結合 MATLAB 開發 Android 手機應用程式測量血壓

學生姓名：郭振嘉
指導老師：謝清祿 博士

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

在現代社會生活步調加快下，越來越多以前不曾出現過的文明疾病出現，這顯現出現代人應該更著重於身體健康的管理。本專題探討使用手機相機鏡頭及補光燈，貼近循環系統末梢或主要脈搏，對生物體進行影像的擷取，利用在手機上影像分析來獲取生物體在連續時間內的脈搏與血壓。首先我們錄製一段影片，將其分割成連續的影像，在 MATLAB 上進行初步的影像分析，從獲得到的數據上可以看到，隨著脈搏的跳動，影像的 Red 與 Green 子像素平均值有一個明顯的波動，藉由在一段時間內波動的頻率可以推斷出人體脈搏，再由獲得的子像數平均值，與血壓計所測得之血壓做校正曲線，以得到對應的血壓值，並開發 APP 在手機上實現血壓的量測。

一、 前言

根據 Our Mobile Planet 的顯示，2013 年台灣的智慧型手機普及率佔了總人口的 51%，從 2011 年到 2013 年期間，手機的普及率從 26%上升至 51%，而其中 81%的使用者出門都會攜帶。智慧型手機已經成為現代人生活的一部分，更改變了使用者的許多行為。

有鑑於現代智慧型手機的蓬勃發展，以及其性能上的飛快突破，許多需要有獨立設備進行檢測的方法已經可以輕鬆在手機上實現，如影像處理。

在人感到暈眩或不舒服時，想要立即瞭解影響的原因是相當困難，最直接的方式則是透過血壓或脈搏對身體的健康狀況做一個簡單的推論。

血壓是由大腦的循環中樞做調節。透過神經系統的調節作用，使身體能夠適應或改變血壓，讓身體在不同狀態下作出反應。人體是透過微血管的平滑肌來改變血管管徑及脈搏，進而來改變血壓。當心臟收縮對外輸血時,血壓讀數達到最高,該血壓稱為收縮壓；而當心臟舒張時，血壓讀數達到最低，該血壓叫做舒張壓。其中影響一個人脈搏與血壓的因素相當多，例如本身的血液多寡，心臟的收縮舒張壓力，動脈壁的彈性、大小，是否處在運動狀態等都會導致血壓及脈搏的變化。為預防某些疾病，維持血壓在正常範圍內是相當重要的。

在行動裝置普及下，使用行動裝置進行簡易的生理狀況監測方式是目前可以發展的一個方向。雖然目前的生理監測計已經大幅的縮小體積，但一般人並不會去攜帶只有量測功能的機器於工作場合、健身房、遊樂園等場所。這種監測方式具有便宜、易於使用、可隨身攜帶等優點。目前已有許多在醫療方面相關的應用程式被開發。C. Scully 開發了一款利用智慧型手機量測生命特徵的方法[1]，而在 Google Play 商店上更出現多款脈搏量測的相關軟體。

於 Vikram Chandrasekaran 的論文中[2]，提出使用手機內建的相機與客製的麥克風取代了傳統的聽診器與血壓計的技術。其中又分為兩種量測方式來推論收縮壓及舒張壓。一為利用手機藍芽進行時間上的同步，將兩台智慧型手機分別對心音與手指末端影像進行同步記錄。另一種方式為製作一個類似聽診器的麥克風，確保能完整綠製到心跳聲，並在一台手機上同時進行錄音與手指末端錄像的工作。這兩種方法

在最後會將得到的音頻與影像同步校準，利用其演算法推估出收縮壓及舒張壓。2013 年，Jeffrey B. Bolkhovsky 等人[3]使用智慧型手機的白色 LED 閃光燈及相機，錄製含有 RGB 三色的手指末端影像，藉由影像中，心臟脈動所引起的一個皮膚顏色變化，進行心率、心率變異性分析。此心臟脈動信號屬於光體積描記(PPG，Photoplethysmogram)，為光學信號的一種。他們將影像中每幀相框的某子集取平均，為特定顏色波段產生一個信號。從智慧型手機獲得的信號與脈搏血氧計獲得的信號相比，顯示出兩者所產生之峰形相似，並藉由峰值可確定心率信號，再從連續的心率信號變異性，分析並監測自主神經系統，以確定交感神經和副交感神經的影響。傳統評估方式是以心電圖(ECG，Electrocardiography)以至少 250Hz 的頻率進行取樣，而使用 250Hz 的 PPG 信號也被證實可以取代 ECG。他們研究結果顯示，由拍攝速度每秒 30 個圖框(30 fps)的手機相機獲得的相關參數是有相當的準確性。

由上述文獻回顧可知，可以使用手機分析手指末端影像，得到心率信號。故本研究也使用此類方法，以手機配合閃光燈錄製手指末端影像，使用手機進行影像處理，實現血壓的推算。

本研究的目的如下

1. 開發 Android 手機應用程式使具有拍攝影像與分析影像的功能。
2. 利用影像來推論血壓並顯示在手機螢幕。
3. 利用 MATLAB 分析影像推論心跳率(Heart Rate)。
4. 實際測試瞭解其準確度。

二、 材料與方法

2-1 Android 作業系統簡介

Android 是基於 Linux 的軟體平台和作業系統，是 Google 在 2007 年 11 月 5 日公佈的智慧型手機系統平台，後由開放手機聯盟（Open Handset Alliance)開發。它採用了軟體堆層(software stack)的架構，主要分為三個部分：作業系統、中介軟體(Middleware)與應用程式。低層是以 Linux 核心工作為基礎，只提供基本功能，其他的應用軟體則由各公司自行開發，以 Java 為編程語言，使 Android 從介面到功能，都有許多的變化。目前 Android 的 Linux kernel 控制包括安全、記憶體管理、程式管理、網路堆疊、驅動程式等。

