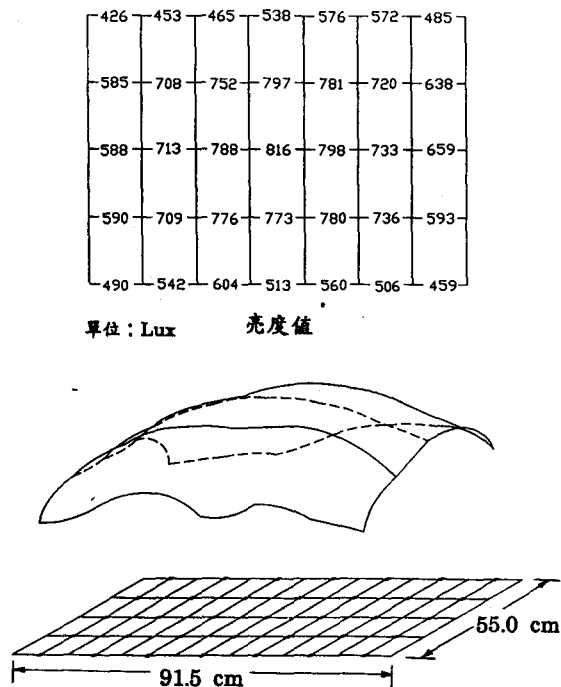


圖8 照明暗室內之亮度分佈

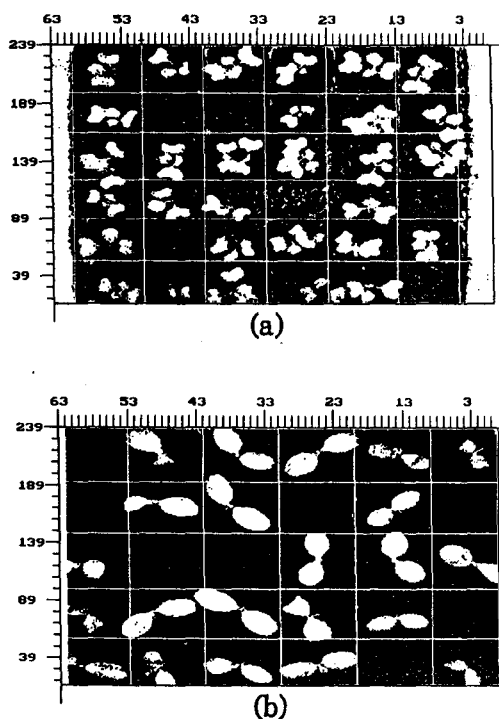


圖9 二元化之育苗箱種苗影像。(a)灰度分界值為130之甘藍種苗影像；(b)灰度分界值為155之西瓜種苗影像。苗箱中所示白線為設定之苗格座標，左方與上方為影像座標

2. 背景影像

苗格中種苗之背景影像最主要為泥土或育苗介質，泥土的顏色愈接近葉片的顏色，綠色玻璃紙之濾光效果愈差。而泥土的色澤太亮，其反射強度也相對的增強，當其強度與葉片的反射強度相近時，則易形成干擾亮點像素，此時就是調整灰度分界值，也無法分離這些干擾亮點，若想強行分離，則會使種苗影像資訊減少，所以此類影像便需利用過濾處理方法，把干擾亮點像素去除。以甘藍種苗為例，實驗中育苗之土質屬於黃色泥土，因此具有較強的反射效果，如圖9a所示。而對於西瓜種苗影像來說，若實驗中所用的栽培泥土為棕褐色沙土，因其反射效果較差且其顏色與葉片也相差較大，故擷取之影像較為清晰，如圖9b所示。

