

應用數位影像量測火鶴花的植株品質

學生姓名:利學泓、谷展宏、彭隆恩、宋柏均、孫聖淙

指導老師:謝清祿

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

利用感測器原理結合影像處理技術，建立一套量測並分類植物的感測方法。此方法可以快速的分辨出火鶴花的大小，火鶴花的花朵數量，以幫助現在產業上的需要為主旨，加速作業流程，方便快速出貨。首先是以黑色三角鐵架製作立方體為支架，以黑色不反光絨布作為布景，固定火鶴花與相機並拍照，分別拍出火鶴花的上視圖與前視圖，進一步利用 MATLAB 影像處理技術分析照片，取得花朵的詳細資料。此實驗結果可以零誤差測出花朵數量，花高的量測也可以將誤差降至 5% 左右，若是使用 3D 拍攝可將花朵面積誤差降至最低。實驗結果證明，這套影像感測處理系統是可以達到幫助產業上的目的。

關鍵詞:火鶴花量測、MATLAB、影像處理、感測器。

一、前言

1. 目前的產業現況與問題

目前產業判別火鶴花盆花大小的技術，以人工辨別為主，在人力不足的狀況下，會影響到出產的效率與作業流程。為了改善此種現況，我們使用了 MATLAB 影像處理技術，使產業走向自動化機械，也使盆花大小差異縮到最小，讓出口的產品一致性更高。

影像處理近年來被大量應用於農業上，像是用機器視覺於果實的採成和收成後的處理和分級，可大量的節

省人力。

這程式主要是發展對植物影像的特徵辨識，主要是農產品，我們希望能經由影像處理得到品質檢定的所需資訊。

2. 相關研究

2.1 近年來隨著影像處理技術的進步與更新，植物葉片面積已經能夠簡單的利用一般商業影像處理軟體獲得正確而快速的估測。只要以數位相機擷取葉片影像或利用掃描器將葉片掃描存檔，即可對影像進行葉面積測量分析，以下介紹二種方法說明此技術的應用方法及效果。

(1)利用數位影像像素(pixel)推算葉片面積。

(2)利用已知面積物體影像推算葉片面積。(陳,2011)

2.2 灰階化原本由影像輸入裝置擷取到的全彩 RGB 影像，先轉換為 256 階之灰階影像以利進行二值化處理。影像灰階值的計算為 RGB 三色的算數平均數。而原本影像輸入裝置的背景部分，如背光箱及掃描器背光面，皆為白色。因此經過灰階化的影像其前景(葉片本身)較暗而背景部份較亮。二值化將彩色影像轉換為灰階影像後，需再進一步將葉片與背景分離，得到葉片影像。將灰階影像轉換成暗點(葉片)及亮點(背景)之二值化影像。此演算法能有效且快速地分離影像中的葉片與背景。(郭 & 林, 2004)

2.3 利用機器視覺，可發展出一套自動化的影像處理

系統用於農作物的採收、分級。將植物影像成功的從影像中分離出來後，接下來便是將植物的特徵正確地抽取出來，所感興趣的是，植物的主莖幹長度和寬度和其方向，因為有了方位後便可修正主莖幹長度和植物的高度，有了實際的主莖幹長度和寬度，利用其長度和高度比可判定植物的品質。（曾，1997）

2.4 種苗葉片面積為量測其生長狀態的重要資料，應用影像處理方法可以達到非破壞量測葉片面積之目的。由於許多蔬菜種苗的葉片形狀是接近橢圓形或卵形，因此用橢圓形的方式來概略描述這些葉片是一種可能的方法。

2.5 該研究主要為設計製造蝴蝶蘭大苗選別系統，由四部份組成：取像定位機構、影像辨識系統、分級顯示裝置、選別控制系統

植物生長階段的辨識，可藉由計算植物葉片數目、觀察株高、量測葉片面積大小，或植株葉片的乾、鮮重等方式為之。而此類觀察植物地上部的莖、枝幹及葉片等生長情形的方法，一般可分為直接法、半直接法及間接法(Norman and Campbell, 1989)，傳統的直接量測方法雖然有直接量測植株物理量的優點，但因為常是破壞性量測而且相對較費時與費工，因此有許多不同的非破壞性間接量測方法被發展出來。（黃 & 林 2001）

2.6 In the sample image, the background illumination is brighter in the center of the image than at the bottom. In this step, the example uses a morphological opening operation to estimate the background illumination. Morphological opening is an erosion followed by a dilation, using the same structuring element

for both operations. The opening operation has the effect of removing objects that cannot completely contain the structuring element. (Image Processing Toolbox™ Example 2 — Analyzing Images)

2.7 Image pre-processing: This step comprises the conversion of the three RGB color channels (R—red, G—green and B—blue) image in a single grayscale image and the correction of the non-uniform background illumination. The channel (R, G or B) which presents the largest difference between the mean grayscale values of the barley kernels and the background was used as the working image of the barley. In addition, the channel presenting the smallest difference between these two values was used to extract the background working image. Both the working and the background images are determined to each single image given the non-uniformity of the images brightness acquired on the field. Therefore, after preliminary kernel identification in the working image of the barley, the kernels mask was used to blend them (substituted by the median kernel scale value) to the background in the background working image. Then, the background was removed

from the working image
of the barley by means of a pixel to pixel
subtraction of the two
images. (Antonio L & Amaral, 2009)

2.8 Using machine-vision technology to grade strawberries
can increase the commercial value of the strawberry.
The automated strawberry grading system has been set up
based on three characteristics: shape,
size and colour. The system can efficiently obtain the shape
characteristic by drawing the lines and then
class with K-means clustering method for the strawberry
image. The colour of the strawberry adopts the
Dominant Colour method into the a^* channel, and the size is
described by the largest fruit diameter. The
strawberry automated grading system can use one, two or
three characteristics to grade the strawberry
into three or four grades. In order to solve the
multicharacteristic problems, the multi-attribute Decision
Making Theory was adopted in this system. The system
applied a conveyor belt, a camera, an image box,
two photoelectrical sensors, a leading screw driven by a
motor, a gripper, two limit switches and so on.
The system was controlled by the
single-chip-microcomputer (SCM) and a computer. The
results show
that the strawberry size detection error is not more than 5%,
the colour grading accuracy is 88.8%, and
the shape classification accuracy is above 90%. The average
time to grade one strawberry is below 3 s. (Xu Liming, Zhao
Yanchao, 2010)

3 研究目的

3.1 我們的實驗利用影像處理技術加速火鶴花的分類
與出產。

3.2 利用影像判別火鶴花的植株大小，花朵大小，並
計算出花朵數量。

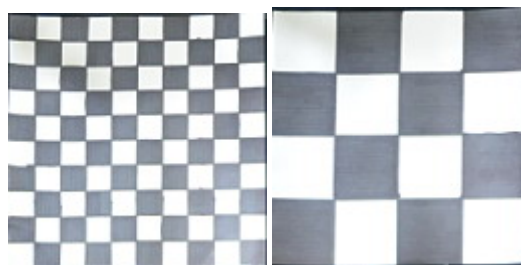
二、實驗器材

(1) Nikon D5100 1,620 萬畫素 CMOS 感光元件

(2) 高 20cmx1 的相機腳架

(3) 紅色火鶴盆花數盆

(4) 20x20cm 黑白方格紙每格 2x2 cm , 5x5 cm ,
10x10cm 與五公分為一單位長尺。



(圖一) 2x2cm 方格紙 (圖二) 5x5cm 方格紙



(圖三) 10x10cm 方格紙 (圖四) 自製長尺

(5) 桌上型電腦

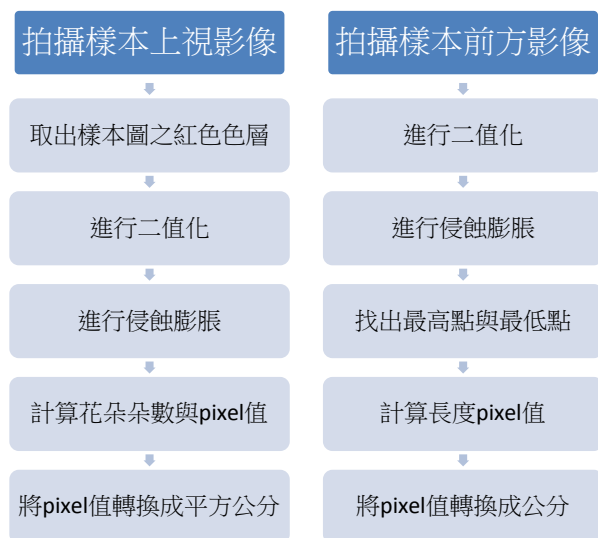
(6) MATLAB (矩陣實驗室) 軟體

(7) 90cm 長的黑色三角鐵 12 支



(圖五) 拍攝架示意圖

三、研究方法與步驟



計算花朵數與面積之程式

```

a=imread('abc.jpg');
ar=a(:,:,1);
abw=im2bw(ar,210/225);
b=imopen(abw,strel('disk',20));
[L N]=bwlabel(b,8);
Areal=find(L==1);
  
```

計算花高之程式

```

a=imread('DSC_3766.jpg');
abw=im2bw(a,100/225);
b=imopen(abw,strel('disk',10));
imtool(b);
儲存 b 為 qwer.jpg
clear
clc
a=imread('qwer.jpg');
Ulim=3264;
Dlim=0;
Llim=4928;
Rlim=0;
for i=1:3264
  
```

```

for j=1:4928
  if(a(i,j)==1)
    if (i<Ulim) Ulim=i; end
    if (i>Dlim) Dlim=i; end
    if (j<Llim) Llim=j; end
    if (j>Rlim) Rlim=j; end
  end
end
end
  
```

1. 設備架設

- 1.1 利用 12 支黑色角鐵組裝成 90 公分的立方體以作為相機支架。
- 1.2 使用黑色絨布當背景。
- 1.3 畫出 2*2、5*5、10*10cm 之方格圖。
- 1.4 製作每小格 5 公分的標尺。
- 1.5 依花朵形狀大小，用白紙描繪並剪下。

2. 拍攝樣本上視影像

- 2.1 使用 MATLAB 程式取出原圖的紅色層
- 2.2 使用 MATLAB 程式將原圖紅色層二值化。
- 2.3 將二值化後的圖片進行侵蝕膨脹，刪除背景及葉子部分。
- 2.4 使用 MATLAB 程式計算出花的 pixel 值及花朵數。
- 2.4 使用 MATLAB 程式計算出 2*2、5*5、10*1cm 方格之 pixel 值，轉換成平方公分面積。
- 2.6 使用 MATLAB 程式計算出紙花的 pixel 值，轉換為平方公分並計算出誤差。

3. 拍攝樣本前方影像

- 3.1 使用 MATLAB 程式將照片二值化。
- 3.2 將二值化的圖片清除背景及雜點，留下整株花部分。
- 3.3 使用 MATLAB 程式計算出花總長的 pixel 值。
- 3.4 使用 MATLAB 程式計算出自製尺的每格 pixel 值，轉換成公分。
- 3.5 量出實際花高，計算出誤差。

四、結果與討論

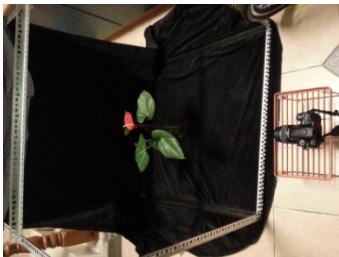
1. 架設台架與火鶴花拍攝

1.1 拍攝上視圖



(圖六) 上視圖示意圖

1.2 拍攝前視圖



(圖七) 前視圖示意圖

1.3 拍攝有含方格紙照片以利於比較



(圖八) 加入方格紙比較

2. 花朵面積與花朵數量測。

2.1 上視圖用於計算花朵數及花朵面積，

輸入 MATLAB 程式碼

```
a=imread('abc.jpg');
```

```
imtool(a);
```

得到圖九、十。



(圖九) 火鶴花單朵樣本上視圖



(圖十) 火鶴花雙朵樣本上視圖

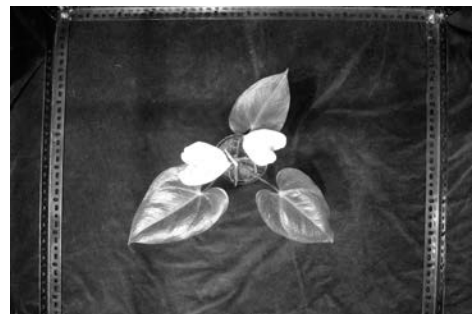
2.2 將樣本圖取出紅色色層，強調出花朵的顏色，以方便二值化的完整度。

輸入 `ar=a(:, :, 1);`

`imtool(ar);`得圖十一、十二。



(圖十一) 單朵火鶴花之紅色色層

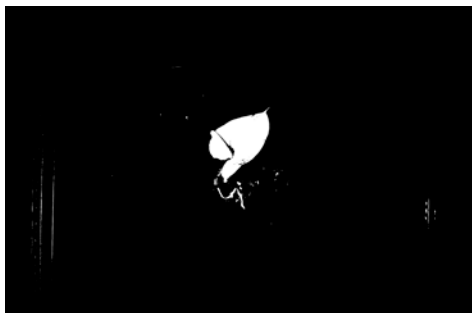


(圖十二) 雙朵火鶴花之紅色色層

2.3 找出紅色色層閾值，並進行二值化，結果中還有許多白點影響判別。

輸入 `abw=im2bw(ar, 210/225);`

`imtool(abw);`得圖十三、十四。



(圖十三) 單朵紅色色層二值化之結果

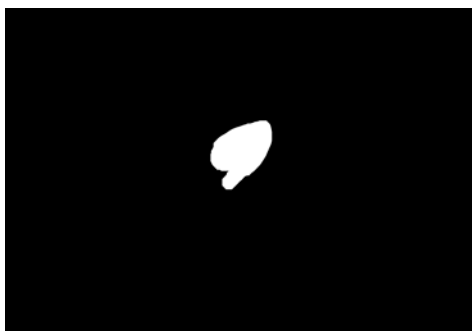


圖(十四) 雙朵紅色色層二值化之結果

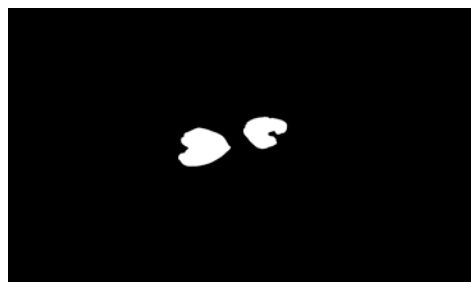
2.4 將圖十三、十四使用開運算及閉運算來修改不必要的白點後，結果已乾淨的留下目標物。

輸入 `b=imopen(abw, strel('disk', 20));`

`imtool(b);`得圖十五、十六。



(圖十五) 單朵完整物標物



(圖十六) 雙朵完整物標物

2.5 將完整目標物(圖十五、十六)輸入程式指令計算花的 pixel 及個數，下圖(圖十七、十八)中 `Area1(2)` 代表各朵花的 pixel 值大小，`N` 代表圖中的花朵個數。

輸入 `[L N]=bwlabel(b, 8);`

`Area1=find(L==1);`得圖十七、十八。

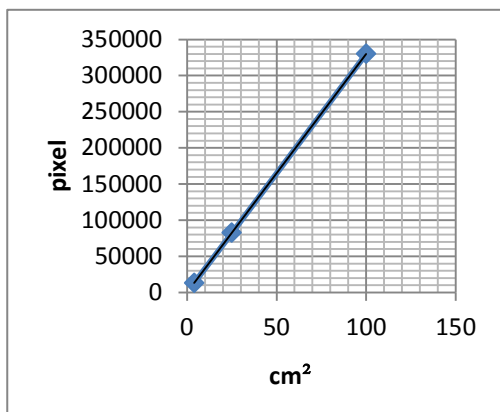
Workspace	
Name	Value
Area1	<278540x1 double>
L	<3264x4928 double>
N	1
a	<3264x4928 uint8>
abw	<3264x4928 logical>

(圖十七) 單朵花計算結果 `N=1`、pixel 為 278540

Workspace	
Name	Value
Area1	<172058x1 double>
Area2	<115028x1 double>
L	<3264x4928 double>
N	2
a	<3264x4928 uint8>
abw	<3264x4928 logical>

(圖十八) 雙朵花計算結果 `N=2`，pixel 為 172058 及 115028

2.6 用 MATLAB 程式計算 2*2、5*5、10*10cm 的方格紙的 pixel 值，並作成曲線圖，用來轉換花朵的實際面積。由下圖(圖十九)得知直線方程式為 $y=3300x$ ，以 pixel 值為 172058 的花朵來計算，此花的面積為 52.1 平方公分。



(圖十九) 直線方程式 $y=3300x$

2.7 表一是花的實際面積與程式計算出來的結果，是把花朵攤平，依花的大小形狀描繪在白紙上並剪下，在依照相同距離拍攝的照片，再以 MATLAB 程式計算出紙花的面積來進行比對。

紙花 pixel	照片 pixel	誤差
120808	82150	32%
392123	254880	35%
476035	285618	40%
478047	291609	39%
490352	375610	23.4%
271566	172058	36.6%
167435	115028	32.2%
369416	278540	24.6%
平均誤差		32.85%

(表一) 紙花與實體花的誤差

2.8 計算結果顯示，誤差偏高，可能的原因是因為花朵形狀不一定是平面的(捲曲)，拍攝時花也不會是水平的，而花的角度越大，誤差值也就越大。

3. 植株高度的量測

3.1 前視圖用來計算花高。

輸入 `a=imread('DSC_3766.jpg');`

`imtool(a);`得圖二十。



(圖二十) 三朵火鶴花樣本前視圖

3.2 圖二十一為樣本前視圖進行二值化後所產生的圖，如圖顯示，照片中有許多雜點影響判別。

輸入 `abw=im2bw(a,100/225);`

`imtool(abw);`得圖二十一。

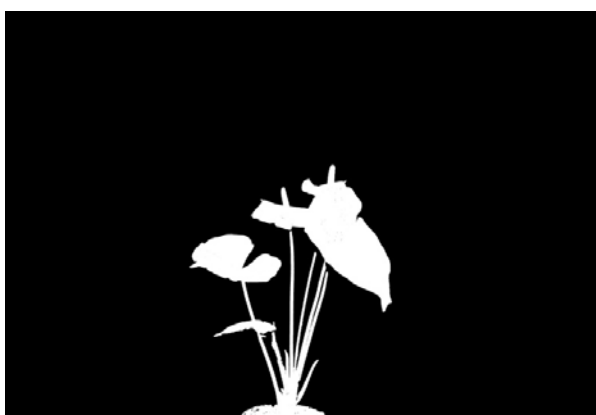


(圖二十一) 樣本二值化後之結果

3.3 將圖二十一使用侵蝕膨脹指令(開閉運算)消除雜點，得到完整目標物。

輸入 `b=imopen(abw,strel('disk',10));`

`imtool(b);`得圖二十二。



(圖二十二) 完整目標物前視圖

3.4 輸入 MATLAB 程式指令得到上下左右四方最邊緣的座標，Ulim 代表最上方的座標，Llim 代表最左邊的座標，Rlim 代表最右邊的座標，Dlim 代表最底部的座標。

輸入

clear

clc

a=imread('qwer.jpg');

Ulim=3264;

Dlim=0;

Llim=4928;

Rlim=0;

for i=1:3264

for j=1:4928

if(a(i,j)==1)

if (i<Ulim) Ulim=i; end

if (i>Dlim) Dlim=i; end

if (j<Llim) Llim=j; end

if (j>Rlim) Rlim=j; end

end

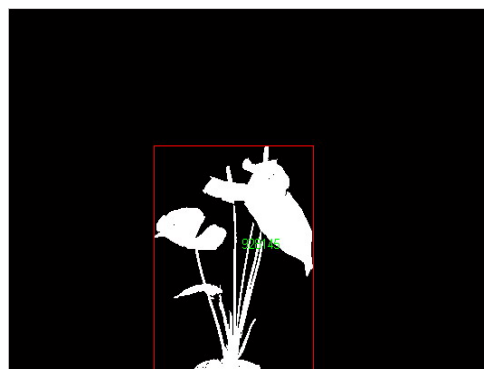
end

end

得圖二十三。

Workspace	
Name	Value
Dlim	3264
Llim	25
Rlim	4928
Ulim	906
a	<3264x4928x3 uint8>
i	3264
j	4928

(圖二十三) 四方最邊緣結果



(圖二十四) 四方邊緣示意圖

3.5 自製每格五公分的尺在 MATLAB 程式上顯示平均每格的 pixel 值為 291.3，而每公分的 pixel 值為 58.26，以此花為例，Dlim 與 Ulim(圖二十三)相減得花高的 pixel 值，轉換長度為 $3264 - 906 / 58.26 = 40.47$ 公分。



(圖二十五) 自製標尺與 37.5 公分盆花

3.6 表二是由 Ulim 與 Dlim(圖二十三)相減後，得到的值進行轉換，與實際高度進行比較誤差。

計算值(cm)	實際值(cm)	誤差(%)
40.47	37.5	7.9%
25.87	24.5	5.6%
34.06	32	6.46%
29.88	28.5	4.86%
平均誤差		6.2%

(表二) 花高計算值與實際值誤差

3.7 實驗結果誤差偏低，影響誤差的原因為植株並無固定，稍微偏差個幾度，將造成誤差。

五、結論與建議

利用影像處理程式量測植株高度是可行的方法，但如果用來計算花朵面積時會因為花朵不是水平狀，而導致照片拍攝後面積誤差值較大，如果要使用影像處理量測面積可能使用 3D 拍攝效果較佳。

六、致謝

在此感謝我們的指導教授謝清祿老師，因為他才能使我們的專題能夠進行得如此順利，老師不辭辛勞的捨棄自己的休息時間，陪我們報告開會，細心的糾正我們的錯誤，認真地指導我們至正確的方向，還有各位研究室的學長們，提供我們各式各樣有用的資訊，不厭其煩地解釋我們不懂得地方，讓我們成長，最後感謝在場的各位老師，給予我們最寶貴的意見。

七、參考資料與文獻

- 1. 陳榮坤 2011 年 06 月 76 期 臺南區農業專訊
- 2. 曾瑞田 1997 農業機械學刊 6
- 3. 郭彥甫，林達德，王嘉銳 2004 年 6 月 農業機械學刊 第 13 卷
- 4. 黃國益 林聖泉 2001 年 12 月 農業機械學刊
- 5. 錢中方，林達德 2000 年 12 月 農業機械學刊
- 6. Antonio L. Amaral a,b,*, Orlando Rochaa 2009 Industrial Crops and Products
- 7. Xu Liming*, Zhao Yanchao 2010 Computers and Electronics in Agriculture
- 8. MATLAB Help(Image Processing Toolbox Example 2-Analyzing Images)
- 9. MATLAB 中文論壇|Simulink 中文論壇 www.ilovematlab.cn

雙 CCD 立體視覺量測哈密瓜蒂空間深度初步研究

學生姓名：湯懷閔、黃星凱、黃暉翔、潘彥廷、王旻敦

指導老師：謝清祿

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究是在說明如何呈現立體視覺之三維空間和探討如何建立立體視覺測量之方法，目的是由立體影像處理建立三維座標空間，我們可藉由兩台 CCD 同時拍攝一個物體並同時量測 Z 值(物體和 CCD 之間的水平距離)，拍攝完後將影像輸入至 MATLAB，藉由 MATLAB 的影像校正求出 f_c 和 d 的值，再藉由公式推導利用 Pixel 數、Scan area(掃描區域)、pixel size(像素尺寸)來計算誤差，從這三個值中選擇誤差最小算出標準板影像深度(Z)是否和測量值相同，如果計算值和測量值相近，可用相同的方法測試哈密瓜在三維空間的距離。

關鍵字:立體視覺、CCD、深度計算、哈密瓜

一、引言

1. 目前產業界遇到的問題

目前產業界遇到的問題是在人力方面的不足和自動採收之採收物的距離。

2. 相關研究

要如何找出空間中正確的對應點並估計出深度資訊在校正過程中,確定左右影像對應的是三維空間的同一點後,才能求出正確的三維空間座標。

首先,我們必須先大致對準兩台攝影機的中心,首先,先將裝有攝影機腳架先用水平儀調整到水平,到此完成兩台攝影機大致的校正,接下來我們要利用

“Camera Calibration Toolbox for Matlab” 攝影機校正軟體工具來做更精密的定位,並算出攝影機的內部參數和外部參數。

我們將預先準備好的棋盤格放在攝影機前,把棋盤格放在攝影機前不同的位置及角度拍攝,再從這些拍攝好的棋盤格影像依序手動抓取棋盤格上面的邊角。

依此方法將 17 張影像中的棋盤邊角抓出後,即可算出不包含鏡頭扭曲的校正參數,接下來可把上面所算出的參數大約的估計直拿來當初始值,作非線性的最佳化將誤差值(最小平方差)降到最低,即可算出所有參數的最終估計值,這些最終的估計值大約三倍的標準差。

實際景物特徵由三維空間座標轉換為二維像素座標的轉換過程,可稱為攝影機的投影幾何關係。一般攝影機的投影幾何關係可分為透視投影(Perspective Projection)、正交投影法(Orthographic Projection)與仿射投影法(Affine Projection),其中以透視投影法較廣泛使用,即為一般攝影機的針孔成像模型[2]。

攝影機定位與校正(camera calibration):

我們做攝影機的定位主要目的就是要找出這台攝影機的內部參數和外部參數，而在做影像距離的計算的過程中，我們必須要用到的內部參數有鏡頭焦距(focal length)、鏡頭中心(principal point)、偏斜係數(skew coefficient)、放射狀方向影像扭曲的係數(radial distortion)、切線方向影像扭曲係數(tangential distortion)，外部參數有旋轉矩陣(rotation matrix)和移動矩陣(translation matrix)。^[3]

接下來就要找出兩台攝影機的相對位置旋轉矩陣和移動矩陣。

假設 O 為空間上的一點， P_l 是 O 點相對於左邊攝影機的座標， P_r 是 O 點相對於右邊的座標，因此我們定義 $P_r = R \times P_l + T$ ， R 為 3×3 的旋轉矩陣， T 為 3×1 移動矩陣，我們有了前一步驟算出的參數後，可用這些參數來作兩台攝影機全域的最佳化，即可找出兩台攝影機的相對位置 R 和 T ，並將兩台攝影機的外部參數及個別攝影機的內部參數加入另一台的參數下去估計使誤差值降到最低^[3]

在立體視覺的應用中，如何計算出物體在影像中的深度是的重要的工作。立體影像指同一物體在同一時間已不同角度所擷取的左右成影像，左影像會有某個像素對應到右影像上某個像素，這樣的關係稱為對應關係(correspondence)^[4]。

雙攝影機之間的影像轉換關係，利用基礎矩陣(fundamental matrix)與共軛幾(epipolar geometry)，找出左右成對影像間的轉換關係式，藉由關係式求出視差(disparity)，獲得影像深度資訊^[4]。

攝影機模型是將景物的影像轉成圖面的過程，以物理的描述表示出來；而攝影機及人眼的透視投影方式，可以視作一個針孔模型(pinhole model)^[5]。

A camera consists of an image plane which provides a transformation between object space and image space. This transformation cannot be described perfectly by a perspective transformation because of distortions which occur between points on the object and the location of the images of those points. These distortions can be

modeled .

一個攝像頭的圖像平面的，它提供了一個由轉型對象間空間和圖像空間。這轉型不能被完美透視因為之間發生扭曲轉型在對象上的點，這些圖像的位置點這些失真可以仿照。^[6]

Vision based range estimation is an example of passive range sensing. Some of the common machine vision techniques to estimate range are stereo vision, depth from focus, structure from motion and depth from texture.

基於視覺的範圍估計是被動傳感的一個例子。某些常見的機器視覺技術估算範圍是立體視覺，深度焦點，結構從紋理的運動和深度^[7]。

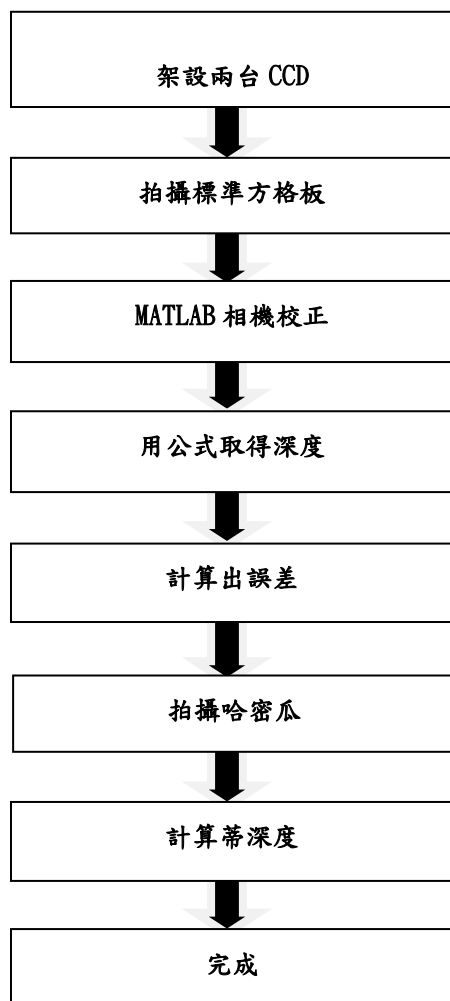
發展精確的三維地圖的成果將減少距離超過視覺伺服閉環控制經營。為了總結開發的一個精確的三維地圖將有三個目的。

- (1)通過實現一個高效的路徑規劃的實施，減少水果採摘時間算法
- (2)通過降低減少採摘時間距離超過閉環視覺伺服控制需要被應用
- (3)提高水果的檢測將多視圖掃描生成 3D 圖。^[7]

3. 研究目的

- (1)藉由兩台相機，架設立體視覺拍攝系統。
- (2)針對標準板拍攝立體視覺影像進行相機參數校正。
- (3)利用立體視覺影像處理技術，測量靜態生物產品(哈密瓜)在三維空間的 Z (影像深度)的距離，並計算量測誤差。

二、研究內容與方法



(圖一 實驗方法流程圖)

1. 試驗材料

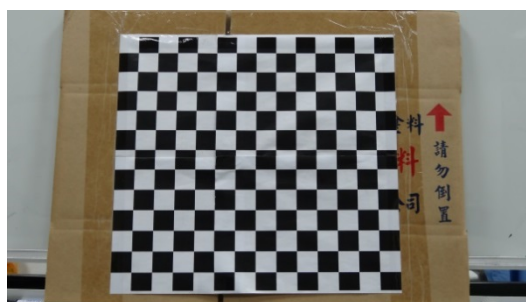
一般的哈密瓜(圖二)、黑白方格板[長 14 小格 X 寬 13 小格][每小格 30×30 mm](圖三)、鋼架長 1056 mm 九支、CCD 兩台(重要規格表一)

Model	CS5620BD	CS5620BDP
Total pixels	811(H) 508(V)	795(H)×596(V)
Scanning area	6.45(H)×4.84(V)mm Equivalent to 1/2 inch optical image size	6.47(H)×4.84(V)mm
Pixel size	8.4μm(H)×9.8μm(V)	8.6μm(H)×8.3μm(V)

(表一 CCD 重要規格)



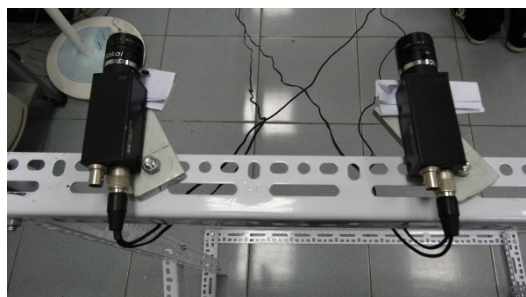
(圖二 哈密瓜)



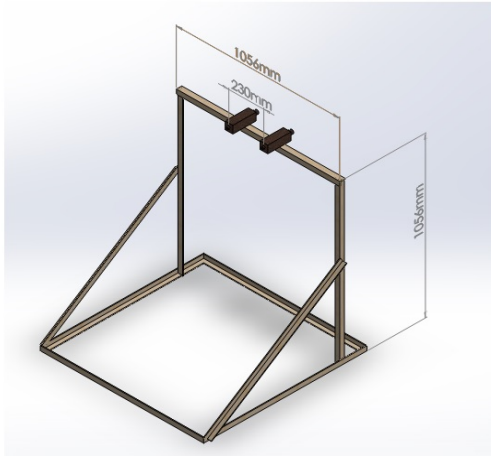
(圖三 標準方格版)

2. 試驗儀器

CCD 兩台廠牌為 teli、型號為 CS5620BD、CS5620BDP (圖五)(附錄一為詳細規格)、MATLAB 影像處理軟體(MATLAB R2009a)、ezdetect 實驗室自製拍圖程式、實驗用平台(圖六)(圖七)。



(圖五 兩台 CCD)



(圖六 實驗用平台)



(圖七 實際實驗用平台)

3. 應用原理

(1) 利用 MATLAB 的影像處理軟體 (Camera calibration toolbox) 探討 CCD 的內部參數

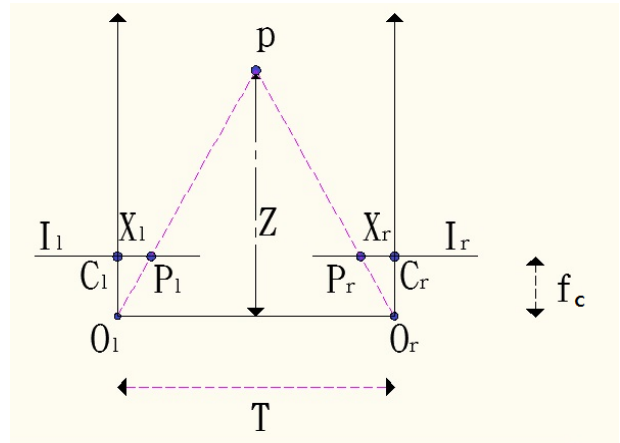
(2) 利用公式： $Z \times d = f_c \times T$ 來反推 Z 值的準確度。

(3) O_l 與 O_r 分別是左右兩攝影機的相機中心， f_c 是相機的焦距， T 是兩攝影機中心之間的距離，它們之間的連線稱為基線 (baseline)， P_l 與 P_r 則是三維點投影在左右兩影像平面上的點，它們與影像中心的距離分別是 X_l 與 X_r ， d 為圖片的像差， Z 則是基線與三維點 P 之間的距離。根據三角幾何的關係，它們有如下的關係存在。

$$\frac{T + X_l - X_r}{Z - f_c} \quad (1)$$

$$Z = f_c \frac{T}{d} \quad (2)$$

立體視覺的基本原理(圖八)



(圖八 立體視覺的基本原理)

4. 試驗方法

(1) 架設平台，裝置兩台 CCD(圖九)。

(2) 拍攝標準方格板。

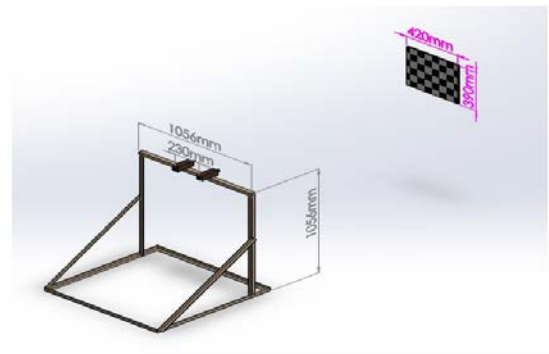
(3) 透過 MATLAB 進行相機校正參數。

(4) 利用公式計算深度 Z 。

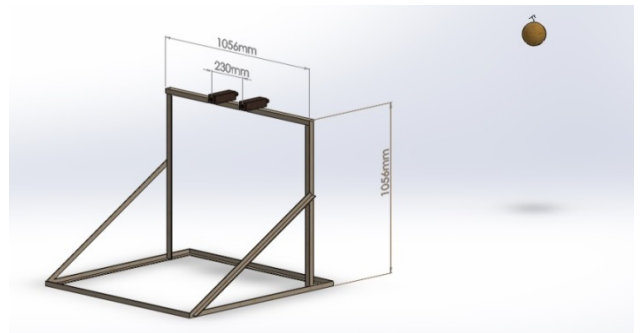
(5) 與實際深度比對計算誤差。

(6) 拍攝哈密瓜影像。(圖十)

(7) 計算哈密瓜蒂的深度



(圖九 CCD 架設圖)



(圖十 平台與哈密瓜位置圖)

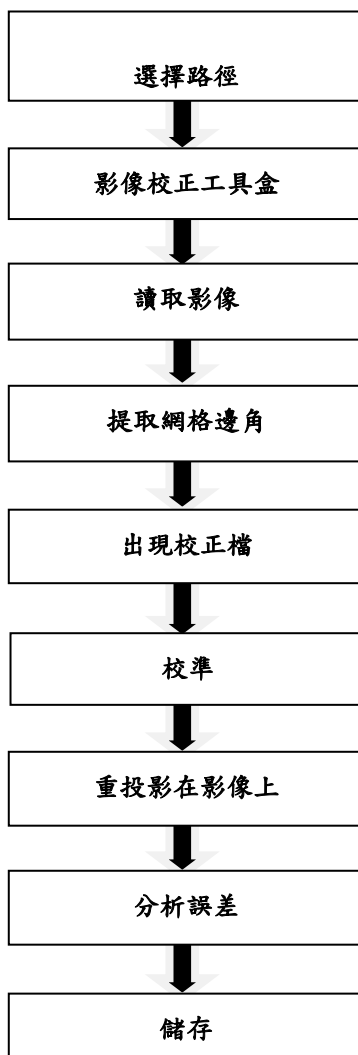
5. 試驗程序

(1)先架設一個有左右並有水平的架子，在平台上測量出適當的距離(量出的距離為 T 兩相機中心之間的距離單位(mm)，測量出的距離左邊和右邊各設置一台 CCD。

(2)再將 CCD 的影像輸出連接到電腦拍攝抓圖程式(ezdetect)與要被測量之物體(黑白方格標準板)取得適當距離(標準板要全部入鏡)，再利用電腦程式擷取出圖片共十二個拍攝位置。(並測量該位置四個頂點深度 Z)

(3)利用 MATLAB 影像處理找出 f_c 、 d 值，簡略流程圖(圖十一)。

MATLAB 相機校正流程



(圖十一 MATLAB 相機校正流程)

(4)找出 f_c 、 d 值後，利用公式： $Z \times d = f_c \times T$ 來反推 Z 值的準確度， f_c =MATLAB 左右 CCD 的焦距、 T =左邊 CCD 和右邊 CCD 之間的距離、 d =像差(值來自於 MATLAB 程式中)，計算出誤差值是否在容許誤差值內。

(5)運用三種公式找出 CCD 的焦距和(f_c)值。

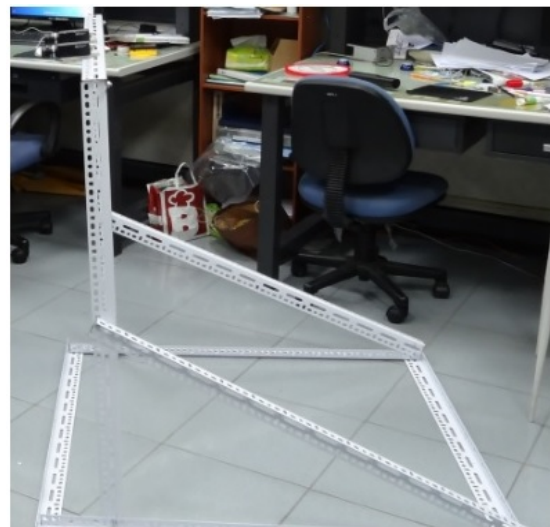
(6)標準方格板校正完後，將哈密瓜放置在 CCD 和標準方格版中，進行拍攝。

(7)拍攝完後重複流程(3)、(4)和(5)的動作，再帶入公式找出哈密瓜蒂的深度。

三、結果與討論

1. 雙 CCD 架設結果

CCD 距離為 230mm，角架高 1056mm，架設目的使 CCD 位子固定，拍攝試驗時更為方便。



(圖十一 雙 CCD 架設結果)

2. 三種計算焦距 f_c 的說明

(1) Pixel 數

我們拍攝照片的尺寸(640×480)水平寬×垂直高

利用 $1: \gamma : 1/2'' \rightarrow \gamma = 0.5/1.414 = 0.3536''$

1 英寸=25.4mm $\therefore 0.3536'' \times 25.4 = 8.981\text{mm}$

是利用直角三角型的邊 1:1: $\sqrt{2}$ 下去算

1/2'' 吋是 CCD 規格

$8.981 \div 640 = 1.40 \times 10^{-2} \text{mm/pixel}$ 水平(寬)

$8.981 \div 480 = 1.87 \times 10^{-2} \text{mm/pixel}$ 垂直(高)

再把 MATLAB 所做出來的 f_c 值左跟右分別乘進去水平跟垂直

計算出 640×480 pixel 對應每個 pixel 所佔的 mm。

(2) Scan area(掃描區域)

根據的 CCD 規格

Scanning area	6.45(H)×4.84(V)mm
	(Equivalent to 1/2 inch optical image size)

$6.45 \div 640 = 0.01$ (水平寬) mm/pixel = $1.0 \times 10^{-3} \text{mm/pixel}$

$4.84 \div 480 = 0.01$ (垂直高) mm/pixel = $1.0 \times 10^{-3} \text{mm/pixel}$

在把 MATLAB 所做出來的 f_c 值左跟右分別乘進去水平跟垂直

(3) pixel size(像素尺寸)

Pixel size	$8.4 \mu\text{m(H)} \times 9.8 \mu\text{m(V)}$
------------	--

$8.4 \mu\text{m} = 8.4 \times 10^{-6} \text{m} = 8.4 \times 10^{-3} \text{mm}$

$9.8 \mu\text{m} = 9.8 \times 10^{-6} \text{m} = 9.8 \times 10^{-3} \text{mm}$

在把 MATLAB 所做出來的 f_c 值左跟右分別乘進去水平跟垂直

以左邊 CCD 校正計算

(1) 用 Pixel 數 $\rightarrow 1,650.93 \times (1.40 \times 10^{-2}) = 23.11\text{mm}$

(2) 用 Scan area $\rightarrow 1,650.93 \times 0.01 = 16.51\text{mm}$

(3) 用 pixel size $\rightarrow 1,650.93 \times (8.4 \times 10^{-3}) = 13.86\text{mm}$

以右邊 CCD 校正計算

(1) 用 Pixel 數 $\rightarrow 1,596.00 \times (1.87 \times 10^{-2}) = 29.85\text{mm}$

(2) 用 Scan area $\rightarrow 1,596.00 \times 0.01 = 15.96\text{mm}$

(3) 用 pixel size $\rightarrow 1,596.00 \times (9.8 \times 10^{-3}) = 15.64\text{mm}$

標準板校正詳細數據:

CCD 規格為 1/2'' 規格

<計算出 640×480 pixel 對應每個 pixel 所佔的 mm>

$f_c = [\text{寬方向的 } f_c \text{ 高方向的 } f_c] \pm [\text{估計誤差 估計誤差}]$

Left CCD:

$f_c = [1646.26303 \quad 1655.60388] \pm [23.06065 \quad 23.35706]$ 1,650.93

Right CCD:

$f_c = [1597.89736 \quad 1594.12071] \pm [20.76772 \quad 20.56635]$ 1,596.00

所以高寬比接近 1(1.03441)

$1: \gamma : 1/2'' \rightarrow \gamma = 0.5/1.414 = 0.3536''$

1 英寸=25.4mm $\therefore 0.3536'' \times 25.4 = 8.981\text{mm}$

$8.981 \div 640 = 1.40 \times 10^{-2} \text{mm/pixel}$ 水平(寬)

Scan area(掃描區域) = $6.45\text{mm} / 640 = 0.01\text{mm}$

規格宣稱 pixel size H $8.4 \times 10^{-6} \text{m} = 8.4 \times 10^{-3} \text{mm}$

$8.981 \div 480 = 1.87 \times 10^{-2} \text{mm/pixel}$ 垂直(高)

Scan area(掃描區域) = $4.84\text{mm} / 480 = 0.01\text{mm}$

規格宣稱 pixel size V $9.8 \times 10^{-6} \text{m} = 9.8 \times 10^{-3} \text{mm}$

<計算 f_c >

以左邊校正計算

(1) 用 Pixel 數 $\rightarrow 1,650.93 \times (1.40 \times 10^{-2}) = 23.11\text{mm}$

(2) 用 Scan area $\rightarrow 1,650.93 \times 0.01 = 16.51\text{mm}$

(3) 用 pixel size $\rightarrow 1,650.93 \times (8.4 \times 10^{-3}) = 13.86\text{mm}$

以右邊校正計算

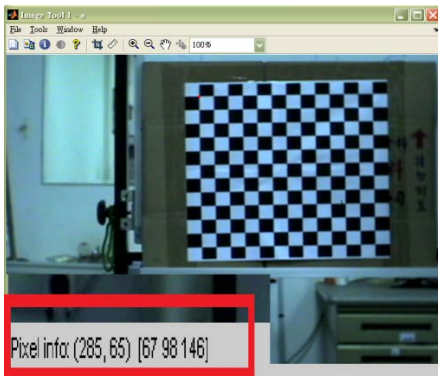
(1) 用 Pixel 數 $\rightarrow 1,596.00 \times (1.87 \times 10^{-2}) = 29.85\text{mm}$

(2) 用 Scan area $\rightarrow 1,596.00 \times 0.01 = 15.96\text{mm}$

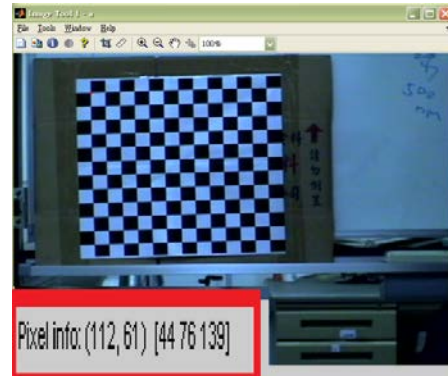
(3) 用 pixel size $\rightarrow 1,596.00 \times (9.8 \times 10^{-3}) = 15.64\text{mm}$

帶入公式 $\rightarrow Z \times d = f_c \times T$ $T = 22.7\text{cm} = 227\text{mm}$

取像差值(d)做法水平座標相減, 例: $285 - 112 = 173$, 取得的像差值(d)就為 173。



(圖十二 左 CCD Pixel info)



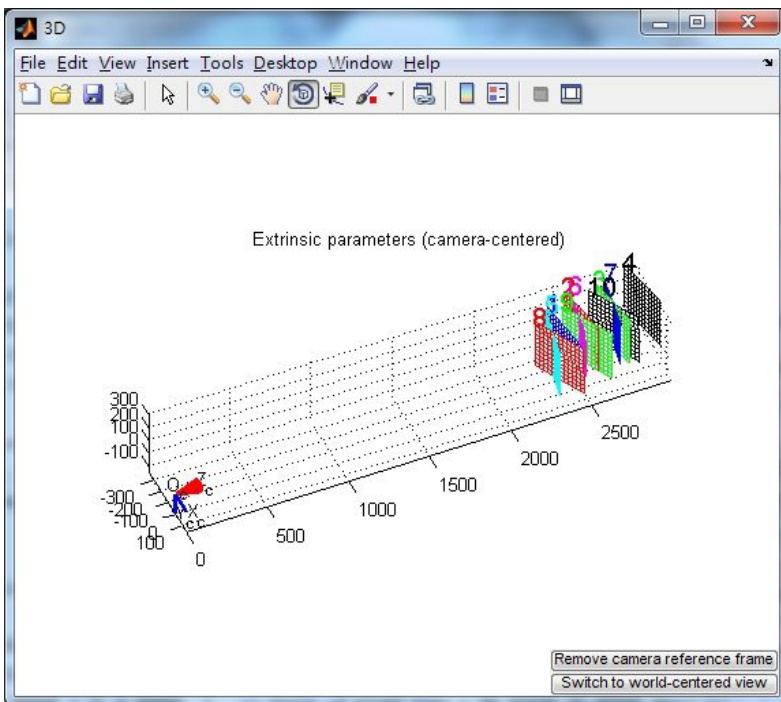
(圖十三 右 CCD Pixel info)

3. 標準板校正程序結果與誤差。詳細實驗數據可參考(附錄二)

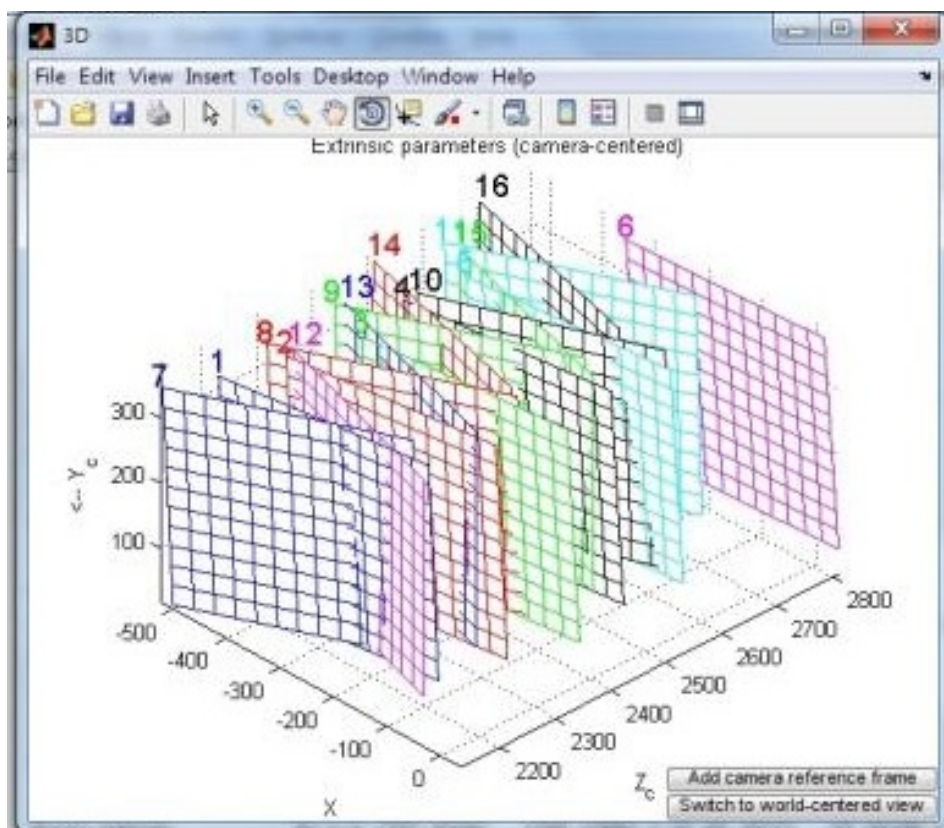
```

Focal Length:      fc = [ 1597.93541   1594.15943 ] ?[ 20.78253   20.58100 ]
Principal point:    cc = [ 459.08402   305.49924 ] ?[ 15.73685   12.83095 ]
Skew:              alpha_c = [ 0.00000 ] ?[ 0.00000 ] => angle of pixel axes = 90.00
Distortion:         kc = [ -0.36235   1.08766   -0.00505   0.00431   0.00000 ] ?[ 0
Pixel error:        err = [ 0.21078   0.16490 ]
  
```

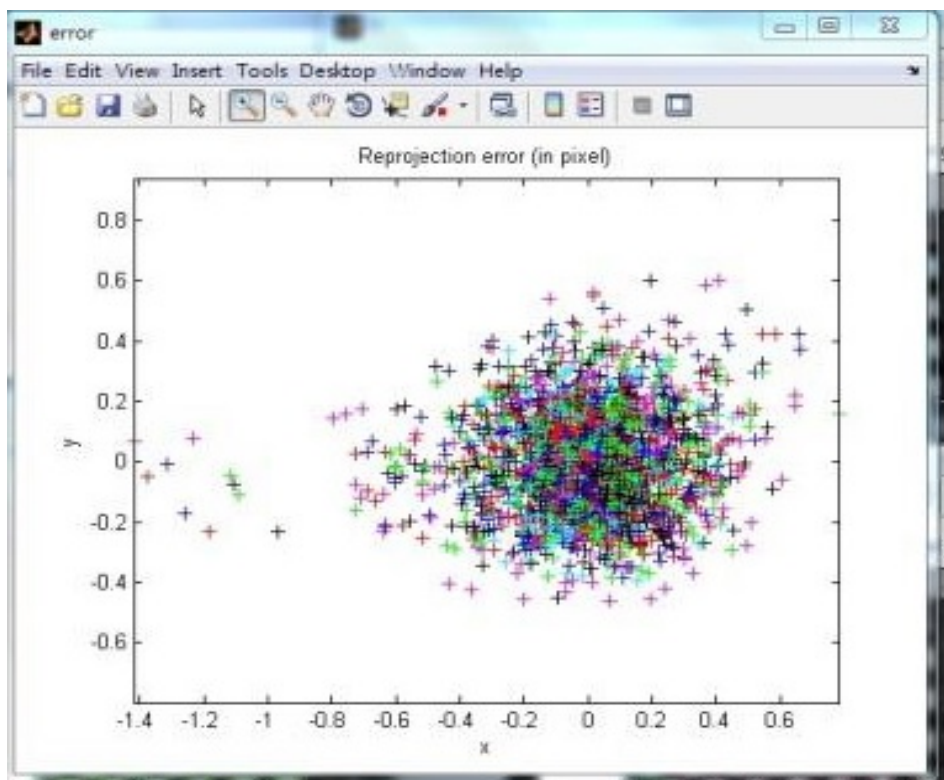
圖十四 用 Matlab 計算 f_c 值)



(圖十五 CCD 與標準版的關係圖)



(圖十六 標準版的位置圖)



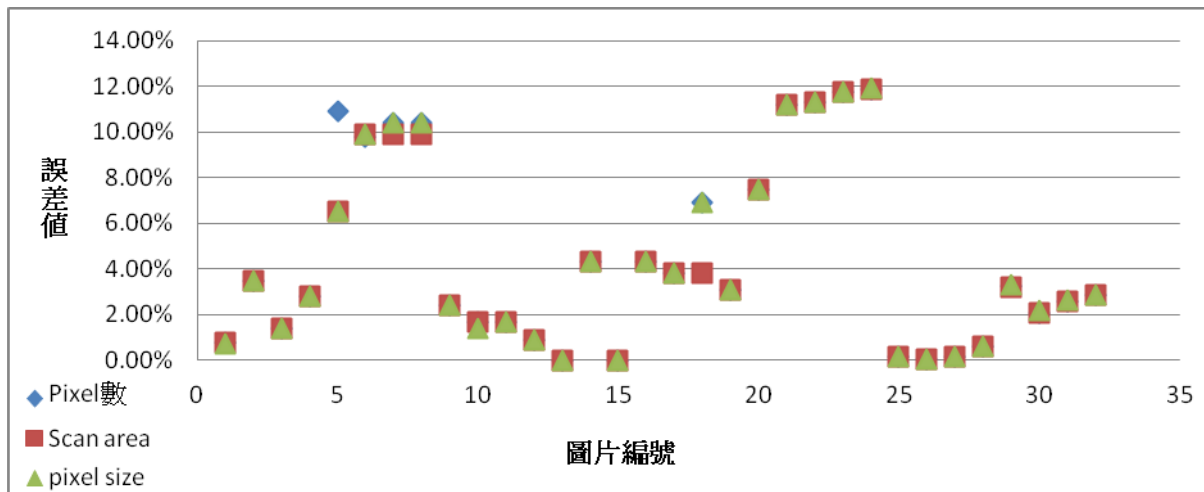
(圖十七 誤差區域圖)

(左邊 CCD 標準板校正誤差分佈圖)