圖10、11與12分別為以假種苗、以黑色介質和黃土種植之甘藍種苗進行實驗時所擷取之影像例，由各圖a中可見假種苗之灰度值統計圖的雙峰特性最為明顯，黑色介質栽培之甘藍次之，而黃土栽培甘藍苗最差，圖中之T值為以統計分界法所計算之分界值，由此T值所分界之二元影像則分別如各圖b所示，假種苗與黑色介質栽培之甘藍苗由於背景與葉片之對比差異大，所擷取之影像品質亦較佳，有利於後續之缺株判斷。黃土栽培之甘藍苗則相對地可由其二元影像看出由於背景之反射，苗格影像中有大量之干擾亮點。同理，在以教導式分界法進行二元影像之分界，也是以假種苗和栽培於黑色介質之甘藍種苗之結果為佳，如圖13為利用教導式分界法對三種育苗箱進行缺株判斷所得結果，由於育苗箱中之缺株位置為已知，圖中之判斷正確率與誤判個數是對逐次由0至255增加灰度分界值所得的各個二元影像，進行缺株判斷率後與已知缺株座標對照所得，而對於任一影像適用之灰度分界值即是判斷正確率為100%且誤判個數為0之分界值，由圖中可見假種苗影像之適用灰度分界值範圍為100至180，以黑色介質栽培之甘藍苗適用灰度分界值範圍為92至132，黃土栽培之甘藍苗影像則無適用之灰度分界值。圖13中適用之灰度分界值之範圍可作為用於缺株判斷影像之影像品質指標，苗葉與背景對比強烈之影像應有較寬廣之灰度分界值範圍。

二、影響缺株判斷之因素

1. 種苗生長狀況之影響

育苗箱中種苗生長狀況的好壞是影響缺株判斷的主要因素。由於缺株判斷方法的依據是苗格範圍內有效亮點像素個數，若苗格中種苗葉片之生長超過了其苗格範圍，會對其鄰近的苗格產生干擾現象，以致可能造成判斷錯誤。造成此干擾現象發生的因素可分為兩類視之，一類為種苗生長的不一致性，另一類則是苗格中種苗生長位置之偏離。第一類主要是由於生長環境和種子品質不均勻的影響，而有生長不一致的現象發生，使得苗箱中某些種苗葉片過大，超出了苗格範圍，或是整箱中之種苗大小不一致。第二類主要與播種位置有關，當植株偏離苗格中心生長時，即使葉片很小，仍然會有超過苗格範圍的可能，以致影響種苗影像之品質。受干擾的苗格，無形中增加了一些不屬於本身應有的影

像資訊，若此被干擾的苗格是缺株苗格，或是發育不良的種苗，則可能造成判斷錯誤為有植株。

因種苗生長狀況影響所造成不良之種苗影像，一般不易以區域設定或加權處理等方式克服造成錯誤判斷之情形。因此若要進行各類種苗缺株判斷時，以小苗葉且生長位置在苗格中心的種苗為最佳，而為達到此要求，精確之種苗播種作業、種苗品質之篩選、一貫之催芽與綠化作業，將有助於避免種苗生長狀況造成之缺株錯誤判斷。

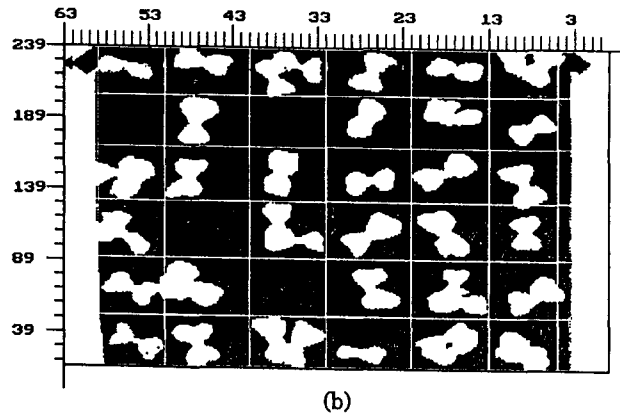
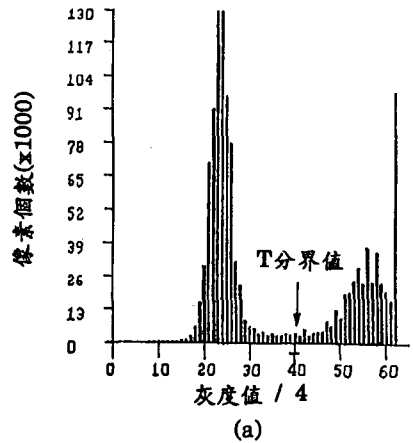


圖10 假種苗影像灰度值統計圖與分界後之二元影像。
(a)灰度值統計圖，T值為以統計法計算所得之最佳灰度分界值，(b)以T值分界後所得之假種苗二元影像

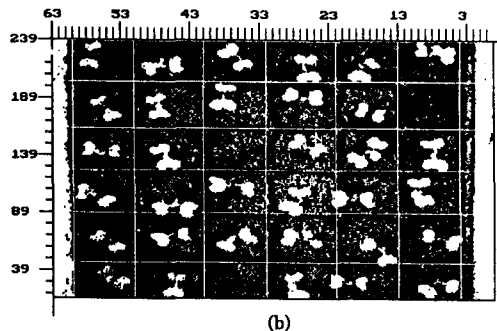
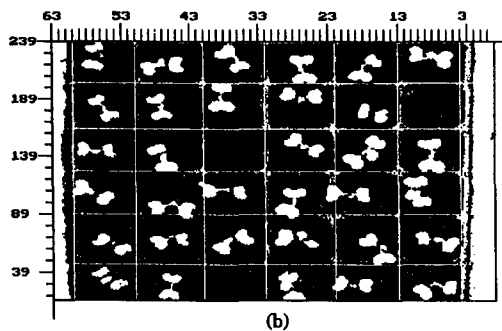
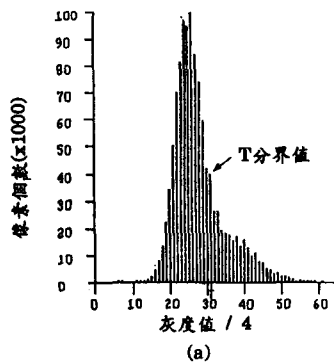
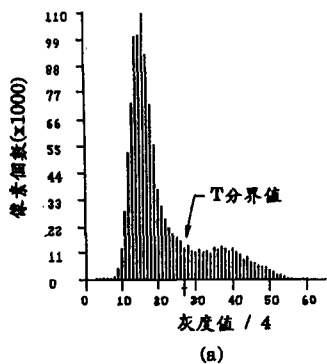


圖11 栽培於黑色介質之甘藍種苗影像灰度值統計圖與分界後之二元影像。(a)灰度值統計圖，T值為以統計法計算所得之最佳灰度分界值，(b)以T值分界後所得之甘藍種苗二元影像

圖12 栽培於黃土之甘藍種苗影像灰度值統計圖與分界後之二元影像。(a)灰度值統計圖，T值為以統計法計算所得之最佳灰度分界值，(b)以T值分界後所得之甘藍種苗二元影像

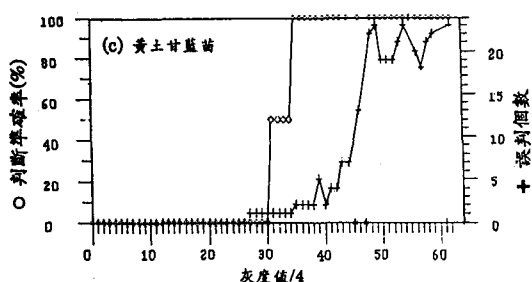
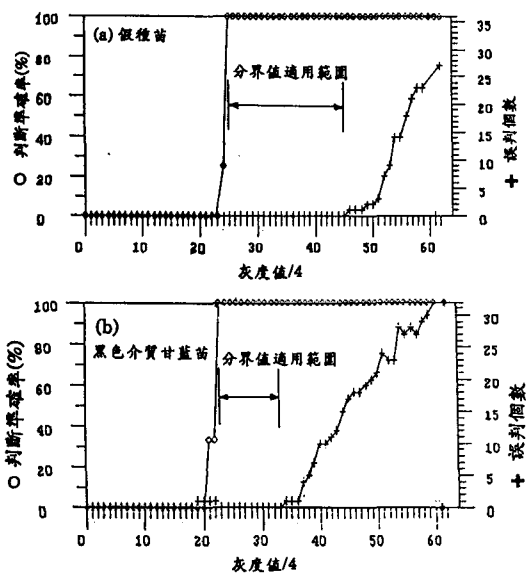