(1)用 Pixel 數:標準板平均誤差 17.82%, 左 CCD:4.52%

(2)用 Scan area:標準板平均誤差 4.16%, 左 CCD:4.25%

(3)用 pixel size:標準板平均誤差 9.47%, 左 CCD:4.37%



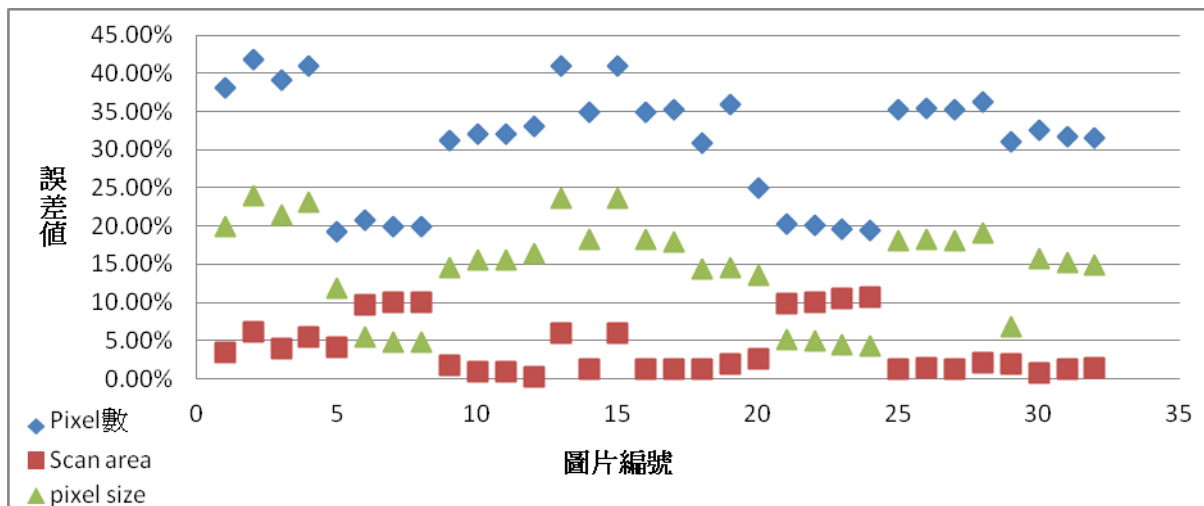
(圖十八 左邊 CCD 標準板校正誤差分佈圖)

右邊 CCD 標準板校正誤差分佈圖

(1)用 Pixel 數:標準板平均誤差 17.82%, , 右 CCD:31.13%

(2)用 Scan area:標準板平均誤差 4.16%, , 右 CCD:4.07%

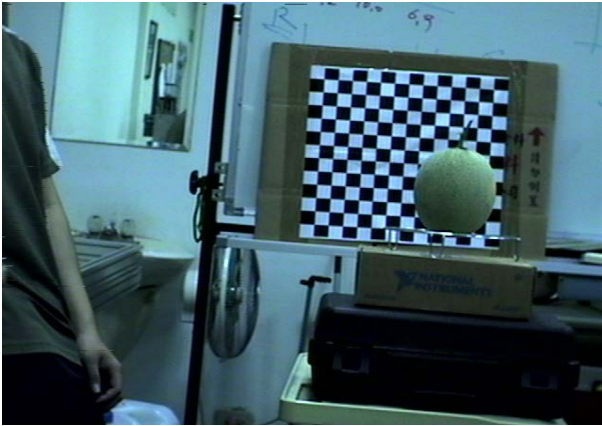
(3)用 pixel size:標準板平均誤差 14.58%, , 右 CCD:9.47%



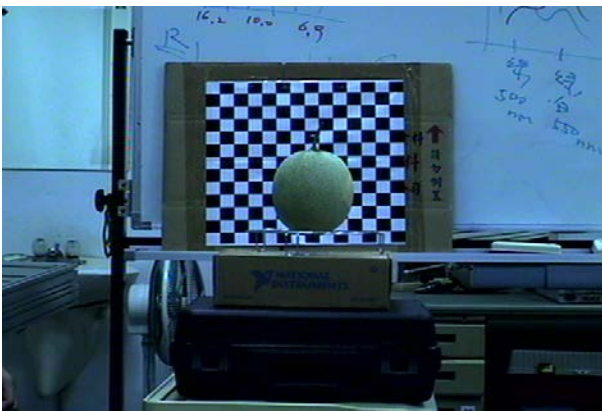
(圖十九 右邊 CCD 標準板校正誤差分佈圖)

3-4 哈密瓜七個位置的測量結果與誤差。詳細數據

請 參 考 (附 錄 三)



(圖二十 左 CCD 拍攝)



(圖二一 右 CCD 拍攝)

CCD 規格為 1/2" 規格

<計算出 640×480 pixel 對應每個 pixel 所佔的 mm>

$= f_c [\text{寬方向的 } f_c \text{ 高方向的 } f_c] \pm [\text{估計誤差估計誤差}]$

Left CCD:

$$f_c = [1646.26303 \quad 1655.60388] \pm [23.06065 \quad 23.35706] \quad 1,650.93$$

Right CCD:

$$f_c = [1597.89736 \quad 1594.12071] \pm [20.76772 \quad 20.56635] \quad 1,596.00$$

所以高寬比接近 1(1.03441)

$$1 := \gamma : 1/2'' \rightarrow \gamma = 0.5 / 1.414 = 0.3536''$$

$$1 \text{ 英寸} = 25.4 \text{ mm} \quad \therefore 0.3536'' \times 25.4 = 8.981 \text{ mm}$$

$$8.981 / 640 = 1.40 \times 10^{-2} \text{ mm/pixel 水平(寬)}$$

$$\text{Scan area(掃描區域)} = 6.45 \text{ mm} / 640 = 0.01 \text{ mm}$$

$$\text{規格宣稱 pixel size H } 8.4 \times 10^{-6} \text{ m} = 8.4 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$8.981 / 480 = 1.87 \times 10^{-2} \text{ mm/pixel 垂直(高)}$$

$$\text{Scan area(掃描區域)} = 4.84 \text{ mm} / 480 = 0.01 \text{ mm}$$

$$\text{規格宣稱 pixel size V } 9.8 \times 10^{-6} \text{ m} = 9.8 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

<計算 f_c >

以左邊校正計算

$$(一) \text{ 用 Pixel 數} \rightarrow 1,650.93 \times (1.40 \times 10^{-2}) = 23.11 \text{ mm}$$

$$(二) \text{ 用 Scan area} \rightarrow 1,650.93 \times 0.01 = 16.51 \text{ mm}$$

$$(三) \text{ 用 pixel size} \rightarrow 1,650.93 \times (8.4 \times 10^{-3}) = 13.86 \text{ mm}$$

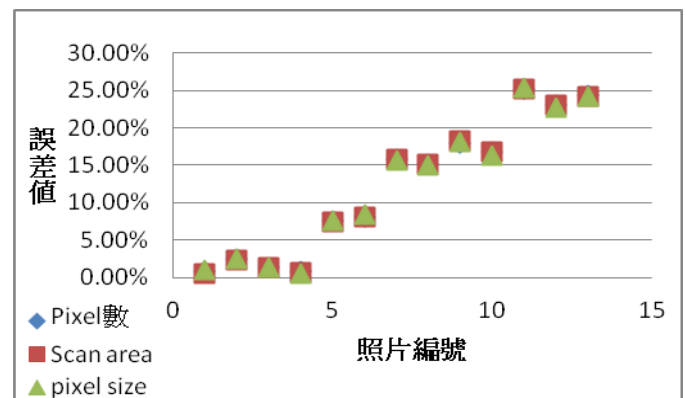
以右邊校正計算

$$(一) \text{ 用 Pixel 數} \rightarrow 1,596.00 \times (1.87 \times 10^{-2}) = 29.85 \text{ mm}$$

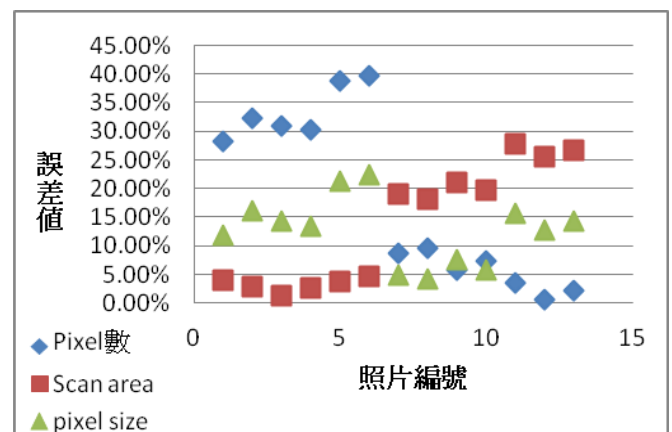
$$(二) \text{ 用 Scan area} \rightarrow 1,596.00 \times 0.01 = 15.96 \text{ mm}$$

$$(三) \text{ 用 pixel size} \rightarrow 1,596.00 \times (9.8 \times 10^{-3}) = 15.64 \text{ mm}$$

$$\text{帶入公式} \rightarrow Z \times d = f_c \times T \quad T = 22.7 \text{ cm} = 227 \text{ mm}$$



(圖二二 哈密瓜誤差分佈圖)



(圖二三 哈密瓜誤差分佈圖)

四、結論

本研究以雙 CCD 拍攝的影像在利用 MATLAB 之影像校正探討距離,並成功的取得並利用焦距(f_c)算出數據,從實驗結果中可以發現,實驗標準版與實物(哈密瓜)校正出的距離會因為焦距、主點、偏移、失真和像素誤差就是與實際距離誤差變大時最主要的誤差源。

標準板的校正最小誤差可達到左 CCD:0%, 平均 4.25%, 右 CCD:0.20%, 平均:4.07%。

哈密瓜的校正最小誤差可達到左 CCD:0.48%, 平均 12.98%, 右 CCD:0.56%, 平均:12.7%

至於計算方法分為三大部分

(1)用 Pixel 數平均誤差 :標準板 17.82%, 哈密瓜 15.08%

(2)用 Scan area 平均誤差:標準板 4.16%, 哈密瓜 13.77%

(3)用 pixel size 平均誤差:標準板 9.47%, 哈密瓜 12.84%

其中以 Scan area 所算出的誤差最為穩定且平均最小,但為了得到最佳誤差數值,三種計算方法必須算出,才可以取得最佳數值。未來若要繼續延續此專題,可進一步分析所量測的數據,或增加一台 CCD 使量測出的數據可以更多更精準,並可以在生物上利用,希望可以發展出便利有用的測量工具。實驗中個實驗器材位置可參考附錄(五)

五、致謝

感謝:

本次專題能順利完成,承蒙指導老師謝清祿老師在專題製作的時間內,所指導與協助及開會討論,過程中給予許多寶貴的意見與知識,也感謝全組人員發揮團隊精神才能完成此專題,讓我們從實驗中得到難能可貴的經驗,希望往後能學以致用,將此專題發揚光大。

六、參考文獻

[1]莊俊德,中華民國九十三年六月,「針孔成像系統三維量測之誤差分析及立體校正」,碩士論文,國立成功大學航空太空工程學系

[2]陳冠名,中華民國 100 年 7 月,「具深度資訊之路路辨識影像處理技術」,碩士論文,國立中山大學機械與機電工程學系。

[3]楊茂村、林永淵、羅國華、江萬強、李連勇,中華民國 95 年 10 月,「即時人物偵測與追蹤之多模組融合系統」,NSC94-2213-E-259-002,行政院國家科學委員會專題研究計畫。

[4]廖育聖,中華民國九十七年七月,「以對應點為基礎應用立體視覺支自動停車系統」,碩士論文,國立台北科技大學車輛工程系。

[5]劉育志、喻子賢、吳培輔,中華民國九十六年五月,「自動對焦與測深之設計」,專題製作專題論文,逢甲大學自動控制工程學系。

[6]Rostam Affendi Hamzah and Sani Irwan Md Salim, 2010, "Software Calibration for Stereo Camera on Stereo Vision Mobile Robot using Tsai's Method,"International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol.2,No.3,390-394。

[7]VENKATRAMANANJAYARAMAN, 2010"THREEDIMENSIONAL MAPPING OF CITRUS FRUITS IN THE CANOPY USING COMPUTER VISION, "MASTER OF SCIENCE, THE UNIVERSITY OF FLORIDA。

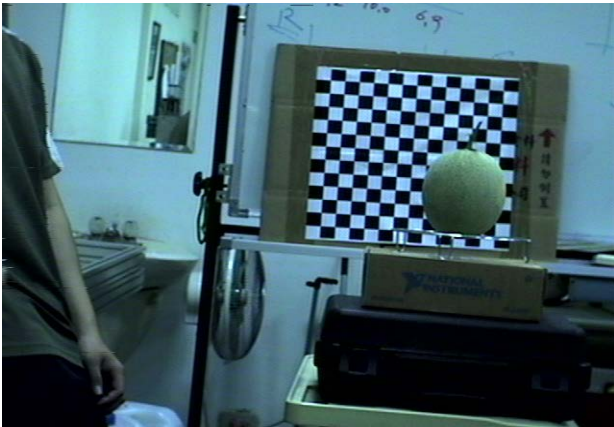
七、附錄

(一) CCD 詳細規格表

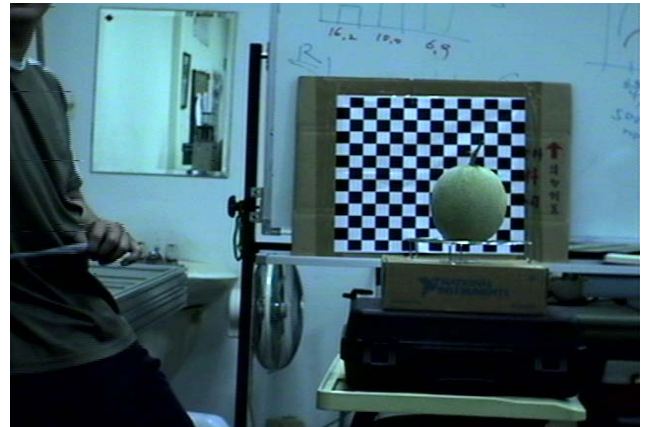
	Model	CS5620BD	CS5620BDP
1.	TV systme	NTSC	PAL
2.	Image sensor	Interline CCD	
	Total pixels	811(H) × 508(V)	795(H) × 596(V)
	Active pixels	768(H) × 494(V)	752(H) × 582(V)
	Scanning area	6.45(H) × 4.84(V)mm	6.47(H) × 4.84(V)mm
		(Equivalent to 1/2 inch optical image size)	
	Pixel size	8.4μm(H) × 9.8μm(V)	8.6μm(H) × 8.3.μm(V)
	Color filter	Corrective mosaic filter(Ye,Cy,Mg,G)	
	CCD integration	Field integration (Field-electrical-charge-storage)	
3.	Scanning lines	525 lines	625 lines
4.	Scanning system	2:1 interlace	
5.	Sync system	Internal	
6.	Scanning frequency	15.734kHz(H),59.94Hz(V)	15.625kHz(H),50Hz(V)
7.	Aspect ratio	4:3	
8.	Sensitivity	1000 1x(F8,3000K)	
9.	Minimum subject illumination	41x (F1.4,AGC ON,Output level: Approx.50%)	
10.	Video output	VIDEO VBS:1.0V(p-p)/75Ω terminal,Positive	
		Y/C: 1.0 V(p-p)/75Ω terminal,Positive	
		CHROMA: 0.286V(p-p)/75Ω terminal	
11.	Resolution	470 TV lines(H)	470 TV lines(H)
		350 TV lines(V)	420 TV lines(V)
12.	S/N ratio	46dB(p-p)/rms	
13.	Correction	0.45 (Fixed)	
14.	Gain (AGC)	ON/OFF selectable	
		Corrective range under ON mode : -6dB~0dB	
		Corrective range under OFF mode : Selectable among 18dB,12dB,6dB,0dB	

(四) 哈密瓜校正結果與圖片

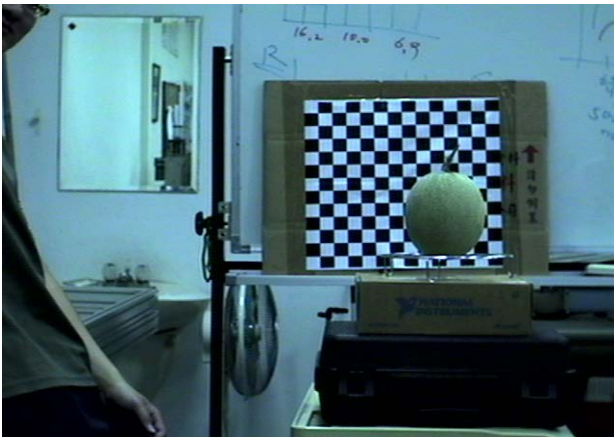
左邊 CCD 拍攝哈密瓜圖片



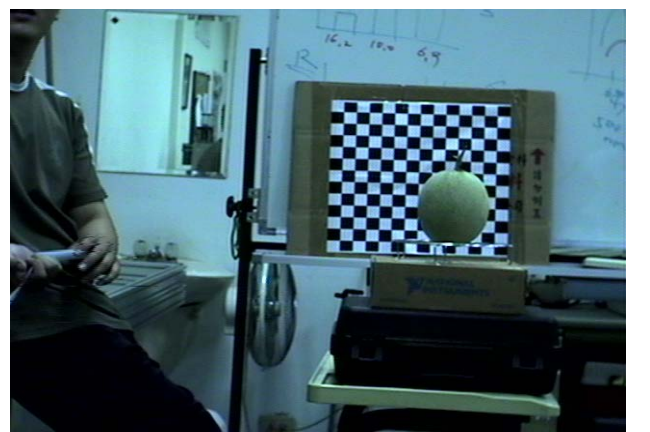
(哈密瓜左一)



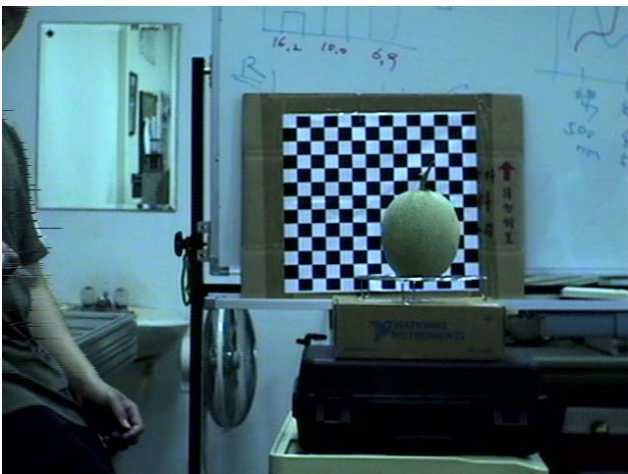
(哈密瓜左四)



(哈密瓜左二)



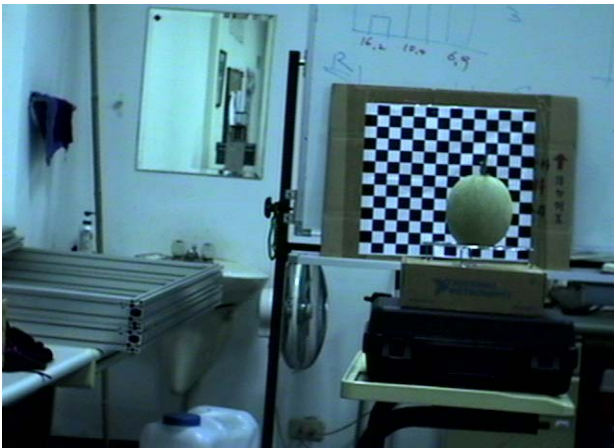
(哈密瓜左五)



(哈密瓜左三)

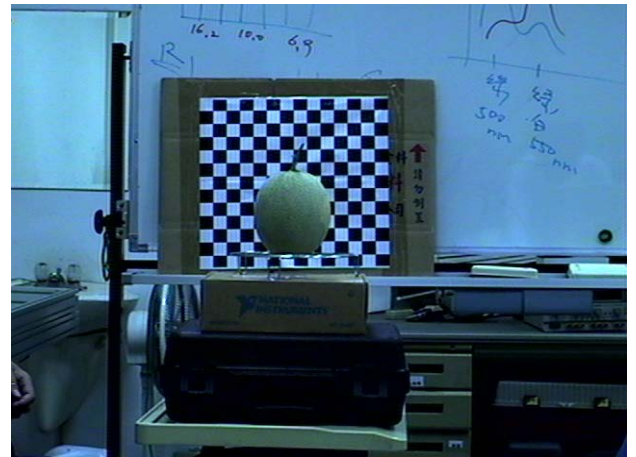


(哈密瓜左六)

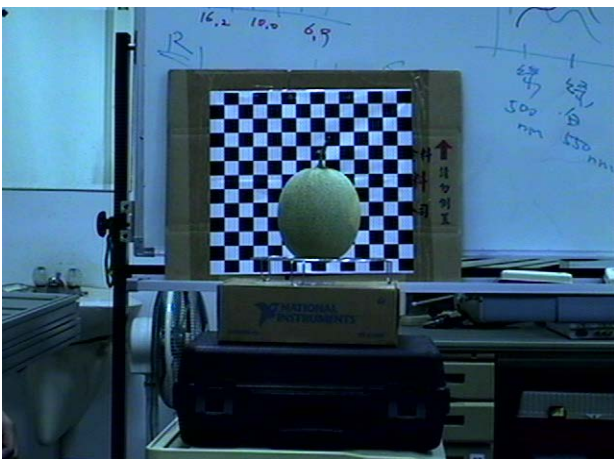


(哈密瓜左七)

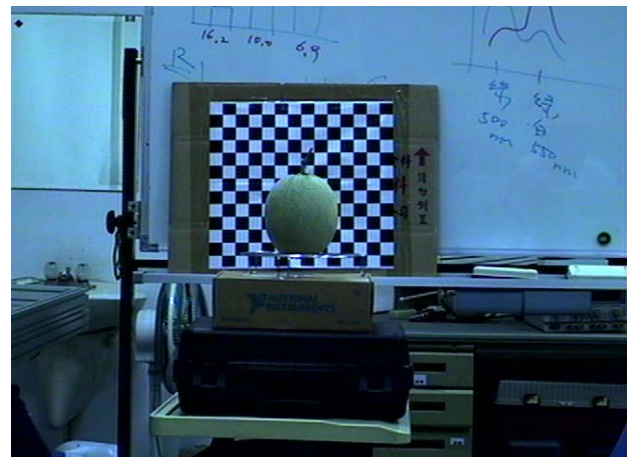
右邊 CCD 拍攝哈密瓜圖片



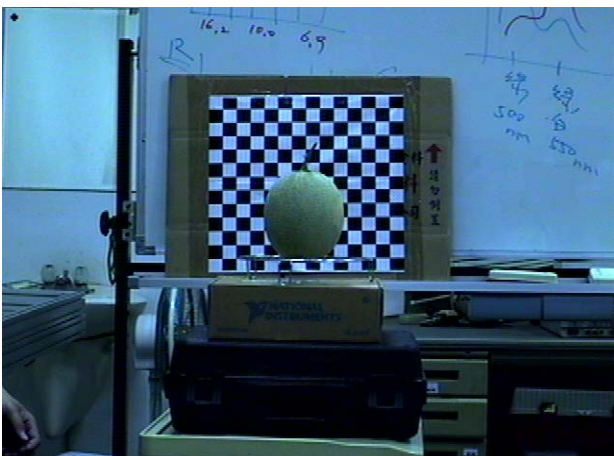
(哈密瓜右三)



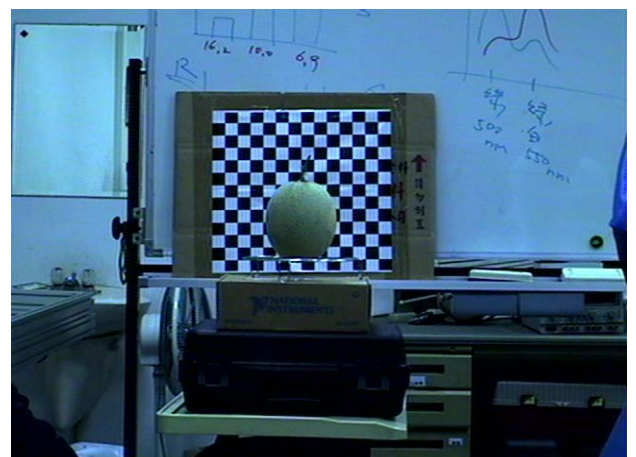
(哈密瓜右一)



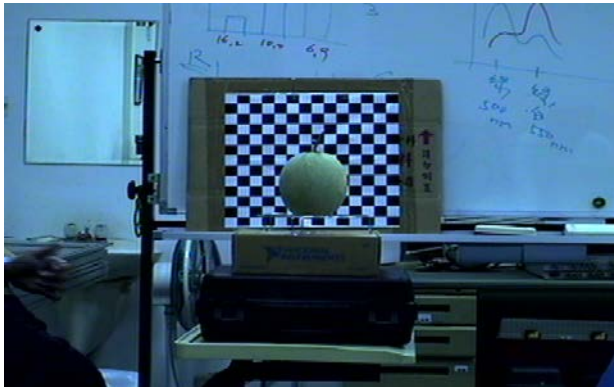
(哈密瓜右四)



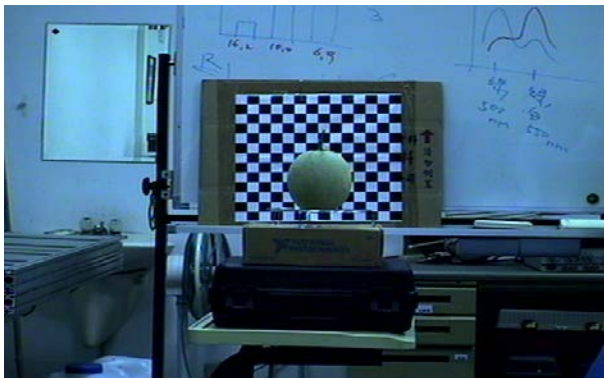
(哈密瓜右二)



(哈密瓜右五)



(哈密瓜右六)



(哈密瓜右七)

(五)



(實驗器材位置圖)



(實驗器材位置圖)

Preliminary study of using Dual CCD Sereo Vision to Measure Deepth of Cntaloupe Fruit ptemle.

Author: Tang Huai-min 、Huang sing-kai 、
Huang Huih-Siang 、Pan Van-ping
Wang-Mintun

Teacher: Ching-Lu Hsieh

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Summary

This study was conducted in how to render three-dimensional visual three-dimensional space and to explore how to create a stereo vision measurement method is created by the three-dimensional image processing to coordinate space, we can shoot an object at the same time by two CCD and measurement zvalue (the horizontal distance between the object and CCD), after shooting the video input to MATLAB by MATLAB image correction calculated values of f and d , and then lists the specific results derived by the formula calculated image depth (z)whether or not the same and the measured values.

Keywords: stereo vision, CCD, depth, cantaloupe

利用光纖感測器量測葡萄果汁甜度變化之研究

學生姓名：黃百晟、陳博喻、蔡昀暉

指導老師：許益誠 副教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本實驗利用機械加工方式對塑膠光纖(Plastic Optical Fiber) 進行側向研磨(side-polished)，作為感測器的感測區，側磨塑膠光纖感測器能偵測到周圍的待測物質折射率變化，因此在光纖量測到的光功率將與待測物之濃度相關。採用綠光($\lambda=528\text{nm}$)的高功率發光二極體(High-Power Light Emitting Diode)作為檢測光源進行量測，本實驗以葡萄汁甜度作為待測的樣品，檢測結果顯示將葡萄原汁稀釋後的6個處理組樣品(分別摻雜10%、30%、50%、70%、90%、100%)，其光功率與濃度是呈現負相關的，其中最佳的感測解析度(Sensing Resolution)為 5.3×10^{-2} Brix，最佳的線性度 $R=0.9914$ ，最佳的感測靈敏度(Slope)= $4.67\mu\text{W/Brix}$ 。

一、前言

(一) 文獻回顧

光纖感測器[1]是利用光纖，將光源所產生的光波導引至感測區，感測區中物理量，如應力/應變、溫度、折射率...等的變化將造成光波特性的變化，分析光波特性的改變，即可推得待測區中物理量之變化。光纖具備以下優點：重量輕、低成本、可靠度高、不受電磁波干擾、靈敏度高...等，因此而廣泛應用於感測、醫學、化學...等各領域。

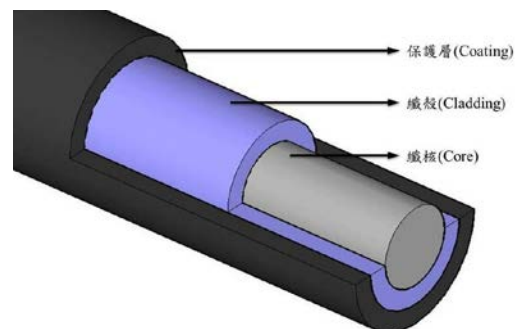
光纖基本構造大致上可依折射率不同分成纖核

(core)、纖殼(cladding)及外面作為保護的保護層(coating)三層，如圖一所示。

光纖種類分為：玻璃光(glass fiber)、塑膠光纖(plastic optical fiber)。

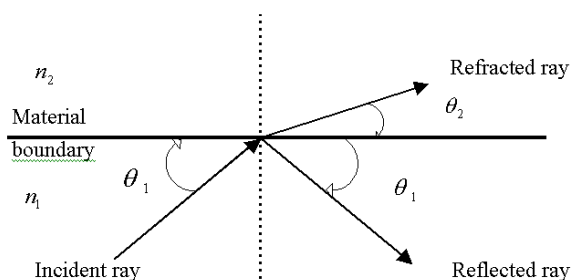
玻璃光纖由純化的二氧化矽(SiO_2)添加二氧化鍺(GeO_2)或氟(F)製作的即為石英系玻璃光纖，其中摻雜鍺(Ge)、鈉(Na)、鎂(Mg)及鋰(Li)等成分的多成分玻璃光纖是目前最佳的光波導材質，由於具有良好的機械性質、容易加工以及優良的傳輸特性(如低損失、頻帶寬及低色散等)，為目前應用最廣及使用率最高的種類。

塑膠光纖纖核的材質主要是由聚甲基丙烯酸甲酯(Polymethylmethacrylate; PMMA)所構成，而纖殼的構成則是以氟聚合物為主。塑膠光纖雖然具有低成本且製作容易的優點，但是發展尚未如玻璃光纖般成熟，且仍有損失較大、機械性較差等缺點，故尚未能被普遍使用。



圖一 光纖結構示意圖

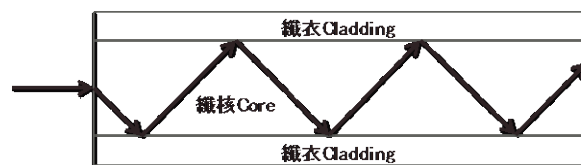
光在光纖中是以全反射的方式進行傳遞。根據司乃耳定律（Snell's law）：光由第一種介質進入第二種介質時，角度會改變，如圖二所示，且滿足下式： $n_1 \times \sin \theta_1 = n_2 \times \sin \theta_2$ 。其中 θ_1 為入射角， θ_2 為折射角， n_1, n_2 分別為第一種介質與第二種媒質的折射率。折射率大的稱為光密介質，折射率小的稱為光疏介質。由圖二中可以看出，當 $n_1 > n_2$ 時，隨著入射角 θ_1 的增大，折射角 θ_2 也越來越大，當 $\theta_2 = 90^\circ$ 時，光線不再進入第二種介質，光能量全部返回第一種介質，這種現象稱為全反射。[2]



圖二 Snell's law

光纖作為光波導，即藉由纖核和纖衣折射率的差異（纖核 n_1 的折射率略大於纖衣 n_2 ），使得由光纖端面入射的光能夠在纖核和纖衣的交界面上不斷進行全反射而向前傳播。

而光纖除了全反射外，還伴隨著漸逝場 (Evanescent field) 波導理論[3]。圖三為光纖的全反射現象產生漸逝場的示意圖。光訊號主要是在折射率較高的核心傳輸訊號，當檢測光進入光纖感測器的感測區後，除了感測介面的一般穿透損失之外，感測介面即便是發生全反射，仍然有部分的檢測光以漸逝波型態滲透進入待側物中而產生光損失，漸逝波在待測液的滲透區域即是漸逝場區域 (Evanescent field region)，其漸逝波滲透距離 d 約為一個波長的距離。而我們就是藉著參數的變化來達到感測的目的。



圖三 全反射現象

綜合製作結果與量測結果顯示出，塑膠光纖相較於玻璃光纖，具有易加工、高加工良率及高感測斜率等優點，並且在研磨深度為纖核之五分之二時有較佳的平均感測斜率及平均感測解析度。[4]

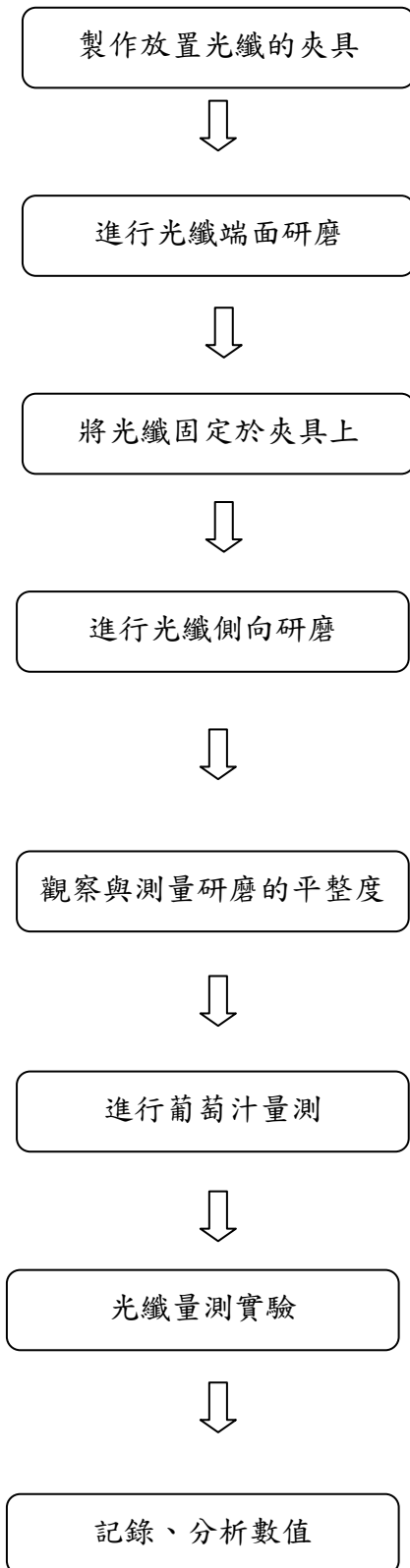
(二) 研究動機

光纖感測器是以光學技術為基礎，所以不但能構成純電子技術不能實現的感測器，還能結合光、電技術各自的特長，構成新的感測器，擴大感測器的應用範圍。

本實驗自製的光纖感測器，是以機械加工的方式進行側面研磨，本光纖感測器感測靈敏度高，台灣水果種類眾多，要是可以使用光纖來量測水果甜度，或許是一種不同的選擇，本實驗要找出葡萄，其光強度與甜度的關係，並且比對與市售糖度計，其靈敏度之差異為何。

二、實驗設備與方法

(一)實驗流程:



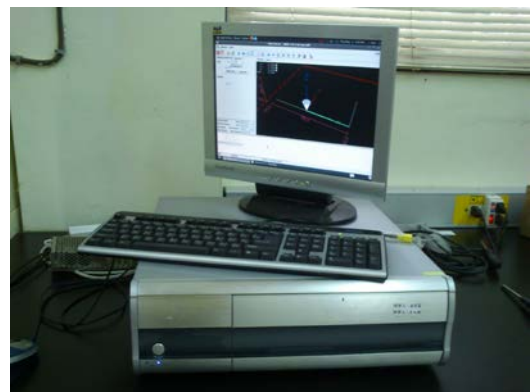
結果討論

圖四 實驗流程圖

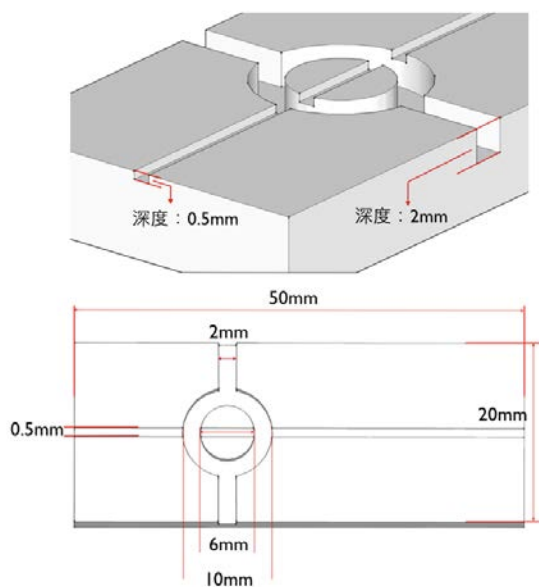
1. 先製作放至光纖之夾具，使用圖五、六所示的桌上型 CNC 雕刻刀加工三組壓克力，並且編號 B1~B3。夾具的功能有二:第一為放置光纖，第二為待測液體滴定的地方。圖七為夾具實體圖，中間圓型區域為待測液體滴定、感測區的地方，利用表面張力的原理，能夠有效地固定待測液體。



圖五 桌上型 CNC 雕刻刀

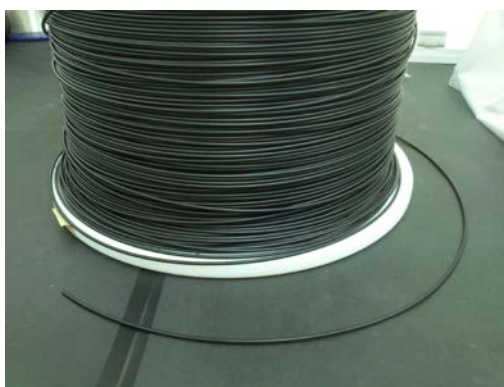


圖六 雕刻刀控制用電腦



圖七 側磨光纖夾具及其規格

2. 取十段各 20 公分 $\text{Ø}980/1000\mu\text{m}$ 的塑膠光纖，並且利用雙盤研磨機搭配端面研磨夾具，進行端面研磨。端面研磨的目的是為了讓光能夠順利的與光纖耦合。端面研磨完後，使用非接觸式影像量測儀進行觀察。觀察完畢後，使用美工刀將塑膠纖殼層剝除。



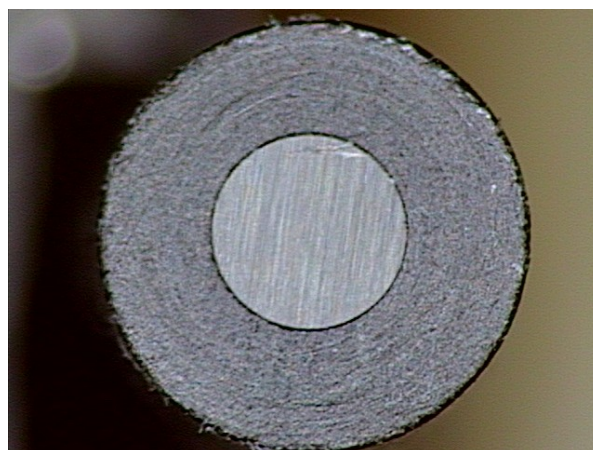
圖八 $\text{Ø}980/1000\mu\text{m}$ 的多模塑膠光纖



圖九 雙盤研磨機、端面研磨夾具

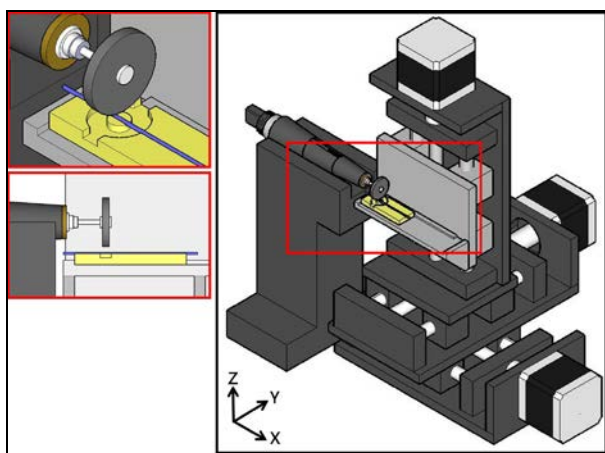


圖十 非接觸式影像量測儀

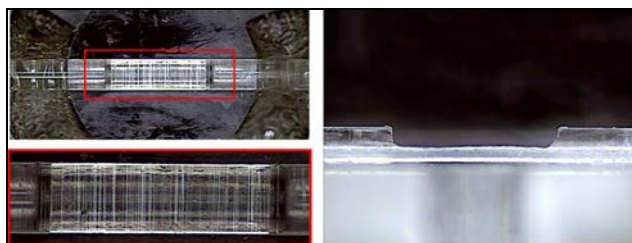


圖十一 端面研磨過後的光纖

3. 利用快乾、強力膠將光纖固定於夾具上。
4. 研磨光纖側面，光纖側向研磨系統如圖十二所示，藉以製作出實驗所需之側磨光纖感測器。調整研磨輪轉速至 38,400rpm，再藉由控制移動平台之 Z 軸進行研磨，再將研磨好的光纖感測器利用非接觸式影像量測儀測定光纖研磨區的尺寸大小，預定移除深度為纖核層的二分之一，但因所使用的研磨系統為機械加工，在研磨時容易產生震動導致光纖斷裂，無法達到二分之一的研磨深度。實驗所研磨出最大深度為五分之二。移除深度是先以非接觸式影像量測儀找出研磨區域的中心點，以每 9 μ m 為間距向左右兩側移動並量測其深度，共量測 31 個點位，並藉由變異係數的計算來判別研磨面的平整度。本實驗要求的研磨深度為 402(纖核五分之二)，變異係數要求則為 10% 以下。

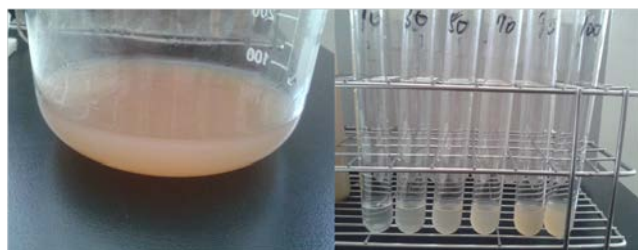


圖十二 光纖側向研磨系統



圖十三 光纖感測器

5. 進行果汁量測，將打好的葡萄汁，進行過濾如圖十四左邊，在進行葡萄汁與離子水稀釋作業，分別為 10%，30%，50%，70%，90%，100% 果汁含量如圖十四右邊，在進行 ATAGO 糖度計量測果汁濃度如圖十五。



圖十四 葡萄汁溶液

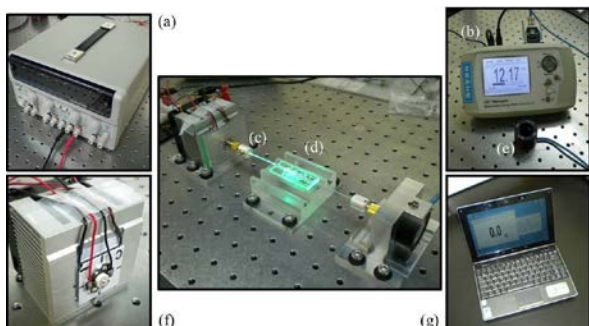
表一 葡萄糖份內容[5]

食物名稱	全糖量 g	果糖 g	蔗糖 g	葡萄糖 g
葡萄	15.15	7.86	0	7.29

6. 將製作好的光纖感測器進行量測，量測待測液之折射率，藉由分析耦光強度的變化來推算待測液之折射率。量測系統是光源、光纖感測器及光偵測器與光強度計所組成。以綠光 LED($\lambda=528$ nm)做為光源，並藉由電源供應器、散熱風扇及製冷晶片來提供穩定的光訊號；最後由光強度計測量數值。

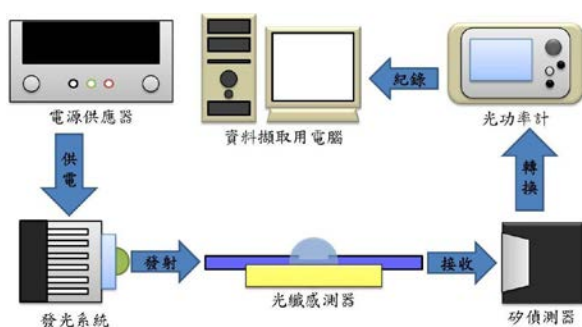


圖十五 ATAGO 糖度計

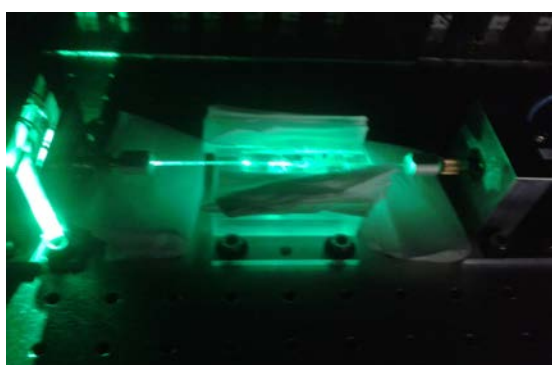


圖十六 光強度訊號量測系統

(a)電源供應器 (b)光功率計 (c) FC 型光纖轉接頭
(d)光纖感測器(e)矽偵測器 (f)發光系統 (g)資料擷取用電腦



圖十七 光強度量測系統工作示意圖



圖十八 光纖實驗圖

首先將檢測光源開啟，並且先在感測區滴定去離子水，讓光纖吸水約 30 分鐘，待訊號穩定後再加入待測液進行量測。本實驗利用蔗糖水做為待測液進行測試，實驗時將室內燈光、機器關閉，以降低光和噪音對實驗的影響。

每次實驗起始光強度值都固定為 0.5610mW，其測量溶液為去離子水

每次取 50 μ L 之蔗糖溶液體滴定於感測區上，並儲存完 3 次光強度訊號後將蔗糖溶液移除，移除的方式是以去離子水清洗 3 次。移除完畢後，換下一個不同濃度的蔗糖水進行量測。其蔗糖溶液折射率變化為 1.333 至 1.403，蔗糖溶液的折射率和濃度關係如表一所示

表二 蔗糖溶液的折射率和濃度關係

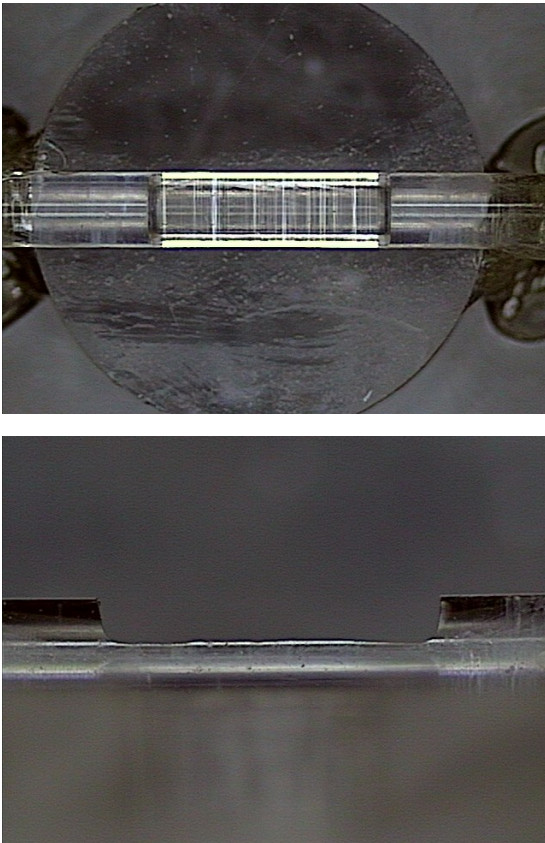
折射率	濃度 (wt%)
1.333	0
1.343	6.80
1.353	13.25
1.363	19.45
1.373	25.40
1.383	31.05
1.393	36.55
1.403	41.70

7. 將待測葡萄汁溶液進行以上步驟。

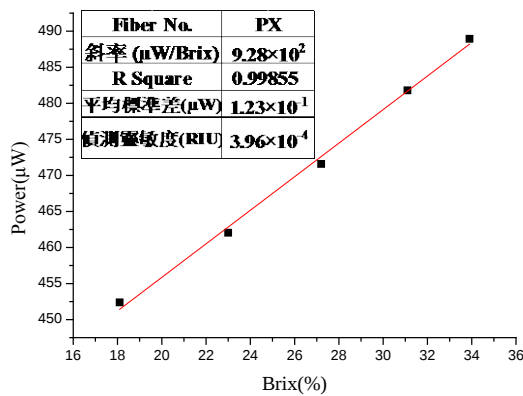
8. 將量測出的 3 組光強度訊號平均，並且將不同濃度的蔗糖溶液以及葡萄溶液的值，算出來並製成表格。整理完後以 Origin 軟體繪製出蔗糖溶液以及葡萄汁溶液的折射率和光功率關係圖。

三、 結果與討論

光纖的製作，我們製作了兩組光纖，而數據則是參考學長之前給定的參數，我們選擇了一個最穩定的參數製作，以下是我們的光纖側磨圖。



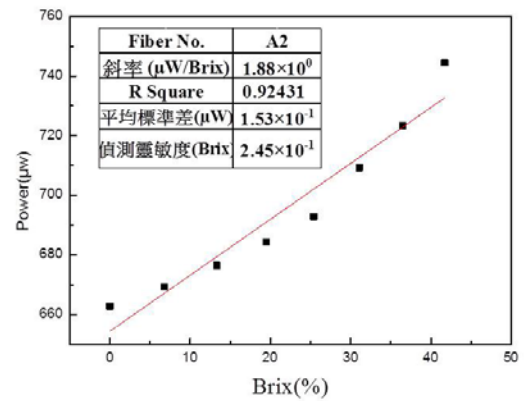
圖十九 B2 光纖側磨圖



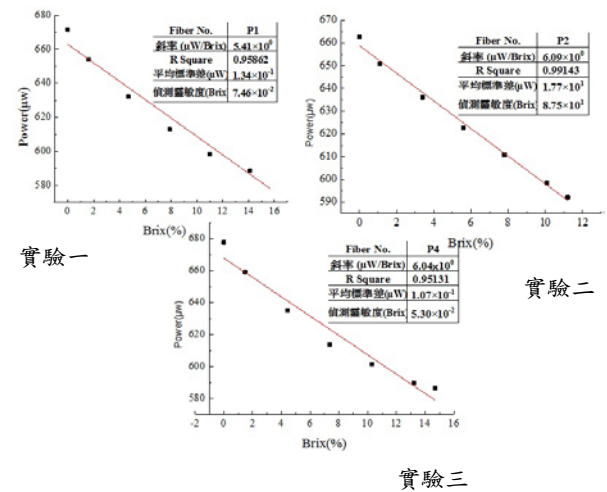
圖二十 光功率與葡萄糖溶液對應圖

經過三次的檢測，結果顯示光纖跟蔗糖水的甜度對應，甜度越高光纖的光功率值越大，而葡萄糖溶液的甜度與光纖的對應則是光功率值越小會越甜，不同批次相似甜度比較，發現顏色的影響並不大。

以下是我們的蔗糖水與 3 次葡萄糖溶液的光強度與重量百分濃度關係圖



圖二十一 光功率與蔗糖水之稀釋倍率對應圖



實驗一

實驗二

實驗三

圖二十二 光功率與不同濃度的葡萄汁之稀釋倍率對應圖

以下為 3 次實驗的結果記錄表

表三 實驗數據圖

	實驗一		實驗二		實驗三	
稀釋 濃度	果汁 甜度 (Brix)	檢測 訊號 (mW)	果汁 甜度 (Brix)	檢測 訊號 (mW)	果汁 甜度 (Brix)	檢測 訊號 (mW)
10%	1.57%	0.6535	1.12%	0.6509	1.47%	0.6584
30%	4.71%	0.6308	3.36%	0.6356	4.41%	0.6352
50%	7.85%	0.6122	5.6%	0.6222	7.35%	0.6134
70%	10.99%	0.5970	7.84%	0.6099	10.29%	0.6008
90%	14.13%	0.5881	10.08%	0.5974	13.23%	0.5893
100%	15.7%	0.5844	11.2%	0.5914	14.74%	0.5854

下表為我們經過歸一化整理上圖的結果

表四 實驗數據圖歸一化

	實驗一		實驗二		實驗三	
稀釋 濃度	果汁 甜度 (Brix)	檢測 訊號 (mW)	果汁 甜度 (Brix)	檢測 訊號 (mW)	果汁 甜度 (Brix)	檢測 訊號 (mW)
10%	1.57%	1.1183	1.12%	1.1006	1.47%	1.1247
30%	4.71%	1.0794	3.36%	1.0747	4.41%	1.0850
50%	7.85%	1.0476	5.6%	1.0521	7.35%	1.0478
70%	10.99%	1.0216	7.84%	1.0313	10.29%	1.0263
90%	14.13%	1.0063	10.08%	1.0102	13.23%	0.9998
100%	15.7%	1	11.2%	1	14.74%	1

四、結論

本實驗以葡萄汁甜度作為待測的樣品,檢測結果顯示將葡萄原汁稀釋後的6個處理組樣品(分別摻雜10%、30%、50%、70%、90%、100%)的葡萄原汁稀釋後,其光功率與濃度是呈現負相關的,我們從表三的實驗一跟實驗二中看到,實驗一的70%與實驗二的90%果汁甜度相近從而得知我們量測的訊號分別為0.5970與0.5974,從這裡可以看出我們的感測器的測量判別是可行的,而我們採用綠光($\lambda=528\text{ nm}$)高功率發光二極體(High-Power Light Emitting Diode)作為檢測光源進行量測,其中最佳的感測解析度(Sensing Resolution)為 5.3×10^{-2} Brix,最佳的線性度 $R=0.9914$,最佳的感測靈敏度(Slope)= $4.67\mu\text{W/Brix}$ 。

五、致謝

感謝許益誠老師這些日子的陪伴與指導,讓我們完成這次的專題報告,雖然過程中實驗曾一度中斷,但也讓我們學習到如何從錯誤中爬出來,並且學習到教訓,也讓我們學到許多報告中的技巧以及整理數據的方法。

感謝洪辰雄老師實驗室提供的糖度計,還有感謝李柏旻老師實驗室和吳瑋特老師實驗室提供給我們的資源以及感謝各個實驗室裡的學長們。

最後感謝陳志霖學長、王信文學長、鄭唯仁學長,謝謝學長們的付出以及指導,不厭其煩的回答我們的疑問,解決我們的實驗上的困難,讓我們對於實驗有更多的了解,並使我們的實驗能夠如期發表。

六、參考文獻

[1]吳曜東,2001,「光纖原理與應用」,全華科技

圖書股份有限公司，台北。

[2]許招墉，1990，「光電工學概論」，全華科技圖書股份有限公司，台北。

[3]謝宙耕，2006，「光纖漸逝波生物感測器之開發研製」，碩士論文，國立陽明大學。

[4]陳志霖，2012，「以側向研磨法製作不同尺寸之U形光纖感測器及其研磨深度對於感測解析度之影響」，碩士論文，國立屏東科技大學。

[5]郭彥甫 林達德「脈衝式低解析度核磁共振儀對水果糖度量測之應用」，
國立台灣大學生物產業機電工程學系

附錄

表五 ATAGO糖度計規格

Model	PR-101α(alpha)	型號	3442
測量範圍	糖度(Brix) 0.0 至 45.0%	最小標度	糖度(Brix) 0.1%
測量準確度	糖度(Brix) ±0.1%	測量溫度	5 至 40°C (自動溫度補償)
環境溫度	5 至 40°C	電源	006P 蓄電池 (9V)
國際保護等級	IP64 無塵且對潑濺的水具防護作用。	尺寸重量	17×9×4 公分, 300 公克 (不含零件的重量)

The study of sweetness of grape juice measured by fiber sensor

Author : Bai-Sheng Huang

Bo-Yu Chan

Yun-Xian Cai

Advisor : Yi-Cheng Hsu

Department of Biomechatronics

Engineering National Pingtung University of
Science and Technology

Abstract

In this study, the mechanical processing is used to polish the lateral side of plastics optical fiber (POF) and the polished area is treated as sensing area. The sensing area of side-polished fiber sensor is sensitive on surrounding refractive index, so the measured optical power is related to concentration of surrounding sample. The green light emitting diode (LED, $\lambda=528$ nm) is applied to detecting light source. The grape juice is the target sample in the detecting experiment. The original grape juice is diluted to six concentrations (10%, 30%, 50%, 70%, 90 %, 100%) in the experiment and the results show that the optical power is negatively related to concentration of grape juice. The best sensing resolution, linearity and sensitivity are 5.3×10^{-2} Brix, 0.9914 and $4.67 \mu\text{W/Brix}$.