圖13 三種育苗箱以教導式分界法求取灰度分界值所得之結果。(a)假種苗實驗，(b)栽培於黑色介質之甘藍苗實驗，(c)栽培於黃土之甘藍苗實驗

2. 影像之處理方式

當種苗背景對光線反射較強產生干擾亮點時，應利用過濾處理去除干擾亮點，如圖14為圖9a經過過濾處理後之二元影像，其中干擾亮點可見有顯著減少，而有助於後續之缺株判斷。

品質良好的種苗影像，其背景影像與種苗影像的對比較強，使得缺株苗格和非缺株苗格中有效像素個數之間差距會變大，且缺株苗格的族群會集中在一起，有利於計算正確的判斷指標。以圖9b之西瓜種苗經判斷區域設定處理後所得之圖15為例，缺株判斷變異數法中設定為變異數1.0倍至1.5倍時，均能判斷出缺株的苗格。在統計圖判斷方法中，最大的波谷則出現在缺株和非缺株苗格之間，成為一個非常明顯的判斷指標。圖中C值所指均是兩種方法分別缺株與有植株之有效像素數分辨值。圖15c則為判斷後顯示於螢幕之缺株判斷示意圖。對於品質較差的影像，因缺株苗格的亮點像素個數增加，使得代表缺株苗格之有效像素與有植株苗格之有效像素數目差距接近，因此可能造成在變異判斷方法中，不易尋找變異數倍數 n 值，而在統計圖判斷法中可能導致最大波谷不會出現在缺株苗格與非缺株苗格之間，造成錯誤之判斷。

三、西瓜與甘藍苗缺株判斷實驗

種苗移植作業機器視覺系統設置完成後，以黃土栽培之西瓜與甘藍種苗進行判斷試驗，試驗完畢後在同一育苗箱之黃土上鋪以一層黑色介質，然後再進行試驗，如此可分析不同背景影像下的判斷結果。試驗時，以三角分佈、判斷區域設定和數位遮罩對影像進行單一或混合處理，然後以兩種判斷方法分別進行種苗缺株判斷，表2所列為對於黃土栽培之甘藍與西瓜種苗進行缺株判斷所得之結果，表3則是背景為黑色介質之甘藍與西瓜種苗缺株判斷實驗結果。由此結果中可發現，對於背景為黃土之種苗，採用相同方法進行缺株判斷之結果，顯著較黑色介質背景種苗之正確判斷率為低。無論是甘藍或西瓜苗，若是採用黑色育苗介質，育苗箱中之缺株均可以變異數法或統計圖法完全正確判斷，簡易之區域設定影像前處理即可獲得良好的二元種苗影像以進行缺株判斷。相對地由表2中可見背景為黃土之種苗影像，必須經由區域設定與數位遮罩雙重處理方可得較高之判斷正確率。另外比較表2a與2b中兩種缺株判斷方法所得之結果大致接近，以變異數法

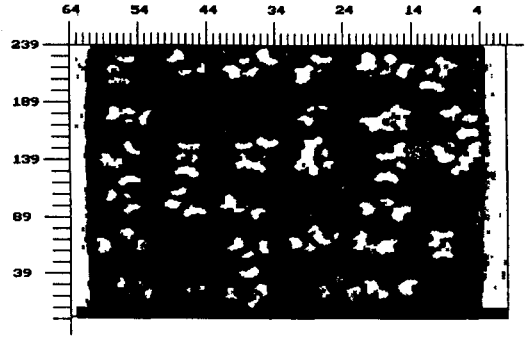


圖14 圖9a經過過濾處理後之影像，其中干擾亮點可見有顯著減少

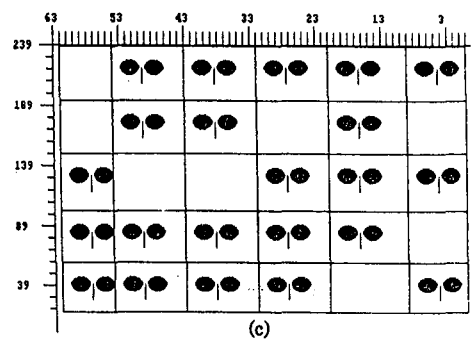
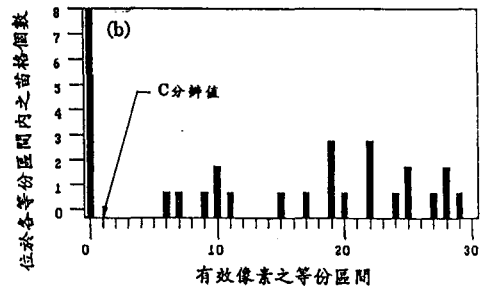
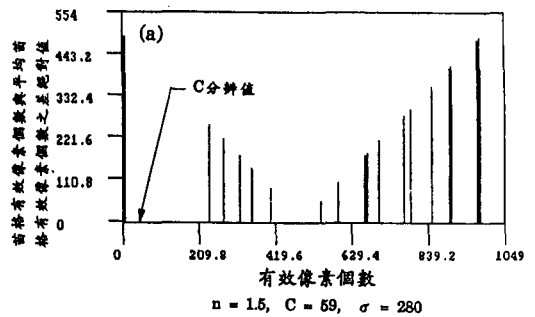


圖15 以圖9b之西瓜種苗影像經判斷區域設定處理後所得之結果。(a)以變異數缺株判斷法所得之統計圖，圖中C值所指是缺株與有植株之有效像素數分辨值，(b)以統計圖法所得之結果，(c)判斷後顯示於螢幕之缺株判斷示意圖

表2 背景為黃土之西瓜與甘藍種苗育苗箱缺株判斷之結果。(a)採用變異數判斷法所得之結果，
(b)採用統計圖法所得之結果

種 苗 編 號	變異數判斷方法 (n=1.5)					
	表2a 區域設定(80%)		三角分佈+區域設定(80%)		過濾處理+區域設定(80%)	
	判斷結果 ^a	誤判個數	判斷結果	誤判個數	準確率(%)	判斷結果
西瓜苗1	1 / 3	0	1 / 3	0	2 / 3	0
西瓜苗2	4 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗3	4 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗4	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗5	1 / 1	0	1 / 1	0	1 / 1	0
西瓜苗6	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗7	3 / 4	0	3 / 4	0	3 / 4	1
西瓜苗8	4 / 5	0	4 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗9	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗10	4 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	1
西瓜苗11	3 / 3	0	3 / 3	0	3 / 3	1
西瓜苗12	3 / 5	0	4 / 5	0	4 / 5	0
西瓜苗13	4 / 5	0	4 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗14	5 / 6	0	5 / 6	1	5 / 6	1
總數 ^b	49 / 57	0	47 / 57	1	53 / 57	4
正確率 ^c	86%	/	82%	/	93%	/
甘藍苗1	2 / 3	0	2 / 3	0	3 / 3	1
甘藍苗2	3 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
甘藍苗3	4 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	0
甘藍苗4	2 / 2	0	2 / 2	1	2 / 2	0
甘藍苗5 ^d	9 / 11	0	9 / 11	0	9 / 11	0
甘藍苗6	16 / 16	0	16 / 16	0	15 / 16	0
甘藍苗7	17 / 17	0	17 / 17	0	17 / 17	1
總數	53 / 57	0	53 / 57	1	54 / 57	2
正確率	93%	/	93%	/	95%	/