不同 LED 元件光場及導光板對矩陣式 LED

燈具光場影響之模擬分析

學生姓名： 張岳楓 蔡秀樺

指導老師： 許益誠 老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究針對不同 LED 元件光場及導光板對矩陣式 LED 燈具光場影響進行模擬分析，以光學分析軟體 FRED 建立 Lambertian、Focusing、Batwing 三種白光 LED 元件場形組成之 LED 陣列燈具，並且配合不同長度的導光板做光場模擬，並找出各種參數燈具之光場照度與均勻度特性，為日後 LED 照明模組提供一個良好的設計參考。

一. 前言

LED 具有體積小(多顆、多種組合)、發熱量低(沒有熱幅射)、耗電量小(低電壓、低電流起動)、壽命長(1 萬小時以上)、反應速度快(可在高頻操作)、環保(耐震、耐衝擊不易破、廢棄物可回收，沒有污染)、可平面封裝易開發成輕薄短小產品等優點。

所謂白光是多種顏色混合而成的光，以人類眼睛所能見的白光形式至少須兩種光混合，如二波長光(藍色光+黃色光)或三波長光(藍色光+綠色光+紅色光)，目前已商品化的產品僅有二波長藍光單晶片加上 YAG 黃色螢光粉，在未來較被看好的是三波長光，以無機紫外光晶片加 R.G.B 三顏色螢光粉，此外有機單層三波長

型白光 LED 也有成本低、製作容易的優點[4]。

光束經由 5cm、10cm、15cm 的導光板產生各式反射，分析如何達到較好的照度及均勻度；導光板的作用在於引導光的散射方向，用來提高面板的輝度，並確保面板亮度的均勻性。為節省空間、方便組合，故使用垂直導光板；LED 燈間距，考慮到太大會使總光量不足及均勻度不佳，太小 LED 有散熱問題，故以適當之間距來作研究。

表1 植物生長所需之最適光強度[3]

定性光照強度	定量光照強度
超強光	100 klux 以上 930 W/m ² 以上
強 光	40~100 klux 372~930 W/m ²
中 光	10~40 klux 93~372 W/m ²
弱 光	10 klux 以下 93.0 W/m ² 以下

植物光合作用與光合作用光子通量(簡稱 PPF)跟一般白光照明的照度成正相關，此為單位時間內落到單位面積的平面上波長範圍在400-700 nm 的光子的數量，其常用單位為 $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$ 或 $\mu\text{E}/(\text{s m}^2)$ 。光量的多寡除了以光子數($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)表示之外，尚有照度 (lux) 與光功率密度(W/m^2)。為求方便，本研究以一般的白光照明的照度做光場的評價標準。照度

均齊度則以照度的變異係數最為評價標準[2]。表1為植物生長所需之最適光強度定性及照度數據。

二、文獻探討

(一)導光模組光源

目前導光模組使用之光源有：(1)冷陰極螢光管(CCFL) (2)熱陰極螢光管 (3)發光二極體(LED)，其中冷陰極燈管具有高輝度、高效率、壽命長等特性，故目前以冷陰極螢光管為主流。

LED為冷光源可與作物極度接近，在相同的栽培架上可分為更多層而提高單位面積之產量；加上耗電量小、衰減少且使用壽命通常為螢光燈管的10倍以上；其更有光質固定、光量可調等優點；再加上光度提高與售價降低的趨勢，其應可做為組培苗人工光源的另一選擇。

(二)為了使背光模組所發出的光線達到高輝度與高均齊度之要求，需要先經過縝密的光學計算後再來設計，在光學計算科學尚未發達時，設計師在設計光學元件時指能透過不斷的嘗試與錯誤來修改設計，所耗費的時間與成本是非常可觀的。不過近年來出現各式各樣的光學模擬軟體，雖然在功能上各有差異，但相同的是，都使得光學元件的設計不再是這麼困難的一件事[6]。

目前背光模組的光學模擬普遍都是在探討導光板點分佈最佳化及擴散膜效能等，例如在1998年時，交大光電所的施志柔所發表「背光模組光學模擬技術」，就是先以實驗方法實際量測出導光板上的散射分布，在輔以數值模擬方法找出其分布函數，並根據光度學，計算導光板上表面的光照度。最後，利用此一模擬方法對各式背光模組特性做一討論與分析[5]。

2002年時，中原機械所的蔣宗數使用光學模擬軟體 Trace Pro 來加以設計前光模組及背光模組的 V-cut 紋路，並利用實驗方式與實

際量測到的數據做比較，以驗證光學模擬軟體的正確性[7]。

2003年時，成大機械所方育斌藉由 ASAP 光學模擬軟體並套用 false position method 來調整導光板中各區塊之網點密度，成功推導出一套最佳化設計準則，使得其輝度分布能達到90%以上均齊度[1]。

同樣在2003年時，Chang J.G. 等人利用 ASAP 來進行背光模組的整體模組分析，從光源、導光板到擴散膜都有涵蓋，不過獨獨缺少了稜鏡片，其中探討的光源類型包括了側光式與直下式兩種，文中除了討論光源的均勻性最佳設計方法外，同時提供了建構模組的一些基本指令與設計要項[8]。

三、燈具模型建立與光場模擬

本研究是利用 FRED 光學模擬軟體來建立矩陣式 LED 燈具光源模組，模擬分析流程圖如圖1：

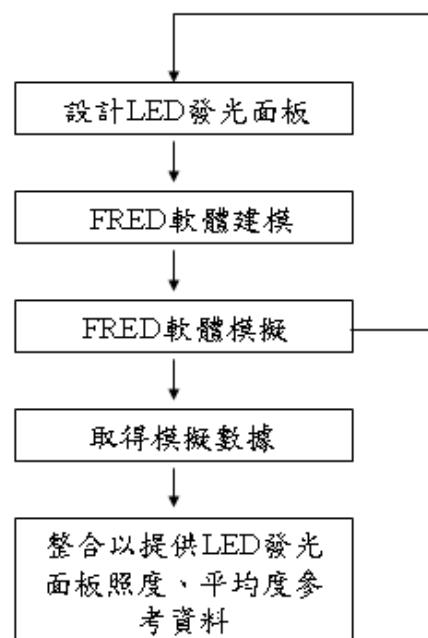


圖1 模擬分析流程圖

本研究所探討之場型有三種，Lambertian、Focusing 以及 Batwing，如圖 2-4 所示。



圖 2 Lambertian 場形

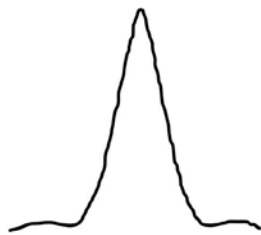


圖 3 Focusing 場形

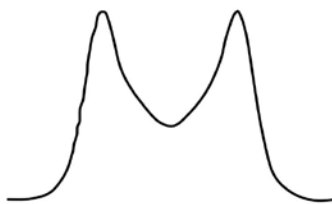


圖 4 Batwing 場形

由單一顆 LED 所排成的矩陣式 LED 模組，其旁加上長度 5-15 公分之導光板，改變光場。如圖 5-6。

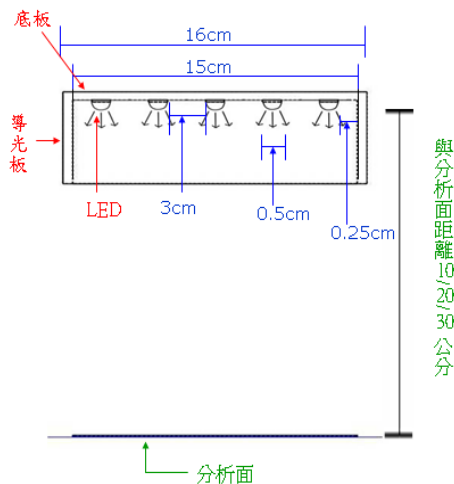


圖 5 燈具與分析示意圖(側視圖)

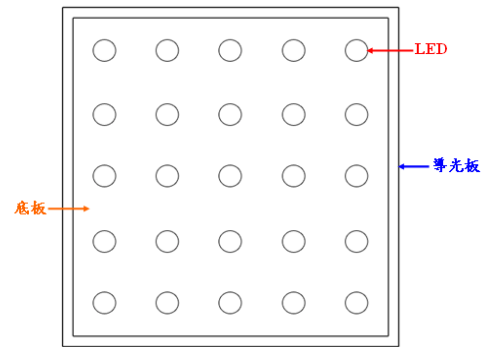


圖 6 燈具與分析示意圖(上視圖)

以 Lambertian 場型/無導光板/與分析面距離 10cm 為例，其平均照度的分析結果如圖 7-9 所示：

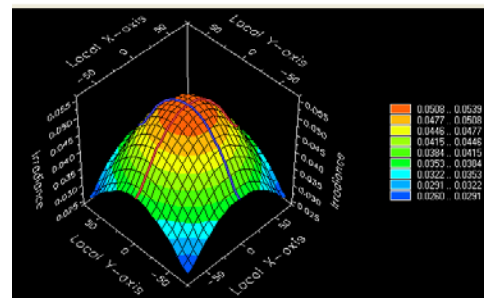


圖 7 平均照度的分析結果 (立體圖)

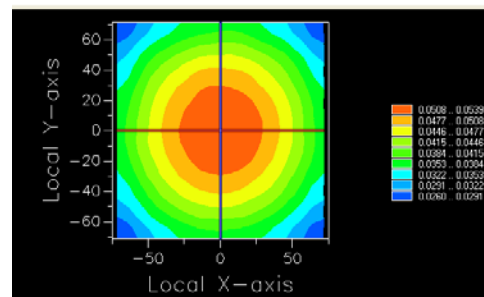


圖 8 平均照度的分析結果 (2D 圖)

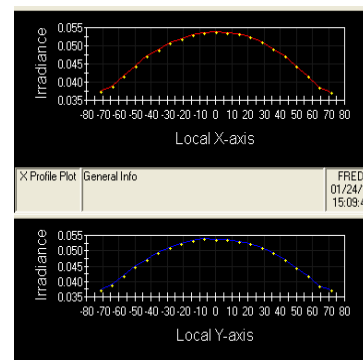


圖 9 平均照度的分析結果 (斷面圖)

四、結果與討論

由圖 10、圖 11 得知 Lambertian 光場可提供照度平均值 9000-83000lux，大多落在中光及強光範圍，變異係數 0.036-0.204。詳見附錄表 2、表 3。由照度平均值來看，最佳者為使用長度 15cm 導光板的 LED 陣列模組。由變異係數來看，最佳者為無導光板的 LED 陣列模組。

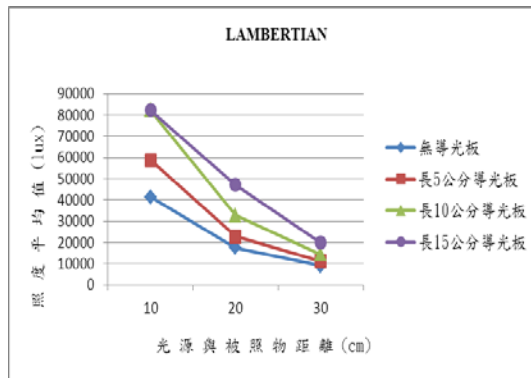


圖 10 Lambertian 照度平均值

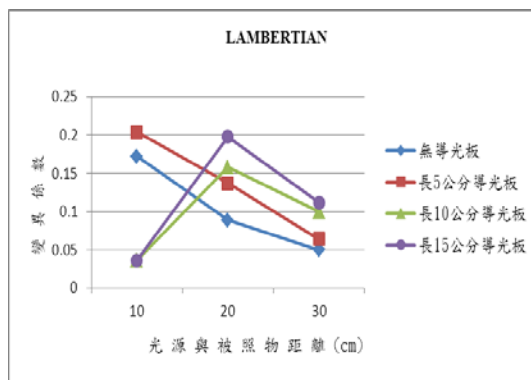


圖 11 Lambertian 變異係數

由圖 12、圖 13 得知 Focusing 光場可提供照度平均值 10000-82000lux，大多落在中光及強光範圍，變異係數 0.034-0.190。詳見附錄表 4、表 5。由照度平均值來看，最佳者為使用長度 15cm 導光板的 LED 陣列模組。由變異係數來看，最佳者為無導光板的 LED 陣列模組。

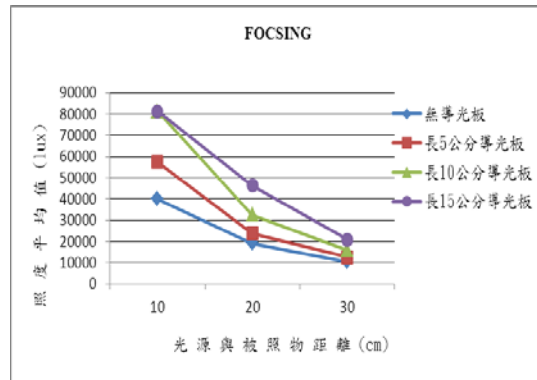


圖 12 Focusing 照度平均值

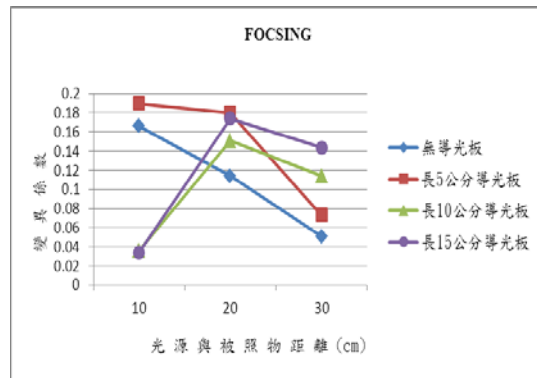


圖 13 Focusing 變異係數

由圖 14、圖 15 得知 Batwing 光場可提供照度平均值為 7000-82000lux，大多落在中光及強光範圍，變異係數 0.033-0.213。詳見附錄表 5、表 6。由照度平均值來看，最佳者為使用長度 15cm 導光板的 LED 陣列模組。由變異係數來看，最佳者為無導光板的 LED 陣列模組。

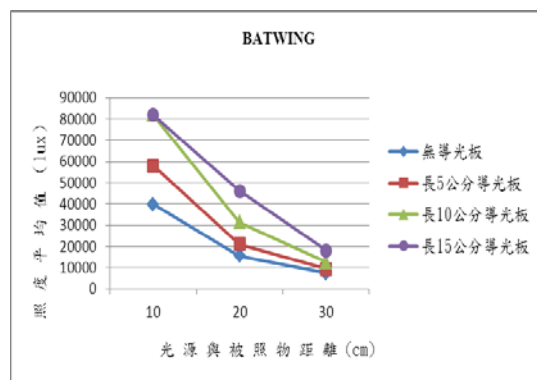


圖 14 Batwing 照度平均值

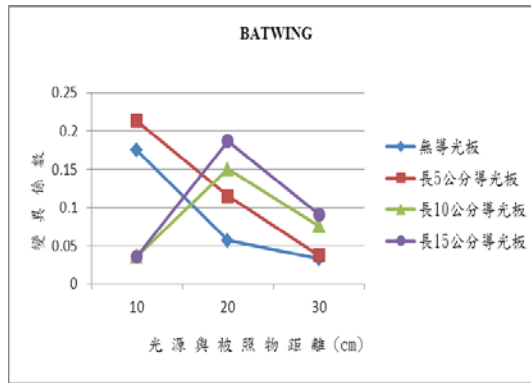


圖 15 Batwing 變異係數

由各個場型比較出最佳者，再加以比較，得知如圖 16、圖 17，由照度平均值來看，最佳者為場型 Lambertian 配合長 15cm 導光板的 LED 陣列模組。由變異係數來看，最佳者為場型 Batwing 無導光板的 LED 陣列模組。

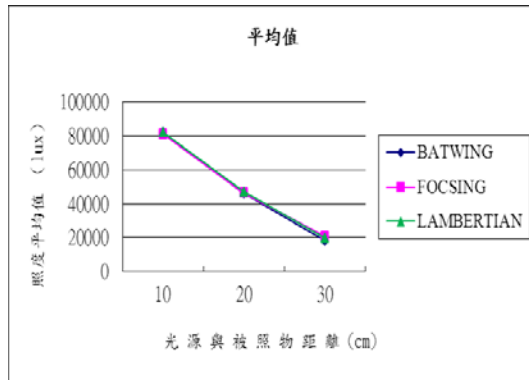


圖 16 各場型最佳照度平均值之比較

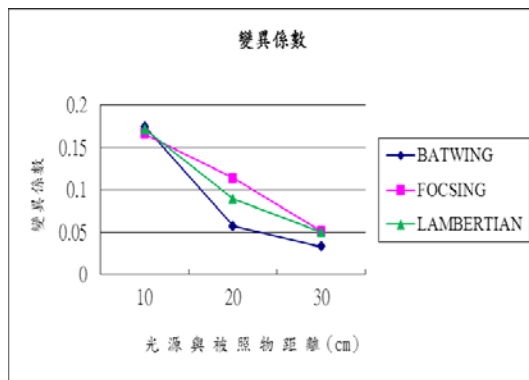


圖 17 各場型最佳變異係數之比較

五、結論

利用照度均勻度量測之結果，將發光面距離接收面 10cm~30cm 所得之功率計算為照度可得約 7000-83000lux，落於中光和強光範圍，符合植物所需之生長照度。變異係數為 0.033-0.213，有一定程度之差異。

由模擬結果都可看出，不論哪種場型，光源與被照物距離越大，平均照度越小，而變異係數越小。

由照度平均值來看，最大者為場型 Lambertian，其導光板長與被照物距離分別為 10 與 10cm，其照度平均值可達 82265 lux。由變異係數來看，最小者為場型 Batwing，無導光板且被照物距離為 30cm，其變異係數為 0.033。

六、致謝

首先感謝許益誠老師的指導，指引我們確切的方向，幫助我們解決軟體上的問題及給予我們意見，並補充相關常識；再來感謝陳志霖學長以及王信文學長，協助我們了解軟體的操作，才可讓我們專題如期完成，讓我們學會使用 FRED 光學軟體，及燈具上的相關知識，讓我們更了解光的特性及問題，受益良多。

七、參考文獻

- [1]方育斌，2004，「LED 背光模組之光學最佳化設計」，碩士論文，國立成功大學機械工程學系。
- [2]方煒，1998，「溫室環境控制工程」，技術專輯第三期第 98008 號，台大農機系。
- [3]方煒，1994，「溫室環控總論」，國立台灣大學生物產業機電工程學系。
- [4]阮世昌，2000，「白光 LED 簡介」。<http://home.educities.edu.tw/jmhwan/g/newsfile/whiteLED.htm>
- [5]施志柔，1998，「背光模組光學模擬技術」，碩士論文，國立交大光電研究所碩士班。
- [6]蔡耀葳，2005，「LCD 背光模組中稜鏡片之結構設計」，碩士論文，國立中山大學機械與機電工程研究所碩士班。
- [7]蔣宗樹，2003，「導光板導光設計之研究」，碩士論文，私立中原大學機械工程學系。
- [8] Chang, J.G., Lin, C.Y., Hwang, C.C. and Jen, Y.R., Optical Design and Analysis of LCD Backlight Units Using ASAP, June, Optical Engineering Magazine, pp1905-1910, 2003。

附件 1

模擬數據表

表 2 Lambertian 照度平均值

Lambertian				
距離	照度平均值 (lux)			
	無反光板	長 5cm 反光板	長 10cm 反 光板	長 15cm 反 光板
10cm	41346	58825	82265	82265
20cm	17535	22958	32728	47087
30cm	9074	11148	14480	19933

表 3 Lambertian 變異係數

Lambertian				
距離	變異係數			
	無反光板	長 5cm 反光板	長 10cm 反 光板	長 15cm 反 光板
10cm	0.172	0.204	0.036	0.036
20cm	0.089	0.137	0.158	0.198
30cm	0.050	0.064	0.100	0.112

表 4 Focusing 照度平均值

Focusing				
距離	照度平均值 (lux)			
	無反光板	長 5cm 反光板	長 10cm 反 光板	長 15cm 反 光板
10cm	40073	57401	81293	81323
20cm	19174	23849	32482	46436
30cm	10514	12678	16072	20874

表 5 Focusing 變異係數

Focusing				
距離	變異係數			
	無反光板	長 5cm 反光板	長 10cm 反 光板	長 15cm 反 光板
10cm	0.166	0.190	0.036	0.034
20cm	0.114	0.180	0.161	0.174
30cm	0.051	0.073	0.114	0.144

表 6 Batwing 照度平均值

Batwing				
距離	照度平均值 (lux)			
	無反光板	長 5cm 反光板	長 10cm 反 光板	長 15cm 反 光板
10cm	39896	57996	81958	81958
20cm	15581	21166	31284	46167
30cm	7405	9392	12691	18164

表 7 Batwing 變異係數

Batwing				
距離	變異係數			
	無反光板	長 5cm 反光板	長 10cm 反 光板	長 15cm 反 光板
10cm	0.175	0.213	0.036	0.036
20cm	0.057	0.115	0.150	0.187
30cm	0.033	0.038	0.076	0.091

附件 2

模擬數據之平均照度圖

Batwing 無導光板的 LED 陣列模組：

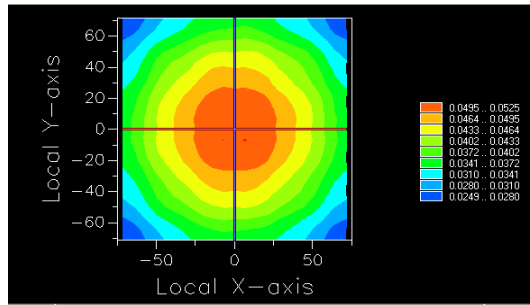


圖 18 光源與接受面距離 10cm

Lambertian 長 15cm 導光板的 LED 陣列模組：

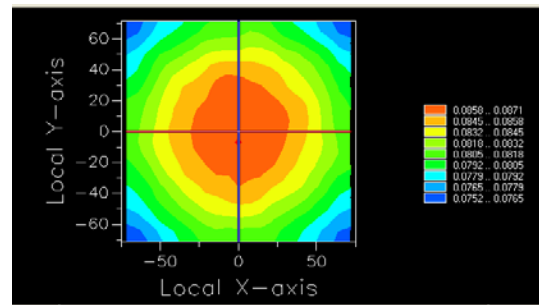


圖 21 光源與接受面距離 10cm

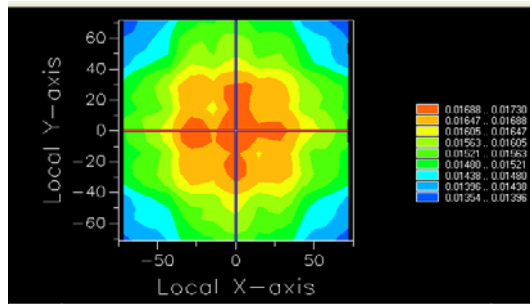


圖 19 光源與接受面距離 20cm

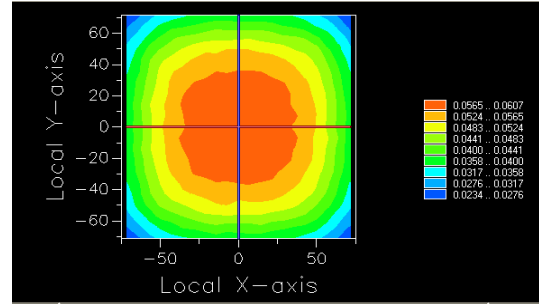


圖 22 光源與接受面距離 20cm

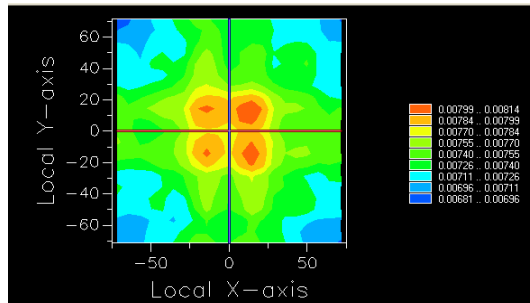


圖 20 光源與接受面距離 30cm

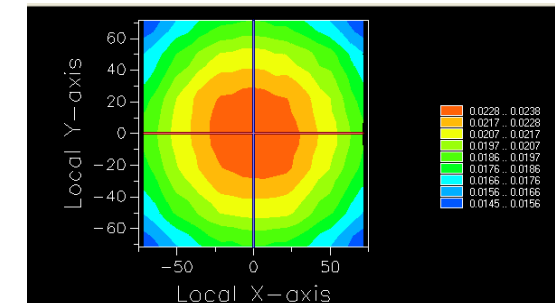


圖 23 光源與接受面距離 30cm

The simulation analysis of the effect on
light field of matrix LED light module
with different LED device and light
guider

Author: Yue-Fong Chang, Siou-Hua Tsai

Teacher: Yi-Cheng Hsu

Department of Biomechatronics Engineering,
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

In this study, the simulation analysis of the effect on light field of matrix LED light module with different LED device and light guider is demonstrated. The numerical modal of matrix LED light module is constructed by FRED optical software and the luminous intensity distribution curve is calculated with lambertian focusing and batwing light filed of white light LED device and light guider. The corresponding average light intensity and uniformity are also estimated and provide a design guide for LED light module in the future.

毛細管自動供水系統應用於薄荷香草的栽培

學生姓名：高哲朗、林偉祥、張恩全

指導老師：許益誠 副教授

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本實驗是利用毛細現象的吸水力，應用於培養薄荷的穩定供水系統。毛細現象具有穩定且持續的優點，可以穩定的供給水量，再利用水位的高低差，來控制水的流速，達到自動供水的效果。本實驗先測試在平面狀況下毛細管的吸水力，找出其單位時間內能吸收的水量，並測試不同高度下，水位對吸水力的影響，之後再更改測試水量的材質，將海棉換成培養土，收集各個情況下毛細管吸水的數據。最後開始實際種植薄荷，經過多次的實驗後，此系統已能達到足以持續供給薄荷香草的需水量，透過此系統，能減少人工澆水的次數，並能達到節約用水的效果。

關鍵字：自動供水、毛細力、薄荷

一、引言

(一) 文獻回顧

全球氣候持續變化中，世界各地常傳缺水訊息，台灣也不例外。水是人類生活的必需品，舉凡是洗手、沖澡及身體水分補充，對植物而言更是不可或缺，若未能補足水分，會造成植物的枯萎，甚至凋零；相反地，水分若補充過多，會使土壤產生發霉，而影響到植物生長。若能有效控制盆栽作物水分的需求量，可避免大量水分消耗，並提昇盆栽作物品質。

現今自動化系統技術已應用於許多的地方，但是大部分卻還是脫離不了需要能源去供給。毛細管自動

供水系統是希望能找出，不需要去消耗能源，又能適當的提供植物生長所需要的水分，且能達到自動化供水的目的。[1]

綠薄荷應用歷史與相關神話：古希臘人把綠薄荷視為芳香的補品，大量用於泡澡的水中。羅馬人將它引進英國以後，當地人主要是用它來防止牛奶變酸凝塊。但到中世紀時，綠薄荷成了口腔衛生的代表藥物，它被用來治療牙齦疼痛及美白牙齒。

綠薄荷，英名Spearmint，學名：Mentha spicata，又名香薄荷、荷蘭薄荷、青薄荷、香花菜、魚香菜。是一種唇形科直立多年生草本植物，有香味，莖、葉經蒸餾可提取留蘭香油。在眾多的薄荷裡是一種原生於歐洲及亞洲西南部的薄荷品種，最常見、也最受歡迎的就是綠薄荷。它不但會散發出清涼的香味，而且橢圓形的葉子葉脈明顯，邊緣有纖細的鋸齒形狀，顏色翠綠而外型雅緻，因此常作為盆栽欣賞。除此之外，綠薄荷的新鮮葉片可以食用，也可以泡茶，或作為烹飪時的香料；它所提煉出的精油具有溫和的涼性，也是食品、藥品或清潔用品中很理想的添加物。原產於歐亞大陸的綠薄荷，對環境的適應力很強，在氣候冷涼到溫暖的地區，只要有充足的水分，不論陽光直接照射或略有遮蔭的地方都能生長，是很容易種植的香草植物，如圖一。[2]



圖一 薄荷

薄荷由於品種不同，高度也相差很多，高度可從10公分到50公分以上，為多年生草本植物，植株具匍匐性，葉橢圓形，有清涼的香味，花淡紫色。

薄荷偏愛微濕土壤，全日照、半日照或部份遮蔭的環境皆可。薄荷類植物喜歡日照充足、排水良好之栽培環境，可利用容器栽植或露地栽培，採用種子或枝條及根莖扞插繁殖，利用播種繁殖育苗期較長且幼苗生長緩慢，增加苗期管理工作，因此經濟栽培時，大多採用枝條扞插其生長較迅速。

目前一般供水方式失敗原因可能有以下三點：

- 1.外部供水無法做到穩壓，出水量不均；
自動灑水因地面水平高低誤差使兩端水量分佈不均。
- 2.滴灌管長時間造成堵塞，無法確保供給植物水分的穩定度：

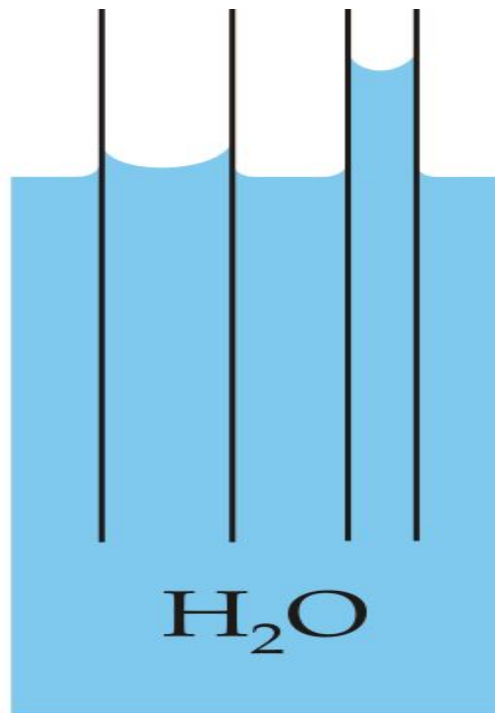
經業界測試，高度依賴滴灌的系統，容易發生因系統故障，植栽將於短時間內缺水死亡，易產生的問題如下：

- (1)如大量使用滴管方式灌溉，滴灌數量過多常造成檢修困擾。
- (2)因水質變化問題易發生阻塞或灌注不均，導致植物乾枯或過濕情形。
- (3)水分灌注難達適時適量，常有溢流，造成地面污染。

- 3.供水系統無法自動依植物或台灣氣候及當日天候變化調節供水量：

一般的供水系統無法自行調節夏季與冬季每日不同的澆灌次數，易使不同性質的植物因供水量不符需求而死亡。[3]

毛細作用的原理是指在細管狀物體內，液體和固體(管壁)之間的附著力大於液體本身內聚力時，液體會克服地心引力，向上升高，此現象為毛細現象，如圖三。



圖三 水的毛細現象

在毛細管中，液柱重量與管徑的平方成正比，但是液體與管壁的接觸面積只與管徑成正比；這使得較窄的毛細管吸水會比較寬的毛細管來得高。

毛細現象也應用於許多的地方，例如紙巾即是透過毛細現象吸收液體，其充滿細孔的材質使得液體能夠被紙巾吸收。海綿有非常多的細小孔洞(相當於毛細管)，這使得海綿能夠吸收大量的液體。[4]

(二)研究動機

由於地球暖化日益的嚴重，節能減碳是每個人必須學會的課題，節約用水就是很重要的一環，生活中有許多地方都會種植植物，幫植物澆水是不可或缺的，但是在澆水的過程中會浪費大量的水資源，毛細管自動供水系統，是希望以不消耗能源並減少澆水所浪費

的水量，且達到自動供水的效果，希望以此節約能源，發展綠色科技。

二、實驗設備及流程

(一)實驗設備：

(1).電子量秤

型號：JADEVER 電子天平 JBX-300

最大秤量:300g

最小秤量：0.01g



圖四 電子天平

(2). GRID WISDOM 機械式 24 小時雙插座定時器

適用電壓：110~125(V)

最高負載: 1875W/15A，1520W/10A

功用：

1. 雙側邊插座設計，節能、自動化。
2. 每日 24 小時循環設定。
3. 按壓式設計，每格 30 分鐘。
4. 控制電器產品自動開啟與關閉。
5. 關閉時自動切斷電源，節省待機浪費。



圖五 機械式 24 小時雙插座定時器

(3).旭光日光燈

型號:LS271069BEB

規格:FML 27W

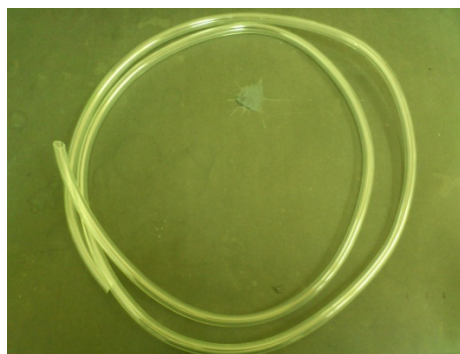
額定輸入電功率；24W



圖六 日光燈

(4)軟管

供水的管路，其內徑約為 4.5mm。



圖七 軟管

(5).毛細海綿

多孔隙材質，用來吸收水分，穩定供給水量，利用毛細力作用，能持續穩定供水不中斷。



圖八 毛細海綿

(6).一般海綿

在本實驗中用來初步測試吸水率的海綿



圖九 海綿

(二) 實驗流程

測量平面毛細管吸水力



測量不同高度下毛細管吸水力之影響



香草種植實驗



觀察生長與紀錄

(一)測量平面毛細管吸水力

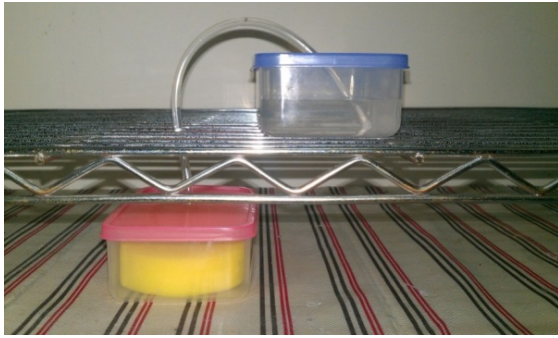
將兩個個盒子放置於同一平面上，A 盒(右)裝了 200ml 的水，B 盒(左)放了一塊全乾的海綿，中間以軟管連接兩端，軟管中需灌滿水，不可以有空氣，軟管兩端塞有毛細管，測試在同一平面上，不考慮重力及位能因素，靜置一段時間後可以將多少的水吸至 B 盒，如圖十。



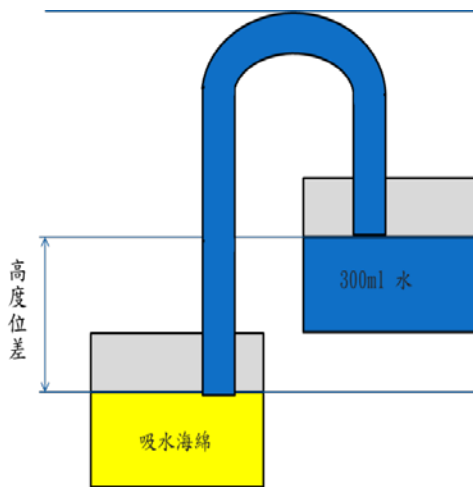
圖十 測量平面毛細管吸水力

(二)測量不同高度下毛細管吸水力之影響

探討高度差對水位的影響，首先，先將 A 盒提高 10 公分的高度，實驗水位高度對毛細管毛細作用的影響，接著再將水位提高至 20 公分，重複實驗將高度提高到 30 公分，觀察水位對流速的影響，如圖十一。



圖十一 10 公分高度



圖十二 毛細管供水示意圖

實驗完高度對水位的影響之後，開始模擬植物種植時的實際情況，將吸水的海綿置入了培養土，測試實際的情況。培養土的實驗高度設定回 30 公分，如圖十三。



圖十三 培養土實際測試

(三) 香草種植實驗

綠薄荷的生長環境需要微濕的土壤，水分不能太多也不能太少，其生長週期約 7-14 天，生長室溫約 15-30℃，植株高度約 20 到 75cm。綠薄荷的生長環境和其植株大小與生長週期都符合我們研究毛細力供水系統的條件，故此我們選用綠薄荷作為生長對象。

收集完在各種情況下，水的流速及毛細管的吸水力的數據後開始實際種植，種植時模擬香草的生長環境，以日光燈給予照射，使用定時控制開關，12 小時開啟給予光照，12 小時關閉，模擬日照情形。

(四) 觀察生長與紀錄

每三日觀察一次植物生長情形，並且記錄其生長狀況。整理實驗結果，並計算其數據加以改善。

三、 結果與討論

測量平面毛細管吸水力，是為了找出在沒有高度差的情況下，毛細管能自然吸水的量，如表一。

表一 平面測量數據

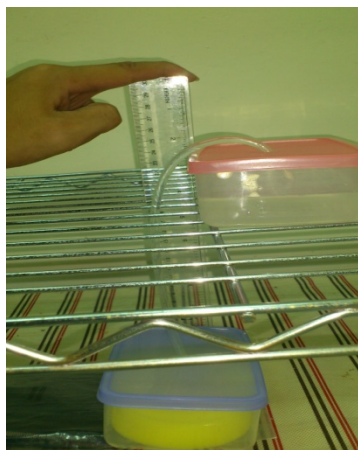
平面測量			
10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	
公克(g)	46.69	46.7	46.79
10 公分高度位差測量			
10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘	
公克(g)	46.76	46.83	46.92

實驗後重量-實驗前重量÷實驗時數=吸水率，數據如表二。

表二 海綿在不同高度位差吸水率

平面測量	
公克(g)	0.029
公分(cm)	10
公克(g)	0.159
公分(cm)	20
公克(g)	0.375
公分(cm)	30
公克(g)	0.429

用以上這些數據做成曲線圖更加證明高度越高，吸水率就會更正成長，如表三。

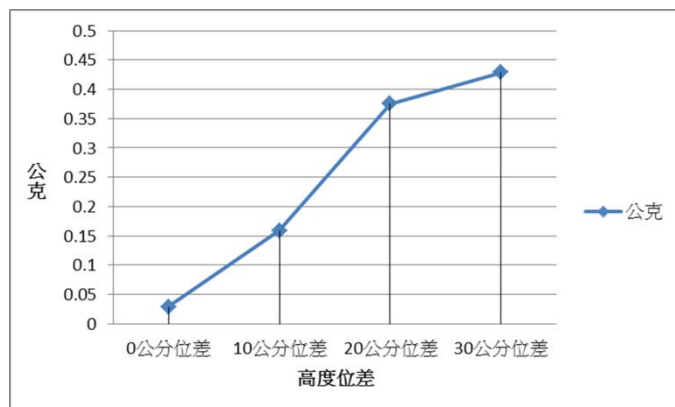


圖十四 測量高度位差

以此方式在進行平面 0 高度位差、10 公分高度位差、20 公分高度位差及 30 公分高度位差吸水率實驗我們用以下的公式算出這個數據

計算方法：

表三 位差與吸水率之關係圖



此時實驗結果算出大約高度每上升 10 公分水會增加約 0.13 公克的重量。

培養土測試:

接下來以此方法進行實際培養土實驗，採用兩個高度平面0高度位差與30公分高度位差實驗結果證明高度位差影響吸水率，數據如表四。

表四 培養土在不同高度位差吸水率

高度位差 平均每小時	0公分(平面)位差	30公分位差
公克(g)	0.0324	0.1025

得此證明後開始種植香草經過幾次實驗發現30公分高度位差的需水率剛好足以供應薄荷香草的需水量，並給予光照，模擬其日常生長的環境，白日光照12小時後關閉光照12小時，觀察其生長狀態，實際生長情形如下圖十五、十六、十七。



圖十五 實驗架設圖



圖十六 第一天拍攝



圖十七 第十五天拍攝

以這樣自動供水情形到第15天的生長狀況為正常，直到第20天左右發現從根部已經開始慢慢地枯萎(如圖十八)，觀察毛細管吸水狀況，猜測有可能是毛細管與土壤接觸面積不夠，導致吸水力不佳，於是將毛細管長度做了些調整，如圖十九、圖二十。



圖十八 根部開始枯萎



圖十九 調整前



圖二十 調整後



圖二十一 第一天拍攝



圖二十二 第二十五天拍攝

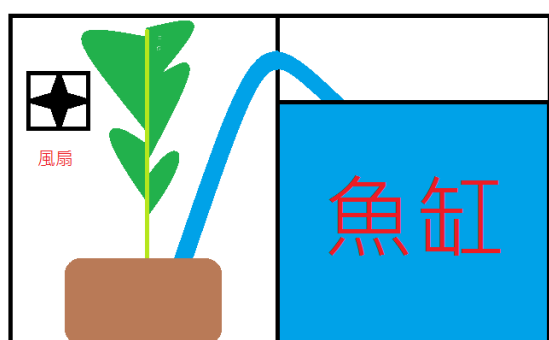
調整後實驗持續觀察到第 25 天生長狀況良好，證明改善吸水面積問題並且得以持續供水讓薄荷足以生長，如圖二十一、二十二。

四、結論

毛細管供水系統結合毛細作用與水的位能差來達到自動供水的目的，以本實驗薄荷的需水量我們將把高度位差調至 30 公分就可以讓薄荷持續生長。

此系統可以應用在其它植物上，再以各個植物的需水量調整高度位差來改變土壤的吸水率讓植物保持充足的水分生長，讓我們不必親自澆水以及使用任何電動元件就可以達到供水的效果，既環保又方便。

五、未來展望



圖二十三 毛細力供水系統未來應用示意圖

未來這個系統期望能應用在生活中，例如(圖二十三)這個想法適用在室內，可以在魚缸內養魚，再用我們的毛細管自動供水系統供水至另一端的香草上，可以不用理會它，再裝上風扇讓薄荷香草的薄荷香釋放香味至整個房間，如此循環可以讓室內空間保持芳香又美觀。

六、致謝

感謝許益誠老師這段時間的指導，給了我們許多的意見，也提供了許多實驗的工具與材料。也很感謝在這次的專題中一直給予我們幫助的學長們，有問題時學長即時的伸出援手幫助，不厭其煩回答問題，實驗器材與場地也一一的提供給我們，謝謝大家的幫助。

七、參考文獻

- [1] 林玟明、趙聖峰、周立強，國立宜蘭大學生物機電學系，設施內盆栽作物水分管理控制器之開發與應用。
- [2] 台北市政府，花博期間園藝植栽資料庫。
- [3] 節能垂直綠化系統型錄之自然農法微型植物工廠議題篇
- [4] 維基百科
科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%AF%9B%E7%B4%B0%E5%8A%9B>

The study of capillary automatic water supply system used in mint vanilla cultivation

Author : Che-Lang Kao

Wei-Hsiang Lin

En-Chuan Chang

Advisor : Yi-Cheng Hsu

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

In this study, used culture Mint stable water supply system by capillary phenomenon.

The capillarity of having a stable and continuous advantages with stable supply of water, used the water

level to control the water flow rate, to achieve the effect of the automatic water supply.

In this study, to test the capillary suction force plane under.

Locate able to absorb the quantity of water within the unit time, and testing different heights, water level on the suction force of the impact, after change the test of the material, put the sponge for change soil, capillary suction of data collected in each case.

Finally, start the actual planting mint, after many experiments, this system has been able to achieve sufficient to continue to supply the water demand to the mint vanilla, through this system, can reduce the number of artificial watering, and can achieve the effect of water conservation.

利用二氧化氯於金針乾燥中創新製程之研究

學生姓名：徐夢華¹

指導老師：許益誠¹、陳和賢²

國立屏東科技大學 生物機電工程系¹

國立屏東科技大學 食品科學系²

摘要

本研究為開發氣態二氧化氯 ClO_2 殺菌處理裝置，並利用光觸媒密閉式循環乾燥系統用於乾燥金針之製程中，以低溫低濕乾燥來抑制酵素性褐變作用。結果顯示由於金針裡面還有大量多酚氧化酶，會在乾燥過程中持續在作用，傳統製程的金針褐變很嚴重所以成品比較黑，加上燻硫處理，所以有很重的硫磺臭味，相當刺鼻。創新製程無硫金針，經過微波殺菁後，可抑制多酚氧化酶的作用，再以二氧化氯浸泡處理。因此乾燥後所得的金針，顏色比市售無硫金針產品較白，由 GC/GC-MS 分析顯示創新製程的金針氣味較香。SEM 顯微結構分析中，市售無硫金針、安全含硫金針以及傳統製程金針之表面構造有明顯皺縮現象，而創新製程金針表面構造較為平坦，組織破壞程度較不明顯，較能保持原金針鮮蕾之樣貌。抗氧化成分分析顯示二氧化氯創新製程總多酚含量較高為 464.68ppm ($p < 0.05$)。微生物試驗中顯示，雖然含硫製程的金針總生菌數含量明顯比其他製程金針來的少，然而創新製程的金針，一樣可以達到符合食品規範的標準。儲存試驗中，顯示創新製程的金針，可耐長期保存且其色澤也較佳。

關鍵字：乾燥金針，二氧化氯，光觸媒

一、引言

金針(Daylily, *Hemerocallis fulva* L.)原產於西伯利亞、日本、中國大陸、東南亞，又名萱草、黃花菜、母親花、療愁、丹棘、宜男草、鹿箭及鹿蔥等，為百合科萱草屬之多年生宿根性草本植物。金針主要活性成分有皂角苷及秋水仙鹼，皂角苷為多環式化合物的配糖體，有安定神經的效果。秋水仙鹼(Colchicine)為存在金針中的天然毒素，攝入人體腸道後會被氧化成有毒的副產物 Oxydicolchicine，會產生頭昏眼花、腹痛下痢、嘔吐、噁心等食物中毒現象[1]，但秋水仙鹼為熱敏性物質，經烹煮和乾燥處理會受到破壞，因此，經食品加工處理過的乾燥金針是無毒的。

市售金針為採集花開前一天之含苞花蕾，可作為生鮮蔬菜食用，亦可將其加工製成農特產品之金針乾製品，以耐儲存及運銷，具有獨特之風味。由於金針花營養成分中含有蛋白質、還原糖、胺基

酸，一般乾燥方式容易導致梅納褐變反應的產生，影響成品外觀甚鉅。因此，農民或加工業者為使金針花乾保有較佳的色澤，在加工過程經常使用漂白劑亞硫酸鹽漂白[1,3]。

傳統金針乾燥製程中，主要是以 1.2~1.4% 亞硫酸氫鈉溶液浸泡，當浸泡亞硫酸鹽溶液濃度偏低時，因不足以抑制氧化酵素之活性，而不足以壓制花藥上之黑色素，其乾製品頭部顏色會呈棕黑色。金針會經過 1-2 小時的日曬程序，日曬過程中繼續氧化褐變。色素經日光長期照射而破壞，以致在金針花基部產生褪色、白化現象或產生白斑。日曬之後會以燻硫處理，針農為求金針乾製品外觀及加強防腐防蛀效果，則增加硫磺用量及燻硫時間，致使金針二氧化硫殘留量超過標準(500ppm)[2,4,5]。最後，再利用熱風乾燥使金針脫水，熱風乾燥會使花蕾脫水速度加快，以致花苞較寬、形狀無法成針形、花瓣較脆[2,6]。乾燥溫度愈高，雖可減少乾燥的時間，但相對地，溫度過高，會破壞花青素，花青素為一種化性極活潑配糖體 (Glicoside)，遇高溫加熱其色澤即發生變化。花青素與類胡蘿蔔素經加熱或氧化，常伴隨著醣類分解物 Furfural 及 Hydroxymethyl Furfural 作用產生褐色物質，此非酵素褐變會降低乾製品之品質。成熟之金針花蕾含有少量之葉綠素及其他雜色物質，葉綠素經加熱乾燥會產生 Pheophytin 與 Pheophorbide 等物質，使乾製品呈暗褐色[2]。

二、實驗材料與方法

1. 實驗材料

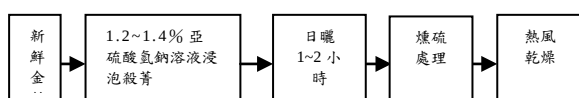
新鮮金針(Daylily, *Hemerocallis fulva* L.)購於南投縣魚池鄉。分析所用藥品包括有：甲醇(CH_3OH , Detroit, MI, USA)，碳酸鈉(NaNO_2 , Detroit, MI, USA)，沒食子酸(Gallic acid, $\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_3\text{COOH}$, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)，福林酚試劑(Folin-Ciocalteu's phenol reagent, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)，偏重亞硫酸鈉(food-grade $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, Sigma-Aldrich, MO, USA)，硫磺(Food-grade Sulfur, Sigma-Aldrich, MO, USA)。 ClO_2 、蒸餾水皆為自製。

2. 實驗方法

(1) 實驗設計程序

研究分別以二氧化氯創新乾燥製程與傳統乾燥製程製作金針，實驗設計程序如圖 1 所示，其中傳統熱風乾燥是將新鮮金針，以 1.2-1.4% 亞硫酸氫鈉溶液浸泡殺菁後，經日曬後燻硫處理，最後放入熱風乾燥機(SDOM Apparatus, MFG Co., Taiwan)以 60℃ 乾燥 8 小時。創新金針乾燥製程，取金針鮮蕾置於承盤上，放入微波爐，微波 3 分鐘將金針取出，放入瓶子加入 100ppm 之二氧化氯，浸泡 2 小時取出，日曬後以氣態二氧化氯處理燻蒸，最後再以光觸媒密閉式循環機進行乾燥。

A. 傳統金針乾燥製程



B. 二氧化氯金針創新乾燥製程

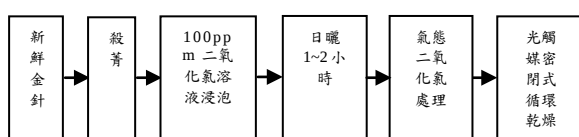


圖 1、實驗設計程序

(2) 氣態二氧化氯處理機構

氣態二氧化氯處理機構如圖 2 所示，將浸泡液態二氧化氯完後之金針置於機構中，並將氣態二氧化氯以導管進入機構中，取代傳統燻硫之製程。



圖 2、氣態二氧化氯處理機構

(3) 冷凍乾燥處理

冷凍乾燥則將金針置於凍乾瓶，置於-80℃箱急速冷凍 24 小時，以冷凍真空乾燥機 (Labconco freezone plus 6 freeze dryer, KS,US) 乾燥 24 小時。

3. 檢驗分析

分別將不同製程之乾燥金針，根據圖 3 進行各式檢驗分析，比較其差異性，並進行 3 個月儲存試驗，比較產品於長期儲藏後的變化。其中包括有：水活性(a_w)測定值，含水率測定，SEM 顯微結構分析，色澤測定，GC-MS 香氣鑑定、微生物檢測、總酚含量分析、二氧化硫殘留試驗及三個月儲藏試驗。各式分析方法分述如下：

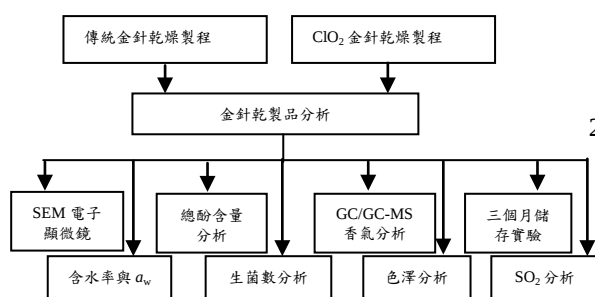


圖 3、不同製程乾燥金針之分析方法

(1) 金針水活性(a_w)測定

將不同製程之乾燥金針置於水活性測定儀(AQUALAB, CX-2, Japan)中，待測品高度不得高於樣品盒，平衡後讀取其 a_w 值及溫度(℃)。

(2) 金針含水率測定

將鋁盤放置紅外線水分測定(FD-610, Kett Electric Lab., Japan)儀中，並將其歸零，取樣品置鋁盤上方，待平衡後讀取其含水率值(%), 一樣品測定兩次，計算其平均值。

(3) SEM 顯微結構分析

將不同乾燥製程金針，經冷凍乾燥至含水率達 10% 以下，利用噴濺式真空鍍膜機(E-1010, Hitachi, Tokyo, Japan)鍍上金鉑後，分別置於配有 X-光光譜分析模組之掃描式電子顯微鏡(Scanning Electron Microscope, SEM, S-4300, Hitachi)，觀察各種製程金針表面與剖面微細結構與組織質地，並進一步作為金針中所含硫化物的作快速鍵定，比較兩種製程中金針乾製品的差異性。。

(4) 金針色澤測定

將乾燥金針撕成數等份，以色差儀(Hunter Associates Laboratory, Inc. Reston, VA)測定金針之“L”、“a”、“b”值，L 值表亮度值，表示黑白，0 為黑，100 為白；a 值表紅綠值，正值為紅，負值為綠。b 值表黃藍值，正值為黃，負值為藍。將樣品針針對不同面進行三重複測定取平均值為分析依據。

(5) 金針香氣鑑定

針對不同乾燥製程金針，利用固相微量萃取器(Solid phase microextraction SPME 57330-U, SUPELCO, Taiwan)進行萃取，先將萃取器具進行熱消毒 5min，取樣品 1g 置於萃取瓶中吸附 30min，萃取其揮發性物質後，使用氣相層析質譜儀(GC-MS, Hewlett-Packard 6890 SERIES II, Japan)分析。分析條件之初始溫度設定為 45℃ 保留 10min，1℃/min 升溫至 100℃ 保留 10min，2℃/min 升溫至 220℃ 保留 10min。

(6) 微生物之檢測

根據衛生署公告總生菌數測定法(CNS 10890 N6186, 1991)，待測樣品經無菌水稀釋後，利用 3M Petrifilm™ (St. Paul, MN) 快篩試片進行檢測，放入烘箱以 35℃±2 培養 48hr，樣品測定三重複，計算其平均值。

(7) 總酚含量分析

取樣品稀釋液萃取液 0.1mL，加入 0.4mL 總酚試劑避光作用 5 分鐘，加入 2mL 之 15%Na₂CO₃，避光作用 30 分鐘，以分光光度儀(Spectrophotometer SP-7504C, Inc. Newlab, Taiwan)量測 750nm 吸光值，每一樣品三重複測定取其平均值。標準品選用沒食子酸取 200、150、100、50ppm，共 4 點作線性回歸，計算每克乾重樣品相當總酚含量。

(8)三個月儲藏試驗

將不同乾燥製程金針，每天至少曝曬 6 小時之 3 個月儲藏後，進行水活性、含水率與色澤分析。

(9)二氧化硫殘留試驗

依據衛生署公告 436953 號方法進行分析，將 5g 乾燥金針混合 245g 蒸餾水破碎後，以 3600rpm 離心 5min，取上清液加入 2mL 澱粉指示劑，以 0.05N 碘液滴定呈藍色止，根據其碘液用量計算 SO₂ 含量。計算公式如下所示：

$$SO_2 \text{ 含量(ppm)} = \frac{V \times N \times 3.2 \times 5}{W} \times 10^4 \dots\dots\dots(1)$$

其中，V 為碘滴定量(mL)，N 為碘當量濃度 0.00257，W 金針乾製品重(g)。

三、結果與討論

1. 二氧化氯金針創新乾燥製程

研究利用二氧化氯創新金針乾燥製程，並比較傳統金針乾燥製程，金針乾燥成品如圖 4 所示，研究發現傳統製程乾燥金針，由於金針裡面還有大量多酚氧化酶，會在乾燥過程中持續在作用，因此褐變很嚴重所以成品比較黑，加上燻硫處理，所以有很重的硫磺臭味，相當刺鼻。創新製程無硫金針，經過微波殺菁後，可抑制多酚氧化酶的作用，再以二氧化氯浸泡處理，因此乾燥後所得的金針，顏色比市售無硫金針產品較白，且氣味較香。



圖 4、金針乾燥成品:A.二氧化氯創新製程金針，B、傳統乾燥製程金針，C、市售無硫金針

圖 4、金針乾燥成品:A.二氧化氯創新製程金針，B、傳統乾燥製程金針，C、市售無硫金針

2.水活性及含水率測定試驗

水活性及含水率測定試驗結果如表 1 所示，金針乾製品的水活性須低於 0.6 以下，方能抑制微生物生長。此外，水活性低於 0.4 以下，方能抑制非酵素性褐變反應。結果顯示利用創新製程的金針的水活性，明顯比傳統製程的金針低許多，研判可能是傳統乾燥製程金針含有硫成分，造成水活性有偏高的現象。含水率部分，創新製程金針與傳統製成金針差異性不大。分別為 4.25%和 5.10%，成品乾燥程度相近，因此，產品質地的脆度、柔軟度及硬

度也相近。

表 1、乾燥金針水活性(a_w)及含水率試驗

製程	水活性(a_w) (P/Po)	含水率 (H ₂ O(g) / Wet Base(g)%)
無硫金針	0.402±0.06 ^c	10.32±0.02 ^a
安全含硫金針	0.568±0.02 ^a	11.14±0.06 ^a
傳統乾燥製程	0.497±0.04 ^b	4.25±0.05 ^b
二氧化氯創新製程	0.251±0.01 ^d	5.10±0.02 ^b

^{abc} Means with the same rows in a column do not significantly differ from each other (Duncan's multiple-range test, $p < 0.05$).