a. 分子為判斷正確個數，分母為缺株個數。

b. 分子為判斷結果中分子之總數，分母為判斷結果中分母之總數。

c. 總數之百分率。

d. 由於甘藍苗5-7之缺株率較高，其變異數判斷方法之n值設定為0.5。

種 苗 編 號	表2b 統計圖判斷方法					
	區域設定 (80%)		三角分佈+區域設定 (80%)		過濾處理+區域設定 (80%)	
	判斷結果	誤判個數	判斷結果	誤判個數	準確率(%)	判斷結果
西瓜苗 1	3 / 3	0	2 / 3	0	2 / 3	0
西瓜苗 2	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 3	4 / 4	0	4 / 4	3	4 / 4	0
西瓜苗 4	4 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 5	1 / 1	0	0 / 1	0	1 / 1	0
西瓜苗 6	4 / 4	2	4 / 4	1	4 / 4	0
西瓜苗 7	3 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 8	4 / 5	0	4 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 9	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 10	4 / 4	0	0 / 4	0	4 / 4	1
西瓜苗 11	2 / 3	0	2 / 3	0	3 / 3	1
西瓜苗 12	2 / 5	0	4 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 13	4 / 5	0	4 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 14	6 / 6	1	6 / 6	1	6 / 6	1
總 數	49 / 57	3	45 / 57	5	56 / 57	3
正 確 率	86%	1	79%	/	98%	/
甘藍苗 1	2 / 3	0	2 / 3	0	2 / 3	0
甘藍苗 2	3 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	2
甘藍苗 3	4 / 4	0	3 / 4	0	4 / 4	1
甘藍苗 4	2 / 2	0	2 / 2	0	2 / 2	0
甘藍苗 5	9 / 11	0	10 / 11	0	11 / 11	1
甘藍苗 6	16 / 16	0	16 / 16	1	16 / 16	2
甘藍苗 7	17 / 17	0	17 / 17	1	17 / 17	0
總 數	53 / 57	0	53 / 57	2	56 / 57	6
正 確 率	93%	/	93%	/	98%	/

表 3 背景為黑色育苗介質之西瓜與甘藍種苗育苗箱缺株判斷之結果。(a)採用變異數判斷法所得之結果，(b)採用統計圖法所得之結果

種 苗 編 號	變異數判斷方法 (n=1.5)					
	區域設定 (80%)		三角分佈+區域設定 (80%)		過濾處理+區域設定 (80%)	
	判斷結果 ^a	誤判個數	判斷結果	誤判個數	準確率(%)	判斷結果
西瓜苗 1	3 / 3	0	3 / 3	0	3 / 3	0
西瓜苗 2	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 3	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 4	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 5	1 / 1	0	1 / 1	0	1 / 1	0
西瓜苗 6	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 7	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 8	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 9	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 10	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 11	3 / 3	0	3 / 3	0	3 / 3	0
西瓜苗 12	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 13	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 14	6 / 6	0	6 / 6	0	6 / 6	0
總 數 ^b	57 / 57	0	57 / 57	0	57 / 57	0
正 確 率 ^c	100%	/	100%	/	100%	/
甘藍苗 1	3 / 3	0	3 / 3	0	3 / 3	0
甘藍苗 2	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
甘藍苗 3	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
甘藍苗 4	2 / 2	0	2 / 2	0	2 / 2	0
甘藍苗 5 ^d	11 / 11	0	11 / 11	0	11 / 11	1
甘藍苗 6	16 / 16	0	16 / 16	0	16 / 16	0
甘藍苗 7	17 / 17	0	17 / 17	0	17 / 17	0
總 數	57 / 57	0	57 / 57	0	57 / 57	1
正 確 率	100%	/	100%	/	100%	/

a. 分子為判斷正確個數，分母為缺株個數。
 b. 分子為判斷結果中分子之總數，分母為判斷結果中分母之總數。
 c. 總數之百分率。
 d. 由於甘藍苗5-7之缺株率較高，其變異數判斷方法之n值設定為0.5。