3.色澤及 Lab 分析

試驗結果如表 2 所示，在亮度(L value)上利用二氧化氯創新製程的金針，明顯比傳統製程金針來的高($p < 0.05$)，並與市售金針(無硫金針及安全含硫金針)有顯著性的高。在 a value 和 b value 部分，創新製程金針其色度明顯偏向綠藍色，然而，傳統製程和市售金針則偏向紅黃色。在色調 Hue 和色度 Chroma 上，創新製程金針明顯比市售金針來的低，表示在加工製程比較對產品的顏色的影響較小。在白度 WI value 部分則明顯指出，二氧化氯創新製程的金針比傳統製程金針以及市售金針白，可能是二氧化氯有漂白功能造成的結果。

表 2、乾燥金針色澤分析與 L.a.b.值

製程	L value (unit)	a value (unit)	b value (unit)	Hue (unit)	Chroma (unit)	WI value (unit)
無硫金針	45.36 ^b	3.43 ^a	9.95 ^a	1.24 ^a	10.52 ^a	44.36 ^b
安全含硫金針	41.18 ^c	2.89 ^b	6.21 ^b	1.14 ^b	6.85 ^b	40.78 ^c
傳統乾燥製程	39.15 ^d	1.95 ^c	4.31 ^c	1.15 ^b	4.73 ^c	38.97 ^d
二氧化氯製程	47.57 ^a	1.49 ^d	2.61 ^d	1.05 ^c	3.01 ^d	47.48 ^a

^{abcd} Means with the same rows in a column do not significantly differ from each other (Duncan's multiple-range test, $p < 0.05$).

4.GC/GC-MS 分析

固相微量萃取的金針乾製品之揮發性物質，總離子質譜圖 GC/GC-MS 分析顯示如圖 5 所示，表 3 為不同製程之金針乾製品揮發性物質組成分。其中二氧化氯創新製程金針和市售無硫金針所含的香氣種類比傳統製程的金針來的多，主要有 2,4-dimethyl heptane，2-Methyl furan，Limonene，Hexadecanoic acid，9-Octadecanoic acid，Octadecanoic acid。創新製程有較高的 2-Methyl furan 以及 Limonene，保有金針較多的香氣成分。

表 3、固相微量萃取金針乾製品揮發性物質組成分

No.	R. T. (min)	Compound	Relative content (%)			
			無硫 金針	安全 含硫 金針	傳統 乾燥 製程	二氧 化氯 創新 製程
1	1.48	2,4-dimethyl heptane	6.37	1.47	20.54	3.38
2	2.26	2-Methyl furan	0.95	-	5.28	8.36
3	20.14	Limonene	-	-	-	5.69
4	88.33	1,2-Benzenedicarboxylic acid	5.57	-	-	-
5	89.63	Dodecanoic acid	3.21	-	-	-
6	95.40	Pentadecanal	-	0.55	-	-
7	101.35	Tetradecanoic acid	7.12	1.66	-	-
8	106.35	Pentadecanoic acid	6.49	-	-	-
9	111.28	Hexadecanoic acid	52.44	45.85	69.19	39.03
10	119.43	9-Octadecanoic acid	5.20	28.13	-	13.41
11	120.37	Octadecanoic acid	-	18.09	-	8.68

R.T.: Retention time

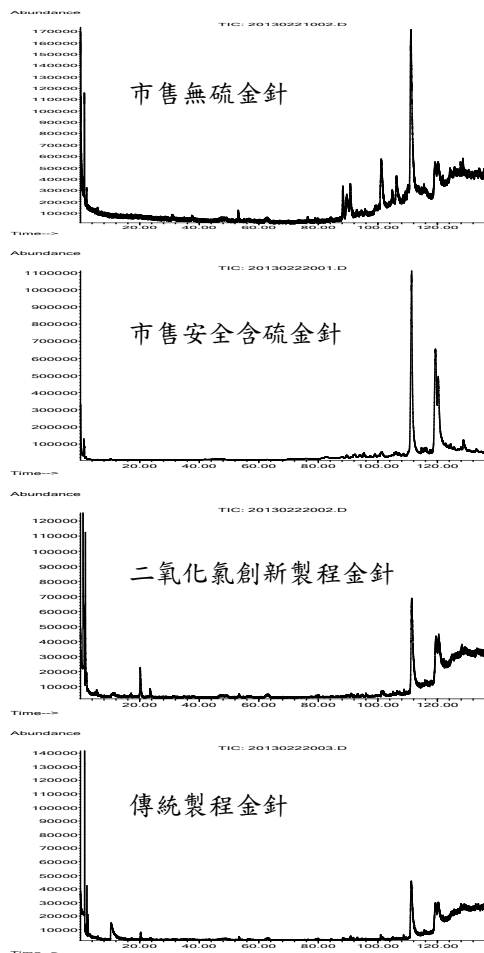


圖 5、經固相微量萃取之金針乾製品揮發性物質總離子質譜圖

5. 抗氧化成分分析

研究利用不濃濃度沒食子酸建立標準曲線如圖 6 所示，分析比較不同製程的的總多酚含量如表 4，研究發現二氧化氯創新製程和市售無硫金針的總多酚化合物含量較高，其他製程多酚量偏低，顯示可能是加工過程會破壞金針中的多酚化合物，也有可能是在加工製程中，仍有多酚氧化酶存在且持續在作用，所以導致安全金針和傳統製程的金針中多酚化合物的含量偏低。

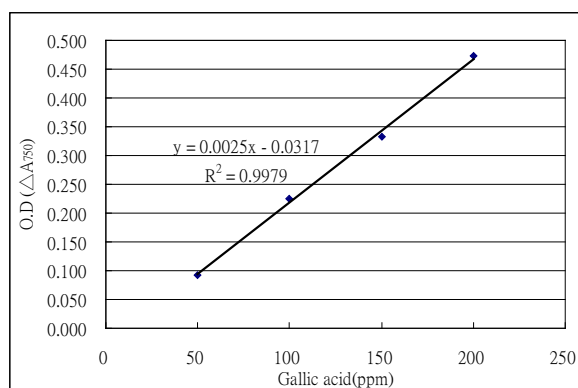


圖 6、沒食子酸之標準曲線

表 4. 不同製程的的總多酚含量

製程	總多酚含量 (ppm)
無硫金針	420.95±1.82 ^b
安全含硫金針	183.35±3.92 ^d
傳統乾燥製程金針	209.48±3.21 ^c
二氧化氯創新製程金針	464.68±2.62 ^a

^{a-d} Means in the same row followed by different superscripts are significantly different at $p < 0.05$

6. 微生物試驗

結果如表 5 所示，含硫製程的金針總生菌數含量明顯比其他製程金針來的少，然而創新製程的金針，一樣可以達到接近安全含量金針的微生物含量的標準，符合 10^5 CFU/g 以下的食品規範的標準。

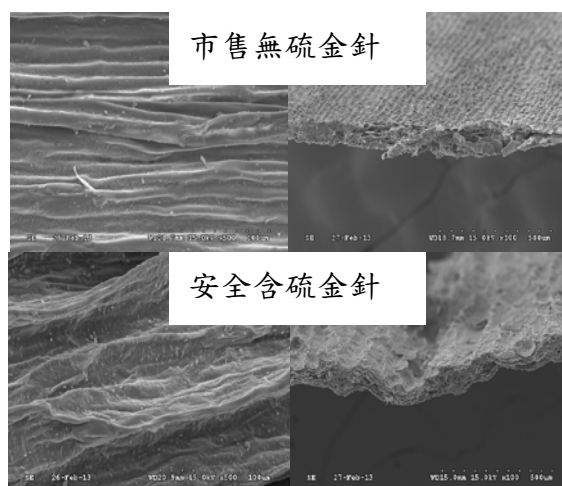
表 5. 不同製程的的總生菌數含量。

製程	總生菌數 (CFU/g)
無硫金針	4.43×10^3 ^a
安全含硫金針	0.73×10^2 ^c
傳統乾燥製程金針	0.13×10^2 ^d
二氧化氯創新製程金針	1.14×10^2 ^c

^{abcd} Means with the same rows in a column do not significantly differ from each other (Duncan's multiple-range test, $p < 0.05$).

7. 產品 SEM 顯微結構分析

市售無硫金針、安全含硫金針以及傳統製程金針之表面構造有明顯皺縮現象，而創新製程金針表面構造較為平坦，組織破壞程度較不明顯，由此可見，高溫的加工製程會使金針表面結構有極大的影響；市售無硫金針、安全含硫金針之剖面結構較為緊密結實，原有組織結構受到熱應力破壞而皺縮在一起，因此組織截面的厚度較薄，創新製程金針之剖面結構較為蓬鬆，因此厚度較厚，與市售金針相較之下，自製金針之構造較為接近金針鮮蕾，較能保持原金針鮮蕾之樣貌。



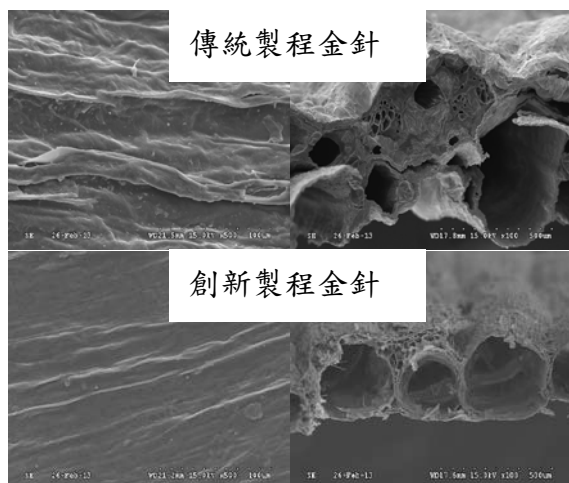


圖 7、乾燥金針微細構造觀察之 SEM 圖。

8.儲存試驗

研究經過 3 個月每天至少 6 小時長期暴露於陽光下進行儲存試驗，結果如表 6、表 7、表 8 所示。結果顯示在水活性部分，經過 3 個月後創新製程金針仍可達到乾製品水活性低於 0.4 的標準，顯示創新製程金針在 3 個月貯存試驗後，仍可抑制微生物的生長，並於儲存期間可抑制非酵素性褐變，但傳統製程之金針，在儲存 3 個月之後，隨著水活性的增加至 0.43，開始會有褐變反應作用，由金針的色澤分析也發現傳統製程金針的 L 值有降低的現象。含水率部份，創新製程金針和傳統製程金針一樣，在貯存試驗後，含水率皆可維持在 12% 以下。色澤變化部分，創新製程的金針，可耐長期保存且其色澤也較佳。

表 6、乾燥金針水活性(a_w)

製程	a_w			
	0 month	1 month	2 month	3 month
傳統製程	0.322	0.346	0.379	0.430
二氧化氯 創新製程	0.251	0.289	0.307	0.362

表 7、乾燥金針含水率(%)

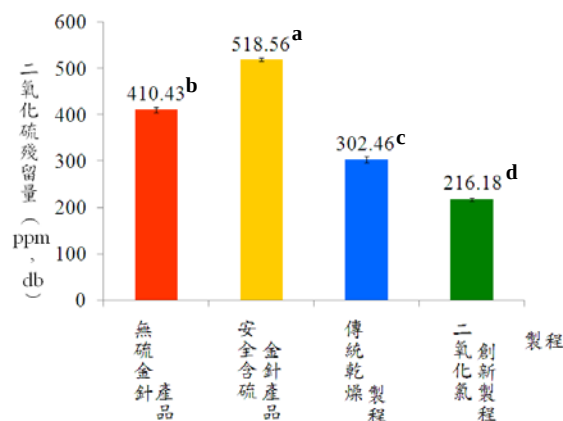
製程	含水率(%)			
	0 month	1 month	2 month	3 month
傳統製程	4.25	5.75	9.25	11.1
二氧化氯 創新製程	5.10	7.55	7.35	10.8

表 8、乾燥金針 L.a.b.值

製程	色澤	0 month	1 month	2 month	3 month
傳統製程	L	39.15	37.57	36.59	27.46
	a	1.95	1.07	0.85	1.23
	b	4.31	2.09	2.02	1.84
二氧化氯 創新製程	L	47.57	47.61	45.66	43.74
	a	1.49	2.30	2.97	3.26
	b	2.61	5.49	5.10	5.20

9.乾燥金針中殘留二氧化硫分析

不同製程的金針二氧化硫殘留量試驗結果如圖 8 所示，可看出創新製程的二氧化硫殘留量最低，雖然，製程中無添加硫的成分，但檢驗出仍有殘留，是因為金針吸收土壤中的硫化物所致。



abcd Means with the same rows in a column do not significantly differ from each other (Duncan's multiple-range test, $p < 0.05$).

圖 8、乾燥金針中殘留二氧化硫分析

四、結論

金針蘊藏了許多各式各樣的營養成份，計畫中藉由利用二氧化氯代替燻硫的步驟，結合光觸媒密閉式循環乾燥系統，研發無二氧化硫與硫化物的金針乾製品的創新金針乾燥製程。而利用光觸媒密閉式循環乾燥系統替代熱風乾燥製程，能將乾燥過程中微生物污染問題降低最低，使創新製程之金針乾製品比傳統製程，能達到更好的品質與更健康產品，讓消費者在購買乾燥金針能更加地安心，就能讓越來越多的消費者接受乾燥金針的產品。

五、誌謝

本研究感謝行政院國家科學委員會大專生專題計畫經費補助(NSC101-2815-C-020-001-E)。

六、參考文獻

1.學士論文:

[1]林美岑 2004 利用掃描式電子顯微鏡快速檢測金針中亞硫酸鹽方法之開發研究，屏東科技大學食品科學系碩士論文。

2.書籍:

[2]吳柏青。1998。農業推廣手冊 (1)：金針產銷與加工流程。國立宜蘭技術學院農業推廣委員會。

[3]王有忠 1990 食品添加物漂白劑 (10)：

211~221 華香園出版社台灣台北。

3.法規:

[4]行政院衛生署食品藥物管理局 2001 食品添加物使用範圍及用量標準 台灣台北。

4.期刊:

[5]徐錦豐、胡仲勳 2001 產地乾製金針菜二氧化硫殘留量分析藥物食品檢驗局調查研究年報(19): 252-255。

[6]彭德昌1987 金針菜之栽培管理加工花蓮區農業推廣簡訊4(2): 8-9。

The Use of ClO₂ for the Daylily Drying Innovation Process

Author: Meng-Ping Syu ¹

Teacher: Yi-Cheng Shiu ¹ Ho-Hsien Chen ²

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology ¹

Department of Food and Science
National Pingtung University of Science and
Technology ²

Abstract

This study develop gaseous chlorine dioxide ClO₂ sterilization device and the system also use by photo catalyst closed cycle drying system to dry in innovated dried daylily process. Here, the purpose of low-temperature and low-humidity drying was reached to inhibit the enzymatic browning. In general,

the browning of daylily was due to which there are a large number of polyphenol oxidase content in traditional dried daylily process. High content of polyphenol oxidase and smoked sulfur treatment played the browning role during the drying process so the finished products have serious browning problem and have strong pungent smell. For these reasons, the study used with microwave blanching to inhibit polyphenol oxidase, and then soaked in gaseous chlorine dioxide treatment in innovated dried daylily process. The results showed that ClO₂ pretreated dried daylily products have high white value than traditional dried daylily. GC / GC-MS analysis showed that dried daylily of the innovation process have more fragrant smell compounds than other process and commercial dried daylily products. SEM microstructure analysis showed that dried daylily of the innovation process can keep original structure and it don't have damage problem. Antioxidants analysis showed that the total polyphenol content of chlorine dioxide innovation process was 464.68ppm higher than other products. The microbial tests show that total plate counts of sulfur process daylilies were significantly less than other, but the daylily of innovation process also can be achieved in line with the food standard codex. Storage test, dried daylily of the innovation process can preserve withstand long-term and maintained its original color.

Keywords: Dried daylily; ClO₂; Photo catalyst

香草迷迭香生長箱研究與製作

學生姓名：楊子毅

指導老師：許益誠博士

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本研究利用高功率發光二極體(LED)紅藍兩色混光的人工光源取代自然光，達到光源控制目的，搭配風扇低風速模擬自然環境，達到基礎溫度控制及空氣濕度控制的效果，綜合以上環控裝置組成一個室內小型植物生長箱。本次研究以迷迭香為栽培與觀察實驗對象，利用此生長箱與裝置達到環境控制、調整出適合迷迭香之生長環境，並在中間隔不透光之壓克力板分隔為兩區域並使用兩種不同比例的 LED 光源進而達到比較與實驗目的。

關鍵字:LED、迷迭香、植物生長箱

一、引言

1.1 前言

現代人忙碌的生活已是常態，生活中絕大部分時間都處在室內，而室內生活品質(空氣品質)好壞將影響其工作效率以及其心情，部分醫學研究顯示，若人處在空氣品質不良的環境，則可能出現頭昏、疲倦、精神不集中、心情不好、甚至眼睛及鼻子過敏等等「病態大樓症候群」。種植室內植物為其中一種改善方式，不但可改善空氣品質，更能作為美觀擺設，而吸收 CO₂ 轉為氧氣，並同時吸收汙染物可達到最佳效果。無論任何植物行光合作用都需要光、風、水分、空氣、溫度的配合。

1.2 文獻回顧

目前各種環控設施以及各式各樣控制與監控設備已經納入各式栽培箱設計及實際應用，而近年光控方面由於技術提升 LED 發光效率不斷的提高及成本持續的下降，並具有高光電轉換效率、使用直流電、體積小、高耐震、壽命長、波長固定與低發熱等優點以及具有光量(Light Intensity)可調整、光質可調整等優勢。

作物之最適光波段依植物種類而有所不同，有關於光質與植物發育的關係，最著名的文獻“Photomorphogenesis in Plant”之論述資料，作者為 R. E. Kendrick 與 G. H. M. Kronenberg。資料顯示，在波長 400~520nm (藍) 和 610~720nm (紅) 的波域裡，對植物生理的影響最大也最顯著。

西元 1986 年 R. E. Kendrick 等人，對光質與植物發育在不同波域對植物生長的功效比較。^[1]

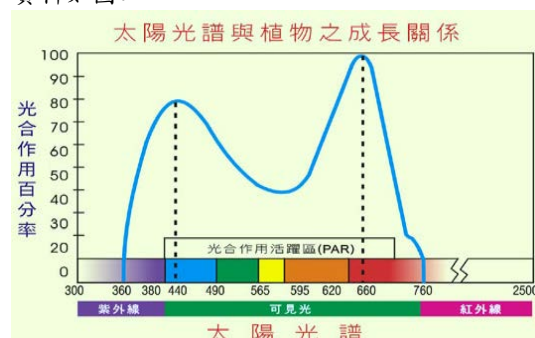
資料如圖一：

光譜範圍	植物生理的影響
280 ~ 315nm	對形態與生理過程的影響極小
315 ~ 400nm (紫)	葉綠素吸收少，影響光周期效應，阻止莖伸
400 ~ 520nm (藍)	葉綠素與類胡蘿蔔素吸收比例最大，對光合作用影響最大
520 ~ 610nm (綠)	色素的吸收率不高
610 ~ 720nm (紅)	葉綠素吸收率低，對光合作用與光周期效应有顯著影響

圖一、光譜範圍對植物的影響

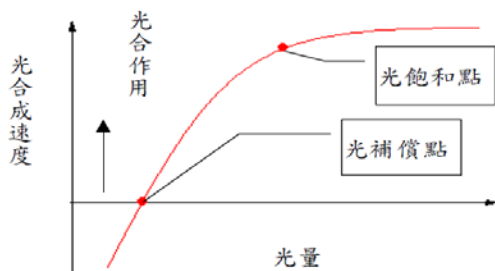
可見光(波長 400~700nm)，相當於藍光、綠光、黃光及紅光，又稱為 PAR，即光合作用活躍區，也是植物用來進行光合作用最重要的可見光部份。

資料如圖二：



圖二資料來源：蘇沛實業有限公司

設施內的光量因光合成之特性不同及作物的種類不同有所差異。光量不足時，作物莖葉產生徒長，因光合成產物不足致花器發育不良，開花延遲、著果率降低、果實的肥大不良、品質降低、葉的壽命縮短、頻生病害等，當光量逐漸增加到作物的光補償點時，作物由呼吸作用轉而行光合作用，隨著光量增加光合成的速度也隨之增加，直到到達作物的光飽和點，光合成的速度不再增加。[2] 資料如圖三：



圖三、植物對光量與光合成速度之關係

光照時間：作物在花芽形成上有效的日長時間依苗齡、營養條件、栽培溫度等要素變化，必須充分考慮其他要素後，決定光照時間來調節花芽分化、開花、生育等。[1]

溫度溫度對作物的生育、產量、品質的影響程度，依作物種類、品種、生育階段、天候、設施的土地條件，限界溫度的持續時間而變化。[2]

溼度：作物所需的水分包含有地上部的空氣溼度及地下部的土壤溼度。溫室內的空氣溼度因作物的蒸散、由灌溉所致栽培床和通道的蒸發、溫度下降所引起外界濕空氣流入等而增加；因日照及加溫所引起溫度上升、換氣、外界乾燥空氣流入而降低。一般作物栽培中的溫室內相對溼度維持的目標在 80%~90%，而依作物種類或生育時期的不同，有時需於 80% 以下或 90% 以上者。[2]

西元 1957 年 Monteith 等人，表示在適當的風速下(1~2m/sec)可冷卻植物表面，同時封可混合大氣，帶來更多水氣。若風速若低於 0.5m/s 的風速不能提供大氣水汽有效的循環而高於 0.5m/s 的風速不僅會吹乾植物表面，且易使植物產生蒸散作用。[3]

西元 2003 年 Beysens et al. 等人表示強風會降低熱作用下的相對冷卻現象，甚至造成大氣無相對冷卻的情形發生。[4] 資料如表一：

表一、浦福風級

浦福風級	名稱	高出地面10公尺之相當風速					約略風壓 每平方米 公斤
	中文 英文	每秒 公尺	每時哩	每時 公里	每時 英里		
0.0	無風	0-0.2	<1	<1	<1	0.0	
1.0	軟風	0.3-0.5	1-3	1-5	1-3	<1	
2.0	輕風	1.6-3.3	4-6	6-11	4-7	1	
3.0	微風	3.4-5.4	7-10	12-19	8-12	1-3	

通風設計與作用：設施內外通風不良，白天由葉片蒸散和土壤蒸發釋出的水氣無法順利排除，因此設施內的水氣含量高，夜間溫度下降後，設施內的相對溼度則會升至100%，結露的情形非常明顯。[5]

設計植物栽培設施設計必須考慮(1).設施栽培管理時必須有適量的通風，以維持設施內 CO₂ 濃度避免下降太多。(2).抽風設備以排出多餘的熱量並維持 CO₂ 濃度。(3).減輕設施內的熱負荷及濕度。(4).適當的風速有助於植物蒸散作用且能充分的混和大氣中的水分[5]

通風作業設施內部作物之成長，功用如下：(1) 帶走內部熱量。(2)消除內部悶濕現象，促進作物的蒸散作用。(3)減少植株葉面空氣的滯留層，促成光合作用。(4)使內部的溫、濕度均勻，避免因溫度不均勻產生結露現象。(5)促使作物各部的莖、葉、花、果實之表面水份蒸發，降低感染病害之機會。[1]

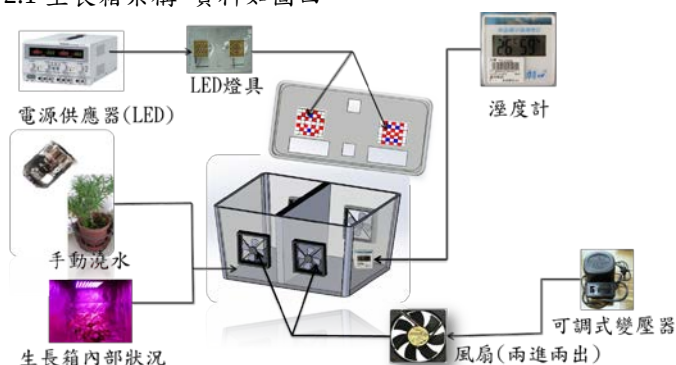
1.3 研究目的

本次研究採用了兩組不同比例的 LED 作為植物生長箱光源基礎，希望透過不同比例的 LED，找出合適光量環境促使迷迭香生長。

觀察設備配合狀況，並實際種植模擬實際室內生長箱使用情形。

二、研究設備與方法

2.1 生長箱架構 資料如圖四：



圖四、生長箱架構圖

2.2 實驗流程

(一)生長箱製作及量測

在實驗箱蓋上分兩邊鑽孔架設 LED 燈具並設計觀測孔。再來將實驗箱之側邊開四個風扇孔，分別為兩進氣與兩排氣各為一組風控循環，並將風扇安裝於生長箱上。風扇上加裝細紗網已達到降低風速與防止異物吸入的效果。之後在實驗箱中間架設不透光之壓克力板以分隔兩個光源區域，使實驗箱分隔為兩個實驗區塊。最後使用電源供應器連接 LED 燈具並與使用照度計測量光強度，量測方式為以實驗箱內已分為兩區域的底部做九宮格測量，以及使用可調式電壓整流器連接四個風扇並使用風速儀量測風扇進排氣循環，量測方式為兩風扇中心對中心之中點做量測。

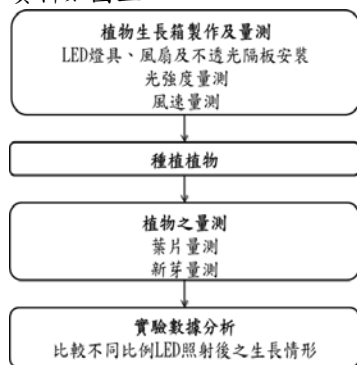
(二)種植植物之量測

分別測量環境一與環境二之迷迭香葉片長、葉片寬、新芽多寡等數據，並觀察其生長情形作紀錄。’

(三)實驗數據分析

將(二)之記錄整合並將環境一與環境二不同比例之LED燈具照射之生長情形作分析與相互比較。

資料如圖五：



圖五、實驗流程圖

2.3 生長箱設計

(一)實驗材料

(1) T800 PC 材質不透明滑輪整理箱

長 68 × 寬 48 × 高 40

資料如圖六：



圖六、A800 PC 材質透明滑輪整理箱

(2) LED 燈

主要優點：可選擇特定波長

波段集中(+5~10 nm) 為低發熱量光源

高發光效率可靠近栽培對象，提高單位空間產能

資料如圖七： [6]



顏色	型號	波長		工作電壓	通量	反向電流	視角	鏡頭
		最小	最大		Typ	IR	2θ _{1/2}	
R	DHL1-S5SR	620	630	2.0-3.2V	45 ml	<50 μA	正負30°	PC
B	DHL1-S5TB	460	470	3.2-4.0V	15 ml			

圖七、LED 燈及規格書

(二)實驗設備

(3)電源供應器(LED 燈具使用)

四個數字錶頭顯示

三組輸出 (兩組可調，一組固定電壓)

自動 Tracking

自動串並聯操作

固定電壓與固定電流操作功能

低漣波及低雜訊

具可選擇連續或動態負載

過載與極性反向保護功能

3 1/2 位數 0.39" LED 顯示

資料如圖八：



圖八、電源供應器(LED)

(4)可調式電壓整流器

產牌：SHYKUANG

型號：AD-6300

電壓輸出：3、4.5、6、7.5、9、12VDC

資料如圖九：



圖九、可調式電壓整流器

(5)風扇

廠牌：柏旭佳國際企業有限公司

型號：AD1212MS-A76GL

轉速：2050rpm+(正負 10%)

操作電壓：10.8VDC-13.2VDC

啟動電壓：7V,NOMINAL

額定電壓：12DCV

額定電流：0.340Amp.+10%MAX

功 率：4.08Watt

噪音水準：38.0dB

風量：80.5CFM

資料如圖十：



圖十、風扇

(二)實驗儀器

(6)液晶顯示溫濕度計

廠牌：朝心電工

型號：TH-223

量測頻率：每 60 秒測量一次

誤差值： $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$

量測溫度： $-50^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$

量測濕度：濕度 20%~99%

資料如圖十一：



圖十一、液晶顯示溫濕度計

(7)風速儀

廠牌：台灣衡欣

型號：AZ-8901 風速儀

量測範圍：風速： $0.4\sim 35\text{m/s}$ ， $80\sim 6900\text{ft/min}$

風溫： $-10^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$

單位轉換：風速 m/s , ft/min , knots , Km/hr

溫度 $^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{F}$

準確度：風速 $\pm 2\%$ 溫度 $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$

顯示：2x4 四位數雙顯示 LCD

尺寸：181x71x38mm

工作環境：溫度： $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，濕度： $<90\%\text{RH}$

資料如圖十二：



圖十二、風速儀

(8)照度計

照度的定義為被照體單位面積所受的光通量，其單位為勒克斯(LUX) Lux：照度的國際單位。相當於 $1\text{lux} = 1\text{lm/m}^2$ 。

量程選擇開關：可選 2000、20000、50000 LUX

測試尋線：最高可達 125cm

準確度： $\pm 4\%$ 讀數值 $\pm 0.5\%\text{f.s}$

取樣率：2.0 次/秒

重複測試： $\pm 2\%$

資料如圖十三：



圖十三、照度計

(三)栽培對象

(8)我們以迷迭香為栽培對象，迷迭香擁有能令人頭腦清醒的香味，能增強腦部的功能，可改善頭痛，增進記憶力，也具有食用及抗菌等用途。[7]

名稱：迷迭香

科名：唇形花科

原產地：地中海地區

植株高度：20~150 公分

生長適溫： $15\sim 30^{\circ}\text{C}$

相對溼度： $45\%\sim 75\%$

土壤高度：9-15 公分

光照：全日照

繁殖：種子播種或扦插繁殖

資料如圖十四：



圖十四、迷迭香

(四)LED 功率

資料如二、三

表二、環境一紅藍的比值

LED 額定功率	170mW	300mW
	紅	藍
環境一	16	2
總和	2720	600
紅藍功率比值:1 比 0.22		

表三、環境二紅藍的比值

LED 額定功率	170mW	300mW
	紅	藍
環境二	14	4
總和	2380	1200
紅藍功率比值:1 比 0.5		

(五)生長箱實體

將以上各個實驗材料加工及安裝後之實體運作圖

資料如圖十五：



圖十五、生長箱實體圖

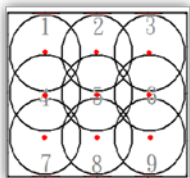
2.4 生長箱相關檢測

(一)光強度測量

將紅光、藍光各別完成 1-3 步驟：

- 1.輸入光波波長數值(nm)
- 2.將光功率計的接收器放置預測點，數值的平均值，完成一個點的量測。
- 3.共作九個點測量。

資料如圖十六：



圖十六、量測方法

(二) 環境一光強度測量。(紅 16 顆/3W；藍 2 顆/3W)

資料如表四：

表四、光強度量測

	植物底部7cm			植物中端14.75cm			植物上端22.5cm		
1~3點	700	690	720	510	760	730	630	860	730
4~6點	1230	1500	1160	1680	2630	1430	1950	6520	1980
7~9點	740	840	770	650	810	610	560	850	640
紅藍混光均值	927.7(LUX)			1090(LUX)			1635.5(LUX)		

(三) 環境二光強度測量。(紅 14 顆/3W；藍 4 顆/3W)

資料如表五：

表五、光強度量測

	植物底部7cm			植物中端13.25cm			植物上端19.5cm		
1~3點	1330	1600	1115	1210	1310	880	1540	1480	850
4~6點	2640	3180	2140	3200	5130	2180	3980	9150	2220
7~9點	1490	1940	1630	1330	1520	870	1400	1530	830
紅藍混光均值	1896.1(LUX)			2238.8(LUX)			2553.3(LUX)		

(四)光強度測量-光量區別

我們的環境一是屬於在一個弱光性的環境中而環境二是在一個中光性的環境。資料如表六：

表四、光強度環境

區別	光量
超強光	100 klux 以上 930 W/m ² 以上 1.335 ly/min 以上
強光	40~100 klux 372~930 W/m ² 0.534~1.335 ly/min
中光	10~40 klux 93~372 W/m ² 0.1335~0.534 ly/min
弱光	10 klux 以下 93.0 W/m ² 以下 1335 ly/min 以下

環境二

環境一

(五)風速檢測

利用風速儀測量以利於控制植物生長箱之風速並可透過可調式電壓整流器調整風速。利用長 10.2 × 寬 4.2 × 高 10.5 軟碟塑膠盒墊底部做進排氣兩風扇中心之中點測量。

資料如圖十七：



圖十七、風速量測

(五)量測結果

本次研究測量風速範圍為 0.41~0.52。低於 0.5m/s 的風速,不能提供大氣水汽有效的循環；高於 0.5m/s 的風速不僅會吹乾植物表面,且易使植物產生蒸散作用。資料如表四、圖十八資料如表六：

表六、浦福風級

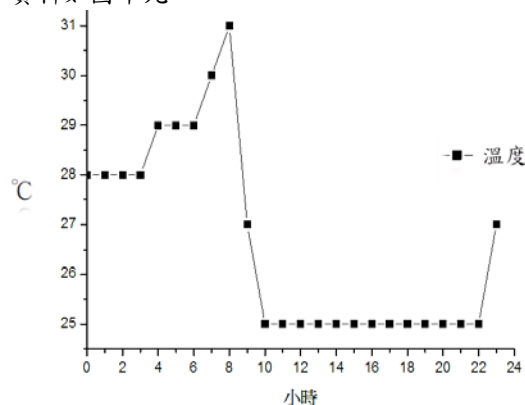
浦福風級	名稱	高出地面10公尺之相當風速					約略風壓
	中文 英文	每秒公尺	每時哩	每時公里	每時英里	每平方米公斤	
0.0	無風	0-0.2	<1	<1	<1	0.0	
1.0	軟風	0.3-0.5	1-3	1-5	1-3	<1	
2.0	輕風	1.6-3.3	4-6	6-11	4-7	1	
3.0	微風	3.4-5.4	7-10	12-19	8-12	1-3	



圖十八、風速量測值

(6)環境溫度

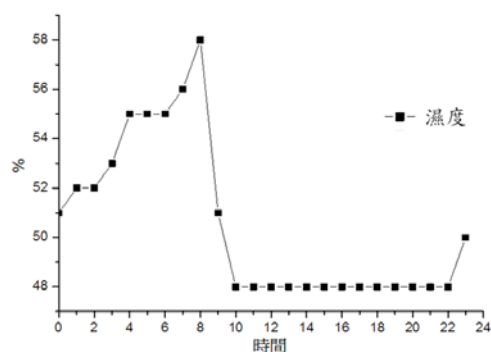
生長箱內部 24 小時的溫度變化圖。
資料如圖十九：



圖十九、生長箱內溫度變化

(7) 環境溫度

生長箱內部 24 小時的濕度變化圖。
資料如圖二十：



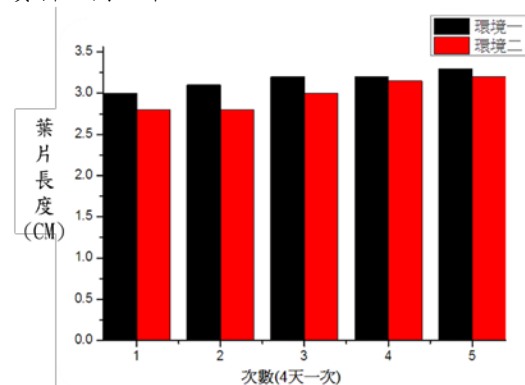
圖二十、生長箱內部濕度變化

三、研究成果

3.1 兩種不同比例 LED 光源之植物量測結果

(1)葉片長度比較

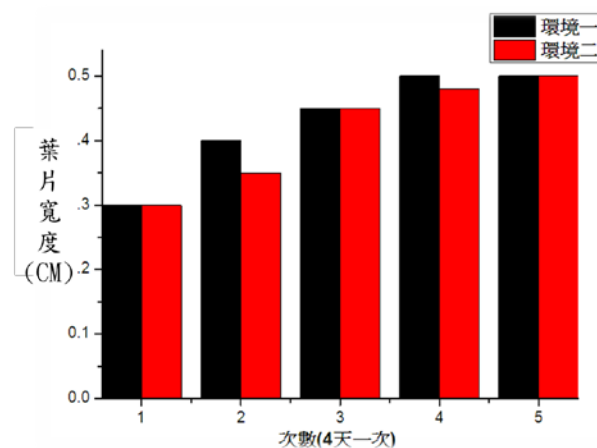
由圖可看出在葉片大小上是比較無差異性的。
資料如圖二十一：



圖二十一、葉片長度的比較

(2)葉片寬度的比較

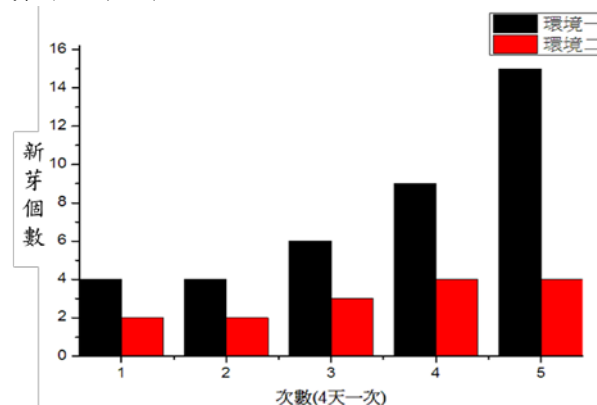
由圖可看出在葉片大小上是較無差異性的。
資料如圖二十二：



圖二十二、葉片寬度的比較

(3)新芽的個數比較

由圖可看出在新芽的個數上，環境一的光源對於迷迭香新芽的發展是十分有幫助的。
資料如圖二十三：



圖二十三、新芽個數的比較

四、結論

本研究成功利用高功率發光二極體(LED)紅藍兩色混光的人工光源取代原本的自然光，達到全日照的主要目的，並以栽培作物迷迭香之特性，製作出合適的生長箱之生長環境(溫度 25~30°C、濕度 45~70%)。

在不同比例的 LED 光源的生長環境之下，植株在葉片上較無明顯的差異，在新芽成長上發現環境一之光源，在植株新芽的發展上有很明顯的幫助，而環境二，植株是較為強壯但因新芽發展上慢許多，所以建議採用環境二之光源作為迷迭香作為主要之光源。

五、未來應用與展望

對於植物的光量比較中可得知，環境一很適合在一般室內環境下生長，植物本生除了能改善空氣品質而它本生的香味，也能帶給那些工作疲憊的人們些微的放鬆身心，在商業化方面也適合製作精油、LED 植物牆、植物生長箱...等等.以上對於我們生活環境是非常有幫助。

六、致謝

本次研究首要感謝指導教授許益誠教授，並在實驗遭遇困難與瓶頸時提供意見與研究方向並協助我們解決及改善問題，使得本實驗內容更加的完善以及豐富，也感謝教授對於我們的問題不厭其煩的解答。

再來要感謝實驗室的兩位研究生學長，信文學長以及惟仁學長兩位，感謝兩位學長的寶貴建議還有協助實驗儀器及實驗器材的借用，且耐心的陪伴我們並參與實驗過程，並提醒我們實驗過程中可能出現的問題與狀況使我們事先避免而讓實驗順利完成。

六、參考資料

- [1]陳加忠，2010，光線光譜與植物光合作用的關係，中興大學生物系統工程研究室。
- [2]陳麗新，2003，行動溫室環控系統之研究，中興大學生物產業機電工程學系。
- [3]林榮潤、吳銘志、鐘廣吉，環境因子影響大氣凝結水對區域水資源涵養功能之研究，國立成功大學地球科學系。
- [4](申雍，農業栽培環境改善專輯第 36 期。)
- [5]陳加忠，2010，設施機械通風技術，中興大學生物系統工程實驗室
- [6]方煒、林清源，2005，發光二極體在生物產業的應用，國立台灣大學生物產業機電工程學系。
- [7]維基百科，迷迭香網
址：<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BF%B7%E8%BF%AD%E9%A6%99>

Rosemary growth chamber

Author： Zi-yi Yang

Advisor： Yi-Cheng Hsu

Department of Biomechatronics Engineering

National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

In this study, high-power light-emitting diode (LED) red and blue mixed light and artificial light to replace the natural light, light source control purposes, with fan low wind speed analog of the natural environment, to achieve the effect of basic temperature control and air humidity control, the above environmental control device composed of a small indoor plant growth chamber.

影像追蹤處理技術

學生姓名：傅奕棠

指導教授：李文宗

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本文以文獻探討來介紹影像追蹤技術，影像追蹤是機器視覺領域中的一種複合影像處理、資料分群及資料匹配搜索之技術。在影像處理層面，至少融合了直方圖分析相關之處理方法，也包含了不同程度的影像辨識技術、物件分割，以及多樣化的影像前處理技術，綜合了許多的影像處理技術，才能夠針對影像畫面中的移動目標物進行檢測、擷取、辨識以及追蹤。藉由這些處理結果的分析，可以獲得我們所想要的移動目標之運動參數，如位置、速度、加速度以及運動軌跡等，從而進行更進一步的資料處理與分析，實現對影像移動目標之了解或預測。

實驗主要目的：

1. 比較各種追蹤技術的差異、優勢與劣勢。
2. 如何最有效運用各種追蹤技術。

Abstract

In this paper, the literature describes the image tracking technology, image tracking is a composite image processing in the field of machine vision, data clustering and data matching search technology. In the image processing level, at least fusion histogram analysis approach, also contains varying degrees of image recognition technology, object segmentation, as well as a variety of image processing technology, a combination of many image processing technology, to be able for image moving object detection, screen capture, identification and tracking. By the analysis of the results of these processes, we want the motion parameters of the moving targets, such as position, velocity, acceleration and motion trajectory for further data processing and analysis, to understand the image of a moving target or forecasts.

The experimental main purpose:

- (1) Comparison of various to track technical differences, strengths and weaknesses.
- (2) how to most effectively use various tracking technologies.

關鍵字：機器視覺、影像辨識。

一、緒論

1.1 前言

電腦視覺 (computer vision) 的重要性與日俱增，特別是隨著電腦科技的進步，CPU 中央處理器及 DSP 數位訊號處理器的時脈大幅提升，以及硬體成本的逐年下降，大量縮短影像處理的運算時間與降低建置成本，使得電腦視覺系統更具有實用性，許多實際的應用 [1]，如：遠端感應與監控 (remote sensing and monitoring)、醫學影像處理 (medical image processing)、機器人視覺系統、軍事偵察 (military reconnaissance)、礦產探測 (mineral exploration) ... 等。雖然近年來電腦視覺系統無論是在影像處理的理論與演算法，或者在實際應用的層面，均有大幅的進步，然而與人類視覺系統 (human vision system) 相較，電腦視覺仍然有許多核心技術需要突破。立體視覺 (stereo vision) 是電腦視覺的核心技術之一。空間中的 3D 立體物體以 CCD (Charge-Coupled Devices) 攝影機擷取成 2D 平面影像，可以藉由影像處理方法，如：影像格式轉換 (image transforms)、影像強化 (image enhancement)、二值化 (thresholding)、濾除雜訊 (filtering)、邊緣偵測 (edge detection)、細線化 (thinning) ... 等，成為可用的影像資訊，進而可以做為特徵萃取 (feature extraction)、辨識 (recognition)、影像伺服 (visual servoing) 等應用。雖然影像處理的技術與方法已趨成熟，電腦視覺系統若想要自單張平面影像計算出立體物體的深度資訊仍有困難，人類視覺系統卻可以輕易的感知 3D 空間

物體與環境的關係，其基本差異在於人類視覺系統是雙目並用的（binocular）。亦有研究提出不需校正攝影機的快速相對深度計算演算法的主動立體視覺系統（active stereo vision system）[2]，使視覺系統得以即時求出物體的深度。近年來，許多研究者致力於將機器視覺系統應用於物體的即時追蹤處理。物體追蹤系統使用單一攝影機擷取連續的 2D 影像做為輸入，藉由影像處理，自連續 2D 影像中分離背景與目標物，濾除雜訊，最後計算出連續影像中目標物的中心位置，輸出馬達致動訊號，使攝影機平台可以追蹤目標物。

1.2 研究背景與動機

機器視覺(machine vision)或稱電腦視覺(computer vision)藉由攝影機及週邊設備擷取影像，透過電腦程式或軟體轉換成可用的數位資訊，進行特徵偵測(feature detection)、影像比對及辨識(image matching and recognition)，近年來，已成為自動化機械產業提高生產效率不可或缺的設備及應用[1]。隨著電腦科技的快速發展，CPU 中央處理器的運算時脈大幅提升，以及 DSP 數位訊號處理器硬體成本的逐年下降，大幅縮短影像處理的運算時間與降低建置成本，使得機器視覺系統更具實用性及發展潛力。在資訊科技發展迅速的年代，機器視覺系統結合數位影像處理技術已經融入人類的生活，如透過網際網路即時傳送影像的遠端監控系統、遠距視訊教學與會議系統、環境安全監視系統、智慧型機器人、醫學影像處理或是影像記錄之消費性數位影像產品，如數位攝影機、數位相機、含照相功能的手機…等，實際上，機器視覺及數位影像處理與現代生活已密不可分。

1.3 研究目的與方法

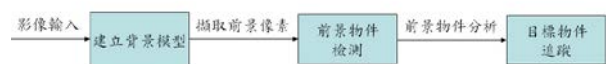
本文的研究目的在於探討各種追蹤方法，並且將各種方法的優勢與劣勢提出；接著講解如何更有效的來運用各種影像追蹤技術。

在本文中所希望貢獻的資訊是如同旅遊指南般引導剛接觸這塊領域的人，讓剛接觸的人能夠很快的了解什麼樣的需求比較適合用什麼樣的方法；又或著以相同需求功能但以最小成本來進行，進而節省嘗試與摸索的時間，因此本文主要提出各種技術中代表性的方法做介紹。

二、文獻探討

2.1 影像追蹤

在文獻[2]中提到由影像追蹤技術建構流程(如圖一)，可以知道在準備追蹤目標物件之前，必須先清楚地確認追蹤目標，而這些目標的確認就是靠著前景物件檢測。也就是說，影像追蹤技術是架構在所謂的影像檢測之基礎上，在擷取出的眾多前景像素中，利用影像目標物件的有效特徵，並搭配適當的影像特徵匹配演算法，在影像畫面中尋找與目標物件模板最相似的影像物件位置，而實現影像目標物件定位。若是要追蹤連續移動的目標，就必須針對一幅幅影像畫面不斷地檢測與追蹤。所以，影像追蹤與影像檢測的關係是相互影響，又有承接關係的。



圖一. 影像追蹤流程圖

2.1.2 影像技術延伸

這裡我們將針對物體追蹤的技術介紹。物體追蹤是透過比對連續影像間物體的相似度來完成，其中的議題涵蓋要如何建立物體的特徵，相似程度的判別，還有如何在影像中快速尋找目標物。常用的數學工具有 Kalman Filter、Condensation Algorithm、Dynamic Bayesian Network 等。而物體交錯時產生的遮蔽現象，是追蹤過程最常見也最難解決的問題。

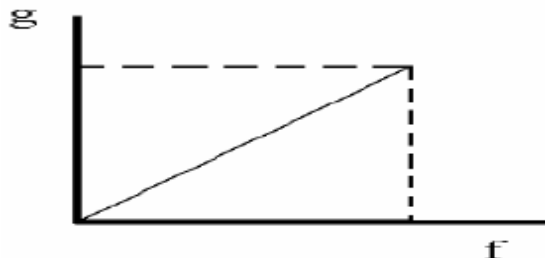
目前的追蹤方法大致可分為四類：

1. 特徵追蹤 (Feature-Based Tracking)
2. 主動式輪廓追蹤 (Active Contour Based Tracking)
3. 區域式追蹤 (Region-Based Tracking)
4. 模型追蹤 (Model-Based Tracking)

雖然各種追蹤方法各有優勢但卻也建立在許多共同的基礎上，例如：建立背景模型、建立影像模版、灰階處理、影像二值化、型態學影像處理。

2.1.3 灰階處理

文獻[2]中利用像素運算，應用於影像的對比強度，影像中每一像素的灰階值透過線性灰階（Gray Scale）一對一的轉換函數，對映出一個新的灰階值。線性灰階轉換函數(如圖二、三)所示，其中 g : 灰階值； f : RGB 值。



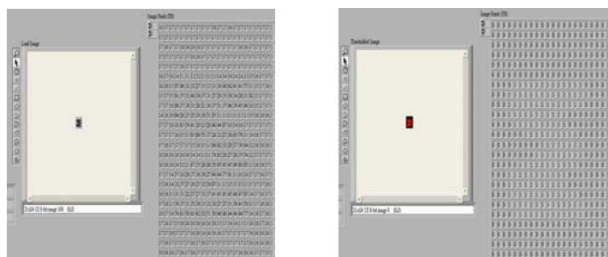
圖二.線性灰階換函數



圖三.灰階處理

2.1.4 影像二值化

一般來說，透過CCD 所擷取的影像檔並非二值化(binary)影像，文獻[2]中提到要從中萃取出所需要的影像特質。因此必需藉由一個二值化影像處理，將灰階影像轉成二值影像。藉由簡易的二值化影像來做為後續影像處理，不僅可以減化處理資料量，同時亦可加快檢測速度。目的是將影像的灰階劃分成只有兩種灰階值（0 或255）。本文採用二個臨界值調整，最小臨界值設為0，最大臨界值設為255，凡是影像的每一像素之灰階值介於0~128之間，則將其值設為1，若像素的灰階值在128之外，則將其值設為0。（如圖四）



圖四. 二值化處理

2.1.4 型態學影像處理

通常一張影像，直接經過邊緣偵測的處理結果，可能會產生邊緣不連續，嚴重的時候甚至會影響到一個實體形狀或是連續面的判斷，所以在需要一個實體影像的準確性時，必須對邊緣化的影像進行影像重整。影像重整的功能包括：影像平滑、消除雜點、補洞、侵蝕、連接缺口及斷開邊緣…等[2]。

一種以集合運算的方法來進行影像的邊緣偵測，一般實際應用於前級處理的方法上，以灰階影像為主，並以形態學(Morphology)的理論為基礎，利用學理上的幾個簡單運算及其不同的排列組合來進行物體灰階影像的邊緣偵測，又稱為形態濾波[2]。

步驟四將灰階影像做兩種形態濾波運算

a. 膨脹運算 (Dilation) b. 侵蝕運算 (erosion)

a. 膨脹運算 (Dilation)

$$(A \oplus B) = \{z \in \varepsilon^2 \mid z = a + b, a \in A \text{ and } b \in B\}$$

A 和 B 集合分別含元素 $a=(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$

及 $b=(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$ ，均為 n 維空間

舉例說明

$$A=\{(0, 1), (0, 2), (1, 1), (2, 1), (3, 1), (3, 2)\}$$

$$B=\{(0, 0), (0, 1)\}$$

$$(A \oplus B)=\{(0, 1), (0, 2), (0, 3), (1, 1), (1, 2), (2, 1), (2, 2), (3, 1), (3, 2), (3, 3)\}$$

0 (0,0)	1 (0,1)	1 (0,2)	0 (0,3)					0 (0,0)	1 (0,1)	1 (0,2)	1 (0,3)
0 (1,0)	1 (1,1)	0 (1,2)	0 (1,3)	$\oplus$	1 (0,0)	1 (0,1)	=	0 (1,0)	1 (1,1)	1 (1,2)	0 (1,3)
0 (2,0)	1 (2,1)	0 (2,2)	0 (2,3)					0 (2,0)	1 (2,1)	1 (2,2)	0 (2,3)
0 (3,0)	1 (3,1)	1 (3,2)	0 (3,3)					0 (3,0)	1 (3,1)	1 (3,2)	1 (3,3)
Image A				B				Image C			
Image A 膨脹前				結構元素集合B				膨脹運算結果A⊕B			

b. 侵蝕運算 (erosion)

$$(A \ominus B) = \{w \in \varepsilon^2 \mid w + b \in A \text{ for every } b \in B\}$$

A 和 B 集合分別含元素 $a=(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$

及 $b=(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$ ，均為 n 維空間

舉例說明

$$A=\{(0, 1), (0, 2), (1, 1), (2, 1), (3, 1), (3, 2)\}$$

$$B=\{(0, 0), (0, 1)\}$$

$$(A \ominus B)=\{(0, 1), (3, 1)\}$$

0 (0,0)	1 (0,1)	1 (0,2)	0 (0,3)					0 (0,0)	1 (0,1)	1 (0,2)	1 (0,3)
0 (1,0)	1 (1,1)	0 (1,2)	0 (1,3)	$\ominus$	1 (0,0)	1 (0,1)	=	0 (1,0)	1 (1,1)	1 (1,2)	0 (1,3)
0 (2,0)	1 (2,1)	0 (2,2)	0 (2,3)					0 (2,0)	1 (2,1)	1 (2,2)	0 (2,3)
0 (3,0)	1 (3,1)	1 (3,2)	0 (3,3)					0 (3,0)	1 (3,1)	1 (3,2)	1 (3,3)
Image A				B				Image C			
Image A 侵蝕前				結構元素集合B				侵蝕運算結果A⊖B			