種 苗 編 號	表3b 統計圖判斷方法					
	區域設定 (80%)		三角分佈+區域設定 (80%)		過濾處理+區域設定 (80%)	
	判斷結果	誤判個數	判斷結果	誤判個數	準確率(%)	判斷結果
西瓜苗 1	3 / 3	0	3 / 3	0	3 / 3	0
西瓜苗 2	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 3	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 4	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 5	1 / 1	0	1 / 1	0	1 / 1	0
西瓜苗 6	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 7	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 8	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 9	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 10	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
西瓜苗 11	3 / 3	0	3 / 3	0	3 / 3	0
西瓜苗 12	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 13	5 / 5	0	5 / 5	0	5 / 5	0
西瓜苗 14	6 / 6	0	6 / 6	0	6 / 6	0
總 數	57 / 57	0	57 / 57	0	57 / 57	0
正 確 率	100%	/	100%	/	100%	/
甘藍苗 1	3 / 3	0	3 / 3	0	3 / 3	0
甘藍苗 2	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
甘藍苗 3	4 / 4	0	4 / 4	0	4 / 4	0
甘藍苗 4	2 / 2	0	2 / 2	0	2 / 2	0
甘藍苗 5	11 / 11	0	11 / 11	0	11 / 11	0
甘藍苗 6	16 / 16	0	16 / 16	0	16 / 16	0
甘藍苗 7	17 / 17	0	17 / 17	0	17 / 17	0
總 數	57 / 57	0	57 / 57	0	57 / 57	0
正 確 率	100%	/	100%	/	100%	/

表 4 影像處理所須時間比較表

		時 間 (秒)			
影像	苗箱座標 種 類	區域設定與 三角分佈	區域設定與 常態分佈	過 濾 處 理	區 域 設 定
全 白	甘 藍	262	319	4	7
	西 瓜	271	329	4	7
圖 9a	甘 藍	37	42	4	7
圖 9b	西 瓜	41	49	4	7

區分經區域設定和數位遮罩雙重處理後之西瓜與甘藍種苗，其缺株判斷之正確率分別為93%與95%，而以統計圖法判斷西瓜與甘藍種苗所得之結果均為98%。判斷正確率最差之情形為以統計圖法判斷經區域設定與三角分佈處理之西瓜種苗影像，其正確率為79%。

影像在處理的過程中，最耗時間的部分是在於辨別有效亮點像素的個數，其中以常態和三角分佈所需的處理時間較長。每一類種苗影像所花的處理時間長短不一，且需根據影像之苗格處理範圍和其中亮點個數多寡而定，若以圖9a與圖9b和一張完全為亮點像素之影像，根據甘藍或西瓜苗箱座標進行處理，以286個人電腦進行影像前處理所需要之時間如表4所示，由表中得知，全白影像所花時間最長，這表示影像亮點像素愈多，所需的處理時間也相對增加。至於變異數和統計圖判斷方法，所需的處理時間非常短，均少於半秒鐘的時間。綜合上表可知，若影像只經過區域設定處理，最快仍需7秒鐘，故在處理時間上有待繼續改進。由於實驗所用的電腦只是286個人電腦，因此若要使處理時間更短，可使用處理速度較快之電腦與數學輔助運算器，以提高作業效率。對於實驗所用之甘藍與西瓜種苗而言，若採用區域設定與數位遮罩合併前處理方式，所需之判斷時間應少於12秒，對於種苗移植作業言，此時間遠小於移植機構完成一箱育苗箱缺株補