2.1.5 補洞(Hole filling)

即是將影像中一群相鄰的點所構成的區域內部以特定值填滿[2]。其方法是由邊界的內側的 P 點開始，目的是用 1 填滿整個區域。將 P 指定為 1，以開始填充程序，然後按照步驟用 1 去填滿區域：

$X_0 = P$
 $X_k = (X_{k-1} \oplus S) \cap A^*$ $k = 1, 2, 3, K$
 其中 $X_{k-1} \oplus S$ 表示為 X_{k-1} 被 S 膨脹， S 為結構元素， A^* 為 A 補集。當 $X_k = X_{k-1}$ 則在疊代到第 k 步時演算法終止。處理樣品如(圖六)



影像補填處理前

影像補填處理後

圖五.補填處理樣品

2.1.6 影像邊緣偵測

在一張影像中，影像邊緣偵測能夠同時求出物體在影像中的大小、形狀及位置。通常影像經過適當的邊緣偵測處理，不僅大部分的重要資訊不會流失，而且還能大幅減少資訊量，讓我們的影像計算與處理更為迅速[2]。

一張影像由水平掃描線的灰階剖面及一階導數圖即可求出其邊緣，常用的方法有 Roberts、Prewitt 和 Sobel...等。本文使用的方法是 Sobel 邊緣偵測法，定義影像為 $f(x, y)$ ， f 在 (x, y) 平面變化最大的方向即為梯度向量：

$$\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \vec{j} = G_x \vec{i} + G_y \vec{j}$$

此梯度向量的大小為：

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \equiv |G_x + G_y|$$

對梯度向量的大小取一個閾值進行比較，大於閾值之像素設為 1，成為影像中物體的邊緣像素，反之，小於閾值之像素設為 0，成為影像中背景的像素。如(圖六)



圖六.影像邊緣偵測處理

2.1.7 模板和顏色比對

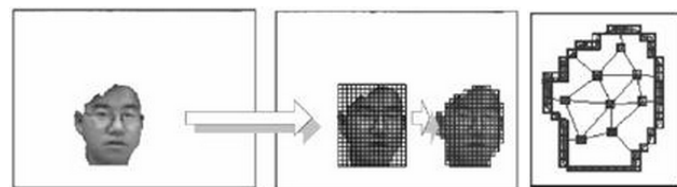
形狀及顏色辨識最直接的方法[3]，就是把內部事先收集的標準圖形及顏色儲存在電腦裡(如圖七)[9]，做為樣板(templates)或稱為圖形及顏色資料庫(pattern library)，當電腦遇到一個待測圖形時，就把該圖形及顏色與所有事先儲存的樣板逐一比對，找出最接近該待測圖形及顏色的樣板，即可達到形狀及顏色辨識之目的，稱為樣板比對法(template matching method)。



圖七.建立模板

2.2 特徵追蹤

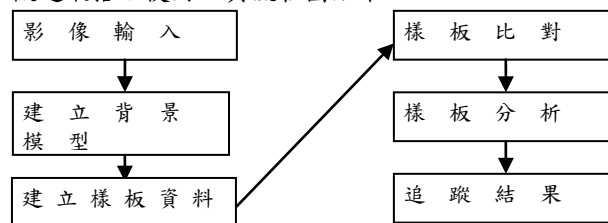
特徵追蹤是以物體特徵為基礎，再萃取影像中形成目標物的各種成分，再將這些成分集成較高階的特徵資訊，藉由比對連續影像間的特徵資訊來追蹤目標物[4]。根據不同的特徵，可粗分為：整體性特徵，如重心、色彩、面積等；局部性特徵，如線段、頂點等；相依圖形特徵，如特徵間的結構變化等(如圖八)。另外還有利用紋路、邊界等資訊建立追蹤物體的特徵模型進行追蹤。



圖八.模板特徵建立

2.2.1 特徵追蹤流程

特徵追蹤可以說各種追蹤方法的跳板，主動式輪廓追蹤與區域式追蹤都是建立在特徵追蹤上；並與特徵追蹤搭配使用，其流程圖如下：



圖八.特徵追蹤流程

2.2.2 特徵移動定義

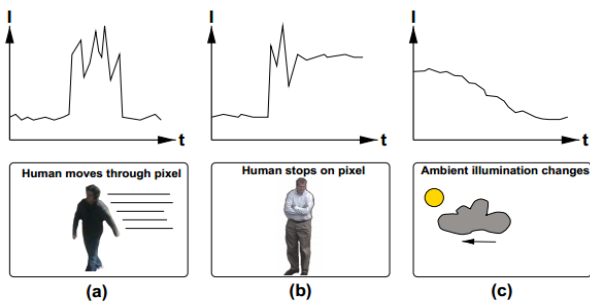
特徵追蹤在偵測是否有移動物的方法主要有背景相減法與時序相減法，本部分採用背景相減法，有移動物的地方，其明亮度會有明顯變化，透過此特性，將相減後的像素值透過門檻值 (T)[5]，若比門檻值大的則為有移動物存在，若比門檻值小，則設為沒有變動，其數學表示式如下：

$$D(x,y,t) = \begin{cases} 0, & |I(x,y,t) - B(x,y)| < T \\ 1, & |I(x,y,t) - B(x,y)| \geq T \end{cases} \quad (\text{式 2.1})$$

$I(x,y,t)$ 表示時刻 t 影像 I 之像素 (x,y) 的值;
 $B(x,y)$ 為背景值 ; $D(x,y,t)$ 為時間 t 背景

2.2.3 特徵比對

特徵建立必須捕捉像素強度分佈的變化的性質，有兩個因素非常重要：特徵目標的強度變化，通過一段時間的浮動後所得的穩定輪廓強度值[6]。狀態變化（例如，對象穿過，停在或離開像素(如圖九)），過程中我們給定了一個時間延遲並觀察的強度曲線變化到穩定。



圖九. 如果特徵像素（一）行進中，則返回到正常的強度。（二）如果停止，則強度穩定到一個新的值。（三）環境照明的變化展現出亮度變化不大。

在掌握了目標特徵的強度分佈後就完成了建立特徵的動作，便可開始進行追蹤。

2.2.3 特徵追蹤法缺點

- 1.Jane[4]等人，利用輪廓線、對比度等資訊建立追蹤物體的特徵模型，以 Kalman filter 的技術進行追蹤。
- 2.Comaniciu[4]等人設計出平均灰階值移動的追蹤技術，統計移動區域內的灰階值，依不同位置給予不同的亮度比重，組合成目標物的特徵模型，找出影像中和目標物模型最相像的區域，藉此達到追蹤的目的。

特徵追蹤方法可以利用運動特徵、局部特徵或相依的結構特徵來解決交錯的問題，但是前者穩定性不高，後者則比較耗時費力。

2.3 區域式追蹤

區域式追蹤是將影像變動的區域視為有移動物體的存在，藉著偵測這些變動區域的位置，達到追蹤的目標[4]。常用的方法是利用背景相減、連續兩張影像相減，來偵測影像變化的區域，然後再進一步將這些移動區域加以篩選、劃分(如圖十)。



圖十.區域追蹤影像

2.3.1 適應性背景相減法

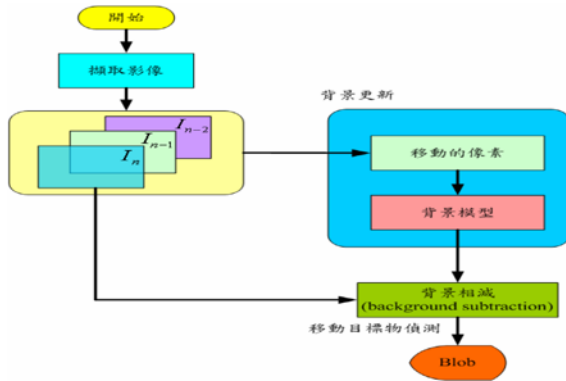
McKenna[4]等人設計了一種適應性背景相減法，除了偵測移動區域，亦可消除物體本身所造成的陰影，其追蹤層級由小而大可分為三個層次(如圖十一)：區塊、人以及人群，每一個層次都可以進行合併或分解，由區塊色彩和表徵特性來設計這些區塊合併或分解的條件，來達到追蹤單人或多人的效果，也可克服人形物體交錯所造成的追蹤困擾。



圖十一.區域式影像追蹤

2.3.2 區域式追蹤流程

McKenna 等人的適應性背景相減法運作流程如下：



圖十二.區域式追蹤流程

2.3.3 背景更新

McKenna[4]等人設計的適應性背景相減法能夠在背景發生改變時進行更新的動作，所以可以克服人形物體交錯所造成的追蹤困擾，其數學表示式如下[7]：

移動區域偵測方程式：

$$b_n = \begin{cases} 1, & \text{if } |I_n(u, v) - B_n(u, v)| > \varepsilon \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2.2})$$

其中 b_n 為適應性背景相減法所偵測到移動目標物區域稱之為 blob， I_n 為目前影像， B_n 為目前背景影像， ε 為一個適當大小的閾值， n 為影像序列。

背景更新方程式：

$$B_{n+1}(u, v) = \begin{cases} \alpha B_n(u, v) + (1 - \alpha) I_n(u, v), & \text{if } M_n(u, v) = 0 \\ B_n(u, v), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2.3})$$

其中 α 為一介於 0~1 之間的適應性常數，可調整新影像取代就影像的速度， M_n 為使用連續三張影像相減的向量結果，在變動大的部分則會被淬取出 ($M_n=1$)，反之則 ($M_n=0$)，它的目的在於分離連續畫面中亮度變化平緩與劇烈的區域，其數學式如下：

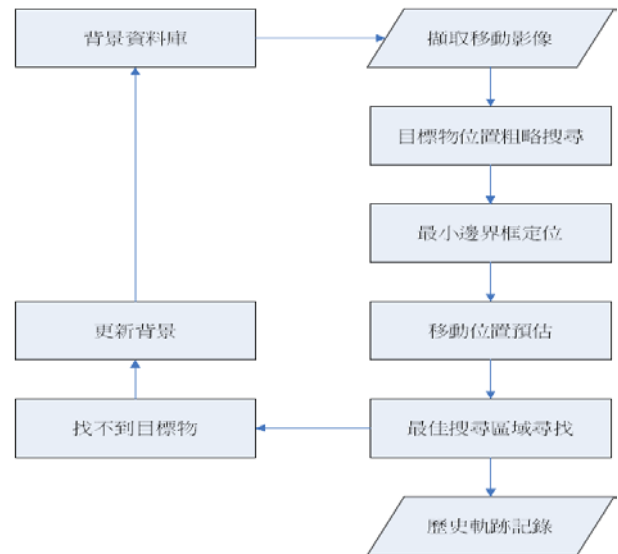
$$M_n(u, v) = \begin{cases} 1, & \text{if } |I_n(u, v) - I_{n-1}(u, v)| > \varepsilon \text{ and } |I_n(u, v) - I_{n-2}(u, v)| > \varepsilon \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{式 2.4})$$

由式(2.2)中發現僅有未發生劇烈亮度變化的像

素會進行背景更新，而亮度劇烈變化的像素則否。這樣一來目前影像中背景成分的些微亮度變化，將會逐漸的被更新至背景模型中，而即使原本存在於背景模型中之背景景物開始移動，其原本存在的區域則會因為沒有發生亮度變化而逐漸被更新至背景模型中。

2.3.4 影像分離與合併追蹤

一般在行人追蹤系統上，常會發生的影像移動變化情況很有限，所以依照不同的情況有不同的處理流程以及設定的信賴值，其判定流程[6](如圖十三)：



圖十三.追蹤結果判定

1. 在搜尋範圍內並沒有找到原有物體：
影像遮蔽到。可能是目標已經離開畫面，或者是被其他影像遮蔽到。系統會這在時間給予很小的信賴值，並持續觀察一段期間，若依然未出現在原來統系搜尋區域，便宣告目標遺失。
2. 在搜尋範圍內可以找到原有物體：
這種情形是最理想的，代表物體持續在預估範圍內移動，並且影像呈正常狀態沒有被遮蔽。
3. 在預估搜尋範圍內找到多個物體：
這有可能是一個物體分離成兩個區塊，例如：人從車子出來、放置物品或影像不集中分裂成數個區塊等。系統會起始一個新的移動物體，並給予一個較低的信賴值，對此物體繼續追蹤，若此物體持續不動或消失不見，便視為暫時遺失影像或背景影像
4. 一個物體被多個搜尋區域重疊：
可能是由兩個以上的物體互相遮蔽，或兩個人擦身經過，人走進車子裡頭等情形。如果是兩個影像的合併，我們會計算它的相關性。

5. 搜尋區域上新增一個移動物體：

在這種情況下，應該是有新物體進去監視範圍可由下次的影像相減，計算出它的移動位置，再去預估與比對。

在目標物移動間的追蹤階段可能會發生的上述情形，例如影像由原本的兩個移動目標，因為影像部分重疊連接，而在下一張影像上形呈合併狀態；或者人群影像因為在行進間由原本重疊在畫面中的影像，轉變成分離的區塊影像，另一種則是一般正常狀況，移動物體可以在下一張的預估位置找到影像。所以在影像移動間發生的不同狀態，我們可以用下式表示[6]：

合併： $P_i(t-1)Y P_j(t-1) = B_k(t)$

分離： $P_i(t-1) = P_j(t)Y B_k$

新增： $P_i(t) = \text{New}$

刪除： $P_i(t-1) = \text{Leaves}$

對應： $P_i(t-1) = P_j(t)$

$P_i(t-1)$ ：在 $t-1$ 時間點物體 i 的灰階特徵值

$P_j(t-1)$ ：在 $t-1$ 時間點物體 j 的灰階特徵值

$P_i(t)$ ：在 t 時間點物體 i 的灰階特徵值

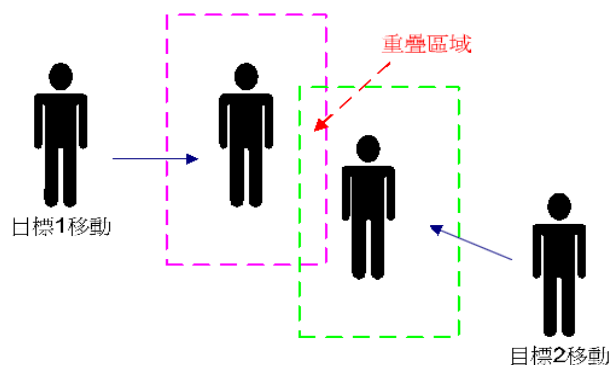
$P_j(t)$ ：在 t 時間點物體 j 的灰階特徵值

如果在搜尋區域內偵測到新的目標物，或是在系統搜尋其他新物體時，所偵測到的新目標，都稱為目標(New)，在系統裡則記錄為 $P_i(t) = \text{New}$ 。

在追蹤的過程中找不到，或在物體的遮蔽合分離時無法滿足比範的相似性，都歸為目標物遺失(Leaves)，這時系統會給予一個很小的信賴值，直到一段時間都偵測不到原有目標，就會將此物件的記錄消除。 $P_i(t-1)=P_j(t)$ 公式表示兩影像外型不變，並且匹配比對相似性。

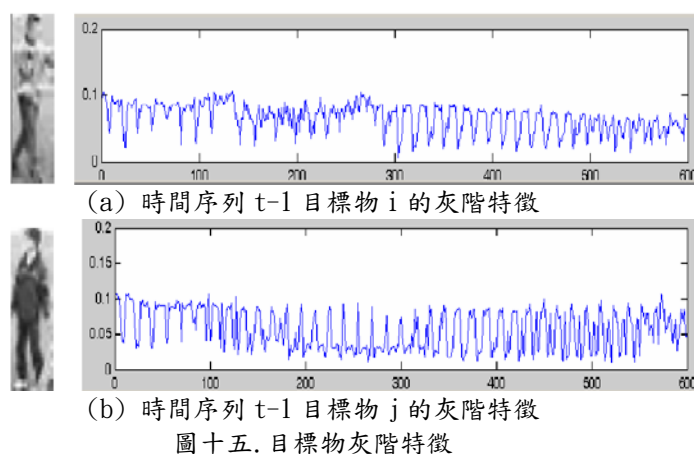
在整個追蹤流程中，為節省比對時間，我省略了在每一次的追蹤與搜尋期間，只針對移動物體的最佳搜尋範圍發生重疊時(如圖十四)，才會進行NCC的比對動作，以判斷在發生遮蔽或交錯後比對它們的關係。

當NCC的關係值越大，代表兩個影像越相似(0.8代表極為相似)，越有可能為同一個目標物體影像；若值越小，甚至低於0.3以下便表示兩個影像差異極大[7]。



圖十四. 目標重疊區域

從(圖十五)[6]兩個不同目標物的灰階特徵，比較其相似度為0.138903；很明可以比較出相似度很低

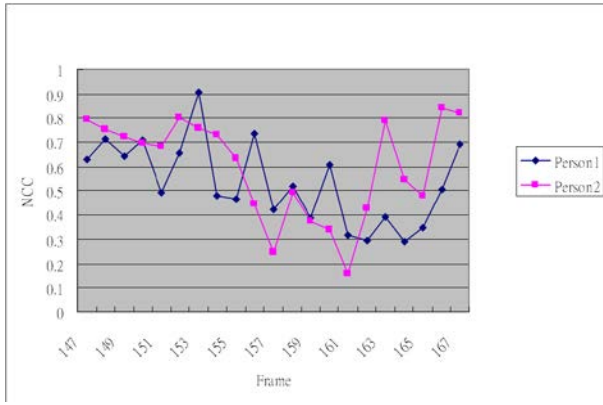


圖十五. 目標物灰階特徵

(圖十七)[6]為連續目標物影像重疊時的特徵相似性，影片中的兩個人 人物(a)和人物(b)，他們從不同方向走過來，並擦身而過(如圖十六)[6]期間發生互相遮蔽的情形。從(圖十七)[6]來看目標物互相遮蔽雖然信賴值會降低但不因為重疊而就此遺失目標。



圖十六. 目標物合併、交錯與分離影像



圖十七. 遮蔽期間相似度變化

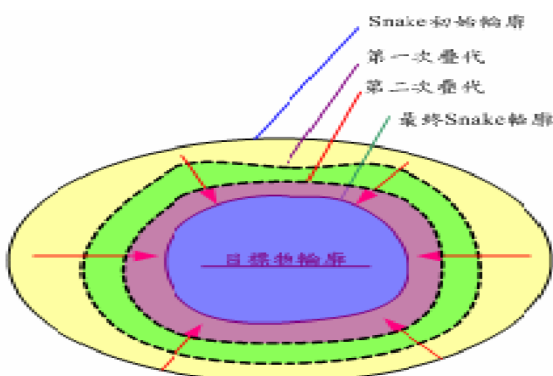
2.3.4 區域式追蹤缺點

McKenna[4]等人的適應性背景相減法雖然能夠得到完整的偵測結果，可是卻也不是沒有缺點的，此方法仍有以下缺點：

1. 對於移動緩慢的目標效果不佳。
2. 無法處理暫時停止的物體。

2.4 主動式輪廓追蹤

主動式輪廓追蹤是將移動物體以輪廓線來表示，並賦予輪廓線影像空間的特性(如圖十八)[4]，像是影像邊緣、形狀等，再利用每張影像的資訊作輪廓的更新，用以追蹤物體。把運動資訊加入輪廓線的特性中將偵測出來的移動區域先經過型態學和低階濾波器的處理，可以區分追蹤的人形物體是處於行進中或是跑步中。



圖十八. 追蹤示意圖

Snake 是一種可變的輪廓幾何曲線[9]，它的形狀可由內部輪廓能量、外部特徵能量與影像能量來控制；在 Snake 運算法則中運用遞迴的程序來搜尋影像中最小能量強度區域，來決定影像中移動物體的區域範圍。Snake 基本模型定義如下：

$$v_i(s) = (x_i(s), y_i(s)) \quad (2.5)$$

其中 s 為曲線之長度參數[9]， $(x_i(s), y_i(s))$ 代表曲線終節點 i 之座標；而 Snake 能量函數定義為：

$$E_{snake} = \int_0^1 E_{int}(v(s))ds + \int_0^1 E_{image}(v(s))ds + \int_0^1 E_{ext}(v(s))ds \quad (2.6)$$

其中內部曲線能量 E_{int} 以式(2.6)[9]表示：

$$E_{int} = \alpha(s) \|v_i - v_{i-1}\|^2 + \beta(s) \|v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}\|^2 \quad (2.7)$$

在式(2.6)中； $\alpha(s)$ 為控制曲線可塑性之參數， $\beta(s)$ 為控制曲線剛性之參數，需根據輪廓特性給定。影像能量 E_{image} 由時式(2.7)[9]所示：

$$E_{image} = w_{Line} E_{line} + w_{edge} E_{edge} + w_{term} E_{term} \quad (2.8)$$

由式(2.7)中 E_{image} 為 Snake 會不會被亮線或暗線吸引之分量， E_{edge} 為 Snake 被吸引向大梯度影像的邊緣分量， E_{term} 用於尋找線段或角落之終點。每一項分量各別由權重參數 w 控制比重。外部特徵能量 E_{ext} 用於表示 Snake 是否被外界某項特徵或外力干擾(吸引或排斥)，一般由使用者選定搜尋影像之某項特徵。在式(2.6)中的三種能量函數影響下，Snake 可自移動向舉有預設特徵的物體，主動輪廓的實際情況如(圖十九、二十、二十一)[9]。



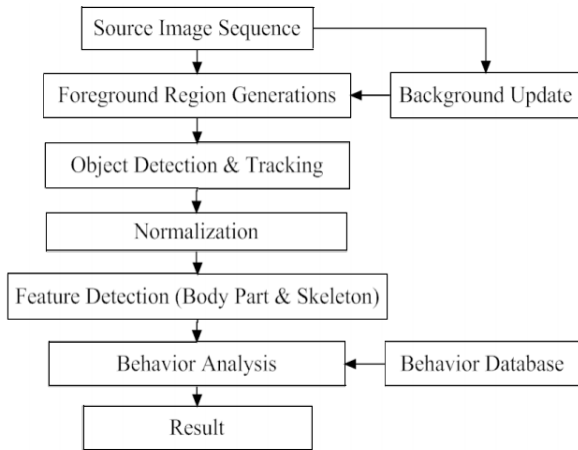
圖十九. Snake 的初始輪廓

圖二十. Snake 收斂過程



圖二十一. Snake 收斂結果

2.4.1 主動式輪廓追蹤流程



圖二十二.主動式輪廓追蹤流程

運作流程中[10]，在做行為分析之前，系統會將輸入的原始影像序列經過物件偵測、物件追蹤、正規化、特徵擷取等前置處理，接著將偵測出來的特徵經過分類所得到的動作狀態的結果紀錄到行為資料庫中。而待偵測的未知行為也會經過相同的前置處理，最後與行為資料庫中所紀錄的樣本做比對，以此判定該未知行為是屬於何種狀態。

2.4.2 物件偵測及追蹤

[8]在偵測到所有影像中的移動物件後，我們將經過一次的型態學閉合(Morphological Closing)將鄰近分散的物件連結起來，然後再利用兩次中值濾波(Median Filtering)來消除雜訊，並且利用連通元標記法(Connected Component Labeling)標示所偵測到的物件。物件的重心位置(Centroid)、面積(Area)和像素強度(Intensity)為一個移動物件最明顯的三個特徵。在做物件追蹤時，採用物件的面積、重心位置和像素強度這三個特徵來判定是否為同一物件。假設每個物件所包含的像素都為一單位面積， A_n^i 代表第 n 張影像中第 i 個物件所佔的總面積，其計算公式為：

$$A_n^i = \sum_{(x,y) \in O_n^i} 1 \quad (\text{式 2.9})$$

第 n 張影像中的第 i 個物件的重心位置定義為 $C_n^i = (X_n^i, Y_n^i)$ ，則可以經由下列公式計算：

$$X_n^i = \frac{1}{A_n^i} \sum_{x \in O_n^i} x \quad (\text{式 2.10})$$

$$Y_n^i = \frac{1}{A_n^i} \sum_{y \in O_n^i} y \quad (\text{式 2.11})$$

在像素強度這方面，由同一物件上的像素強度定相同，所以採取該物件在像於必範圍內的平均像素強度來作為追蹤的依據。 AI_n^i 為第 n 張影像中第 i 個物件的平均像素強度， $I_n(x, y)$ 代表第 n 張影像在 (x, y) 位置上的像素值，則 AI_n^i 可以經由下列公式計算：

$$AI_n^i = \frac{1}{A_n^i} \sum_{(x,y) \in O_n^i} I_n(x, y) \quad (\text{式 2.12})$$

在完成重心位置、像素面積、像素強度等運算後分別其設為追蹤目標重心，並利用重心位置判斷是否為同一物件的結果，以(式 2.13)表示：

$$TrackCentroid = \begin{cases} 1 & \text{if } \sqrt{(X_n^i - X_{n-1}^i)^2 + (Y_n^i - Y_{n-1}^i)^2} \leq T_3 \\ 0 & \text{if } \sqrt{(X_n^i - X_{n-1}^i)^2 + (Y_n^i - Y_{n-1}^i)^2} > T_3 \end{cases} \quad (\text{式 2.13})$$

T_3 為利用兩個物件的重心位置來判斷是否為同一物件的臨界值。

同樣的，利用面積判斷是否為同一物件的結果；以(式 2.14)表示：

$$TrackArea = \begin{cases} 1 & \text{if } (A_n^i - A_{n-1}^i \leq T_4) \\ 0 & \text{if } (A_n^i - A_{n-1}^i > T_4) \end{cases} \quad (\text{式 2.14})$$

T_4 為利用兩個物件的面積來判斷是否為同一物件的臨界值。

同一物件上所含的像素強度顏色也必定相似，因此利用物件上的平均像素強度作為追蹤的依據。倘若前後兩個物件所包含的平均像素強度值接近的話，我們也將其視為同一物件。

$$TrackIntensity = \begin{cases} 1 & \text{if } (I_n^i - I_{n-1}^i \leq T_5) \\ 0 & \text{if } (I_n^i - I_{n-1}^i > T_5) \end{cases} \quad (\text{式 2.15})$$

T_5 為利用兩個物件的像素強度來判斷是否為同一物件的臨界值。

最後將同時整合以上三種因素來做最終視訊物件的追蹤結果。

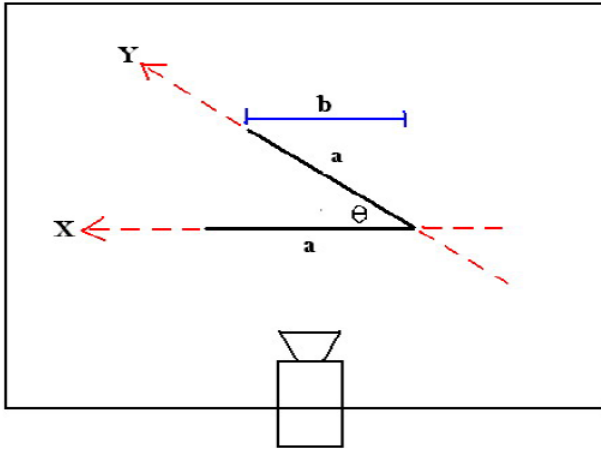
$$(TrackCentroid \cap TrackArea \cap TrackIntensity) = True \quad (\text{式 2.16})$$

倘若(式 2.16)成立則可以判定與為同一物件。

2.4.3 正規化

由於攝影機的位置是固定的，因此人類物件在視訊中的大小會隨著人與攝影機的相對位置的遠近而有所不同[11]。為了使後續行為分析的處理可以更精確，在擷取所有特徵之前，先對所擷取到的物件作正規化，使每張連續影像在判別其行為時不會因為人物大小的差異而產生錯誤。

正規化分成兩個步驟，第一個步驟是先依照視訊中因為位移所造成的大小誤差做正規化。第二個步驟，將針對攝影機不同高度的俯角所產生的相對距離作正規化。在監控系統中，會因為人行進的方向以及攝影機的高度產生兩種不同的視角。在第一階段正規化時，先假設攝影機的高度與我們眼睛的高度相同，那麼因人行進的方向所產生的不同視角就(如圖二十三)所示。



圖二十三.正規化，X 為攝影機視角垂直線，Y 代表物件實際的行進方向，a 代表物件的原始寬度，b 代表物件在 Y 方向移動時投影在攝影機上的寬度。

由文獻[11]中提到 a_n 為第 n 張影像中物件實際的寬， b_n 代表在第 n 張影像中所偵測到的物件寬。由於攝影機所拍攝到的影像寬度為該物件垂直投影的長度。假設 θ_n 為第 n 張影像中 X 與 Y 路徑的夾角，則物件的實際寬度 a_n 以(式 2.)表示為：

$$a_n = \frac{b_n}{\cos \theta_n} \quad (\text{式 2.17})$$

其中 θ 為物件在影像中上下偏移的角度。假設每張影像物件往上(下)偏移了 d 個單位。則 θ 可表示為：

$$\theta_n = \tan^{-1} d_n \quad (\text{式 2.18})$$

其中 d_n 代表第 n 張影像中物件在垂直方向所移動的距離。若 f_n^i 代表第 n 張影像中的第 i 個物件在 Y 軸的座標值。因此可以得知：

$$d_n = f_n^i - f_{n-1}^i \quad (\text{式 2.19})$$

由於人在行走時中心位置會隨著身體震盪而有些許的上下起伏，故若 d 小於一臨界值，則將視為 $d = 0$ 。因為攝影機是固定位置，所以若人與攝影機的相對位置越遠，所攝得的物件越小，反之越大。因此在正規化的第二步驟中，把不同大小的物件，轉換成相同大小以避免後續處理時產生太大的誤差。假設 P_n 為物件 O_n 正規化後的影像，則：

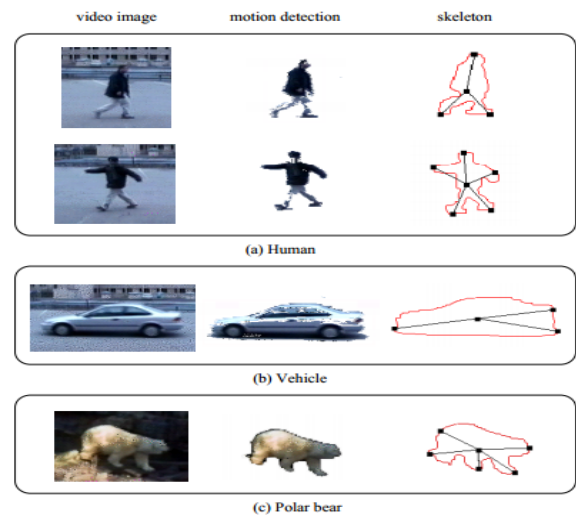
$$P_n = \{p(x, y) \in [0, 1], x \in [0, O_x \times r - 1], y \in [0, O_y \times r - 1]\} \quad (\text{式 2.20})$$

其中 r 為物件的放大率。假設我們欲將所有物件正規化為高度 H 大小的物件，且代表放大前物件的原始高度，則：

$$r = \frac{H}{O_y} \quad (\text{式 2.21})$$

2.4.4 行為分析

在本文中提出 Fujiyoshi[4]等人所做的主動式輪廓追蹤法，這是目前被應用最廣泛也是效果最好的追蹤法；Fujiyoshi 等人將偵測出來的移動區域先經過型態學 (morphology) 和低階濾波器的處理，建立一個 star，並計算 star 變化的週期來作行為分析(如圖二十四)，可以藉由行為分析來區分追蹤的人形物體是處於行進中或是跑步中，再以狀態、重心、速率的加權來追蹤目標物。



圖二十四.輪廓樣板

Fujiyoshi 等人在行為資料庫中所儲存的標準行為的各種動作狀態，每一個連續的狀態將會形成一個循環。而在做行為分析時，可分成狀態、重心和移動速率等三個部份分析[10]。則其狀態相似值 $\text{SimState}(S, T)$ 、重心位置相似值 $\text{SimCentroid}(S, T)$ 、移動速率相似值 $\text{SimRate}(S, T)$ 可以由下式表示：

$$\begin{aligned}\text{Sim}_{\text{State}}(S, T) &= \sum_{S_i=T_i} TB_i \\ \text{Sim}_{\text{Centroid}}(S, T) &= \sum_{|SY_i - TY_i| < T_6} TC_i \\ \text{Sim}_{\text{Rate}}(S, T) &= \sum_{|RS_i - RT_i| < T_7} TR_i\end{aligned}\quad (\text{式 2.22})$$

其中 S 為行為狀態； T 為行為資料庫中所紀錄的行為狀態， SY_i 、 TY_i 代表未知行為與標準行為的重心位置的 Y 方向的值； RS_i 、 RT_i 代表未知行為與標準行為的移動速率； T_6 、 T_7 分別為判重心位置與移動速率是否相同的臨界值。最後將依照這三樣相似值所佔的重要性決定此未知行為是否與標準行為相同來判定追蹤結果，以(式 2.23)表示[10]：

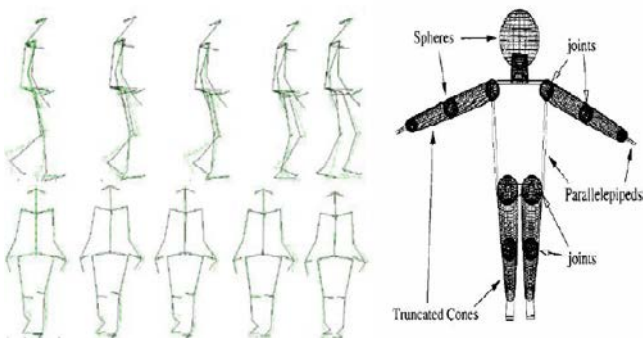
$$\text{Sim}(S, T) = \alpha \text{Sim}_{\text{State}}(S, T) + \beta \text{Sim}_{\text{Centroid}}(S, T) + \gamma \text{Sim}_{\text{Rate}}(S, T) \quad (\text{式 2.23})$$

其中 $\text{Sim}(S, T)$ 代表最終的相似值，而 α 、 β 、 γ 分別代表各相似值所佔的權重，且 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ ； $0 \leq \alpha$ 、 β 、 $\gamma \leq 1$ 。

2.5 模型追蹤

模型追蹤方式會先建立物體模型，再利用已知與假設的運動特徵建立運動模型，用運動模型去預測下一張影像的物體模型變化，最後透過搜尋和比對來完成追蹤[4]。模型追蹤可就這三個主要步驟如下：

1.建立物體的結構模型：以人為例，建立人形的姿勢結構模型，如棒狀圖形所構成的人形[20][22][24]。目前有愈來愈多研究偏向建立 3D 的 model，因為 2D 影像的主要缺點在於所得資訊受視角限制



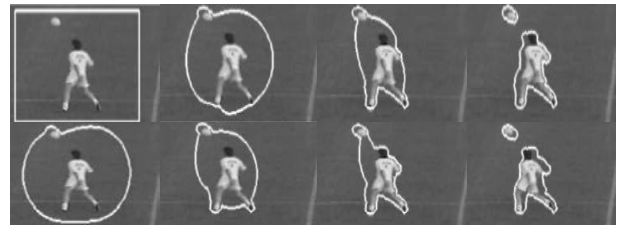
圖二十五.結構模型

2.建立運動模型：將移動的區塊以小圓塊來表示人體的頭部、軀幹和四肢，不同圓塊的亮度都有不同的分佈，藉由偵測影像中圓塊的亮度分佈特性，來判定圓塊的位置，[4]用於追蹤室內環境下的人形物體，如加上圓塊之間的位置關係，甚至可以作為行為辨識。



圖二十六.運動模型

3.搜尋和比對：目的為從連續影像中快速且正確找出物體位置，或是建立其他模型所需要蒐集的資訊。搜尋和比對的主要程序包括預測物體的下一個狀態以縮小比對範圍，根據誤差更新系統的內部參數(如圖二十七)[4]。



圖二十七.主動式輪廓法

2.5.1 影像從 2D 至 3D 視訊轉換

使用的立體影像的格式為 2D 彩色影像搭配其對應的深度影像(2D + Depth) 格式[13]。此種影像格式在拍攝時使用一架傳統的彩色攝影機，負責擷取整體場景的色彩資訊，並配合一部深度攝影機，負責記錄場景中的物體至攝影機的距離，此物體與攝影機的深度距離經由量化之後記錄為深度圖 (depth image、depth map)，式子(3.1) 為微軟公司所使用的距離與深度值轉換公式：

$$z(r, c) = \frac{1.0}{\frac{P(r, c)}{255.0} * (\frac{1.0}{\text{MinZ}} - \frac{1.0}{\text{MaxZ}}) + \frac{1.0}{\text{MaxZ}}} \quad (\text{式 2.24})$$

其中 $z(r, c)$ 為深度攝影機所擷取到的深度距離， $P(r, c)$ 為經由量化後得到的深度值， MaxZ 與 MinZ 分別為深度攝影機可拍攝的最遠 (Z_{far}) 與

最近 (Z near) 的值。因此深度圖為一張灰階圖，圖中每一像素的值介於 0~255 之間，分別代表此像素點所記錄的距離，其中越小(暗)表示離攝影機越遠，越大(亮)表示離攝影機越近。而深度攝影機拍攝前須與 2D 攝影機進行校正，以確保兩者所拍攝到的影像是對應的。(圖二十八)畫出了兩種不同的立體影像格式，其中(圖二十九)使用的是將兩張 2D 彩色影像對在水平方向上分別擺放的型式 (side by side)。



圖二十八. Side by side 2D images



圖二十九. 2D + Depth

三、方法比較

在不同領域中有相同的影像處理問題，但沒有任何一個影像處理方法，在所有領域中都比其他方法好，一個影像處理問題，可能有多個方法可以來解決；但哪一個方法最適合，就要靠經驗及智慧來決定；要針對問題及應用方向，並配合環境及需求各自發展；沒有一個視覺系統是可適用於所有不同應用。所以我們只能把各種方法的優勢以及缺點提出來(如表 1):

	目標物判定	主要用途	影像自由度	缺點
特徵追蹤	幾何特徵	辨識目標物位置	2軸	追蹤範圍小
區域式追蹤	幾何特徵 變動區域	辨識目標物狀態	2軸、3軸	對移動緩慢、靜止物體不適用
主動式輪廓追蹤	移動物體輪廓線	辨識目標物特徵	2軸	運作時間長、對非剛體目標不適用
模型追蹤	目標物模型	追蹤目標物狀態、路徑、預測位置	3軸	需建立模型、運作計算量極大

表 1. 方法比較

3.1 特徵追蹤應用

由於特徵追蹤只適用於小範圍，所以大部分被應用在臉部辨識、局部肢體辨識…等；其主要原因在於特徵追蹤的檢測速度非常快，且對於幾何形狀的辨識能力很強。由文獻[11]中提到特徵追蹤的處理速度可達到每秒 30 張影像的追蹤速度而成功率高達九成；這說明了當需求在追蹤大量且只需要比對輪廓的時候特徵追蹤可以達到極強大的效率。

3.2 區域式追蹤應用

區域式追蹤對監視區域內有移動的物體能夠清楚的掌握；並且不會因為影像重疊而找不到目標物也不會受限於一個目標物，因此被廣泛的運用在交通、保全方面。由文獻[3]中提到白天追蹤的結果，當移動物體一般行走速度，追蹤的正確率為 94.1%，當移動物體快速行走時，追蹤的正確率為 91.3%，而白天追蹤的平均正確率為 92.6%。另一方面，而在傍晚追蹤結果如表 4 所示，因為天色較暗所以追蹤的正確率很明顯的下降許多；但由文獻[6]中所提出的影像分離與合併的方法解決對於背景的更新問題，文獻[6]證明了區域式追蹤可以不論白天黑夜都能維持在 93% 的準確度。

白天追蹤結果

速度	次數	成功	遺失	正確率 (%)
一般 (<3 步/秒)	101	95	6	94.1
快 (3~4 步/秒)	103	94	9	91.3
平均	204	189	15	92.6

傍晚白天追蹤結果

速度	次數	成功	遺失	正確率 (%)
一般 (<3 步/秒)	102	90	12	88.2
快 (3~4 步/秒)	102	84	18	82.4
平均	204	174	30	85.3

表 4 · 區域式追蹤結果

3.3 主動式輪廓追蹤應用

主動式輪廓追蹤可說是區域追蹤的延伸，此方法的鏡頭可以動態也可以靜態；並且除了可以追蹤到目標物更增加了可獲得目標物資訊的功能；例如:狀態、速度、重心…等；但只能追蹤單一目標；而且背景跟狀態以及行為等資料量非常大量；所需的運算時間飛躍的增加。

在文獻[7]中提到主動式輪廓追蹤系統對於道路路口的移動目標物具有分類效果；甚至能將一段時間內所紀錄的影像全部分類且計數，其正確率皆在 90% 以上(如表 5)[7]:

一小時影片			
classification state	Car	People	Two_wheels_vehicle
Real	51	12	94
Our Classified	50	11	85
Correctness	98%	91.6%	90.4%

二小時影片			
classification state	Car	People	Two_wheels_vehicle
Real	66	5	124
Our Classified	63	5	113
Correctness	95.45%	100%	91.12%

表 5.主動式輪廓追蹤效能

3.4 模型追蹤應用

模型追蹤又被稱作為 3D-主動式輪廓追蹤，模型追蹤需要良好的物體描述結構，表現上較為精細，可加入物體本身的結構或運動特性，甚至已知的三度空間資訊，本質上，比較不受附近背景或其他物體擾動的影響，也較能對抗交錯問題；所以絕大部分都被應用在動畫特效的製作上，但相對地運算量是主動式輪廓追蹤的數倍。在文獻[10]中提到取跑步、行走兩種行為各 10 個標準行為的連續影像作訓練，並且包含跑步和行走各 16 個待測的行為做測試。在 20 個的跑步和行走的行為所組成的有限狀態機中，各有四個靜態動作狀態。各 16 個行走和跑步的待測行為，經過每秒 50 個影像的分割一共可以得到 2322 與 610 個連續影像，經過靜態動作分類後，依照每個狀態所得到的辨識率如表 1、表 2 所示。在此，我們是結合本文提出的兩類靜態動作分類方法，亦即判斷公式(2.22)[10]需歸類為一種狀態動作，方視為分類成功，否則視為分類失敗。其中，判斷公式(2.22)[10]中，對 S_i 所選取的臨界值是利用標準行為根據經驗法則訂為 $S_i > -6.5$ 。

	實際結果數量	分類成功數量	辨識率(%)
S_1 (雙腳合併)	617	572	92.7
S_2 (雙腳張開)	609	597	98.0
S_3 (縮腳)	543	535	98.5
S_4 (跨步)	553	547	98.9

表 6. 模型追蹤辨識率

由測試結果得知，九成以上的連續影像都可以精準的分類到正確的狀態動作狀態，在狀態交換狀態行

為的判斷主要是根據公式(2.23)[10]決定，其中 α ， β ， γ 的選取是先依 10 個標準行為相互比較最佳化決定，在文獻[10]的實驗中所取得的值分別為 $\alpha = 0.7$ 、 $\beta = 0.2$ 、與 $\gamma = 0.1$ 。待測行為的判斷則是利用已選定的 α ， β ， γ 值，依 32 個待測行為分別與 10 個標準行為交互比對，選取最相似行為而定。(表 7)[10]為 32 個待測行為所分析出來的結果，欄代表實際的行為，列代表系統判斷的結果。

判斷結果 \ 實際行為	行走	跑步
行走	15	3
跑步	1	13

表 7. 模型行為判定

結果顯示，在行走的行為中，能夠以非常精確的分割出每一個靜態行為狀態，所以相對的行為分析的結果也相當高。

四、結論

對影像追蹤處理的技術，並沒有絕對的方法，針對不同的目標移動速度，我們就要更換適當取樣速度的攝影機；面對不同的環境影響，就要分析影響因素，比照需求去更換應對的方式；又或著其他影響因素如：震動、景深、失真及雜訊等，都能影響到結果，目前只能盡其所能以軟體、硬體來防範各種干擾，以確保影像追蹤的穩定性與精確度；最後本文整理出影像追蹤方法的使用取向(如表 3):

	追蹤範圍	追蹤目標	追蹤程度	運算時間
特徵追蹤	很小	多個但不能不重疊	幾何的差異	極快
區域式追蹤	非常大	追蹤區域內的任何移動物體	移動目標的位置	可達到即時監控
主動式輪廓追蹤	大	追蹤區域內所有移動物體	目標物的位置以及狀態資訊	運作時間長
模型追蹤	依模型大小	只能追蹤模型	完整的資訊；可控制追蹤結果	非常長；運作計算量極大

表 3. 追蹤方法取向

由各個文獻中的結果得知，雖然影像追蹤技術沒有一種方法可以滿足所有的情況，但是只要針對需求來做選擇任何一種符合需求的方法都能夠有 90% 以上的表現；本人認為在特定的情況條件滿足下甚至能夠混合方法使用來達到同樣的準確度卻能夠更快速的完成。

五、機器視覺未來的展望

在文獻[1]提到於機器視覺系統比人類更能適應於一些非常惡劣環境下的工作[1]，如高溫、寒冷、真空、大氣壓力、太空等人類無法適應的環境中工作，故產業界對機器視覺的依賴將愈來愈重，此外機器視覺系統能二十四小時無休止地工作，且在高速下執行100%的線上(On-Line)檢視，而檢視的準確度也達到接近100%的程度，因此，產業界在提升生產自動化上和品質管制的檢驗上，將會大量地採用機器視覺系統。今天，機器視覺將廣泛地應用在工業界的生產製造和製程上的檢視(Inspection)，導引(Guidance)、控制(Control)、識別(Identification)和物料搬送(Material Handling)方面，以及電子業積體電路裝配上，和汽車工業的零件組裝及鋼板焊接檢視上。

未來在產業界以提升生產力為目標下，機器視覺成為產業自動化的主力，在加上近來，政府交通部門更是將其應用在行車安全監視系統和公路收費站收費監控系統之中，機器視覺的未來發展技術將包括發展客戶視覺晶片(Custom vision chip)以提升泛用型視覺系統的處理能力，以及朝向易用系統(Easier to use)兩個方向發展，為使機器視覺系統未來能應付各式各樣的應用，發展新式軟體工具也是一項趨勢，例如以模型比對法(Pattern matching method)或以輪廓測距法(Contour finding method)的視覺系統，來辨別各種標的物。希望本研究未來將試著改善光線明暗度對影像辨視能力的影響，並朝向嵌入式系統開發，將本系統結合影像測距、定位、馬達控制、等等，開發出輕巧多工的無人自走車系統。

六、致謝

製作完本專題實驗，首先要感謝李文宗老師在這學期以來的督促以及不厭其煩的指導，讓我們在影像處理專業的領域方面上有了更進一步的認知，除了老師，還幫助我們在遇到機台方面上的問題，馬上協助我們解決我們專業上的不足，感謝老師在各方面的教導以及協助。

接著要感謝的是我們班的同學，柯偉栢、洪國豐、陳柏均，謝謝這段時間以來，幫助我們在實驗中遇到的挫折時的鼓勵及協助我們在此領域方面遇到困境時候的幫助，尤其是柯偉栢同學，工作已經很煩忙，還撥空幫我們進行專業上的補強。

七、參考文獻

- [1] 盧明智張沛鈞蔡政沛 “A Real-Time Object Tracking System Using the Image Recognition”
[2] 張光寒、林世偉、楊筑鈞 “影像追蹤技術”
[3] 鄭文昌 詹定懋 朝陽科技大學資訊工程系 “主

從式攝影機組在大範圍區域即時追蹤系統”

- [4] 姚文翰 蔡孟修 陳宜賢 王聖智 “物體追蹤系統技術報導”
[5] A. Blake and M. Isard, “3D Position, Altitude and Shape Input Using Video Tracking of Hands and Lips,” Proc. Computer Graphics, SIGGRAPH, pp. 71-78, 1994.
[6] 張穎華 國立中央大學 資訊工程研究所 碩士論文 “即時行人監控系統”
[7] 徐文忠 國立成功大學 電機工程學系 碩士論文 “基於視覺之移動目標物位置預測”
[8] N. Peterfreund, “Robust tracking of position and velocity with Kalman snakes,” IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 22, pp. 564 - 569, June 2000.
[9] 莊仁杰 國立台灣海洋大學 機械與機電工程學系 以主動式輪廓模型結合樣版比對為基礎之即時目標物追蹤系統
[10] 黃培忠 張元翔 賴東賢 中原大學資訊工程學系 資訊科技國際期刊 “運用人體輪廓特徵與靜態動作分類為基礎的行為分析系統”
[11] 謝耀璋 國立中山大學機械與機電工程學系 碩士論文 “主動式攝影機即時人臉追蹤之研究”
[12] B. Schiele, “Voxel-free tracking of cars and people based on color regions,” in Proc. IEEE Int. Workshop Performance Evaluation of Tracking and Surveillance, pp. 61 - 71, 2000.
[13] 賴文能、陳韋志 國立中正大學 電機工程研究所 “2D 至 3D 視訊轉換技術”
[14] J. Malik and S. Russell, “Traffic surveillance and detection technology development (new traffic sensor technology),” Univ. of California, Berkeley, 1996.
[15] T. J. Fan, G. Medioni, and G. Nevatia, “Recognizing 3-D objects using surface descriptions,” IEEE Trans. Pattern Recognit. Machine Intell., vol. 11, pp. 1140 - 1157, Nov. 1989.
[16] D. -S. Jang and H. -I. Choi, “Active models for tracking moving objects,” Pattern Recognit., vol. 33, no. 7, pp. 1135 - 1146, 2000.
[17] I. A. Karaulova, P. M. Hall, and A. D. Marshall, “A hierarchical model of dynamics for tracking people with a single video camera,” in Proc. British Machine Vision Conf., pp. 262 - 352, 2000.
[18] S. Ju, M. Black, and Y. Yaccob, “Cardboard people: a parameterized model of articulated image motion,” in Proc. IEEE Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 38 - 44, 1996.

- [19] S. A. Niyogi and E. H. Adelson, "Analyzing and recognizing walking figures in XYT," in Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 469 - 474, 1994.
- [20] Q. Delamarre and O. Faugeras, "3D articulated models and multi-view tracking with physical forces," Comput. Vis. Image Understanding, vol.81, no. 3, pp. 328 - 357, 2001.
- [21] H. Sidenbladh and M. Black, "Stochastic tracking of 3D human figures using 2D image motion," in Proc. European Conf. Computer Vision, Dublin, Ireland, pp. 702 - 718, 2000
- [22] J. Hoshino, H. Saito, and M. Yamamoto, "A match moving technique for merging CG cloth and human video," J. Visualiz. Comput. Animation, vol. 12, no. 1, pp. 23 - 29, 2001.
- [23] D. G. Lowe, "Fitting parameterized 3-D models to images," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. 13, pp. 441 - 450, 1991.
- [24] J. E. Bennett, A. Racine-Poon, and J. C. Wakefield, "MCMC for nonlinear hierarchical models," in Markov Chain Monte Carlo in Practice, W. R. Gilks, S. Richardson, and D. J. Spiegelhalter, Eds. London, U.K.: Chapman and Hall, pp. 339 - 357, 1996.
- [25] M. Isard and A. Blake,
"CONDENSATION—Conditional density propagation for visual tracking," Int. J. Comput. Vis., vol. 29, no. 1, pp. 5 - 28, 1998.
- [26] —, "Condensation: unifying low-level and high-level tracking in a stochastic framework," in Proc. European Conf. Computer Vision, vol. 1, pp. 893 - 909, 1998.
- [27] Comaniciu, D. ,Ramesh, V. ,Meer, P. , "Kernel-based object tracking" , Real-Time Vision & Modeling Dept., Siemens Corporate Res., Princeton, NJ, USA.

多功能自動遮雨棚模擬之研究

學生姓名:林惠斌 金智仁

指導老師:洪辰雄

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

模擬自動遮雨棚，一側固定架上設有雨水報知器、切換開關、微動開關，在接收感知器條件下，觸使 5V 直流馬達啟動遮雨棚的開啓與關閉。雨水報知系統：採用類似雨量計的作法，用來感應雨水滴落。裝設集水杯累積雨量，當雨水到達指定雨量時，觸發控制電路，使馬達正轉，如果一段時間內不再有雨水觸動開關，就以手動開啟馬達，使其反轉。

集水杯:水杯中放置導電片，下雨時累積雨量，並可利用浮力使導電片上升。下方具有漏斗，可使雨水慢慢的排出集水杯。

關鍵字:遮雨棚、雨水報知器、直流馬達

一、引言

在日常生活中我們偶然會到野外露宿，最常發現的是有些民宿業者為了讓客人更能接近大自然，用野外方區分為室內區及戶外區。

戶外用餐區主要是以欣賞風景、呼吸新鮮空氣、貼近大自然、微風徐徐放鬆心情。

但是方便之虞，也有困擾業者之處。那就是氣候變化時，突然下起大雨，因商家工作而生意忙碌時，也要停下手邊的工作，辛苦的轉把手打開遮雨棚。

然而倒楣的是，瞬間大雨可能對農業或養殖漁業(如附錄一、二)產生極大的衝擊。這使我們產生了一個構想，就是設計自動遮雨棚，使大雨對農業及養殖漁業帶來的災害降到最低。

雨水中帶有酸性成份，對土壤以及農業危害(如附錄三)，而當我們遇到雨災時，利用遮雨棚的特性及設計，將雨水隔絕於需保護的產品之外，並

以簡單的機械架構及電子原件模擬完成我們所需要的裝置。

遮雨棚的特性:

為較長期性之設施，而因本身為一開放相同於隧道棚、浮動層覆蓋、地面直接覆蓋等栽培設施，僅限於調整之機能。而溫室、耐候性、耐熱性、耐藥品性無伸縮現象產生，長時間使用 作業性 重量輕，耐風性強，展開容易。

二、研究內容與方法

酸雨之相關文獻內容探討

酸雨對植物及魚類的危害:

酸雨會使存在於土壤、岩石中的金屬元素溶解，流入河川或湖泊，使得魚類大量死亡，並使水生植物及引水灌溉的農作物，累積有毒金屬，將會經過食物鏈進入人體，影響人類的健康。酸性化學物質有幾個路徑可以進入湖，一些化學物質以乾粒子型態存在於空中，其他的以溼粒子型態例如雨、雪、凍雨、冰雹、露或霧，進入湖中。此外，湖幾乎可被視為地球的凹陷，落在土地上的雨最終透過下水道系統排到湖裡去。酸雨降到地面會沖刷走土壤中的營養成分，並挾帶著土壤中的有毒金屬，一起流入湖泊中。水中的硫酸對魚會產生直接和間接兩種影響。直接地，硫酸會妨礙魚吸收水中氧的能力及和維持生命的鹽分和營養物來。對新鮮水中的魚而言，生存的關鍵就是維持滲透調節(osmoregulation)。滲透調節就是在他們的組織中保持鹽和礦物的微妙平衡的過程，水中的酸分子造成魚鰓形成黏膜，也阻礙了魚吸收氧氣。如果黏液的成長增長，魚則會窒息。另外，低酸鹼值會破壞魚群組織中的鹽平衡。由於酸鹼值的改變，魚群生活的鹽層例如鈣離子，就無法維持。衰竭的再生產導致生產的蛋受到危

害，造成他們或者太脆弱或者太虛弱。鈣離子的減少也會造成虛弱的脊椎或畸形。例如，淡水鰲蝦需要鈣離子來維持健康的外骨骼，鈣離子含量過低即代表虛弱的外骨骼。其他的鹽分例如氮離子，也會影響魚的福利。

當含氮的肥料被沖到湖裡，氮會刺激海藻的生長，這個邏輯是認為會造成氧氣生產量的增加，如此會有益於魚。然而，因為酸雨造成魚死亡率的增加，在分解魚的過程中用了很多這些氧氣，使得倖存的魚能使用的氧氣變得很少。

酸雨造成鋁離子釋放到土壤中，經由沖刷及河流進入湖裡，這會對湖裡的魚的健康產生致死的威脅。鋁離子使魚的鰓燒毀，並留在牠的器官內造成很大的傷害。因此，雖然魚能夠忍受大約 pH 值為 5.9 的酸，但此程度的酸就足以釋放土裡的鋁離子，並殺死魚。科學家監控湖的酸鹼值和水生生物的生態系統，他們發現湖裡的酸鹼值會逐年降低，研究顯示出酸雨對湖和它的水上生態系統有重要影響。

ph 值 < 6，食物的基本種類相繼死去，例如，蜉蝣和 stoneflies 是魚類的重要食物來源，他們無法在此酸鹼值下生存。

ph 值 < 5.5，魚類不能繁殖。幼魚很難存活，也因為缺少營養造成很多畸形的成魚，和魚類因窒息而死。

ph 值 < 5.0，魚群會相繼死去

ph 值 < 4.0，假如有生物存活，將是非常不同於之前的生物種類。

表一 酸鹼性對魚的影響

酸雨對人的危害：

酸雨對人類的影響，我們最直接的反應就是會禿頭，但是否真正會導致禿頭，科學家們仍再努力研究，但大家還是少淋雨為妙。

酸污染對人類最嚴重的副作用就是呼吸方面的問題。二氧化硫和二氧化氮的射出物會引起呼吸方面的問題，例如哮喘、乾咳、頭痛、和眼睛、鼻子、喉嚨的過敏。對人類而言，酸雨的一個間接影響就是溶解在水中的有毒金屬被水果、菜蔬和動物的組織吸收。雖然這些有毒金屬不直接影響這些動物，但是吃下這些動物卻對人類的產生嚴重影響。例如，累積在動物器官和組織中的汞與腦損傷和神經混亂有關聯的。同樣地，在動物器

官中的另一種金屬，鋁，與腎臟的問題有關，近來也被懷疑與老年癡呆症的疾病有關。

防治措施：

目前世界上受酸雨危害最嚴重的地區，應屬美國東北和西北部、加拿大東部、北歐和亞洲某些地區。台灣地區內，宜蘭太平山的翠峰湖已是酸化湖沼，

而陽明山公園的夢幻湖及墾丁國家公園的南仁湖，均已達酸化邊緣。

政府為減輕酸雨對環境的危害，遂加強取締大量排放廢氣的工廠和汽車，要求加裝防制污染的設備（如汽車加裝觸媒轉化器，使用無鉛汽油），也希望民眾配合，養成節約能源的習慣，因能源係由燃燒石油或煤轉換而來，多搭乘大眾運輸工具及節約用電，便可減少空氣污染，更可減少酸雨的產生。

遮雨棚的應用之相關文獻內容探討

遮雨棚用在香草上：

香草生長旺盛到最高峰時，其實也是最容易就開始走下坡的時候，所以該剪就剪、當用則用，不要捨不得，剪的時候優先剪植株內部比較細密的枝條，然後剪生長最強旺的枝條以控制生長勢。盛夏來臨前，將植株剪去一半以上得高度也有幫助。

介質表面鋪上一些東西可以降低土溫，減少水分蒸散，對減少植株罹病與落葉有些幫助。田間栽培以鋪農業用塑膠膜為主，也有鋪稻殼、花生殼的。居家栽培可以鋪賣場或花市賣的細樹皮，不僅有實質幫助，還會讓盆栽更好看。

種植介質排水一定要好，如果要直接種植於地面上，最好將地填土墊高 10 公分以上，我見過將迷迭香種在 20-30 公分高的小土丘上的，長得極旺而且已經生長 6-7 年以上

把握種植時機，例如薰衣草大約秋末開始上市，可以那時候就開始種，歷經最好種的冬春季，每一株都可以得到最好的表現。因為台灣氣候使然，有些多年生甚至是木本的香草。

倘若是一面積上種植大量的香草，則必須有相當好的防雨措施，此種草本植物對於水的吸收不好，水太多可能會影響其生長，甚至影響其美觀程度，味道上也會出現差別。若有遮雨棚可以擋雨，則

再好不過。

機構及電路相關文獻內容探討

直流馬達：

直流馬達(電動機)是以直流電作為電源，使線圈通過電流，線圈旁有永久磁鐵，以電磁感應感應出轉距使其旋轉。



圖一 直流馬達

用途：造紙機械、車床、起重機、升降機、電氣鐵道車等需要調整轉速的地方。

直流馬達的優點：

1. 一般而言同樣的體積直流馬達可以輸出較大功率。
2. 直流馬達轉速不受電源頻率限制可以製做出高速馬達。

3. 速度控制只要控制電壓比較簡單容易。

缺點是因有碳刷使用一段時間會磨損須更換，電樞會磨損。

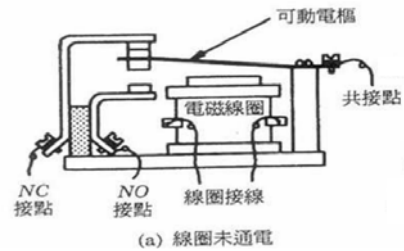
交流馬達的優點是結構簡單生產容易無接觸零件較不用保養使用期限長缺點是轉速受電源頻率固定，使用一般交流頻率無法使馬達高速運轉，最高僅達 3600rpm 高速馬達必需用變頻器來產生需要的工作頻率，速度控制須改變頻率或加裝其他回授器較麻煩

電磁繼電器：

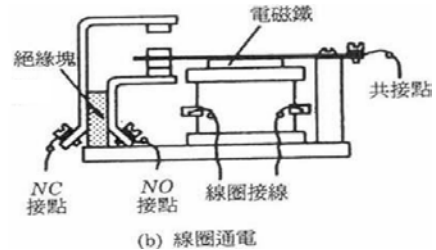
電磁繼電器的工作原理和特性：

電磁式繼電器一般由鐵芯、線圈、銜鐵、觸點簧片等組成的。只要在線圈兩端加上一定的電壓，線圈中就會流過一定的電流，從而產生電磁效應，銜鐵就會在電磁力吸引的作用下克服返回彈簧的拉力吸向鐵芯，從而帶動銜鐵的動觸點與靜觸點（常開觸點）吸合。當線圈斷電後，電磁的吸力也隨之消失，銜鐵就會在彈簧的反作用力

返回原來的位置，使動觸點與原來的靜觸點（常閉觸點）吸合。這樣吸合、釋放，從而達到了在電路中的導通、切斷的目的。對於繼電器的「常開、常閉」觸點，可以這樣來區分：繼電器線圈未通電(如圖二)時處於斷開狀態的靜觸點，稱為「常開觸點」；處於接通狀態(如圖三)的靜觸點稱為「常閉觸點」。

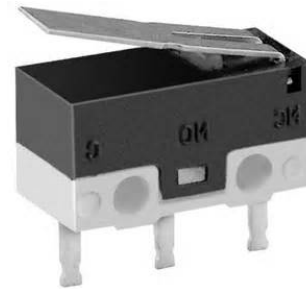


圖二 繼電器構造



圖三 繼電器構造

微動開關：



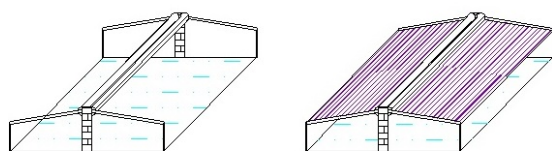
圖四 微動開關

是一種施壓促動的快速開關，又叫靈敏開關。其工作原理是：外機械力通過傳動元件將力作用於動作簧片上，並將能量積聚到臨界點後，產生瞬時動作，使動作簧片末端的動觸點與定觸點快速接通或斷開。當傳動元件上的作用力移去後，動作簧片產生反向動作力，當傳動元件反向行程達到簧片的動作臨界點後，瞬時完成反向動作。微動開關的觸點間距小、動作行程短、按動力小、通斷迅速。其動觸點的動作速度與傳動元件動作速度無關。

材質	導電率	備註
銀	6.3×10^7	商用純銀
銅	5.85×10^7	純銅
金	4.25×10^7	
鋁	3.5×10^7	高純度
鋁	2.31×10^7	+1%錳
鎢	1.82×10^7	
黃銅	1.56×10^7	
不銹鋼	0.14×10^7	

註：由於銀是導電率最高的導體，是故導電率係以銀為 1；其他金屬比較： $\text{Rate} = \text{Ml Cond.} / \text{Silver Cond.}$

研究方法



利用直流小馬達與齒輪來帶動齒輪皮帶，使皮帶經由齒輪傳導到軌道上做動。然後使用集水杯，當雨水的量到達一定的高度後，電路經由浮起來的導電片導通，馬達轉動經由皮帶輪帶動齒輪皮帶，使齒輪轉動，遮雨棚沿著軌道下展開。雨水漸漸沒下雨時，集水杯中雨水流失後，利用手動方式使遮雨棚回歸原點。

機構部份

皮帶輪

鐵片及齒輪組

遮雨棚

釣線軌道

齒輪皮帶

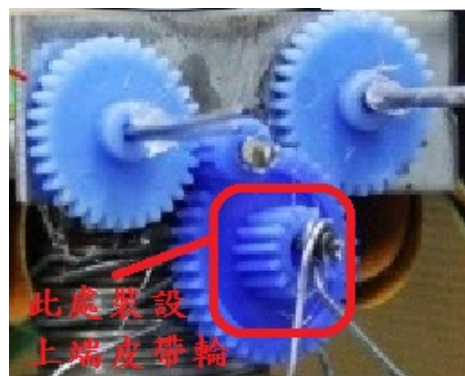
導輪

不銹鋼管

電路區

圖六 使用之材料及其整體架構圖

首先在木板上鑿洞，然後在洞上裝上不銹鋼管然後用角鐵作固定，鋼管上方跟鐵片做焊接，鐵片上方鑽 2 個洞，再利用塑膠管做遮雨篷的支架以利支撐，再將遮雨棚的底端裝上的導輪軸，並以釣線作為軌道。左右兩側鋼管上的鐵片裝上齒輪組及皮帶輪(如圖七)，將直流馬達加齒輪組內部齒輪(如圖九)，並以馬達上支皮帶輪帶動齒輪皮帶，使遮雨棚可以上升或下降。



4-Speed Worm Gearbox H.T.E.

200 TYPE MOTOR

ENGINEERING PLASTIC GEARBOX

WORM GEAR

3RD-4TH HELICAL GEAR

OUTPUT SHAFT

3:1 GEAR

3:1-147 GEAR

CRANK ARM

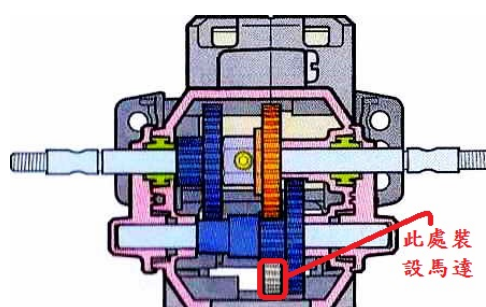
TAMIYA

4-Speed Worm Gearbox H.T.E.

See the back of the box for the assembly instructions.

搭配直流馬達所使用之齒輪組為 TAMIYA 高速蝸

輪箱 72008，轉速比為 216:1。



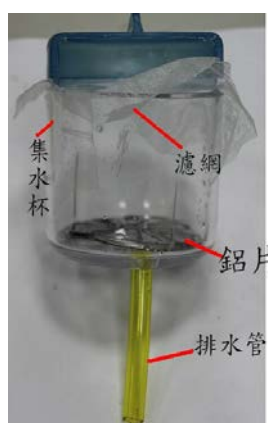
圖九 直流馬達加齒輪組內部齒輪圖



圖十 直流馬達加齒輪組實體圖

實驗材料

集水杯部分：



圖十一 集水杯構造

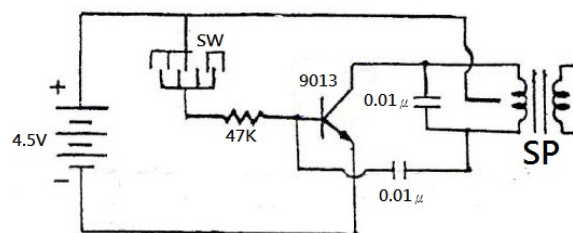
作用原理：

當集水杯雨水水位達一定高度碰觸到鋁片時下雨報知器作動。

下雨報知器部分：



圖十二 下雨報知器及其電路



圖十三 報知器電路圖

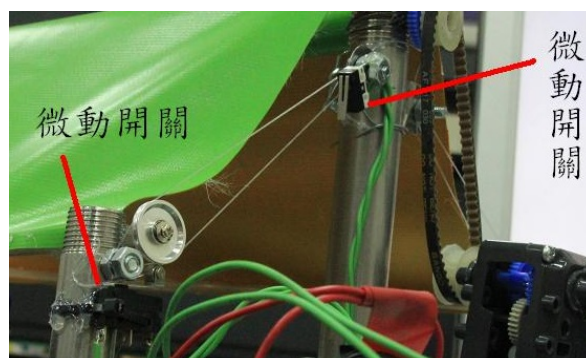
工作原理

1:0.01UF 為回授電容。

2:47K 為基極偏壓電阻。

3:本電路為一音頻震盪器，測濕片接於電晶體基極及電池正極，未下雨時，測濕片開路，電路中電晶體無偏壓，而不工作所以喇叭無聲音，下雨時當雨水淋濕測濕片，而使測濕片短路，電壓經 47K 供電晶體偏壓而使電晶體工作喇叭因 47K 電阻及 0.01UF 電容震盪而發出聲音。

微動開關的使用

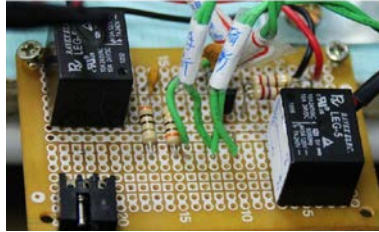


圖十四 微動開關的使用

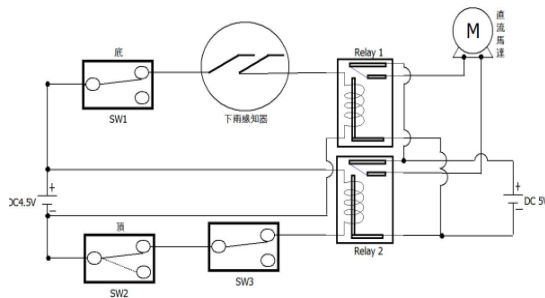
當遮雨棚上的導輪碰到下面的微動開關，此時遮雨棚就停止作動，反之當碰到上面的微動開關，遮雨棚也停止作動，控制的方法則是藉由電路的引導。

三、結果與討論

如(圖十六)接出控制電路後(如圖十五)，其作動原理如以下兩組階梯圖。

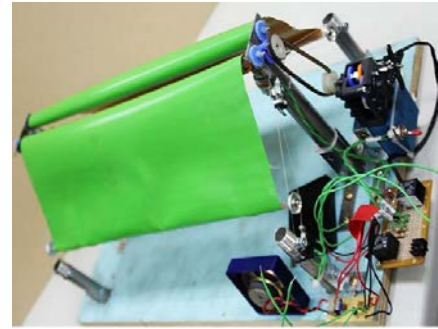
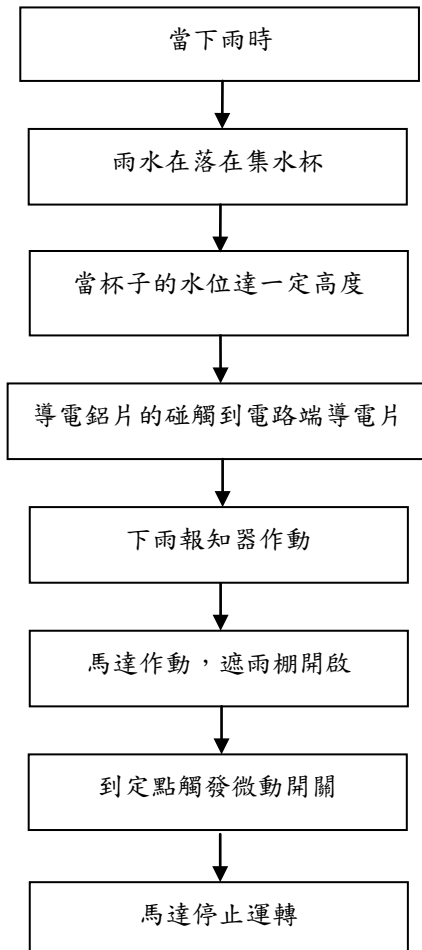


圖十五 控制電路



圖十六 簡化電路圖

下雨時：



圖十七 遮雨棚開啟作動時

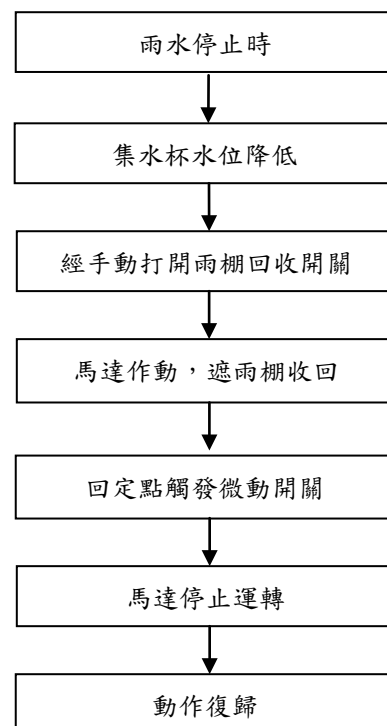
集水杯作用原理：

當下雨時，水達一定高度藉著水的浮力讓鋁片浮起，當碰觸到鋁片(導電率 3.5×10^7)時，雨水報知器作動，當雨停時，藉著排水管漏水，水位慢慢流失，此時集水杯中導電片與電路板連接的導電片分開，產生斷路。



圖十八 集水杯實驗圖

雨停時：





圖十九 遮雨棚收起時

使用遮雨棚帶來了許多好處：

政府為提倡節約能源日前發揮創意，利用市政大樓的雨棚收集雨水，並將原有的落水排水管修改為雨水收集管，將雨水儲存在收集容器內，以提市政大樓澆花及如廁沖水使用。根據統計，每日可為市府節省 0.6 度的用水，一年將可節省用水量約為 150 度。

而酸雨會影響農作物稻子的葉子，同時土壤中的金屬元素因被酸雨溶解，造成礦物質大量流失，植物無法獲得充足的養分，將枯萎、死亡。但土壤中因酸雨釋出的金屬也可能為植物吸收造成影響，這問題極其複雜。

我們希望能靠著這樣的系統，減少大風大雨時所帶來的農業災害。

四、結論

酸雨對農作物及魚類的危害可謂「聚沙成塔」，我們此次的實驗是想使其傷害降到最低，因此我們的構想是在農作物上或者在養殖漁業上設置遮雨棚，每當下雨時，機器感測到，蜂鳴器就會做動發出聲響，告訴使用者遮雨棚自動運轉中，遮雨棚就會沿著軌道慢慢的展開。通常此時的雨水中有含著酸性物質時，酸雨會影響農作物根、莖、葉…等，同時土壤中的金屬元素因被酸雨溶解，造成礦物質大量流失，植物或魚類無法獲得充足的養分，將枯萎、死亡。但土壤中因酸雨釋出的金屬也可能為植物吸收造成影響，所以這時遮雨棚若能不危害到它們生長情況，是我們盡力想達到的目的。而本實驗仍有可改進的地方，這實驗用在模擬上，所以其架構上有很多需改良的，軌

道的設計上可採用鋼絲做設計上的改良，遮雨棚上面的支柱可改用耐風耐雨的材料做設計，遮雨棚與遮雨棚間，需緊密的密合，此設備如改良成雲端控制不需人力做操控，都是可改良的實驗設備。

五、致謝

本專題能順利完成，首先由衷的感謝專題指導老師洪辰雄老師，感謝他在專題寫作期間的細心教誨與指導。專題製作中遇到一些的困難，指導老師認真地、有耐心地與組員多次討論，才能順利的將專題完成對於洪辰雄老師，我們有無限的感激。不僅是教學上的良師，也是益友，生活中遇到的各種難題，都可找洪辰雄老師商量，謝謝洪辰雄老師這些日子的指導。同時感謝學長，這陣子以來有耐心的與我們配合，提供我們關於專題上所須的相關資料及資源，使我們專題能順利進行。

六、參考文獻

梁雅雯、魯永明，2013，「曾文水庫、仁義潭解渴 南部旱象解除了」對露天水果番茄等造成裂果情況，嘉義，<http://udn.com/NEWS/LIFE/LIF1/7813496.shtml>

林國賢、江志雄、洪素卿、蔡孟尚、黃佳琳，2011，「查報農損 從優從寬從速」連日大雨花生發黑、發芽及爛掉，雲林，<http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/nov/21/today-life2.htm>

林紀穎、李乾耀，2010，臺灣科技大學機械系統設計與實務教學文件，馬達簡介與直流馬達控制，<http://www.me.ntust.edu.tw/medesign/download/2010DCmotor.pdf>

陳芳英，2005，「農業災情損失概況」苗栗以南地區發生豪雨災情，造成農漁牧業重大損失，<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=9403>

「pH值對於湖中生物的影響」,台灣酸雨資訊網,
[http://tw.myblog.yahoo.com/qprain/ar](http://tw.myblog.yahoo.com/qprain/article?mid=-2&prev=83&l=a)
[ticle?mid=-2&prev=83&l=a](http://tw.myblog.yahoo.com/qprain/article?mid=-2&prev=83&l=a)

2005,「酸雨對土壤資源及農業的危害」酸雨使土壤微生物種變化,中國環保網,<http://www.chinaenvironment.com/view/ViewNews.aspx?k=20051010174646875>

「酸雨」酸性粒子也會沈積在建築物和雕像上,造成侵蝕,台灣酸雨資訊網,<http://acidrain.epa.gov.tw/harm/03.htm>

知識百科,微動開關
<http://www.soku.com.tw/%E5%BE%AE%E5%8B%95%E9%96%8B%E9%97%9C/>

附錄

相關新聞

附錄一:

兩災對植物及魚類的影響:

而台灣地區自民國 94 年 6 月 11 日持續受鋒面影響,苗栗以南地區發生豪雨災情,造成農漁牧業重大損失,農業災情估計損失總金額達 24 億 802 萬元,超越民國 87 年 6 月豪雨造成之 19 億 1,330 萬元農損金額,為豪雨災害最大損失。又由歷史資料觀之,歷年前三大豪雨災情均在 6 月形成,6 月份豪雨特質農漁民宜特別注意防範。此次農業災損以農作物損失 12 億 5,870 萬元最為嚴重,漁產損失 8 億 7,905 萬元次之,惟漁產損失佔總損失之 37.3%,係歷年豪雨漁產災損最高紀錄。

附錄二:

大雨對農業的災害:

如沒有做好預防措施就有這樣的影響連日豪雨,造成部分縣市農作物嚴重受損,農委會官員昨天前往勘災,指示縣府查報農損時從優、從寬、從速。而高雄市農損金額超過千萬,發黑、發芽的花生絕不容許流入市面,公部門應辦理

統一收購,並啟動天然災害補助的現金補助,減輕農民損失。

「台灣的水利系統有必要重整!」

幾天前才要農民預防旱災,現在又要農民注意若持續下雨可能造成的水災,台灣處於「多雨又缺水」的環境,應該想辦法留住水,導引到需要水的地方,因此有必要建置具備滯洪池和蓄水池功能的蓄水設備,並改善灌溉及排水設施。

附錄三:

酸雨對土壤資源及農業的危害

土壤酸化,酸雨可導致土壤酸化。我國南方土壤本來多呈酸性,再經酸雨沖刷,加速了酸化過程;我國北方土壤呈鹼性,對酸雨有較強緩衝能力,一時半時酸化不了。土壤中含有大量鋁的氫氧化物,土壤酸化後,可加速土壤中含鋁的原生和次生礦物風化而釋放大量鋁離子,形成植物可吸收的形態鋁化合物。植物長期和過量的吸收鋁,會中毒,甚至死亡。酸雨尚能加速土壤礦物質營養元素的流失;改變土壤結構,導致土壤貧瘠化,影響植物正常發育;酸雨還能誘發植物病蟲害,使作物減產。酸化土壤肥力減退、農業減產,酸雨可使土壤微生物種群變化,細菌個體生長變小,生長繁殖速度降低,如分解有機質及其蛋白質的主要微生物類群芽孢桿菌,極毛桿菌和有關真菌數量降低,影響營養元素的良性循環,造成農業減產。特別是酸雨可降低土壤中氮化細菌和固氮細菌的數量,使土壤微生物的氮化作用和硝化作用能力下降,對農作物大為不利。科學家試驗後估計我國南方七省大豆因酸雨受災面積達 2380 萬畝,減產達 20 萬噸,減產幅度約 6%,每年經濟損失 1400 萬元。稻、麥等禾本科作物葉面積小,蠟質層厚,可濕性差,對酸雨敏感性弱,但強酸雨仍將導致葉面扭曲,褐黃或褐紅傷斑,大麥減產。赤稻水稻生長期是翠綠色的,到了成熟期是黃色的,在加上誘人的稻米香味,稻香村成為田園特殊風光;如果變成赤色的,又如何?我們見過赤豆,紅高糧,誰也沒見過赤稻。怪事發生在重慶,1982 年 6 月 18 日下了一場 pH 值為 3.9 的強酸雨,某鄉上萬畝水稻葉片迅速變成赤色,一場災害產量損失 80 萬斤。酸雨大棚實驗也證明,強酸雨將導致葉面產生赤色傷斑。酸沉降對農作物的

急性傷害和慢性傷害急性傷害,通常是指農作物與強酸雨或高濃度二氧化硫等污染物接觸,其葉片在短時間(一至三天)內出現細胞死亡,其嚴重者出現枯葉,枯枝,枯梢和枯株。這種情況只在實驗室和土法煉硫窯附近見過。慢性傷害,一般係指農作物長期與弱酸雨或低濃度的二氧化硫污染物接觸,其葉色失綠或色素變化,破壞作物細胞正常代謝活動,導致細胞死亡,其可見傷害症狀為過早落葉等。一般酸雨地區或二氧化硫長期超標地區內,會發生這種情況。這也是大面積農作物減產的原因。不同作物受二氧化硫傷害的敏感性不同的農作物和同種作物的不同品種之間,受二氧化硫傷害的敏感性不同。為了使人們認識這點,科學家在實驗室內用一定劑量的二氧化硫去熏不同農作物。一段時間之後,不同農作物傷害完全不同,可分為敏感性農作物,中等敏感性農作物和抗性農作物三類。如,敏感農作物有大麥,棉花,大豆,菠菜,胡蘿蔔和辣椒等;中等抗性農作物為小麥,菜豆,花生,黃瓜,油菜和番茄等;抗性農作物為水稻,玉米和馬鈴薯等。酸雨與蔬菜酸雨造成蔬菜葉面黃斑,生長不良,抗病能力下降,產量下降。如我國某電廠附近酸雨區域受害菜地 11.3%。不同品種的蔬菜對酸雨的敏感程度不同,當 pH=3.5 的高酸性環境裡,對酸敏感蔬菜蕃茄,芹菜,豇豆和黃瓜產量可下降 20%;而有中等敏感性的生菜,四季豆和辣椒產量下降 10-20%;最後,抗酸性較強的青椒,甘蘭,小白菜,菠菜和胡蘿蔔產量下降低於 10%。銀耳白了,菜葉黃了福建沿海某地,盛產銀耳,遠銷海內外。近期,不知什麼原因顏色泛黃,變成次品。農民將它們至入塑料大棚內,用硫黃蒸汽熏蒸,的確見效,銀耳雪白,成為上品。但大量的硫逸出大氣,或沉於地下。結果良田寸草不生,每日清晨,田間酸霧迷漫,菜地菜葉泛黃,所產菜無人敢買。附近城鎮居民,多患哮喘病和支氣管炎。經過教育和綜合治理,業已改觀。

Research of simulation multi-functional au tomatic rain shelter

Author:Lin-Hui Bin, Jin-Zhi Ren

Advisor : Chen-HSiung Hung

Department of Biosystems Engineering
National Pingtung University of
Science and Technology

Abstract

Simulation automatic rain shelter with rain reported to the side of the holder, toggle switch, micro switch, in the conditions of receiving sensor, trigger 5V DC motor to control rain shelter's on and off.

Rain reported system: It used a way similar to the rain gauge, to induction rain dripping. Installation save cups collect rainfall, when the rain arrived at the collect rainfall, trigger control circuit of the motor forward. When a period of time no longer rain trigger switch. Manual to turn on the motor to make it reverse.

Save cups: A cups placed in Conductive medium. When collect rainfall, and conductive medium will rise because buoyancy. Under the cups it have a funnel, who can slowly discharge the rain out to save cups.

Keywords: Rain shelter、Rain reported、DC motor

酒精汽油用於機車引擎與四行程單缸汽油引擎 效率之探討

學生姓名：薛景心 鄭文偉 郭宸銘

指導老師：洪辰雄

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

由於石油蘊藏量有限，且國際原油價格不斷上漲，研究開發替代能源的重要性日益彰顯，在眾多替代能源中，生質酒精頗受全球矚目。

所謂酒精汽油就是在汽油中添加一定比例的生質酒精，生質酒精一般多使用農作物所提煉出的天然酒精，利用農作物中的糖質（如甘蔗、甜高粱等）、澱粉（如甘藷、玉米）與纖維素能源作物轉製成之酒精，是屬於再生能源的一種，所以只要有持續種植農作物，就可以將它們轉換成酒精，相較於石化燃料，生質酒精可以自行生產供應，而且可以源源不絕。

本組探討酒精是否能用來替代部分汽油，使用不同比例的酒精汽油並以同樣的引擎轉速來量測燃燒時間的長短，作為評估的方法

一、引言

液態生質燃料的應用始於早期的汽車工業。尼古拉斯·奧古斯特·奧圖計劃用乙醇做燃料。柴油引擎的發明者，魯道夫·迪塞爾，打算拿花生油做燃料。

由亨利·福特發明的 T 型福特，完全使用乙醇為燃料。但在賓州與德州的油田被發現後，石油變得很便宜也極易取得，於是汽車便開始改用汽油或柴油。

但是石油的儲量畢竟有限，而且開採費用昂貴。海上探油與開採會擾亂海洋環境，尤其以清理海底的挖掘工作對環境的破壞最大。油輪事故所洩漏的油，會對脆弱的海岸生態系統造成嚴重的破壞。

石油燃燒時會向大氣層釋放二氧化碳，一般只有大型的發電廠才能夠裝配吸收二氧化碳的裝置，單個車輛無法裝配這樣的裝置，這將導致全球日益暖化。

使用酒精汽油，引擎無需改造，動力性能基本不變，排氣中 CO 和 HC 化合物平均減少 30% 以上。因為酒精汽油的燃燒特性，能有效地消除火花塞、燃燒室、氣門、排氣管消聲器部位積炭的形成，減少油耗。

雖然從機理上講，酒精熱值比汽油熱值低，會使動力性能下降，但因酒精中含氧，能將原本不能完全燃燒的部分充分燃燒，從而使油耗相應減少。兩者相抵，使總體油耗持平或略有下降。

酒精汽油相對於純汽油具有較高的辛烷值，可以用來提高燃油的抗爆性，而且酒精的含氧量高，燃燒效率高，所以燃燒時可以減少燃燒不完全所造成的廢氣污染，而且使用酒精汽油可減少石化燃料的消耗量，對於地球氣候變遷溫暖化有減緩的趨勢。

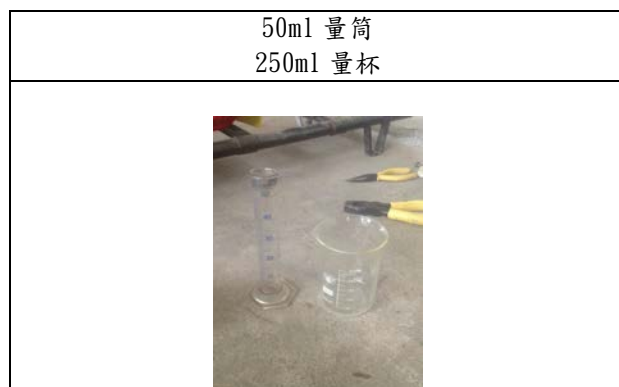
因為生質酒精是農作物所提煉出來的，因為耕作面積有限，如果這些農作物大多用在提煉生質酒精上，就會影響到人類的糧食產量。

使用生質酒精對於汽車材料中的銅、鋅會具有腐蝕性，對於橡膠等彈性材料會造成膨脹、軟化及老化等現象，並產生滲透性蒸發排放等影響，所以使用上亦須注意其適用性。

生質燃料可被生物分解，倘若不小心潑灑到自然環境，相較於其他燃料也較不容易造成環境污染。

將酒精添加在汽油等燃料中，能降低原油的消耗量，同時減少二氧化碳的排放，緩和溫室效應對環境、氣候帶來的衝擊。

二、實驗材料



碼表



轉速表



滴管



95%藥用酒精



95 無鉛汽油

名稱	本田 GX160 引擎
形式	空冷 4 ストローク傾斜形ガソリン(OHV)
シリンダー数-内径×行程(mm)	1-68×45
総排気量(cm ³)	163
連続定格出力(PS/rpm)	4.0/3,600〈4.0/1,800 慢速〉
最大出力(PS/rpm)	5.5/4,000〈5.5/2,000 慢速〉
最大トルク(kgm/rpm)	1.1/2,500(2.2/1,250 慢速)
回転方向	左(出力軸側より見て)
使用燃料	自動車用無鉛ガソリン
燃料タンク容量(L)	3.6
燃料消費率(g/PS-h)	240(連続定格出力時)
潤滑油容量(L)	0.6
気化器	横型バタフライ式
点火方式	無接点式マグネット点火(トランジスタ)
点火プラグ	NGK:BP6ES/BPR6ES, ND:W20EPU/W20EPR-U
始動方式	リコイル式
調速方式	遠心重錘式
潤滑方式	強制飛沫式
減速方式	1/2 チェーン減速
エアクリナー方式	半乾式
乾燥重量(kg)	15.0〈16.0〉
全装備重量(kg)	18.5〈19.5〉
寸法(全長×全幅×全高)(mm)	304〈343〉×362×335
http://www.taiwan-sato.com.tw/9vjb3ncj50.html	

三、研究内容與方法

本組探討酒精是否能用來替代部分汽油，此次使用不同比例的酒精汽油並以同樣的引擎轉速來量測燃燒時間的長短，評估對引擎效率的引響

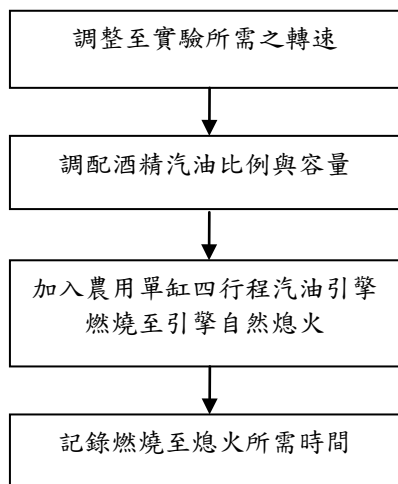
本次使用機車引擎以及農用單缸四行程汽油引擎

機車引擎	
	
SYM 悍將 4V 125	
車長	1,807 mm
車寬	687 mm
車高	1,080 mm
車重	114 kg
軸距	1,260 mm
座墊高	752 mm
前輪煞車	碟式(φ205mm)
後輪煞車	鼓式煞車(φ130mm)
前燈(遠 / 近光)	12V 25W / 25W x2
後燈 / 牌照燈 / 煞車燈	12V 5W /5W /18W x1
前 / 後方向燈	12V 10W x4
位置燈	LED
儀錶(方向指示燈) (儀錶照明燈) (遠光指示燈)	12V 3.4W x2
儀錶(方向指示燈) (儀錶照明燈) (遠光指示燈)	12V 1.7W x3 12V 1.7W x1 15Ax1 / 7Ax1
保險絲(電瓶/前燈)	
電瓶型式 容量	YTX9A-BS 12V 8Ah
火星塞(標準形式)	CR7E
火星塞(高速行駛)	CR8E
點火方式/起動方式	直流晶體 / 電動
汽油箱容量	6 公升
農用單缸四行程汽油引擎	
	

對農用引擎主要是測定持續時間

發動引擎溫車時間 5min





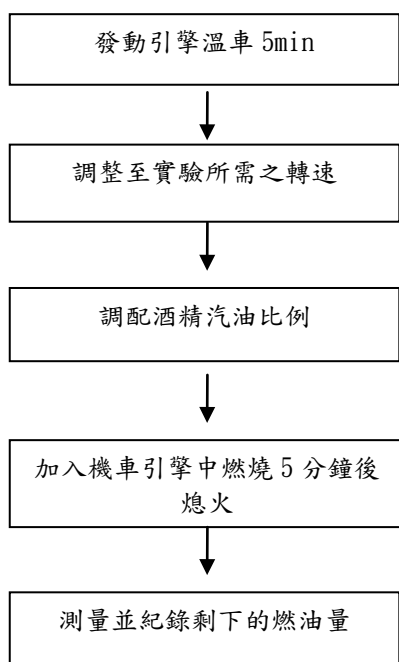
燃油比例為 1:1、1:2、1:4 的酒精汽油 (E50、E33、E20)

比值為(1=25c.c.)以及(1=50c.c.)

燃油量為(125ml)以及(250ml)

引擎轉速設定有 1500±50、1800±50、2300±50
2600±50、2900±50、3300±50 等 rpm

對機車引擎主要是測定消耗油量



燃油比例為 E5、E10、E15、E20、E25、E30、
E35、E40、E45、E50 的酒精汽油(間格 5)

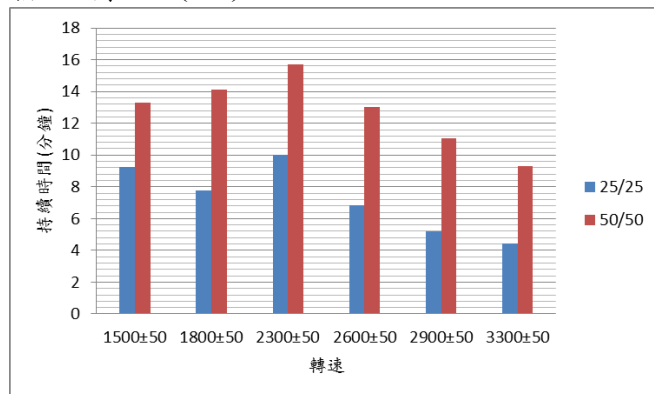
每次實驗的燃油量固定為 1000ml

引擎轉速有 2950±50rpm 及 3250±50 rpm

四、結果與討論

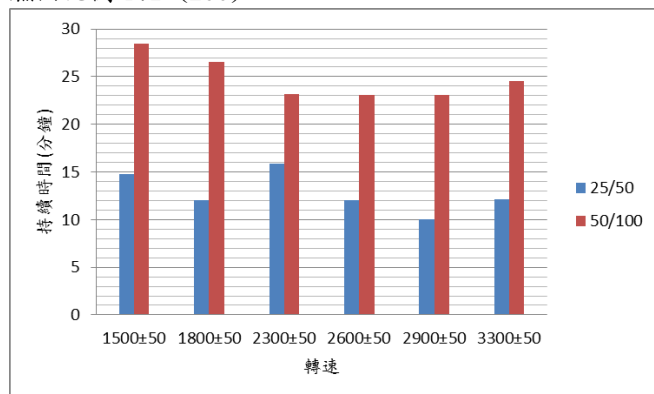
農用單缸四行程汽油引擎燃燒不同比例、不同容量的
酒精汽油至熄火所需時間

燃油比例 1:1 (E50)



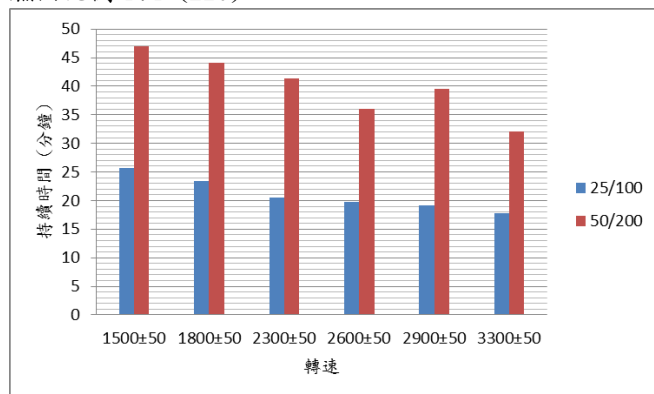
除了 1500rpm 與 2300rpm 以外的轉速
酒精汽油 50/50 的持續時間幾乎是 25/25 的兩倍

燃油比例 1:2 (E33)



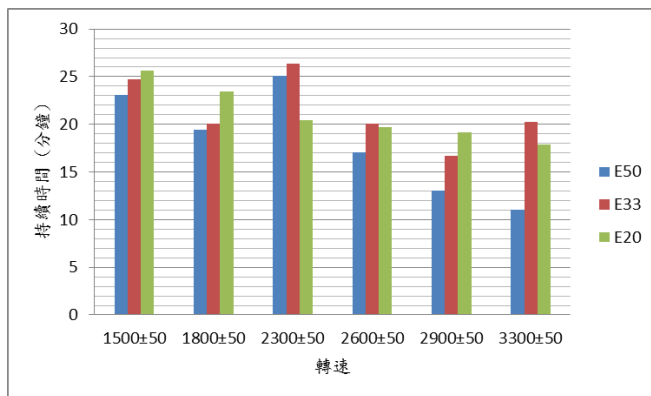
除了 2300±50rpm 以外的轉速
酒精汽油 50/50 的持續時間幾乎是 25/25 的兩倍

燃油比例 1:4 (E20)



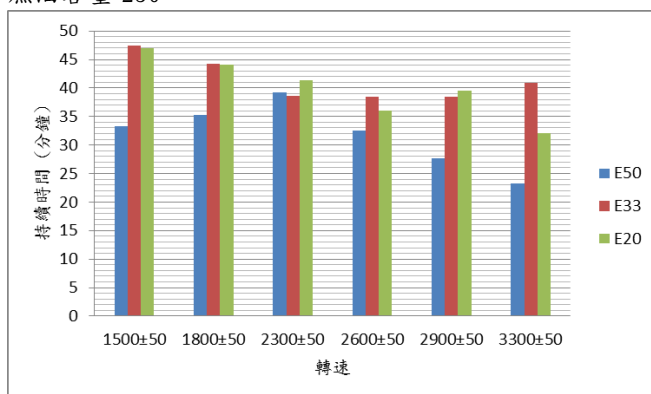
酒精汽油 50/50 的持續時間幾乎是 25/25 的兩倍

燃油容量 125



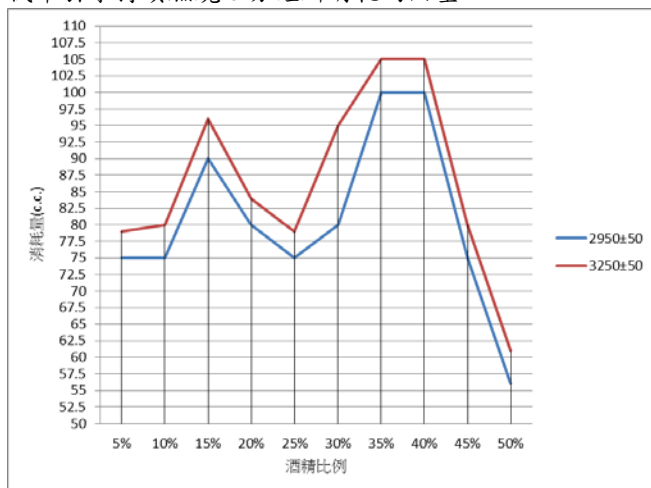
在不同轉速下，E25 與 E33 的持續時間差異不大
但皆比 E50 持續更久

燃油容量 250



大部分轉速下，E25 與 E33 的持續時間差異不大
E50 只有在 2300±50 附近持續較久

機車引擎持續燃燒 5 分鐘所消耗的油量



從圖表可看出只有 E50 的消耗量比其他比例來的少
而且 E15、E35、E40 的消耗量比其他來的多

五、結論

機車引擎使用酒精汽油 E50 的消耗量最少，其次分別為 E5、E10、E25、E45，農用單缸四行程汽油引擎使用酒精汽油在燃油量相同，不同轉速下 E20 與 E33 的持續時間各有差別，推測最佳的持續時間應該在這兩者之間，由於酒精汽油中的酒精含量， $E50 > E33 > E20$ 。參考機車引擎的數據後，E50 最能節省汽油的消耗量而 E20 到 E30 之間，兼具最長持續時間與低耗油量。

六、致謝

本次實驗要感謝洪辰雄老師在這段時間耐心的指導，協助我們決定分工與準備實作器材，讓我們順利的把數據統計完成，同時感謝學長們的解說與參考資料，幫助我們完成專題資料的計算與排定

七、參考文獻

1. 未來能源的新星——生質燃料（大紀元周刊）
<http://mag.epochtimes.com/b5/096/5520.htm>
2. 石油的局限與替代能源（大紀元電子日報）
<http://www.epochtimes.com.tw/7/7/24/61191.htm%E7%9F%B3%E6%B2%B9%E7%9A%84%E5%B1%80%E9%99%90%E8%88%87%E6%9B%BF%E4%BB%A3%E8%83%BD%E6%BA%90>
3. SYM 悍將 4V 125 規格
<http://www.pcstore.com.tw/odomy/M00060141.htm>
4. [ARTC 專欄]何謂酒精汽油 及其優缺點與適用性
<http://cool3c.incar.tw/article/51095>
5. 酒精汽油知多少（看雜誌）
<http://www.watchinese.com/article/2007/6?page=4>
6. 乙醇汽油和普通汽油的區別（旅行百科網）
<http://xing.glyx.cn/machine/2054.shtml>

Discussion on The alcohol gasoline for locomotive Engines and Agricultural Single-cylinder Gasoline Engine Efficiency

Student : Ching-hsin Hsueh
Wen-wei Cheng
Chen-ming Kuo

Teacher : Chen-Hsiung Hung

Department of Biosystems Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Due to the limited oil reserves and rising international crude oil prices, increasingly highlight the importance of research and development of alternative sources of energy, across a range of alternative sources of energy, biomass alcohol popular with the world's attention.

So-called alcohol gasoline is in gasoline in the added must proportion of health mass alcohol, health mass alcohol General more using crop by refined out of natural alcohol, using crop in the of sugar mass (as sugarcane, and sweet sorghum,), and starch (as Ipomoea batatas, and corn) and cellulose energy crop transformed into of alcohol, is belonging to renewable energy of a, so as long as has continued planting crop, on can will they conversion into alcohol, phase more Yu petrochemical fuel, health mass alcohol can themselves production supply, and can endless.