植所需之時間，因此本研究完成之缺株判斷視覺系統，在影像處理時間上應不致於造成整個種苗移植作業之瓶頸。

結 論

- 一、本研究應用影像處理原理設計育苗箱缺株判斷法則，完成種苗移植作業機器視覺系統軟體之建立。
- 二、影響缺株判斷之主要因素為種苗之生長狀況與種苗背景，照明和濾光方法亦影響種苗影像品質與判斷準確率。
- 三、應用此機器視覺系統判斷植栽於黑色育苗介質且生長範圍不超過苗格之西瓜與甘藍種苗，判斷準確率均可達100%。
- 四、單一影像處理時間與處理方法有關，利用區域設定方法以286個人電腦處理時，單一影像所需的處理時間約為7秒鐘。
- 五、此機器視覺系統之設計可適用於各類育苗箱，處理所得缺株苗格座標，可提供移植系統定位之用。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會(81)農建-12.1-糧-40(3)號計畫之經費補助，桃園區農業改良場提供研究期間之試驗種苗，在此一併致謝。

參考文獻

- 1 · 李芳繁。1990。以影像處理量測檸檬之幾何性質。中國農業工程學報，36(3):36-42。
- 2 · 林灶生編著。1991。數位影像處理實務－使用C。第二版。台北：松崗。
- 3 · 張金發。1991。蔬菜育苗機械化作業系統。農業生產自動化特刊第一輯，pp.5-18。
- 4 · 賴天明。1992。種苗移植作業機器視覺系統之研究。碩士論文。台北：國立臺灣大學農業機械工程學研究所。
- 5 · 謝青霖、馮丁樹、陳世銘。1990。數位影像處理在蔬果大小選別之應用。農業機械學刊，1(1):28-41。
- 6 · Aoyama, T., Huang, B.K., Serata, K., Miyamoto, S., and Tojo, S. 1992. Development of a missing plant detecting system for seedling trays. ASAE Paper No. 92-7045. ASAE, St. Joseph, MI.
- 7 · Berlage, A.G., Cooper, T.M., and Carone, R.A. 1984. Seed sorting by machine vision. Agricultural Engineering, 65(10):14-17.
- 8 · CORECO INC. 1985. "OCULUS-150 User's Manual". Longueuil, Quebec, Canada.
- 9 · Eddington, D.L., Suggs, C.W., and McClure, W. F. 1988. Transplant sensing using dual-wavelength reflectance. ASAE Paper No. 88-3518. ASAE, St. Joseph, MI.
- 10 · Elster, R.T. and Goodrum, J.W. 1991. Detection of cracks in eggs using machine vision. Transactions of the ASAE, 34(1):307-312.
- 11 · Gunasekaran, S., Cooper, T.M., and Berlage, A. G. 1988. Evaluating quality factors of corn and soybeans using a computer vision system. Transactions of the ASAE, 31(4):1264-1271.
- 12 · Hassan, A.E. 1981. Precision drum seeder for uniform spacing. Transactions of the ASAE. 10(5):607-610, 614.
- 13 · Maw, B.W., Brewer, H.L., and Thompson, S.J. 1986. Photoelectronic transducer for detecting seedlings. Transactions of the ASAE 29(4):912-916.
- 14 · Parish, R.L., Bergeron, P.E. and Bracy, R.P. 1991. Comparison of vacuum and belt seeders for vegetable planting. Applied Engineering in Agriculture, 7(5):537-540.
- 15 · Rehkugler, G.E. and Throop, J.A. 1989. Image processing algorithm for apple defect detection. Transactions of the ASAE 32(1):267-272.
- 16 · Ting, K.C., Giacomelli, G.A., Shen, S.J., and Kabala, W.P. 1990. Robot workcell for transplanting of seedlings, Part II-End-effector development. Transactions of the ASAE 33 (3):1013-1017.
- 17 · Troop, J.A., Rehkugler, G.E., and Upchurch, B. L. 1989. Application of computer vision for detecting watercore in apples. Transactions of the ASAE, 32(6):2087-2092.

收稿日期：民國81年10月24日

修正日期：民國81年11月5日

接受日期：民國81年11月23日

專營土木、水利、建築等工程

全峰興業有限公司

負責人：王 文 雄

地 址：台東市四維路1段488巷13號

電 話：(089) 328738