This group explores whether alcohol part can be used as an alternative fuel Use a different proportion of alcohol gasoline with the same engine speed to measure the length of burn time, as a method of assessment

附 錄

酒精汽油對農用引擎的持續時間 (分鐘:秒)

怠速 1700±50	酒精： 25 汽油： 25	9：14	酒精： 50 汽油： 50	16：19
	酒精： 25 汽油： 50	14：49	酒精： 50 汽油：100	28：26
	酒精： 25 汽油：100	25：38	酒精： 50 汽油：200	46：58
怠速 2000±50	酒精： 25 汽油： 25	7：46	酒精： 50 汽油： 50	14：07
	酒精： 25 汽油： 50	12：02	酒精： 50 汽油：100	26：30
	酒精： 25 汽油：100	23：28	酒精： 50 汽油：200	44：07
怠速 2300±50	酒精： 25 汽油： 25	10：01	酒精： 50 汽油： 50	15：43
	酒精： 25 汽油： 50	15：50	酒精： 50 汽油：100	23：09
	酒精： 25 汽油：100	20：28	酒精： 50 汽油：200	41：21
怠速 2600±50	酒精： 25 汽油： 25	6：49	酒精： 50 汽油： 50	13：02
	酒精： 25 汽油： 50	12：01	酒精： 50 汽油：100	23：46
	酒精： 25 汽油：100	19：42	酒精： 50 汽油：200	36：01
怠速 2900±50	酒精： 25 汽油： 25	5：13	酒精： 50 汽油： 50	11：04
	酒精： 25 汽油： 50	10：18	酒精： 50 汽油：100	23：03
	酒精： 25 汽油：100	19：11	酒精： 50 汽油：200	39：28
怠速 3300±50	酒精： 25 汽油： 25	4：25	酒精： 50 汽油： 50	9：18
	酒精： 25 汽油： 50	12：08	酒精： 50 汽油：100	24：31
	酒精： 25 汽油：100	17：51	酒精： 50 汽油：200	32：04

酒精汽油對農用引擎的持續時間 (續)
(分鐘:秒)

轉速 比例	1 5 0 0±5 0	1 8 0 0±5 0	2 3 0 0±5 0	2 6 0 0±5 0	2 9 0 0±5 0	3 3 0 0±5 0
E 5 0	2 3 : 0 5	1 9 : 2 5	2 5 : 0 2	1 7 : 0 2	1 3 : 0 3	1 1 : 0 2
E 3 3	2 4 : 4 2	2 0 : 0 3	2 6 : 2 3	2 0 : 1 6	1 6 : 4 3	2 0 : 1 3
E 2 0	2 5 : 1 7	2 3 : 2 8	2 0 : 2 8	1 9 : 4 2	1 9 : 1 1	1 7 : 5 1
E 5 0	3 3 : 1 7	3 5 : 1 8	3 9 : 1 7	3 2 : 3 5	2 7 : 4 0	2 3 : 1 5
E 3 3	4 7 : 2 3	4 4 : 1 0	3 8 : 3 5	3 8 : 2 8	3 8 : 2 5	4 0 : 5 2
E 2 0	4 6 : 5 8	4 4 : 0 7	4 1 : 2 1	3 6 : 1 0	3 9 : 2 8	3 2 : 4 0

酒精汽油對機車引擎的消耗數據

汽油 + 酒精	轉速	2880~3000 rpm	3200~3300 rpm
	950 + 50	925	921
	900 +100	925	920
	850 +150	910	904
	800 +200	920	916
	750 +250	925	921
	700 +300	920	905
	650 +350	900	895
	600 +400	900	895
	550 +450	925	920
	500 +500	944	939

具多波段 LED 植物燈之魚菜共生系統研究與分析

學生姓名：林君穗

指導老師：張仲良 老師

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本研究旨在設計一套植物生長所需養分自主提供系統，該系統主要結合 LED 植物生長燈、光源控制器、魚類養殖箱、菜類生長箱以及魚類排泄物處理裝置，

本實驗將結合魚類與菜類生長箱，魚類排泄物經由排泄物處理裝置過濾後，提供水耕植物養分，待養水養分經由植物吸收後經由硝化介質濾除水中雜質後重新供給魚類生長箱使用。經由實驗證明，三隻 2~5 克的金魚最多可供給 12 株幼苗番茄養分於 30 天內生長所需。

壹、引言

現代人對“吃”的品質越來越挑剔，例如 蔬菜水果，從外觀上都選擇色澤較為鮮艷、相對體積較大的食材。農夫為了達到此目的，漸漸使用動物(豬、牛)的排泄物作為堆肥，但使用上的手續繁複也影響了空氣品質，開始使用化學農藥，但使用後的化學廢液對環境影響卻是一大隱憂。種植的環境也影響作物的生長，太陽光受季節與氣候限制，於是室內種植人為控制環境因素，使用發光二極體 LED 燈作為光源，具有光量、光週期、光質(紅、藍、白及紅外、藍、白)比例可設定為作物最適合的光照度優點。加上水產養殖也需要大量換水保持水質，浪費水資源，廢水含有營養鹽汙染海洋。

在現代農業種植廣泛使用肥料下，市面上肥料的選擇也越來越多，哪一種成分最適合欲種植的植物就成了選擇的關鍵，此實驗了解有機肥料以及化學肥料的差異性並作成果差異之討論。

1.1 有機肥簡介

- 1) 糞肥-由動物糞便而來。
- 2) 堆肥-各類桔稈、落葉、動植物殘體、動物糞便以及少量泥土混合而成的肥料。
- 3) 綠肥-用綠色植物，如苜蓿、滿江紅、水葫蘆等作肥料。
- 4) 沼氣肥-使用沼氣池中副產物作肥料，包括各類有機物腐解產生沼氣後剩餘的沼氣液、殘渣等[1]。

金魚糞肥成分:硼、鉀、鎂、硫、碳鈣、磷、錳、鋅、鐵、銅。

1.2 化學肥簡介

1) 氮肥：

氮態氮肥料及有機肥料在土壤中，最初以銨離子供應作物吸收，一部分氮則同時被硝化細菌利用做為能源而被氧化成硝酸根。沒有被作物吸收利用的硝酸根可能被淋洗而污染地下水，由土壤流失的硝酸根必然帶走鈣、鎂等離子，造成土壤酸化。

一部分硝酸根可能被細菌用來呼吸，即所謂的固氮作用，其中一些只還原到 N_2O 程度而逸散到大氣中，造成對大氣的污染。

2) 鉀肥：

現在使用大量氯化鉀，鉀在土壤中的解離度很低，但氯離子要移走時，必然會帶鈣、鎂離子等一起走；因此，施用氯化鉀必然造成土壤額外的酸化。(土壤酸化自古以來在自然界就不斷進行。酸來自碳酸、硝酸，例如紅壤化作用；酸來自有機物，例如灰壤化作用)。

3) 微量元素肥料：

鐵、錳、鋅、銅、鉬等是重金屬，不當使用重金屬鹽類會造成累積。微量元素肥料都是嚴重的污染源，例如甜菜需要較多的硼，如施用大量硼砂來遷就甜菜，則會造成過多硼的偏頗使土壤不適合穀類的栽培，因此，施用微量元素肥料須嚴格控制[2]。

本實驗用化學肥料為花寶一號，其成分：氮磷鉀 7-6-19，表示每 100 克，氮肥 7 克，磷肥 6 克，鉀肥 19 克，其他為他類元素。因為氮磷鉀是肥料三要素，所以會標示出來。

貳、研究內容與方法

2.1 實驗設備

依序可分為：

水管加裝節流閥 4 條，30L 收納箱 1 個，如圖 1(a)。1 呎魚缸 1 個，沉水馬達 2 個，金魚 6 隻，如圖 1(b)。硝化石，經硝化菌能夠把水裡的一些元素分解成植物可以吸收和利用的形式。

亞硝化單胞菌把氮轉化成亞硝酸鹽，硝化桿菌則把亞硝酸鹽轉化成硝酸鹽供植物吸收成長。如圖 1(c)。

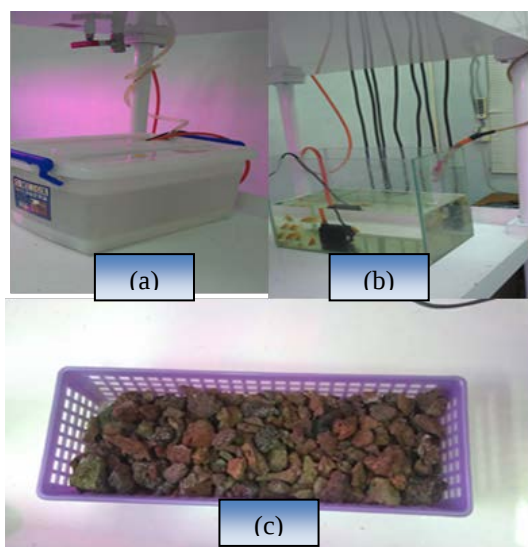


圖 1、(a)水管及養液桶設置、(b)魚缸、馬達、金魚設置、(c)硝化石



圖 2、穴盆，LED 紅光燈管，LED 紅外光燈管

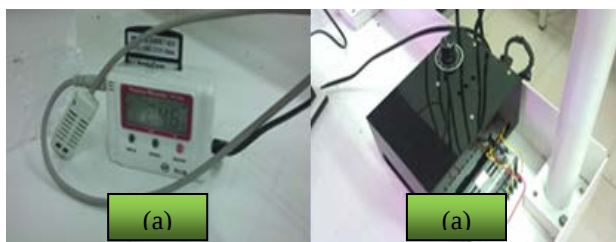


圖 3、(a)溫濕度記錄器、(b)可調光控制器

穴盆 2 個，LED 紅光燈管 3 支，LED 紅外光燈管 3 支（如圖 2）。

溫濕度記錄器，可測量範圍:溫度 $0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、濕度 $10\sim 95\%\text{RH}$ 使用環境範圍: $-10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ； $90\%\text{RH}$ 傳輸介面: RS232 to USB 人機介面，實驗用途: 實驗中我們利用溫、溼度記錄器來監視空氣中溫、溼度的變化，如圖 3(a)。

可調光控制器，實驗用途:調整 LED 模組的控制器，可控制 15 個迴路，每組迴路至多 20 個模組，模組中有三顆 LED 燈，每顆燈中有三種色光區塊紅、藍、白，共分為 255 階的等級來調整三種色光的光強弱程

度，如圖 3(b)。

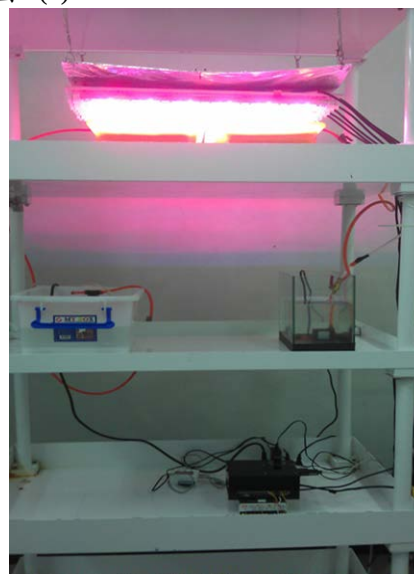
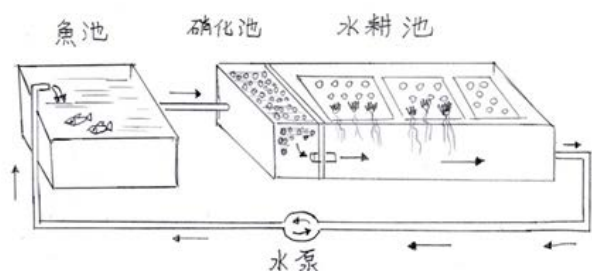


圖 4、設備全圖



圖 5、浮根式水耕栽培示意圖
(出自 <http://blog.udn.com/PMCBOS/7255710>)



水平式 魚菜共生原理圖 手繪:查丁壬

圖 6、魚菜共生系統設計
(出自 <http://www.solar-i.com/aqpon.htm>)

花寶一號，番茄種子數顆，萵苣種子數顆。
設備佈置(如圖 4)。

2.2 種植方法

湛液型的循環式水耕(水耕浮根式)。設有養液桶

和栽培床內可容多量的培養液，以泵浦將養液自養液

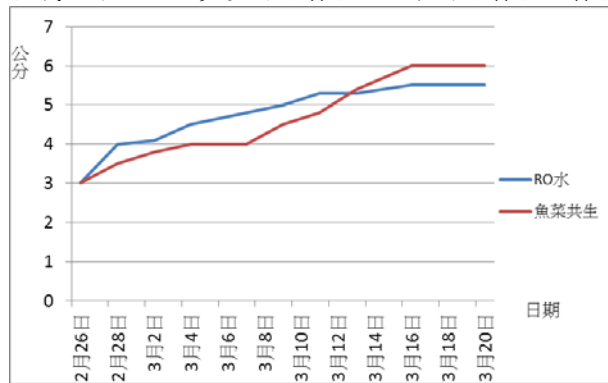


圖 7、第一次實驗數據-(莖高)

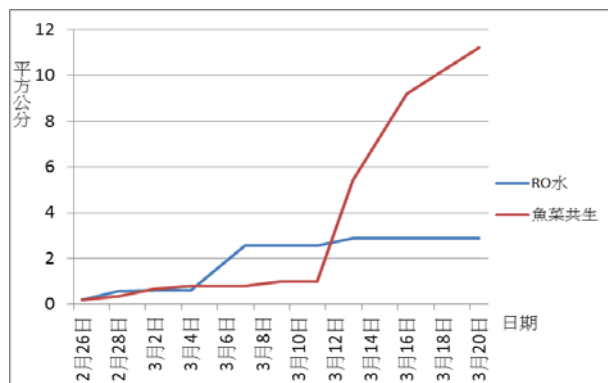


圖 8、第一次實驗數據-(葉面積)



圖 9、第一次實驗結果 3/3、3/7、3/9
(a、c、e)純水種植(b、d、f)魚菜共生系統種植



圖 10、第一次實驗結果 3/13、3/16、3/20
(g、i)純水種植(h、j)魚菜共生系統種植

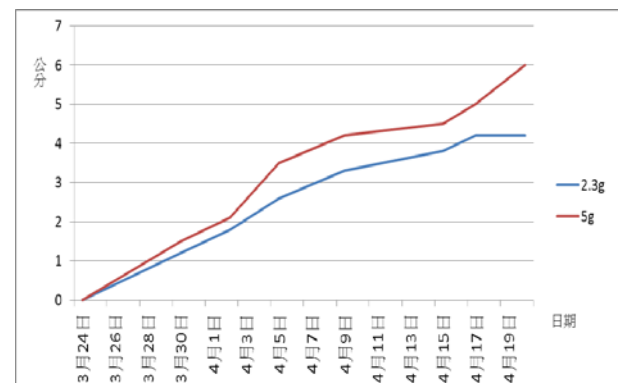


圖 11、第二次實驗數據-(莖高)

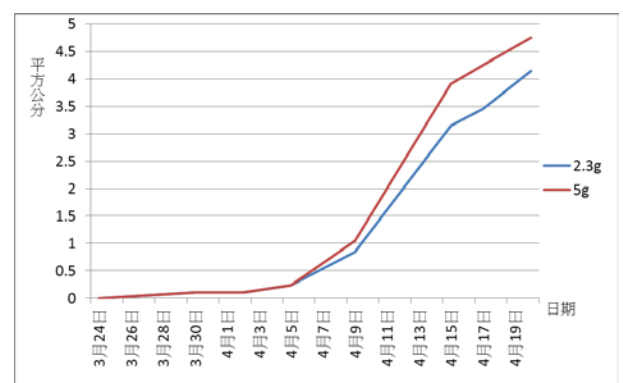


圖 12、第二次實驗數據-(葉面積)

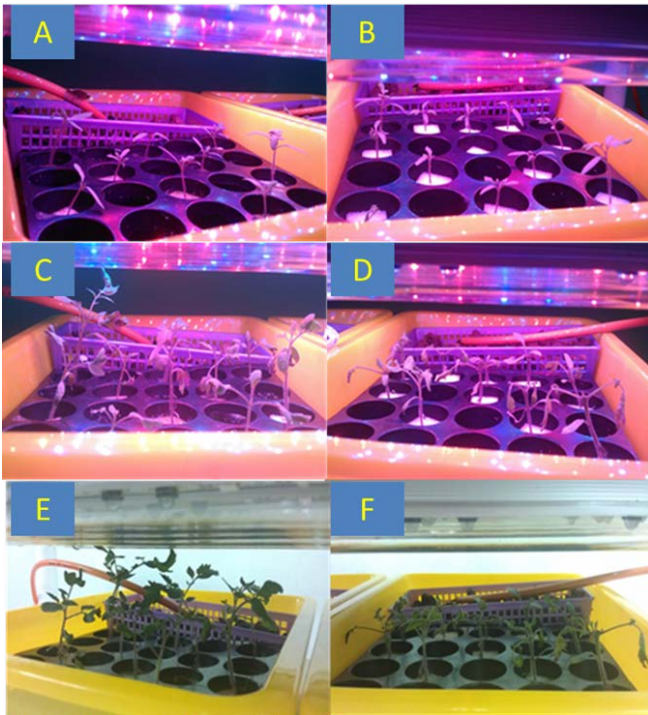


圖 13、第二次實驗結果 3/7、3/12、3/20
(A、C、E)5g 金魚種植(B、D、F)2.3g 金魚種植

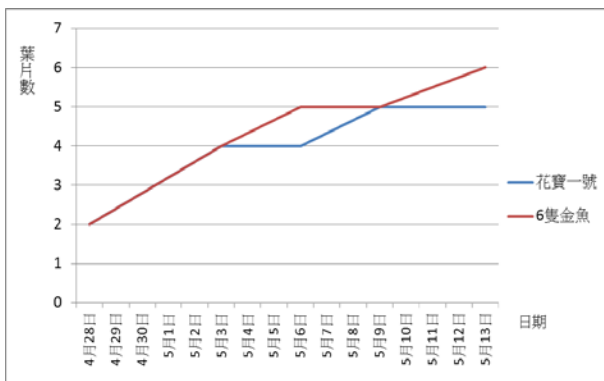


圖 14、實驗數據-(葉片數)

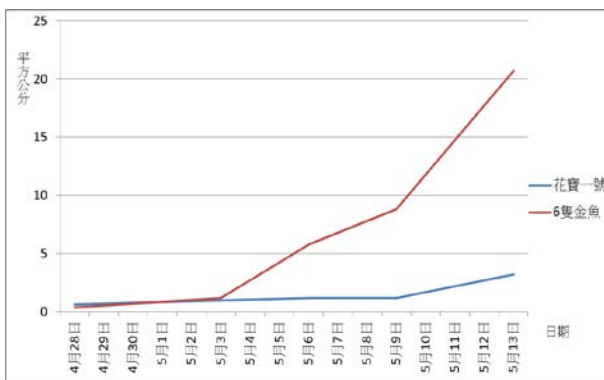


圖 15、實驗數據-(葉面積)



圖 16、第三次實驗結果 3/3、3/6、3/9
(1、3、5)花寶一號養液種植(2、4、6)魚菜共生系統種植

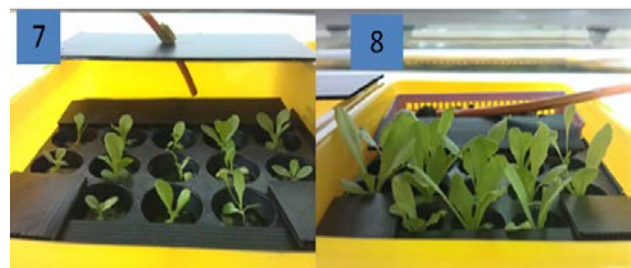


圖 17、第三次實驗結果 5/13
(7)花寶一號養液種植(8)魚菜共生系統種植

桶和栽培床間有持續性的強制循環。於養液循環的途中設置空氣混入裝置，增加溶氧量，或間斷性調節栽培床內的液位深或淺，使根可直接接觸空氣。(如圖 5)

優點：

- 1) 因保持相當大量的培養液，其配製後栽培期間的成分濃度變化較緩慢，所需要濃度調整的頻度較少。
- 2) 栽培床內的養液量容量大，根圈的溫度變化較小，而液溫之處理，冷卻也較容易自行調整。
- 3) 養液於循環的過程可利用液體或流動裝置不同之空氣混入，以增加溶氧量。
- 4) 培養液的濃度，或成分的平衡，pH 等的調整容易，且很均一。
- 5) 循環量（循環時間、間隔）以時間控制，很容易操

作。

缺點:

- 1) 因所需養液量比其他方式為多,所以栽培床和養液桶的容量必須較大。
- 2) 為使養液中有較多的溶氧,其泵浦的運轉需較多的動力費,而裝置費也較高。
- 3) 因養液的循環流動,使許多水媒性的病原菌等的地下部傳染性病害蟲很容易蔓延擴散。

2.3 魚菜共生簡介

複合養殖(Aquaponics)是由水產養殖(Aquaculture)和水耕栽培(Hydroponics)結合而成,由養殖槽與植栽床所構成。養殖槽主要提供氧及去除懸浮粒子設備,養殖生物以淡水魚、蝦類為主,海水魚、蝦則搭配大型海藻生產。植栽床為傳統水耕系統,使用水與養殖槽流通循環,所需養分為養殖生物排泄物轉換而得。系統中另一重要元素—經硝化石供給有益細菌,主要有兩種細菌負責分解魚的排泄物;能夠把水裡的一些元素分解成植物可以吸收和利用的形式。(如圖 6)

2.4 實驗方法

製作架設高度可調式發光二極體(LED)植栽燈板。分別以含有紅光、藍光、白光燈管 3 支及紅外光、藍光、白光 3 支發光二極體(LED)燈做為光源。設定參數:PPF(光合作用有效光 PAR 範圍內光子的數量較佳的測量基準是量測其光合作用光子通量密度 Photosynthetic Photon Flux Density,簡稱 PPF),

等於 $300 \pm 10\%$

週期等於 12:12 小時

利用室內空調作種植環境參數的控制。

設定參數:溫度等於 $24^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$

濕度等於 $65\% \sim 68\%$

利用金魚的排泄物,經由沉水馬達送到有硝化作用的硝化石,將排泄物其中的水中懸浮及有害元素有機大分子,經硝化菌等益菌的轉化為營養小分子(氮、磷、鉀、鎂等其他微量元素)後,供給植物的根吸收,利用發光二極體(LED)為光源進行光合作用促使植物成長,同時硝化石也淨化水質,再循環回魚池供給魚類健康的生長環境,使兩種生物互惠合作生長的方式。

2.4.1 第一次實驗

證實魚的排泄物可成為植物的養分及系統的可行性,分別以純水及魚菜共生循環系統,在光源、溫度、濕度、植物數量相同的條件下,觀察生長差異。植栽數為各 8 株,一為純水(RO 水)另一為魚菜共生系統,選用 3 隻平均 5g 的金魚為水產魚,種植番茄。採各三株生長情形(莖高及葉面積)最佳者平均後作為實驗觀察數據。

2.4.2 第二次實驗

欲更進一步了解水產養殖方面影響植物的程

度,與第一次實驗相同的環境參數設定,PPF 等於 $300 \pm 10\%$ 、週期等於 12:12 小時、溫度等於 $24^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$ 、濕度等於 $65\% \sim 68\%$,再分別以同樣三隻金魚,一邊魚的重量為 4~6 克,另一邊魚的重量為 2~3 克,在同樣的植栽數量(均為 12 株)下,觀察生長差異。

2.4.3 第三次實驗

此實驗欲了解使用有機肥料及化學肥料的生長差異,及欲證實不一定要使用化學肥料,可以更環保天然的方式也一樣可以達到使用化學肥料的成果。與前兩次實驗相同的環境參數設定,PPF 等於 $300 \pm 10\%$ 、週期等於 12:12 小時、溫度等於 $24^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$ 、濕度等於 $65\% \sim 68\%$,另以一邊為使用花寶一號作為養液肥,與一邊為 6 隻平均 3g 的金魚魚菜共生系統作比較觀察生長差異。

欲短期內達到兩種肥料影響程度觀察,改種植育苗期較短的葉萵苣作為此實驗觀察種植植物。

參、實驗結果

3.1 第一次實驗結果

經此次實驗後證實了此魚菜共生系統的可行性,可達到相輔相成的作用,並使得種植作物有生長速度更快及外觀生長良好的現象,水產部分也省去了換水的麻煩及廢水處理的問題。欲更進一步了解水產養殖對植栽的影響程度,希望能更精準的調配植栽數及水產養殖產生之糞肥的比例,因此目的進行第二次實驗。(如圖 7~圖 10)

3.2 第二次實驗結果

從此實驗發現三隻金魚糞肥平均可供給 12 株番茄養分。不過大小重量不一的情形相較之下影響程度沒有預期的大,越大隻的魚吃的多排泄物相當應該也較多養分也應當更多,但實驗顯示到種植後期才慢慢有明顯差距,生長速度相比差距不大,但以較大隻(5g)的金魚糞肥為養分的番茄,葉片較大且色澤較好。(如圖 11~圖 13)

3.3 第三次實驗結果

這次實驗選用葉萵苣為觀察植物,由實驗解果顯示有機糞肥養分也能達到使用人工化學肥的成果,甚至可以比使用化學肥更好,比起養液式化學肥養分更為均衡、天然,也省去了更換養液的麻煩及沒有養液氧化 PH 值改變的問題。(如圖 14~圖 17)

肆、結論

經過三次實驗觀察後結果顯示魚菜共生此系統的可行性。

達到促進植株生長的效果,並減少水產養殖需大量換水浪費水資源的問題。

魚的大小重量影響糞肥的多寡進而影響生長速度、葉

片光澤度。

目前經實驗觀察平均三隻2~5g的金魚最多可供12株番茄養分，生長型態為較佳比例。

與化學液肥水耕種植相比，化學液肥需要專業知識調製養液，使用數次後含有過多根系分泌物及缺乏部分元素，PH值的改變、養液的氧化問題則需重新調配，魚菜共生系統與此相比設置更為簡單，養分更為單純、均衡的供給植株養分，對環境影響相比也較環保沒有廢水污染海水的問題。

伍、致謝

非常感謝張仲良老師在整個專題製作的指導與協助，對於我遇到的困難老師總會耐心的提出建議和方向，讓我對專題研究上有更多想法，在此也謝謝實驗室的謝金龍學長、洪國豐學長、張光壁學弟、輔導我較不熟析的燈板電路、水產養殖及植物種植等等領域的專業知識，才能完成這一次的專題發表。

陸、參考文獻

[1] 維基百科，有機肥，來源網址：

<http://zh.wikipedia.org/zh-hk/>

[2]有機農業全球資訊網，化學肥料，來源網址：

<http://organic.supergood.com.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=manager-6&PreView=1>

[3]強而青科技開發有限公司官方網站，太陽能陽台水耕，來源網址：

<http://www.solar-i.com/sbal.htm>

[4]魚菜一家 Home Aquaponics 的部落格，2011，

Aquaponics (魚菜共生) 簡介，來源網址：

<http://homeap.pixnet.net/blog/post/64991801>

[5] 台大生機系 方煒，(營/培)養液栽培 水耕栽培論文

<http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/class-cea/%E6%B0%B4%E8%80%95%E7%B3%BB%E7%B5%B1.pdf>

[6]楊明樺，鄭金華，水產試驗所東港生技研究中心，Aquaponics養殖與水耕複合系統簡介

[7] AVATA 魚菜共生，來源網址：

<http://aquaponics-taiwan.blogspot.tw/>

Multi-Band LED Grow Light with the fish dishes Symbiotic System Research and Analysis

Student: Lin Chunhui

Advisor: Chung-Liang Chang, Ph.D.

Department of Biomechartronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This study aims to design a self-providing nutrients required for plant growth system, the system combines LED grow lights, light controllers, fish farming boxes, Aquatica growth chamber and fish waste treatment plant. This experiment will be combined with the vegetable species of fish growth chamber, fish excrement excrement processing device via filtration, providing hydroponics plant nutrients, to be raising water nutrients absorbed by plants through nitrification media filter water impurities and re-supply growth of fish tank use .The experimental evidence, three goldfish 2 to 5 grams up to 12 seedlings of tomato nutrient supply within 30 days needed for growth.

應用超音波霧化器與發酵式 CO₂ 控制裝置於 LED 植物栽培系統之研究

學生姓名：蔡恩典

指導老師：張仲良

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本實驗主要利用模擬圓形溫室內分區域離型，在微環境下用於黃光及白光 SMD5050-LED，在光暗週期 20:4 的條件下照射植物生長影響及微控制晶片 PIC18F4520 控制製作發酵式 CO₂ 氣體流量，且搭配超音波霧化器促進植物光合作用效率及環境濕度增加。在模擬圓形溫室內分區域離型會分成兩區種植作物生長，一區單純利用 SMD5050-LED 照射植物生長；另一區用於 SMD5050-LED 及微控制晶片控制發酵式 CO₂ 氣體流量，提供 700ppm~1000ppm 濃度使植物生長，在酵母菌在缺氧時，發酵式的酵母會進行缺氧呼吸作用，當中糖酵解作用將葡萄糖轉化成丙酮酸，其後丙酮酸經脫羧作用脫去碳原子，形成乙醛，同時釋出 CO₂ 氣體濃度，而取酵母菌發酵過程中釋出之 CO₂ 氣體濃度為植物生長所用。

關鍵字：發酵式 CO₂、超音波霧化、光合作用

1、引言

近年來，台灣氣候變化極端，夏季常有梅雨與颱風，冬季則有寒流侵襲，氣候變遷的問題常影響作物生長及收成，使品質與產量皆不穩定，因此，農民逐漸利用溫室栽培的方式進行作物生產的工具，來克服農作物栽培時所遭遇各種不確定環境因素的影響。溫室栽培係利用人為設施保護作物，以環境控制方式提供作物生長的最佳條件，使農作物生長過程中不受外界大氣環境影響，並提高農作物之品質、產期及增加產量等優點。

植物生長受到外在環境影響，植物栽培系統就是控制環境所造成不利植物生長因素使植物能以最有效率的方式生長，所控制的環境因素諸多。例如：溫度、溼度、光照度等。

植物具有葉綠體，其內有葉綠素和酵素。葉綠素能吸收光能，並藉酵素的幫助使二氧化碳和從植物根部吸收的水分合成葡萄糖，此種反應過程稱為光合作用。

光合作用在光飽和點 (light saturation point) 之下，光強越大，光合作用越多。超過光飽和點，光合作用不再增加。空氣中 CO₂ 濃度高，可能會提高光飽和點，而 CO₂ 超過一定濃度則會造成中毒現象，過高的 CO₂ 會造成植物葉片中的鈣、鎂、磷、鉀、氧含量降低，植物氣孔開張度減小，蒸發作用減弱、葉溫升高，會造成植物凋萎，黃化落葉現象。由於此原因而需要 CO₂ 控制裝置調節 CO₂ 濃度。

近年來，CO₂ 施肥技術是實現溫室設施栽培高產優質的重要技術措施之一，國外對 CO₂ 施肥技術研究較早，應用較普遍，增加產量十分明顯。中國自 20 世紀 70 年代後開始對 CO₂ 施肥技術進行研究，並小面積應用，取得較好的效果。但由於技術條件，經濟水平、CO₂ 來源等因素限制，該技術的推廣應用速度較緩慢。隨著設施栽培面積急劇擴大，國外大型連棟溫室與現代化栽培配套技術的引進和消化吸收，設施內 CO₂ 施肥作為一項高產量、優質化、抗病的技術措施，越來越受到園藝工作者和廣大生產者的關注。

目前在大氣中 CO₂ 的平均含量按體積比例約為 0.03%~0.032%，即相當於 320mL/m³。大氣中的 CO₂ 通過作物的光合作用而不斷以生物有機碳的形式被固定下來；另一方面，有機物又以兩種方式將 CO₂ 歸還大氣，一是生物的呼吸作用氧化有機物；二是微生物的呼吸作用將有機質腐殖化或礦質化，這樣在任何時刻大氣中的 CO₂ 都處於一個動態平衡之中，自然界的碳素平衡又影響著上述各個過程的速度。

溫室是一個相對封閉環境，作物在溫室內不斷進行著 CO₂ 的吸收與釋放過程，因此，溫室內的 CO₂ 濃度與外界環境有明顯差異。而且由於溫室類型、通風狀況和栽培床等不同，溫室內的 CO₂ 濃度變化較大。一般來說，白天溫室內綠色植物光合作用旺盛，CO₂ 濃度急劇下降；夜間光合作用停止，作物呼吸作用釋放 CO₂，室內 CO₂ 濃度逐漸升高。具體來說，夜間作物呼吸作用和土壤有經微生物分解釋放的 CO₂ 積蓄於溫室內，室內 CO₂ 濃度逐漸升高，到凌晨太陽出來時，溫室內 CO₂ 濃度可達

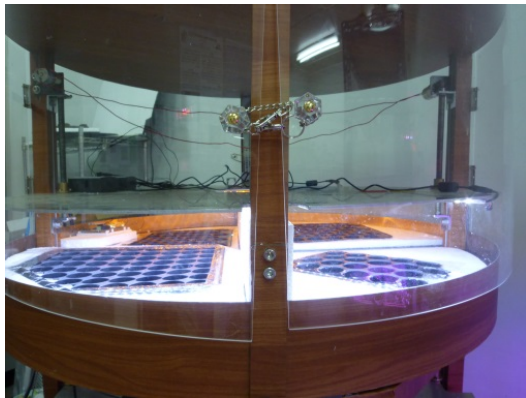


圖 1 模擬圓形溫室內分區域雛型



圖 2 模擬圓形溫室內某特定區域

400mL/m³以上，高於室外濃度。隨著日出，光合作用的開始，當光照度達到 3000~5000 lx、通風窗未打開之前，室內 CO₂濃度由於光合作用將急劇下降，下午 CO₂可低到 70~80mL/m³，作物表現出 CO₂“飢餓”狀態。因此溫室要求適時通風，白天通風後，室內 CO₂濃度上升，幾乎可以保持在室外濃度水平。^[1]

本文所提出黃光、白光 SMD5050-LED 及二氧化碳感測器裝置結合微控制晶片以及超音波霧化模組可確保栽培環境內 CO₂濃度條件能維持穩定，以各區域微環境條件不一下，確保作物是否正常生長以及種植標準化。

2、研究內容與方法

2.1 實驗系統設計

使用 PIC18F4520 單晶片監控模擬圓形溫室內系統微環境控制區 CO₂濃度環境，圓形溫室內系統配置(如圖 1 所示)，共分成兩區，並使用保麗龍隔離，分成控制區與對照區。控制區與對照區上方則配置黃光、白光 SMD5050-LED (如圖 2 所示)，為植物生長所需光照。控制區有注入發酵式 CO₂氣體及超音波霧化器，對照區則是無注入發酵式 CO₂氣體，二氧化碳感測器則放置於控制區負責感測 CO₂濃度氣體，CO₂濃度單位是 ppm。

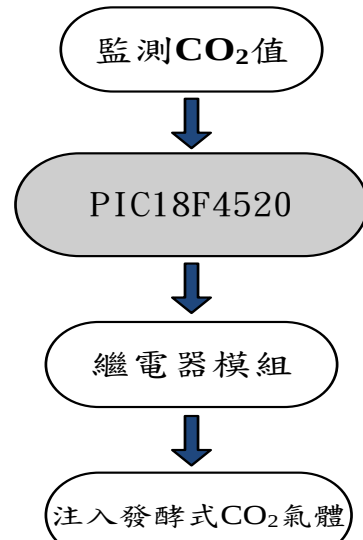


圖 3 系統規劃示意圖

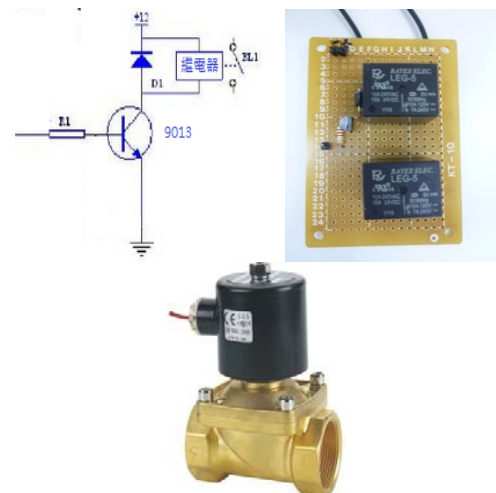


圖 4 電磁閥、繼電器模組

2.2 系統硬體架構

本文所提出系統規劃架構為(如圖 3 所示)，控制所使用的控制程式語言乃採用之 MPLAB 軟體進行整體系統程序控制與電路控制。

(A) PIC18F4520 微晶片電路

採用 PIC18F4520 單晶片作為主要控制核心，其輸入電壓為直流5V，並含有以下功能：

- a 有36個I/O port 可供使用；
- b 10-bit 類比/數位轉換器(ADC)通道有13組可供使用；
- c 有兩組 PWM 輸出可供使用^[2]。

(B) 電磁閥、繼電器模組

採用 DC12V 電磁閥，搭配繼電器模組，來控制注入發酵式 CO₂氣體流量(如圖 4 所示)。

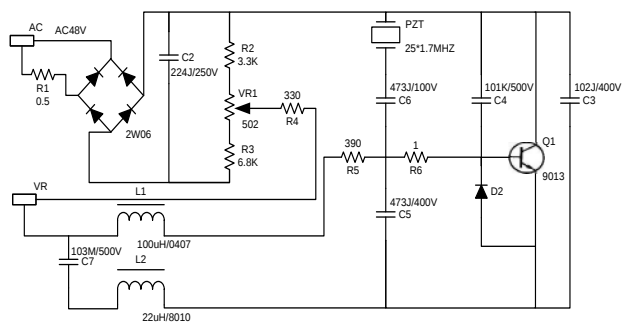


圖 5 超音波霧化電路圖

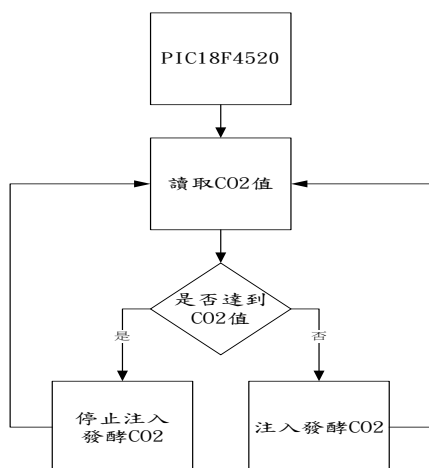


圖 6 控制 CO₂ 流程圖

(C) 二氧化碳感測器

使用 SAE-1002 型號來做為主要感測器，有液晶顯示，偵測範圍為 0~2000ppm 精度為 5%。其輸入電壓為直流 24V，輸出信號 4 至 20 mA，0 到 5VDC，0 到 10VDC，三種輸出可供選擇，作業環境溫度：0~50℃，作業環境溼度：0~95%。

(D) 電磁閥、繼電器模組

採用 DC12V 電磁閥，搭配繼電器模組，來控制注入發酵式 CO₂ 氣體流量(如圖 4 所示)。

(E) 超音波霧化

本實驗應用於超音波霧化器，配合光暗週期啟動，提高微環境中植物栽培系統中濕度(如圖 5 所示)。[3]

(F) SMD5050-LED

本實驗利用黃光及白光 SMD5050-LED，配置兩區域提供植物生長的光源。

(F) 整體控制系統電路

結合上述感測元件以及繼電器模組等，規劃設計出控制 CO₂ 流程圖，整體電路設計圖(如圖 6、8 所示)。

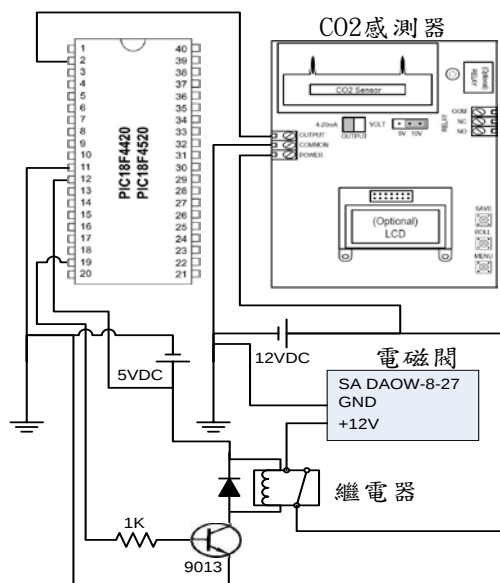


圖 8 微晶片 PIC18F4520 周邊控制電路



圖 9 主發酵容器

2.3 製作發酵式 CO₂ 方法

首先必須了解酵母菌生長曲線特性[4](如圖 7 所示)，在活性乾酵母的作用下，將糖發酵分解成為乙醇和 CO₂，採用這種方法進行 CO₂ 施肥，需要如下材料和設備：主發酵容器、糖、酵母、水、電磁閥等(如圖 9 所示)。用熱水配置糖溶液，等水溫降到 30℃ 左右時，加入酵母(溫度太高酵母會失效)。糖溶液發酵特徵出現後，將它倒入裝有糖溶液的主發酵容器中，經過 1 天後可發現發酵容器中正常產生 CO₂。

可以調節供氣管的閥門以調節供給植物的 CO₂ 量。CO₂ 供氣管的出口放置在植物上方，CO₂ 氣體濃度比空氣重，它會自行向下流動。初期只配置一個星期的糖溶液，每星期打開一次發酵容器，加入糖溶液，重新用膠帶密封好。

加完所有糖溶液、發酵幾星期後，當發現糖溶液中沒有氣泡時，(如果溶液像葡萄酒一樣沒有甜味，說明發酵過程已經完成)。這時，清潔發酵容器，重新開始新溶液配置和發酵過程。[1]

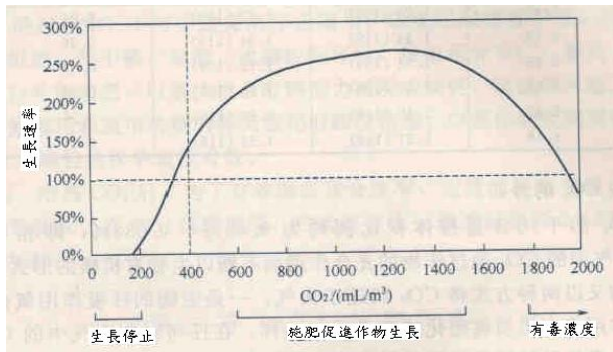


圖 10 CO₂濃度與作物生長關係圖

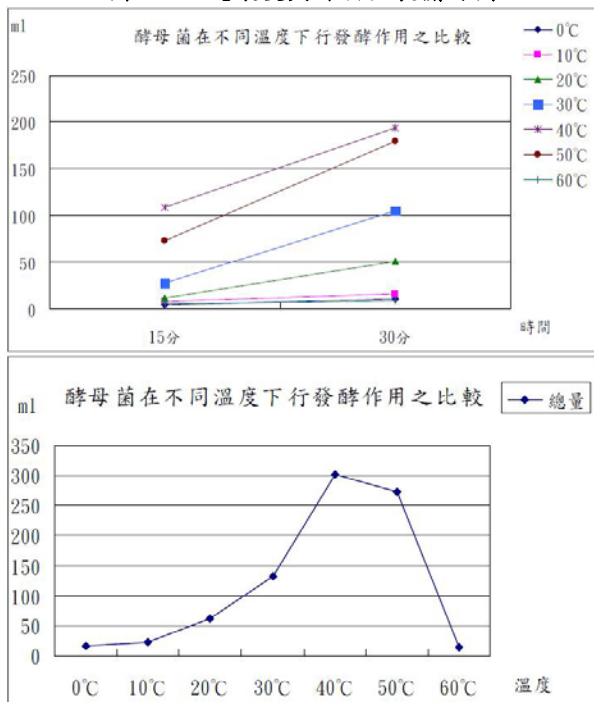


圖 11 酵母菌不同溫度發酵 CO₂產量

2.3-1 CO₂發酵時間與延長方法：

- 濃度越高產氣速率並未隨之增大，只是延長酵母菌的產氣時間
- 酵母菌重量越重，產氣速率也隨之增大，但產氣時間越短
- 不同的糖類以果糖使酵母菌的產氣時間最長，產氣時間大小順序：
1M 果糖 > 1M 葡萄糖 > 0.5M 蔗糖 > 1M 蔗糖。
- 酒精的濃度越高，抑制酵母菌產氣速率能力越強。

本實驗中使用方法為：及時更新培養基，排放有害代謝產物，為發酵工程中常採用延長穩定期，連續培養的方法提高產量。

附注：糖溶解度最高約為 64%，酒精濃度超過 14% 酵母菌死亡。[5]

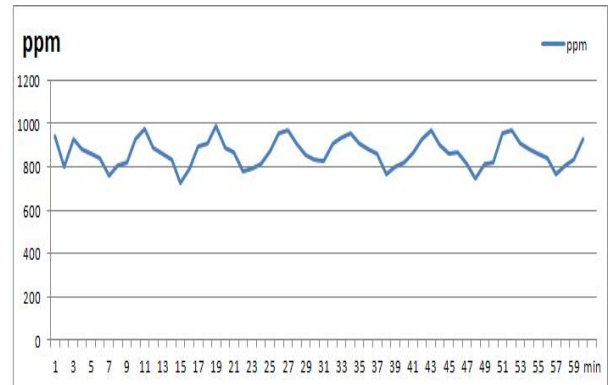


圖 12 每分鐘控制區內注入發酵式 CO₂氣體濃度變化量

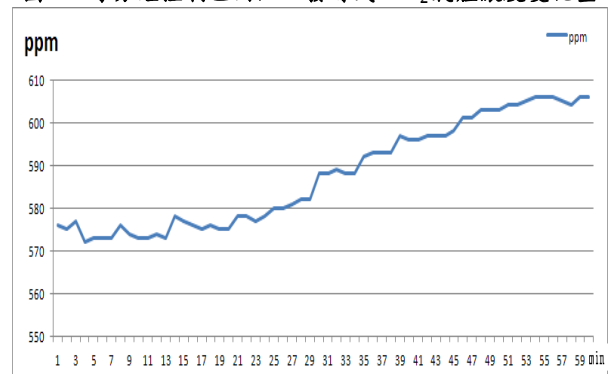


圖 13 每分鐘控制區內注入發酵式 CO₂氣體濃度變化量

2.3-2 發酵產生氣體是否為單純 CO₂：

以分子式說明

- 無氧發酵時： $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2ATP$
- 有氧發酵時： $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 30(32)ATP$

3、結果與討論

本實驗所設計模擬圓形溫室，周圍裝設壓克力之圓弧門，可減低因周遭環境因子快速變化進而對植物造成的影響，而內部所構成的微環境空間可提供使用者進行簡便的微環境監測與控制，在控制區實驗中先須了解酵母菌發酵產生 CO₂ 於植物栽培系統中之變化情形。在微環境下注入發酵式 CO₂ 氣體濃度，設定值範圍 700~1000ppm(參考圖 10)，發酵情況穩定時觀察控制系統對植物栽培系統中微環境發酵式 CO₂ 氣體濃度變化量。再對照區微環境內無注入發酵式 CO₂ 氣體濃度，不過微環境內也會有 570~610ppm CO₂ 氣體，且透過以下兩種不同實驗測試來分析微環境空間內的變化：



圖 14 黃光(550nm)注入 CO₂ 氣體對植物生長影響



圖 15 白光(400~700nm)注入 CO₂ 氣體對植物生長影響

3.1 注入發酵式 CO₂ 氣體濃度

控制區注入發酵式 CO₂ 氣體濃度條件下對植物生長影響，以超音波霧化器增加微環境中的濕度，再以每分鐘為單位測量結果(圖 12 所示)，結果在模擬圓形溫室內微環境中，發酵式 CO₂ 氣體濃度範圍介於 700~1000ppm 之間。

3.1-1 黃光 SMD5050-LED

黃光(550nm)SMD5050-LED 及發酵式 CO₂ 氣體濃度對植物生長影響(圖 14 所示)，以種植六穴葉萵苣，觀察植物生長，結果發現植物生長速率較慢，平均株高長度 0.93 cm、平均葉面寬度 0.51 cm。

3.1-2 白光 SMD5050-LED

白光(400~700nm)SMD5050-LED 及發酵式 CO₂ 氣體濃度對植物生長影響(圖 15 所示)，以種植六穴葉萵苣，觀察植物生長，結果發現植物生長速率比黃光效果較快，平均株高長度 1.83 cm、平均葉面寬度 0.82 cm。

3.2 無注入發酵式 CO₂ 氣體濃度

對照區無注入發酵式 CO₂ 氣體濃度、無超音波霧化器條件下對植物生長影響，再以每分鐘為單位測量結果(如圖 13 所示)，結果在模擬圓形溫室內微環境中，發酵式 CO₂ 氣體濃度範圍介於 570~610ppm 之間。

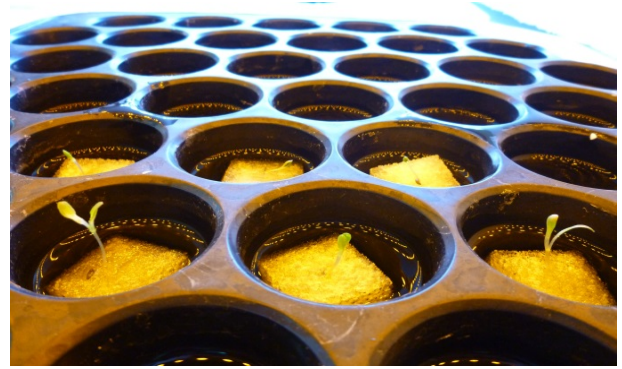


圖 16 黃光(550nm)無注入 CO₂ 氣體對植物生長影響

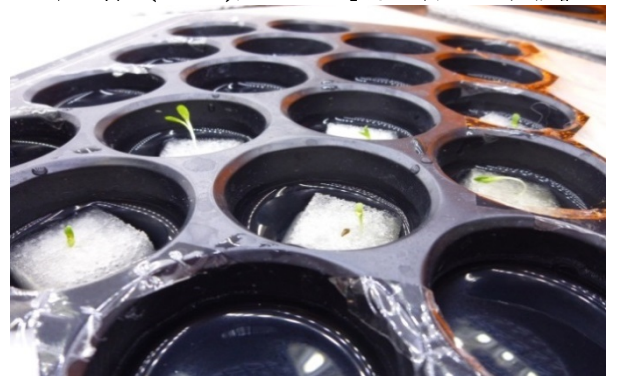


圖 17 白光(400~700nm)無注入 CO₂ 氣體對植物生長影響

3.2-1 黃光 SMD5050-LED

黃光(550nm)SMD5050-LED 及無發酵式 CO₂ 氣體濃度對植物生長影響(圖 16 所示)，以種植六穴葉萵苣，觀察植物生長，結果發現植物徒長，平均株高長度 0.75 cm、平均葉面寬度 0.41 cm。

3.2-2 白光 SMD5050-LED

白光(400~700nm)SMD5050-LED 及無發酵式 CO₂ 氣體濃度對植物生長影響(圖 17 所示)，以種植六穴葉萵苣，觀察植物生長，結果發現植物徒長比黃光效果較快，平均株高長度 0.62 cm、平均葉面寬度 0.32 cm。

4、結論

本實驗已初步完成模擬圓形溫室內微環境發酵式 CO₂ 氣體流量控制裝置系統，微環境內之發酵式 CO₂ 可控制於作物生長需要的範圍值，此方法已成功達到植物栽培系統內微環境空間之調控發酵式 CO₂ 氣體流量功能。超音波霧化器動作時間配合 SMD5050-LED 開啟，SMD5050-LED 開啟時間則是設定光暗週期 20:4，實驗中所使用的 SMD5050-LED 光量度無法完全供給植物生長，導致植物幼苗徒長現象。未來將 SMD5050-LED 改成 High power-LED 讓光量度達到植物生長所需要的光量度，並加入各種感測器偵測微環境變數值，以達最佳精準微環境因子控制的需求。

5、致謝

感謝張仲良老師對專題方向及技術上的指導。
感謝洪國豐學長對電路配置及論文撰寫上的支援。
感謝黃逸鳴學長提供 PIC18F4520 技術上的支援，最後感謝智慧型系統與訊號處理實驗室提供設備及經驗上的支援。

6、參考文獻

- [1] 周長吉，“現代溫室工程”，化學工業出版社，第 227 至 234 頁，2010 年。
- [2] 曾百由，“微處理器原理與應用 C 語言與 PIC18 微控制器”，五南出版。
- [3] 李鄧化、居偉駿，“新型壓電複合換能器及其應用”，科學出版社，2007 年。
- [4] 黃壬瑰，“環境荷爾蒙生物檢測方法—酵母菌檢測”，環境檢驗所環境調查研究年報 9，第 187 至 206 頁，2002 年。
- [5] 陳慶飛，“化學篇（一）發酵的密碼”，台北市，華一書局，1992 年。

附錄

```

/*****
/*                                     Ex12_1_UART.c
*****/
#include <p18f4520.h> //納入微控制器定義檔
#include <delays.h>    //納入時間延遲函式庫定義檔
#include <adc.h>       //納入類比訊號轉換函式庫定義檔
#include <timers.h>    //納入計時器函式庫定義檔
#include <usart.h>     //納入計時器 USART 通訊函式庫定義檔

// 設定微處理器相關結構位元
#pragma config OSC=HS, BOREN=OFF, BORV = 2, PWRT=ON, WDT=OFF, LVP=OFF

#define TMR1_VAL    32768           // Timer1 設定為 1000ms 中斷一次

// 宣告中斷執行程式
void timer1_isr (void);
void Rx_isr (void);
float otp;
int tpset=204.8;

// 狀態旗標變數
struct Flag{
    unsigned One_S :1; // One Second Passed
    unsigned TxD :1;   // UART Tx Continue
} FLAGbits;

// 定義低優先中斷執行程式位址及內容
#pragma code low_vector=0x18
void low_interrupt (void)
{
    _asm GOTO Rx_isr _endasm
}
#pragma code

#pragma interruptlow Rx_isr

void Rx_isr (void)
{
    unsigned char RX_Temp;
    PIR1bits.RCIF = 0; // 清除中斷旗標
    RX_Temp=ReadUSART(); // 讀取 USART 資料位元組
    PORTD = RX_Temp;    // 將資料顯示於 LED
}

// 定義高優先中斷執行程式位址及內容
#pragma code high_vector=0x08
void high_interrupt (void)
{

```

```

_asm GOTO timer1_isr _endasm
}
#pragma code

#pragma interrupt timer1_isr

void timer1_isr (void)
{
    PIR1bits.TMR1IF = 0;          // 清除中斷旗標
    WriteTimer1(TMR1_VAL);        // 寫入計時預設值
    FLAGbits.One_S=1;             // 設定整秒旗標以利正常程式更新資料
}

void main () {
    unsigned char result;

    PORTD = 0x00;                 // 將 PORTD 設定點亮 LED
    TRISD = 0;                    // 將 TRISD 設為 0，PORTD 設定為輸出

    // 開啟類比訊號轉換模組
    // OpenADC(ADC_FOSC_32 & ADC_LEFT_JUST & ADC_20_TAD,
    //         ADC_CH0 & ADC_INT_OFF & ADC_VREFPLUS_VDD &
    //         ADC_VREFMINUS_VSS, 14);
    ADCON0=0x01;                  // 選擇 AN0 通道轉換，開啟 ADC 模組
    ADCON1=0x0E;                  // 使用 VDD，VSS 為參考電壓，設定 AN0 為類比輸入
    ADCON2=0xBA;                  // 結果向右靠齊並設定轉換時間為 Fosc/32，採樣時間為 20TAD

    OpenUSART( USART_TX_INT_OFF & //開啟 USART 通訊介面
               USART_RX_INT_ON & //設定為 8-N-1-9600 模式
               USART_ASYNCH_MODE & //開啟資料接收中斷功能
               USART_EIGHT_BIT &
               USART_CONT_RX &
               USART_BRGH_HIGH,
               64 );
    // The Baud Rate is Fosc/(64*(spbrg+1)); for Low Speed
    // The Baud Rate is Fosc/(16*(spbrg+1)); for High Speed
    // 64 and High is 9600
    PIR1bits.RCIF = 0;           // 清除中斷旗標
    IPR1bits.RCIP = 0;           // 設定為低優先中斷

    OpenTimer1( TIMER_INT_ON & //開啟 TIMER1
               T1_16BIT_RW & //開啟中斷功能
               T1_SOURCE_EXT &
               T1_PS_1_1 &
               T1_OSC1EN_ON &
               T1_SYNC_EXT_ON );

    WriteTimer1(TMR1_VAL);       // 寫入計時預設值
    PIR1bits.TMR1IF = 0;         // 清除中斷旗標
    IPR1bits.TMR1IP = 1;         // 設定為高優先中斷
}

```

```

RCONbits.IPEN=1;           // 開啟中斷優先功能
INTCONbits.GIEL = 1;       // 開啟低優先中斷功能
INTCONbits.GIEH = 1;       // 開啟高優先中斷功能

FLAGbits.TxD = 0;          // 重置狀態旗標
FLAGbits.One_S = 0;

while(1) {

    while(FLAGbits.TxD==1); // 判斷資料傳送狀態旗標
    if(FLAGbits.One_S==1) { // 判斷是否整秒
        FLAGbits.One_S=0; // 重置狀態旗標
        Delay10TCYx(5);    //時間延遲以完成採樣

        ADCON0=0x01; // 選擇 AN0 通道轉換，開啟 ADC 模組
        ADCON1=0x0C; // 使用 VDD，VSS 為參考電壓，設定 AN0 為類比輸入
        ADCON2=0x3A; // 10111010 結果向左靠齊並設定轉換時間為 Fosc/32，採樣時間為 20TAD

tpset=102.4;

        otp = ADRESH;
        otp = otp / 7.8125;

        if(otp < tpset)
            PORTDbits.RD0=1;
        else
            PORTDbits.RD0=0;

        ConvertADC() ;//進行訊號轉換
        while(BusyADC()); //等待轉換完成

    }
}
}

```

立體式水耕植物栽培架製作與多色光於 波士頓萵苣生長型態與研究

學生姓名：張光璧 蔡松林 黃宇謙

指導老師：張仲良

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

目前植物工場技術規範應朝向種植自動化、節能最佳化、產量最大化、種植標準化以及作物多樣化發展。本專題旨在設計並製作一套立體水耕植物栽培架與其作物培育系統，該層架採三層設計，分別提供作物育苗以及定植使用，水耕植栽床採不銹鋼鋁合金製成，栽培穴盤採用個別移動式設計，方便作物移植。培育系統包含自動化多波段 LED 光源強度調整燈具、養液循環系統以及環境資料記錄裝置。為有效測試本植物栽培架與系統之實現可行性與整合性，本研究採以種植波士頓萵苣為例，並分析不同波段光質對波士頓萵苣生長型態之影響。未來可結合多種環境感測器於栽培系統內進行各項環境控制與植物生長調節，同時並評估與觀察各種植物生長情形。

1、引言

1.1 作物栽培管理

波士頓萵苣學名 *Lettuce sativa*，英文名 Boston lettuce。菊科萵苣屬一、二年生草本植物，又稱波士頓奶油生菜、奶油生菜。葉球圓形或扁圓形，葉球結期約 2.5 個月。葉面皺及平滑葉兩種。栽培適期為 10 月至隔年 3 月。高溫期不結球。日夜溫差大有利於結球。結球適溫 17 至 18℃，21℃ 以上葉球不易形成

[1]。

養液栽培法不用土壤，而用化學藥品製成養液的栽培作物方法，故稱化學栽培法，亦名為無土栽培或水耕栽培。

養液培養法的種類：

- 1). 水耕法：最初為 1699 年 wood Ward 氏所創，Saebbs 及 Knop 氏於 1860 年改良，使創歷近代水耕栽培的基礎，將養液盛於箱盆、槽中而栽培作物。
- 2). 礫耕法：底層以大礫石，中層鋪一層略小的石子，上層鋪最小的石子，無須通風設備，但必須有固定作物的設施。
- 3). 砂耕法：所需的容器，用箱、盤、盆、槽等設備，但底部需開孔，以利排水，容器中盛消毒過的細沙，灌入養液栽培作物。

調製培養液食用水若為中性或微鹼性(池水)應採用為酸性配方。若用水為酸性(井水)應採用微鹼性配方。

水耕栽培作物的根部，浸於水中，因此根部呼吸作用受到限制，如不行人工補給空氣，則不能順利發育。一般通氣的方法有栽培液更新法，液面低下法、循環流動法、氣泡噴出法。

養液 pH 的管理。一般而言，培養液之 pH 由 5.5

~6.5 為適宜範圍。肥料調製後之 pH 宜在上述範圍內，如果培養液 pH 上升至 6.5 以上時，作物易引起缺鐵、錳和磷。相反的，pH 降至 4.5 以下時，Ca、Mg、K 之沈澱多，並引起缺乏症。此外水中之 EC 值(導電度)最好為 2~3ms/cm 之間，較適合作物生長。養液適合溫度為 18℃，每 4-5 周更換一次，以免造成養液汙染和根系分泌有害物質的累積[2]。

CO²補充與植物關係。葉片上的氣孔在高 CO²環境中會收縮。而氣孔收縮，對植物不利。因為水由氣孔蒸散，產生虹吸力，利於根部吸收土壤中的水分與養分。要是氣孔收縮，蒸散作用產生的虹吸力就變小了，根部吸收的水分與養分就會減少。結果，這類植物在高 CO²環境中生長，會缺乏鈣、鎂、磷等礦物質，高達 15 %。更重要的是，蛋白質也會缺乏 [3]。

藍色光源 (400~500nm) 對植物的分化與氣孔的調節十分重要。如果藍光不足，遠紅光的比例太多，莖部將過度成長，而容易造成葉片黃化。610~720nm(紅)葉綠素吸收率低，對光合作用與光周期效應有顯著影響。有些研究人員認為在橘紅光部份有最大的光合作用能力。但是此並不表示植物應該栽培於此種單色光源。對植物的形態發展與葉片顏色而言，植物應該接收各種平衡的光源 [4]。

1.2 植栽系統設計

植物工場指的是在設施內透過控制植物之生長環境(光、環境、濕度、二氧化碳濃度、養分、水分等)進行栽培，並對植物生長環境及生育狀況加以觀察，配合高度環境控制及生育預測，使蔬菜等植物可進行全年、計畫性生產的栽培設施 [5]。

穴盤之穴格大小。攸關幼苗根部發育及吸收養分量，但為充分有效利用育苗空間，穴格有越來越小之趨勢，而穴格體積越小則幼苗越容易受到介質中水分、養分、氧氣、酸鹼度和可溶性鹽類的傷害。不同大小穴格之間，對植株苗期的影響較為規律；有些學者認為主要在根之生長受容器的抑制所致。即大的穴格培育出較大苗株，而小的穴格則培育出較小的苗株。在對採收上之影響，依作物種類的不同而有所差異 [6]。

動態浮根系統，其基本組件包括養液槽、保利龍栽培床、抽水機、定時器、空氣混入器及排液器。養液循環原理係根據自由落差，故必須有一高位且儲量大的養液槽及一低位或設於地下之回收養液槽。栽培床採階梯式構築，相互串連。養液以抽水機自高位槽抽出，經過混氣器進入第一栽培床，然後經由另一端之水位排液控制器進入第二栽培床。最後栽培床之養液流入下養液槽，利用浮球水位開關控制水泵將養液抽回上養液槽。在回流管路末端，設有迴流曝氣裝置，以增加養液之溶氧量 [7]。

栽培架上裝設有兩組可以人工操作或自動調整高度之發光二極體(LED)圓型燈板以及兩組養液循環模組，此些模組可提供照度調整以及植栽床內養液水位調整以及換水。系統設計規劃上，我們採用一組人機監測介面配合可程式控制器，用於監測栽培空間之微環境因子(包含溫溼度、照度、酸鹼度值、電離子濃度值以及二氧化碳濃度)，提供使用者在人機介面上進行各項微環境因子觀測，以讓植物有良好的生長環境，此套雛型的建置 [8]。

2、機構設計與規劃

2.1 立體式植栽架五大發展目標

本植栽設計朝向：種植自動化、節能最佳化、產量最大化、種植標準化、作物多樣化[9]。

2.1.1 種植標準化

建立一套良好的 sop 流程，其中包括，生長條件、種植步驟、注意事項、記錄環境參數及照片，控制參數，採收時間，產量多寡，採樣測試硝酸鹽與營養成分等。生長履歷的建立，可供往後問題，尋找出解答。

2.1.2 作物多樣化

立體式植栽架，不該只有一種特定作物生產，可考慮作物的型態與高度，建置適合特定的作物生長，若不使用空調設備，就可依照作物之生長條件，隨著四季變化而作，這樣可節省開銷。

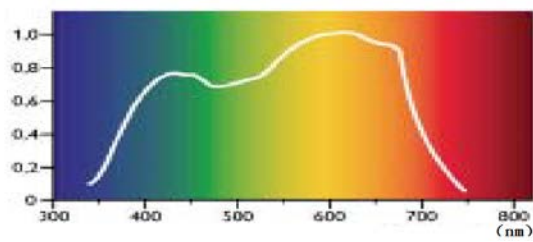


圖 1、植物光生理曲線分布

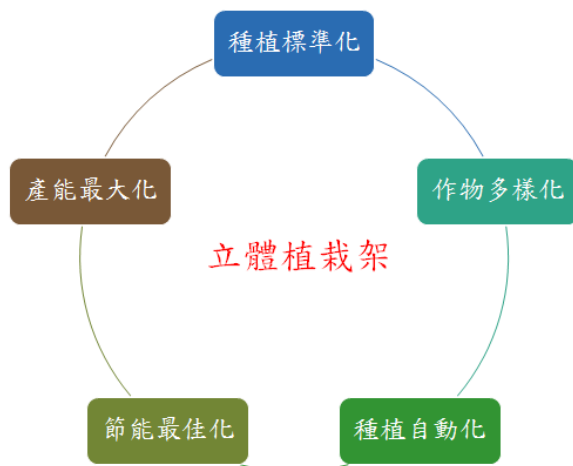


圖 2. 立體植栽發展目標

2.1.3 種植自動化

因整合各種調控裝置，達成自動化 LED 植物工廠之光質、光量、水耕養液電導度及酸鹼值與環境參數紀錄之全面性自動化整合及調控，達成人力成本的降低。

2.1.4 節能最佳化

LED 燈在長時間開啟時，會產生大量的熱，使週遭的溫度上升，使得作物產量變差，而光照度又會隨著距離衰減，光照度調控、距離調控、降溫設備，三者中該如何達到節能最佳化，因評估設備成本、營運成本與實驗結果來做最佳考量。

2.1.5 產量最大化

在有限的面積上，使產量增加，可以增加植栽架層數，或是利用植栽間距可調整方式大量種植，另一方面，按照作物特性，給予適合環境種植，以及建立資

料庫與觀測站，適時的檢討，方為上策。

2.2 整體架構與規劃

我們製作植栽架規格如表 1，其中單層最大亮度的測量，取燈板中央點位置(長 37cm 處、寬 22cm 處)，養液需求量指的是初期，三層同時運作，所需要最低水量，整體如圖 3 表示。

2.2.1 主體架構

主體材質採用角鋼，因角鋼可依照各種尺寸訂製，有易拆卸的特性，可靠性高，比起鋼板加工更為便宜好用，另外靠著角鋼尺寸可選擇特性，可以依照不同作物調整燈板與植物之距離。

2.2.2 燈板設計

分成兩個部份，第一部份：使用鋁板與 LED 結合，作為上層，LED 彼此間距離為橫向相距 46mm，直向相距 65mm，斜向間距約 40mm 如圖 4 所示，燈色一條一種顏色，用梅花間隔，如圖 5 所示，各層配置以此類推，鋁板採用厚度為 1mm，鋁板質量輕，並且有良好的散熱性，因採用厚度為 1mm 所以出現燈板向中心點下凹的情況。第二部份：使用壓克力板，為下層將予覆蓋於鋁板上，只讓 LED 燈珠裸露，此具有美化與支撐 LED 燈目的，因 LED 是使用黏膠接合。再使用螺絲使兩層結合，並在四周加裝角鋼支撐，解決下凹問題。設計為第一層育苗期，二、三層為定植期。各層燈色配置請參考表二。

2.2.3 植栽床設計

養液槽材質為白鐵，白鐵是鍍鋅鐵的俗稱，是一種鐵合金，不容易受到生鏽而產氧化鋁這種重金屬物質，這點是採用它的主因。傳統植栽床多為保麗龍，此材質特性具有保溫功能，但是在高溫下會產生對人體有害物質苯乙烯，耐用性差，所以在設計移動式穴盤，使用耐熱性佳與耐氣候性質高的壓克力，當養液乾燥後會產生一層化學物質，一方面也容易清洗。

傳統植栽床多為一片式，在中間配置每個植株間距

表 1. 立體式植栽架規格表

立體式植栽架規格表	
項目	規格
尺寸	77cmx47cmx200cm
單層最大亮度	500 μ mol/m ² /sec
單層種植面積	3360cm ²
單層種植幼苗數	110 顆幼苗
養液需求量	25L
LED 調控	可作時間管理與光亮、光質控制



圖 3. 植栽架三視圖

表 2. 各層數量與迴路設計

	層數	迴路	燈色與波長		LED 燈顆數	總顆數
育苗期	1	1	紅	630nm	60	180
		2	藍	450nm	60	
		3	青	515nm	60	
定植期	2	4	紅	650nm	60	178
		5	藍	450nm	59	
		6	白	451nm	59	
	3	7	紅	650nm	60	178
		8	藍	445nm	59	
		9	紫外	404nm	59	

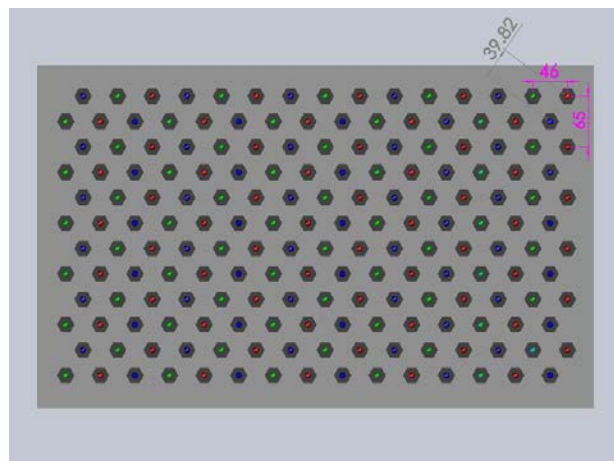


圖 4. 間隔尺寸

	藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅
特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍	
	藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅
特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍	
	藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅
特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍	
	藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅
特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍	
	藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅
特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍		特		紅		藍	

圖 5. 燈色配置

離，通常看是何種作物而決定，且不能改變，這方面在移動式穴盤上做了改變，在 70cmx44cm 的範圍內切割成 5cmx5cm，共 112 塊，且高度可用六腳塑膠柱調整，此設計有效利用燈光多餘的無效區域，另外植栽介質(海綿)常遇到綠藻產生的問題，因照射到適合藻類生長的光質，此問題造成綠藻搶食養液養份，並破壞水中 PH 值，還會吸引食用綠藻的小蟲來棲息，在此設計減少綠藻與燈光接觸的機會，將壓克力板中心挖空 10mm 之小洞如圖 6 所示，若是有不使用之穴盤則用一片壓克力蓋住，減少與光線接觸機會，防止養液變質如圖 7，詳細配置參考圖 8。

2.2.4 水循環設計

採用水管作為連接各養液槽之路，球閥則用來控制每層水位高低，用一沉水馬達，放置地面上養液筒中，抽至第一層，流過二、三層，最後流至養液筒中如圖 9 所示。

2.3 PWM 調光控制器

使用傳輸介面:RS232 to USB 人機介面，可調控 16 迴路，我們這邊只用到 9 迴路，每迴路控制一種燈色，一層使用三種燈色。註：此控制板由張仲良教授與永捷科技共同設計和開發。

2.3.2 多迴路 LED 調光介面軟體

調整亮度由軟體介面控制，可控制 0~255 階，0 為不亮，255 為最亮，介面可設置時間管理，最低小單位為四小時，可將此次設置存檔，建立資料庫使用。註：此軟體由張仲良教授與永捷科技共同設計和開發。如圖 10 所示。

2.5 完成實體

如圖 11 所示。

3、研究內容與方法

3.1 研究動機與目的

在地球天氣變化劇烈下，加上天災不斷，糧食需求日益增加，利用植物工廠在室內環境可調控的特性，找出穩定產量與品質及高經濟價值栽培方法，以及改善植栽架設計方面所面臨的問題。

我們實驗作物為波士頓萵苣，種植 15 天，分為育苗時期 10 天與定植時期 5 天，分析加入特殊光源之影響力，光照度維持相同的情況下，探討產量、葉片數，NDVI 值(葉綠素)...等有何差異性。

3.2 研究設備與材料

材料：波士頓生菜種子、水耕海綿

設備：MK350 12nm 光譜分析儀、六通道光量子感測器、CO²感測器、WatchDog 資料紀錄器、NDVI 植生指標計。

3.2.1 波士頓生菜種子

廠牌：農友種苗

發芽率 75%以上

測定日期：102.02.20

藥劑處理：無

包裝說明：葉厚味濃，大球抗露菌病，亦抗萵苣炭紋病毒及萵苣蚜蟲，播種至採收約 52 天。

3.2.2 水耕海綿

尺寸：1.5cm x1.5cm x1.5cm

用途：種植之介質。

3.2.3 雷射雕刻機

廠牌：LASER PRO。

加工範圍：25 x 18 英寸 (635 x 458 mm)。

用途：切割壓克力，進行植栽床的製作。

3.2.4 MK350 12nm 光譜分析儀

廠牌：UPRtek

用途：測量光譜波長範圍 360 ~ 750 nm。

3.2.5 WatchDog 資料紀錄器

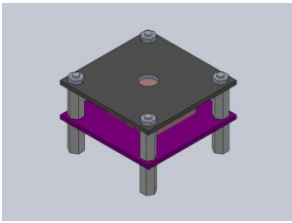


圖 6. 穴盤設計(無蓋)

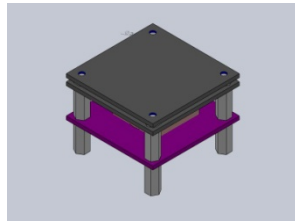


圖 7. 穴盤設計(有蓋)

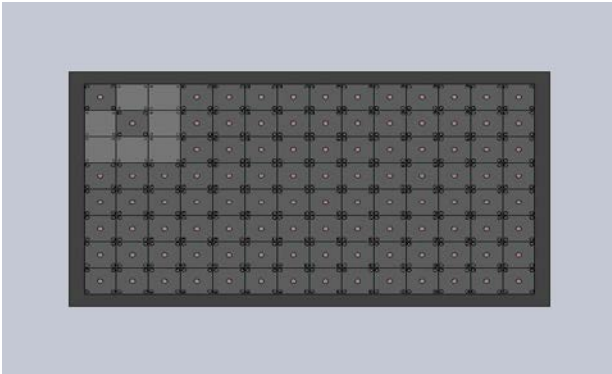


圖 8. 配置情形

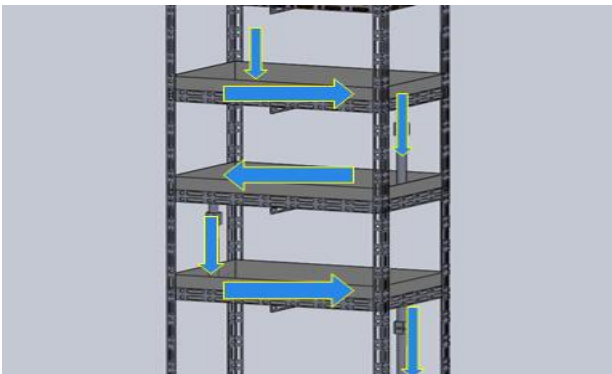


圖 9. 養液循環圖



圖 10. 軟體介面



圖 11. 實體完成

廠牌：spectrum。

範圍：0-4,000 ppm 的 CO₂ 濃度測量。

3.3.7 NDVI 植生指標計

廠牌：Photon Systems Instruments。

說明：這是植物葉綠素含量的重要指數，此設備比較 660 nm 與 740nm 兩個波段的反射光，可指出植物光合作用能否正常進行；紅光波段會被植物葉綠素吸收，而葉綠素為光合作用之重要元素，因此紅光波段可視為光合作用的代表性波段。這兩個波段數值不同形式的組合，是植生綠度的核心。由於植生綠度與植物的生長勢、覆蓋、植相動態變化等，均有密切的相關性，因此採用植生綠度進行植物主題研究、綠色植物監測以及生物量估算，有其可行性存在。

用途：葉綠素量測。

3.3 實驗步驟與流程

我們首先在育苗區，也就是第一層種植十天，之後依照重量重新分配到第一層、第二層與第三層，各八株，定植五天後，收成，量測株高、NDVI 植(葉綠素)、葉片數、濕重、根系分枝數、根系長度，等數值加總比較之間差異。

3.4 實驗設計

LED 燈的波長是經過光譜分析儀，記錄下來，如

圖 14，第一層為紅光高於藍光的設計，加入較少綠光，第二層為紅光高於藍光的設計，且分佈較廣，並加入白光光源，第三層為藍光多餘紅光的設計，並添加紫外光。其他參數請參照表 3。

3.5 實驗記錄

以下記錄溫度、濕度還有 CO_2 ，用圖表方式表現之，收成紀錄表：包含，NDVI 值(葉綠素)、葉片數、濕重、根系分枝數、根系長度，參考表 4。

3.5.1 溫度紀錄

當燈光開啟一小時，就使溫度便不再上升，使每日溫差為 2°C 左右，期間最低為 22.3°C ，最高為 29°C ，不穩定之原因，是人為進出之因素，且日漸穩定，溫度上升是來自 LED 燈所產生的熱，可參考附錄圖 19。

3.5.2 溼度紀錄

濕度影響為天氣變化所致，相對溼度 85%~35%之間變化，可參考圖 20。

3.5.3 CO_2 紀錄

開啟 LED 燈光時間為 00:00~16:00，每日下午兩點為 CO_2 最低值為 450ppm 左右，每日八點為 CO_2 最高值約為 750ppm，有時較多，可能是人為因素，可參見附錄圖 21。

3.5.4 收成紀錄表

以長條圖表示，其中第二層，L、W、T 株發育不良，第三層 P 株已經死亡、I 株發育不良，導致一些數據沒辦法紀錄，我們將採用平均插補法，將剩餘數值平均後，補在缺少部分，用粗體表示，如表 4，各紀錄值比較請參照圖 15~17，種植照片如圖 18。

4、實驗結果與分析

種植結束後，發現第二層有三株植物發育不良，第三層則有一株死亡、一株發育不良，以上沒有辦法紀錄

的植株，我們利用平均插補法，補上以利於數據分析，導致植物死亡與發育不良原因有二，第一點是根系沒有發育良好，導致吸取不到養份，第二點是近於出水口處，水花濺起，噴灑到葉面，養液蒸發後，產生粉狀物於葉片上，阻斷光合作用進行，這點需要再進行改善。

在相同光量子照射下，不同的光譜，會對植物有不同的影響，三層比較過後，第三層較為遜色，再來比較第一層與第二層，株高、濕重、NDVI(葉綠素)，是第二層比較好，根系數、根系長度、葉片數、是第一層比較好，因實驗天數不長，這兩者的差異較不明顯。

5、結論

實驗過後，發現穴盤，確實可以減少綠藻生成問題，另外發現，穴盤高度可以不必做這麼高可，改為 30mm，因發現穴盤可漂浮在養液上，減少材料的浪費。根據本次實驗，可將選用於波士頓生菜的光源，以選用紅光與藍光為準，並且調整紅光比例應高於藍光，加入紫外光，對波士頓生菜，沒有顯著影響，選擇光譜應如第二層，對產量有較佳的結果。

6、致謝

感謝張仲良老師在專題上，細心的指導，也給予很多建議與知識，也感謝楊晨與黃逸鳴學長在線路配置上的建議，也謝謝洪國豐、謝金龍、黃永承在專題上的協助與支持，感謝吳瑋特老師，提供實驗設備完成專題，也感謝在一旁協助的高毓澤，感謝洪辰雄老師，借鑽頭與噴燈，以便完成專題。

7、參考文獻

- [1] 張簡秀容，1999 年。葉萵苣栽培管理，台灣農業。35 期 1 號。
- [2] 蔡耀中，2002 年，農業概論總整理，復聞書局，第 169-170 頁。

表 3. 實驗設計

階段	天數	層數	顏色與波長	光暗週期	光照度
育苗期	1~10天	1	紅色630nm 藍色450nm 綠色515nm	12 : 12	420 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$
定植期	11~15天	1		18 : 6	350 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$
		2	紅色653nm 藍色450nm 白色450nm	18 : 6	350 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$
		3	紅色650nm 藍色445nm 紫外405nm	18 : 6	350 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

圖 12. (a) CO²雷射雕刻機(b) MK350 12nm 光譜分析儀
(c) WatchDog 資料紀錄器(d) 六通道光量子感測器(e) CO²感測器(f) NDVI 植生指標計

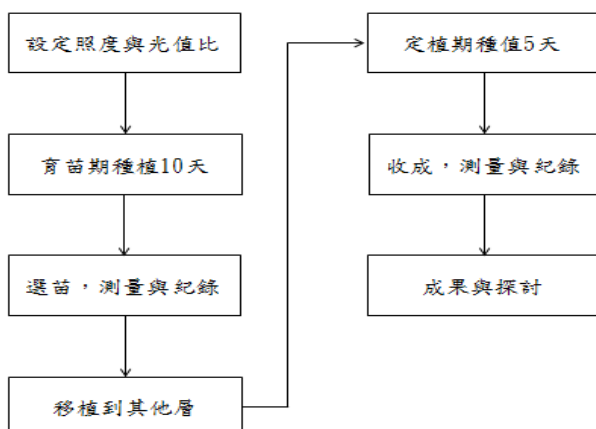
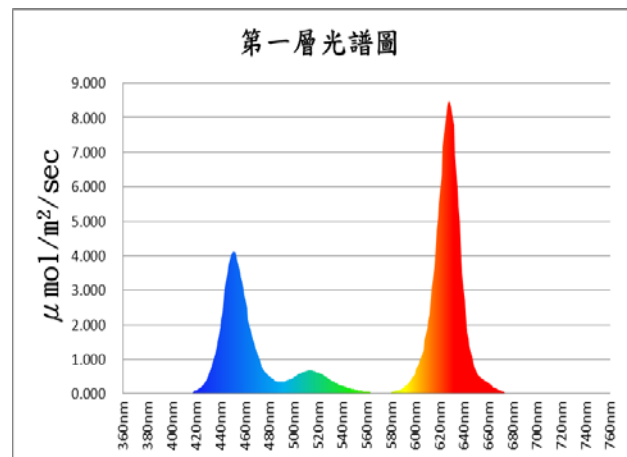
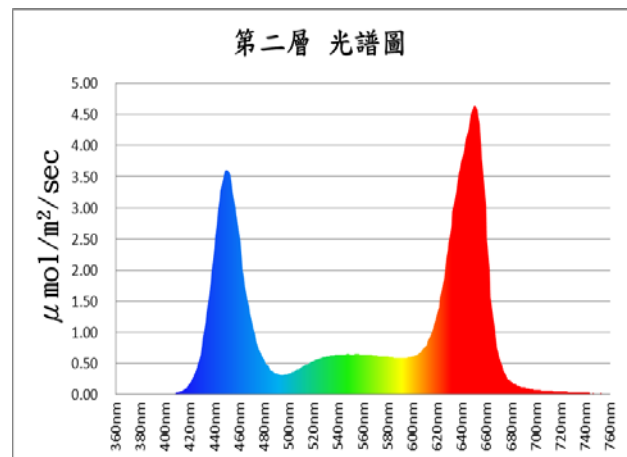


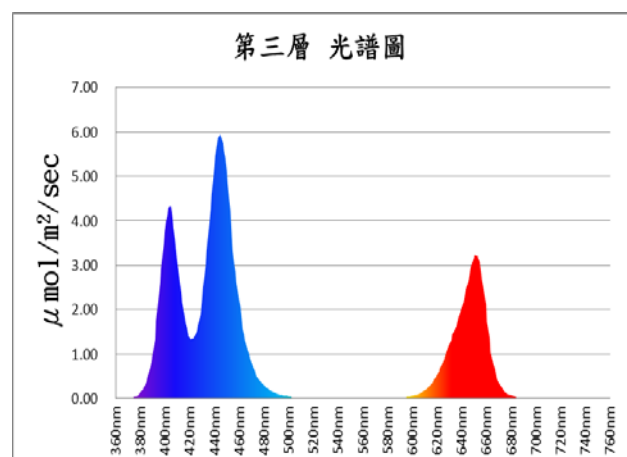
圖 13.實驗步驟



(g)第一層光譜圖



(h)第二層光譜圖



(i)第三層光譜圖

圖 14. (g)(h)(i)第一層~第三層光照與波長關係圖

表 4. 實驗紀錄

	第一層、第二層、第三層								
	A、D、G	B、E、F	C、L、H	J、N、I	K、W、O	S、V、P	Y、T、Q	Z、U、X	總值
第一層葉片數(個數)	5	5	5	3	6	4	6	4	38
第二層葉片數	5	5	4	5	4	6	4	4	37
第三層葉片數	6	6	5	5	6	0	4	3	35
第一層株高(CM)	2.5	2.2	2.5	1.1	3	2	2.7	2	18
第二層株高	1.9	2.9	2.42	2.3	2.42	3	2.42	2	19.36
第三層株高	1.3	3.2	2.5	0.5	1.8	2	3.2	1.6	16.1
	第一層、第二層、第三層								
	A、D、G	B、E、F	C、L、H	J、N、I	K、W、O	S、V、P	Y、T、Q	Z、U、X	總值
第一層NDVI值(葉綠素)	0.6652	0.5987	0.6113	0.5885	0.6675	0.434	0.6738	0.5296	4.7686
第二層NDVI值(葉綠素)	0.6154	0.5674	0.6079	0.6249	0.6079	0.6608	0.6079	0.5708	4.863
第三層NDVI值(葉綠素)	0.5267	0.5697	0.6055	0.567	0.6064	0.567	0.6174	0.476	4.5357
第一層濕重(g)	0.13	0.12	0.15	0.06	0.25	0.08	0.2	0.05	1.04
第二層濕重	0.15	0.13	0.138	0.11	0.138	0.21	0.138	0.09	1.104
第三層濕重	0.1	0.22	0.16	0.123	0.14	0.123	0.11	0.01	0.986
	第一層、第二層、第三層								
	A、D、G	B、E、F	C、L、H	J、N、I	K、W、O	S、V、P	Y、T、Q	Z、U、X	總值
第一層根系分枝數(個數)	8	7	8	3	11	7	10	6	60
第二層根系分枝數	7	7	7.2	7	7.2	7	7.2	8	57.6
第三層根系分枝數	4	7	6	5.83	7	5.83	7	4	46.66
第一層根系長度(CM)	7	7	7	4	11	6	11	6	59
第二層根系長度	7	7	7.1	8.5	7.1	6.5	7.1	6.5	56.8
第三層根系長度	5	7	7	6.17	7	6.17	7	4	49.34

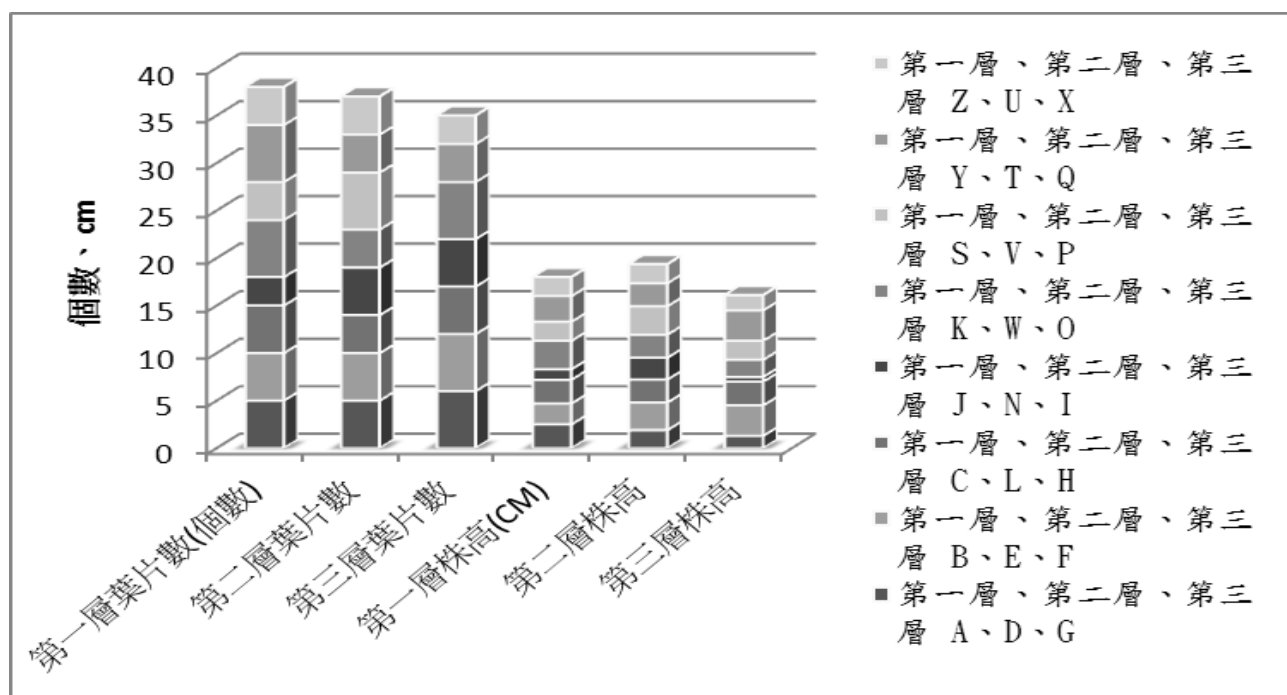


圖 15. 葉片數與株高記錄圖

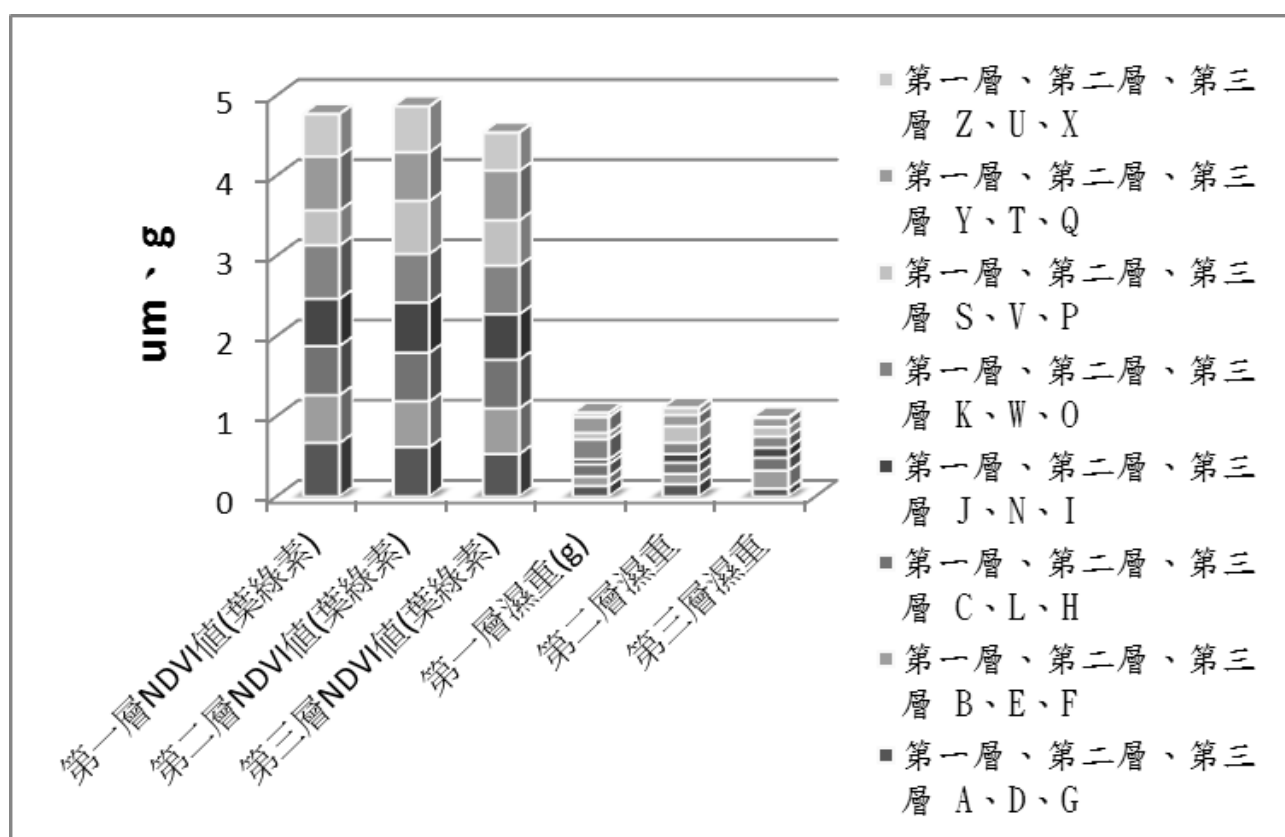


圖 16. 葉綠素與濕重紀錄圖

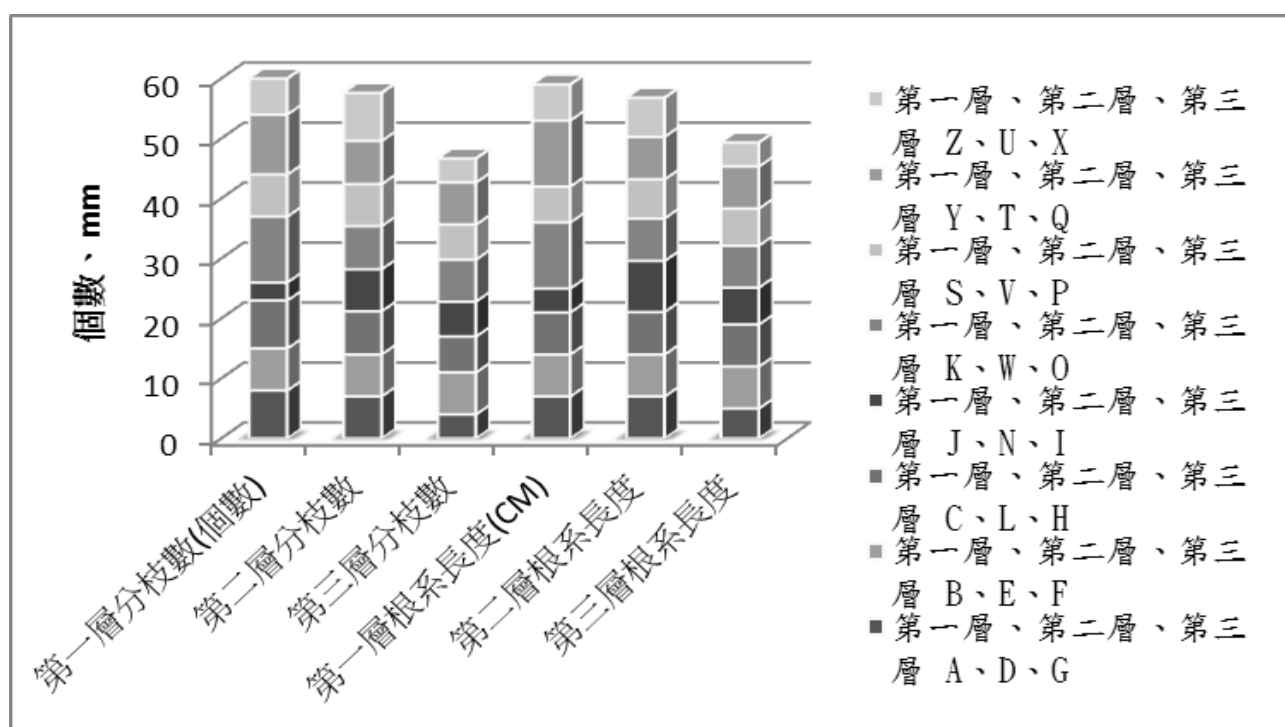


圖 17. 根系分枝數與根系長度記錄

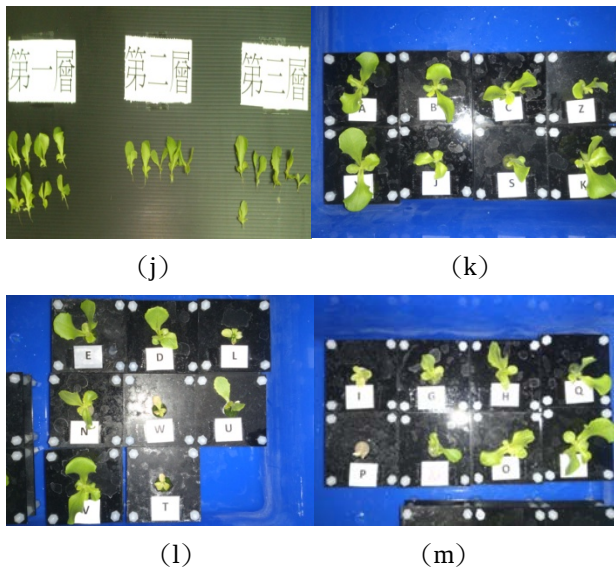


圖 18. (j)平面擺放比較(k)第一層(l)第二層(m)第三層

- [3]王道還，2009 年，「高 CO_2 濃度對植物的影響」，科學新知，第一卷，447 期，第 79 頁。
- [4]Harry Stijger，2004 年，「All colours in light are equal for photosynthesis」，Flower Tech，vol. 7，no. 2，P. 9-11。
- [5]方煒，2011 年，「植物工廠發展沿革與其在東亞的發展現況」，節能減碳與民生科學發展—從教育、心理、環境美學及餐飲營養觀點探討研討會，嘉義，第 37-44 頁。
- [6]戴振洋，1997 年，「蔬菜育苗之穴盤種類與特性」，種苗科技專訊 第 20-23 頁。
- [7]馮丁樹，2006 年，網室及養液栽培裝置，國立臺灣大學生物產業機電工程學系，台北，第 13-22 頁。
- <http://ntur.lib.ntu.edu.tw/handle/246246/200609271>

22948789970。

- [8]張仲良，洪國豐，黃逸鳴，黃智偉，2012 年，「具微環境監測之半自動化圓型立體水耕植栽系統設計與實現」，農機與生機學術研討會，台南，第 35 頁。
- [9]鄭志玄，2011 年，「自動化 LED 植物工廠」，碩士論文，國立成功大學，台南。

Design and Implementation of Multi-layer Cultivation Frame System for Greenhouse Applications

Student: Jhang, Guang-Bi Cai, Song-Lin Huang, Yu-Cian

Advisor: Chung-Liang Chang, Ph.D.

Department of Biomechartronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

The design of multi-layer cultivation frame system is mainly to increase the number of nursery area and promote the efficiency of greenhouse. This paper proposes a software-based multi-loop LED dimming control system applied to cultivation frame. The experiment results demonstrate the validity and reliability of proposed system.

Keyword: Greenhouse, LED, multi-layer cultivation frame.

8、附錄

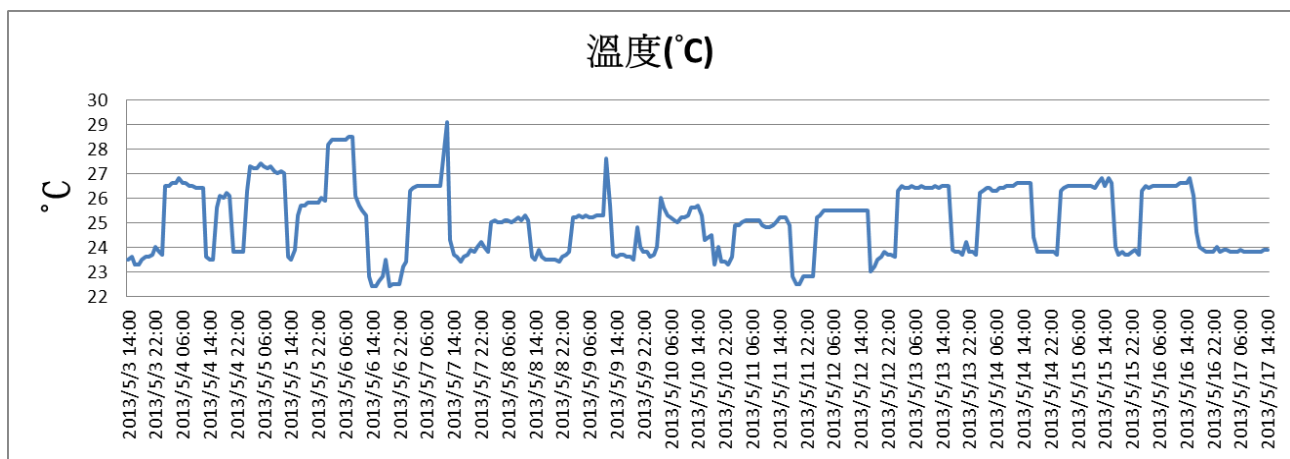


圖 19. 溫度紀錄圖

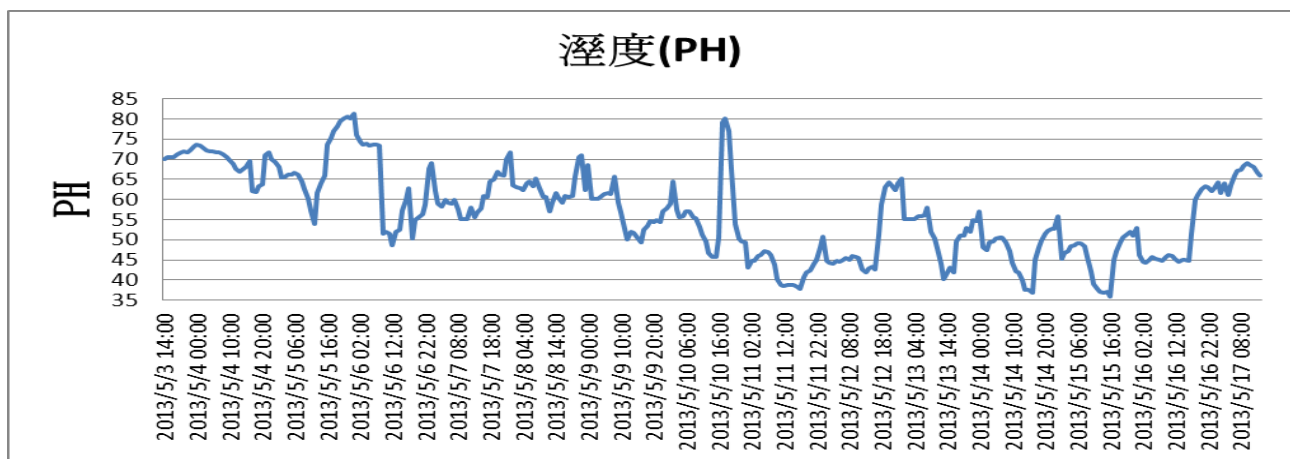


圖 20. 溼度紀錄圖

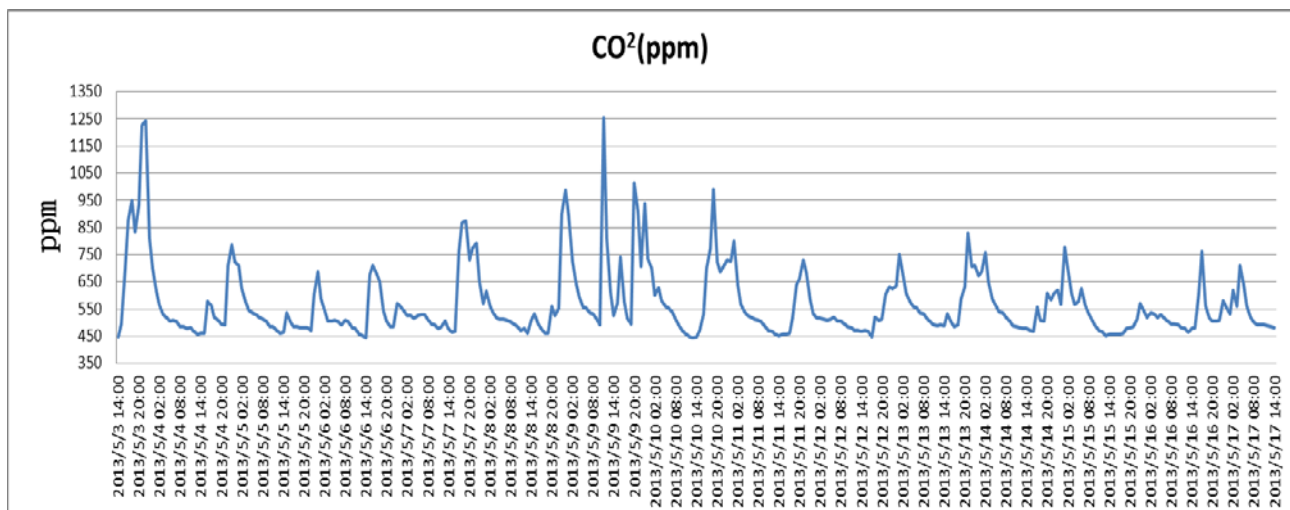


圖 21. CO₂紀錄圖

單晶片溫度感測器的應用

學生姓名：楊丁原

指導老師：陳志堅

國立屏東科技大學

生物機電工程系

摘要

本專題以 8051 單晶片製作一個溫度感測器模組為方向，以單晶片與電子零件配合程式，整個程式以 C 語言來撰寫，以溫度感測器 DS1821 偵測目標物溫度，再經由 8051 執行程式，利用 8051 單晶片把讀取 DS1821 的值顯示在 LCD 面板上，完成一套自製溫度感測模組。關鍵字：單晶片、8051、DS1821、LCD。

一、引言

單晶片(Single Chip)是一個整合CPU、記憶體、I/O埠於單一晶片上的IC，具有小體積、易開發、耗電低等優點。8051單晶片是由INTEL公司所發展的單晶片，採用同步式的順序邏輯系統，系統工作完全是依賴內部的時脈信號，來產生各種動作週期及同步信號。常被應用於工業控制與家電產品上，作為產品的控制，例如加熱控制、馬達控制、溫度感測等。感測器定義可分狹義與廣義定義，前一項偵測外界環境變化或接受外界作用，並將變化或作用轉換成對應電氣訊號輸出的電子零件；後項與前項不同是用以驅動相關作用電氣元件。採用目前最普遍化的IC 89C51，當成一個溫度感測器的IC，以DS1821做為溫度感測器的感溫元件，因DS1821具有類比訊號轉換為數位訊號的功能，再由程式控制將溫度顯示資料送到LCD面板，以便得知特定受測物溫度的高低。

二、研究內容與方法

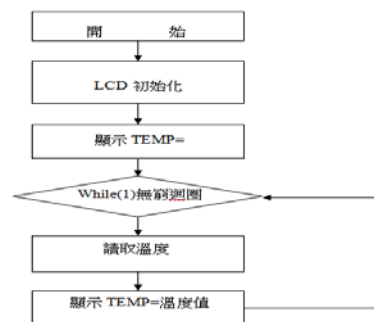
2-1 實驗步驟

首先使用特定功能的電路圖做為參考[1-3]，一個是溫度感測設計電路圖，另一個是找有關於燒錄單晶片的c語言有關的程式，用Keil vision軟體除錯，除錯的過程中可以依照它所給的警告與錯誤去改寫程式，最後再用適合單晶片的燒錄器（如圖1）燒錄在8051單晶片上，主要是要把燒錄的原本程式轉換成16位元hex檔燒錄在8051單晶片上，在電路板上插入DS1821溫度感測零件量測，是否能把量測的溫度值顯示在LCD面板上。



圖 1、8051 單晶片燒錄器

流程圖：



2-2 MCS-51基本認識

微控制器常被認定具有特定功能或目的微處理機，程式碼存於記憶體空間；沒有儲存媒體可以供下載到程式記憶體空間。微控制器的程式碼和資料分別存於各自的記憶體空間。微電腦系統的主要功能是用來做控制，而強調其輸出入功能。89S51源自Intel公司MCS-51系列，採用的單晶片微處理器，大多8位元為主，特殊場合，才會採用16位元的單晶片（如圖2）。

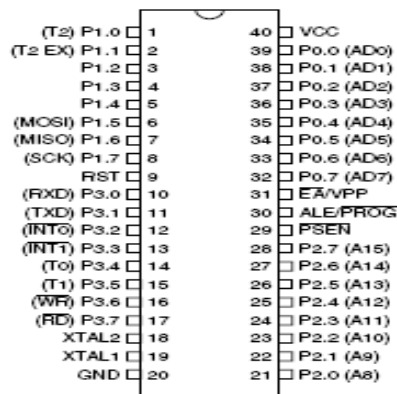


圖2、8051腳位

2-3 輸入單元-溫度感測器

採用數位溫度感測器，型號為 DS1821。其誤差值為 1℃，感測範圍為-55℃~ +125℃，內建類比訊號自動轉數位訊號，腳位共有 3 支（如圖 3）。既符合本模組的最高溫度（95℃），不佔用 8051 太多的腳位（如圖 3）。DS1821 副程式是電子溫度電路的核心程式，主要的作用將對 DS1821 下達的指令，轉成串列訊號傳輸給 DS1821，這當中比較重要的部分，就是對於 DS1821 的時序和特性，要充分配合程式的指令週期，以便控制 DS1821。

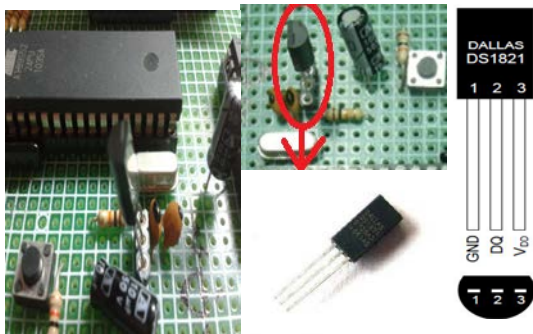


圖 3、DS1821 外觀圖與腳位

2-4 繪圖電路圖程式軟體

設計電路一般需要藉助繪圖電子設計軟體，而著名的軟體為Protel 99SE（如圖4）。Protel 99SE是一套PCB輔助設計軟體，是一個易於使用的具有大量元件庫的原理圖編輯器，用於原理圖的設計，它可以為印制電路板設計提供網絡表。



圖 4、Protel 99SE 軟體與介面

2-5 輸出單元 LCD 面板

本模組種類：可分為 1.文字型（如圖 5）2.繪圖型 3.文字繪圖兩用型。在寫入狀態（R/W=0）時，當接腳 E 產生負緣訊號，LCD 將資料線 D0~D7 取入 LCD 處理，依照 RS 設定狀態，決定此資料為控制命令（RS=0）或是要顯示或造字的資料。在讀取狀態（R/W=1）時，當接腳 E 產生負緣訊號，LCD 依照 RS 設定狀態，將資料從 D0~D7 送出來（如圖 5）。常直接將接腳 R/W 接地，處於寫入狀態，8051 可節省一隻接腳去控制它，但以後寫資料或命令給 LCD 時，需保留足夠的處理時間給 LCD。



圖5、文字型LCD腳位功能表與外觀

1	Vss	接地
2	Vdd	電源（+5V）
3	Vo	LCD 亮度控制（0V 最亮）
4	RS	暫存器選擇：1 資料 0 指令
5	R/W	讀/寫選擇：1 從 LCD 讀取資料 0 寫資料給 LCD
6	E	外部存取致能（啟動 LCD）
7-14	D0-D7	LCD 資料線

2-6 電位器（可變電阻）

電位器是一種具有三個端子，有兩個固定接點與一個滑動接點，可經由滑動而改變滑動端與兩個固定端間電阻值的電子零件，形成不同的分壓比率，改變滑動點的電位。只有兩個端子的可變電阻器不稱電位器，只能稱可變電阻。可改變調整 LCD 面板電阻大小顯示字串螢幕的亮度。在類比電路中，調整作業中就必須用到可變電阻。小型電位器為半固定電阻器。作為微調用的電位器或可變電阻，這種小型電位器或可變電阻（半可變電阻），微調器 tocos 可變電阻（如圖 6）。



圖 6、微調用電位器（tocos 可變電阻）

三、結果與討論

1. 剛開始部分在 LCD 面板上的第一行起始位址能顯示字串 Hello kitty（如圖 7），P0 埠做資料輸出線，P1[^]0、P1[^]1、P1[^]2 當 RS、RW、E 的控制線。2. 顯示字串幾年幾月幾日（如圖 8），3. 插入 DS18B21 顯示溫度值信號（如圖 12）。

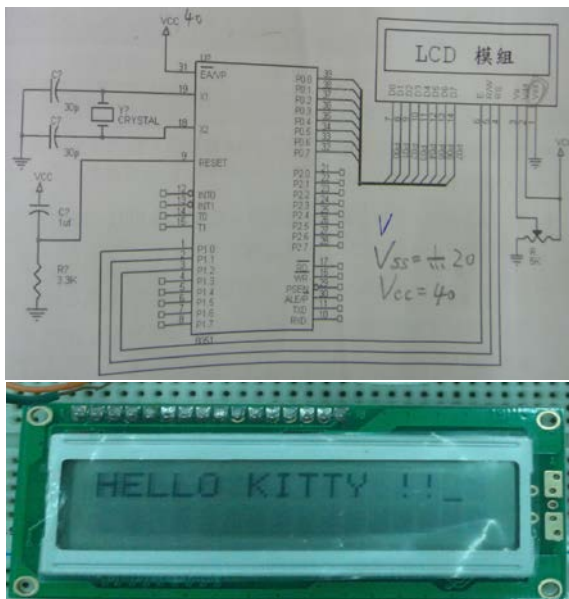


圖 7、Hello kitty 程式電路圖及結果

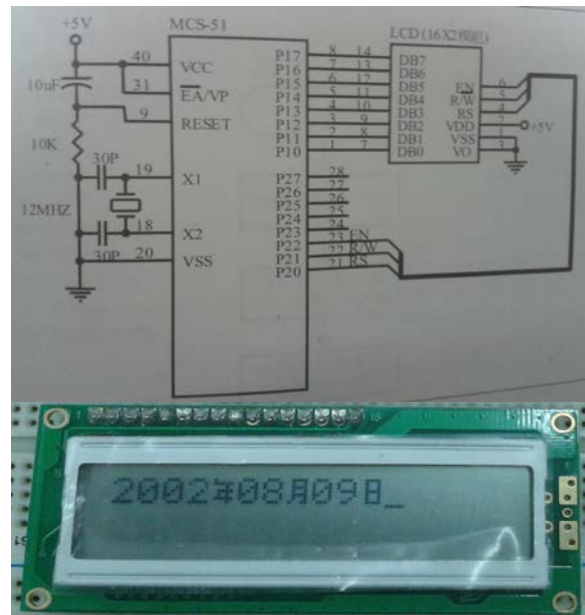


圖 8、年月日程式電路圖及結果

從原本的 8 排電阻改成 9A222G 排電阻（如圖 9），並在 P3[^]1 和 P3[^]3 分別加上 2 顆 10Ω 電阻與 10μf 電容，還有加上微調器 tocos 可變電阻，原本沒加上這三個零件上去，LCD 面板部分出現一排黑色字幕，所以得把之前燒錄在 8051 單晶片裡的程式重新改寫成。並用溫度計去量測 DS18B21 顯示在 LCD 面板上的溫度值是否跟熱電偶一樣。最後的完成作品（如圖 11 和圖 12）。

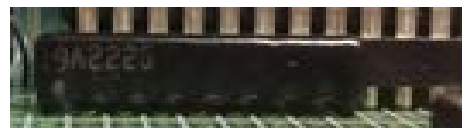


圖 9、9A222G 排電阻



圖 10、熱電偶跟 DS18B21 溫度感測器同時進行量測

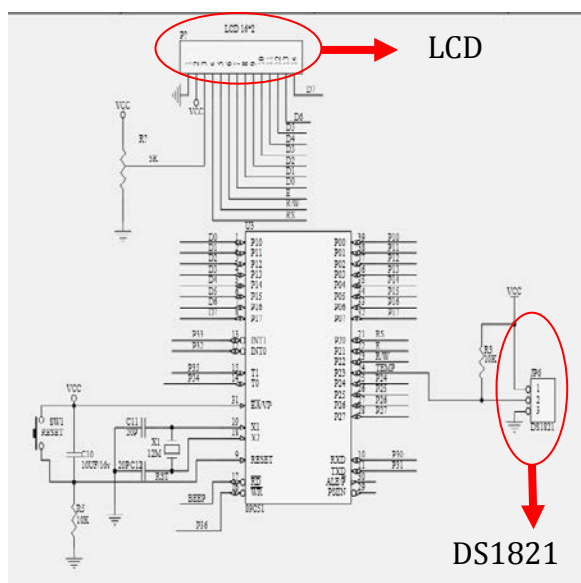


圖 11、電路圖



圖 12、DS1821 溫度值的 LCD

四、結論

針對 LCD 面板，從原本的範例電路為參考製作電路可以顯示 Hello kitty 文字型，並藉由修改字串改變其顯示內容。到最後設計了一種 DS1821 溫度感測器電子零件加入電路進行溫度量測顯示溫度值，成功顯示量測到的溫度值並與熱電偶相符（如圖 10）。如果是想利用 DS1821 溫度感測器做顯示溫度值部分，可能要對程式部分做一些設定溫度。

五、致謝

在專題實作的這一年裡學到了很多，不論是問題的假設、閱讀文章及資料搜尋等方面的提升，還有一些公式的推算，都比以前更加的熟練和輕鬆。感謝陳志堅老師提供完善的實驗設備及教導與指點，讓我有機會能接觸我以前從沒接觸過的東西，更感謝家人、老師

願意花費心力的對我琢磨修正，使我在實驗上更加的精嚴。感謝系上各位老師們及尤其是最大幫忙的鄭國明老師外界教師、系上張仲良老師和謝清祿老師的指導與指點下，同時也感謝實驗室裡學長們陳威華學長、邱顯丞學長、陳信志學長、李昆澤學長的指導、解惑與協助。還有許多網友們的建議與意見及本校學校相關書籍之參考書與相關碩博士論文之參考，使我遇上困難時，有些實驗上能夠順利的進行解決。

六、參考文獻

- 〔1〕林振漢，2004，8051 單晶片實作-使用 C 語言，博碩文化出版社，第 8-35~8-56 頁，屏東。
- 〔2〕楊明豐，2003，8051 單晶片 C 語言設計實務：使用 keil C，基峰出版社，第 13-1~13-26 頁，屏東。
- 〔3〕賴麒文著，8051 單晶片之 C 徹底應用，松崗文魁出版社。

The application of single chip on temperature sensing

Student: Yang Ting-Yuan

Advisor: Chang Chung-Liang

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

The topic in 8051 produced a temperature sensor module for the direction of a single chip and electronic parts with the program, the entire program in C language to write, in order to detect the target temperature sensor DS1821 temperature, and then executed by 8051 program, the use of 8051 to read the DS1821's value is displayed on the LCD panel, complete a self-temperature sensing module.

Keywords: single-chip, 8051, DS1821, LCD.