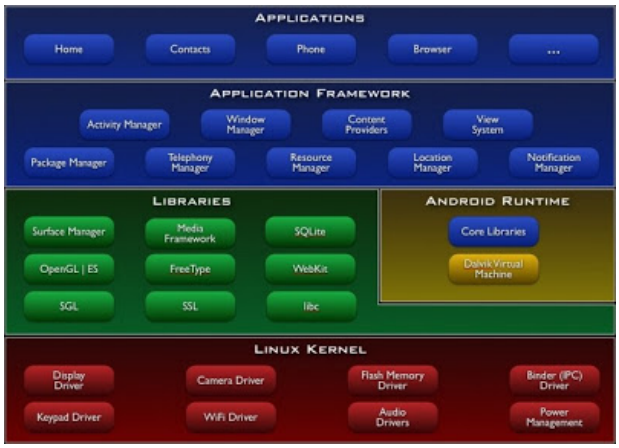


圖 1 Android 系統架構

(1) Applications (2) Application Framework
(3) Libraries (4) Android Runtime
(5)Linux Kernel 五大架構

2-2 Android 開發工具介紹

在現代的軟體功能越來越強大下，軟體開發已變成相當龐大的工程，而一個好的開發工具可以大幅提升開發軟體的速度。其中，本研究使用程式開發者較廣泛使用的 Eclipse 來進行 Android 程式的撰寫。Eclipse 為跨平台開源的整合式開發環境（IDE，Integrated Development Environment)，最初主要用來進行 JAVA 語言開發，亦有人透過外掛模組使其作為 C++、PHP 等其他語言的開發工具，截至今日已被廣泛使用在不同領域。Android 應用程式是由 JAVA 與 XML 所撰寫，因此 Eclipse 也提供了專屬 ADT 給開發者撰寫 Android 應用程式。

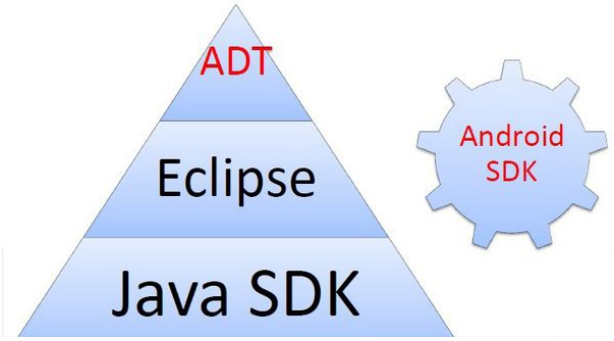


圖 2 Android 開發環境

ADT(Android Development Tools)是個功能強大的整合式開發環境，在 Eclipse 的架構下使用 ADT 可以輕易的進行手機應用程式之開發。Android SDK(Software Development Kit)則是提供 Android 所需之 API 的軟體開發套件，不同版本的 Android 對應著不同的 API，目前最新的 Android 5.1 對應 API 22。Eclipse 中可分為兩個區塊：專案區、編輯區。在專案區的 Package Explorer 視窗底下會列出專案的所有內容。在設計初學 App 設計時，主要會使用到的是 src 和 res 資料夾底下的檔案，以及 AndroidManifest.xml 檔。在編輯區部分就是撰寫 APP 程式碼區塊，其會依開啟的檔案不同，而有不同的呈現方式，例如 JAVA 為使用文字編輯器編輯程式邏輯，XML 除了文字編輯器外有時亦會以 Layout 方式呈現。

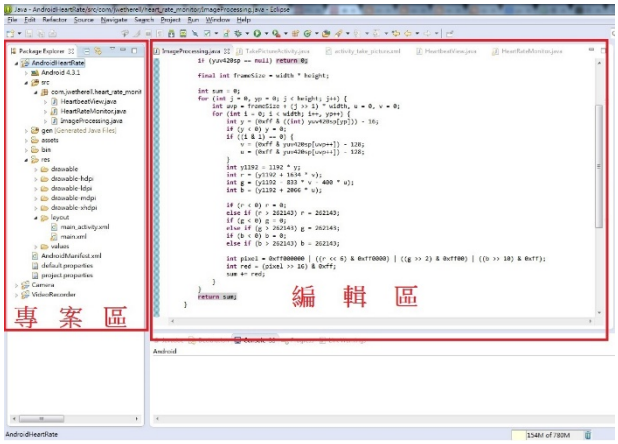


圖 3 Eclipse 底下 ADT

Android App 主要由四種形態組成：1.Activity(活動) 2.Svervice(背景服務) 3.Content Provider(內容提供者) 4.Broadcast Receiver(廣播接收端)，其中最基本且主要的就是 Activity。Android 手機畫面上面顯示的內容(視覺外觀)及使用者在畫面上操作所做出的回應(程式邏輯)就是由 Activity 負責。原本 Android 是可完全使用 Java 語言完成，可是這樣做工程相當浩大，對開發者極度不友善。因此 ADT 把 Android 程式設計流程分成兩大部分：視覺設計及程式邏輯，視覺設計部分是用 XML 作描述，程式設計則是用 Java 撰寫。

2-3 使用器材

(1) BP 3AQ1 血壓計

圖 4 為本實驗所使用的血壓計。在錄製影像同時，將其量測到之血壓及脈搏記錄，並在最後將影像處理所得到的數據推導出血壓及脈搏。



圖 4 血壓計

(2) HTC M7 801e

圖 5 為本研究所使用之手機機型，基於 Android 5.0 作業系統下，使用其 400 萬畫素後置相機，配合補光燈錄製食指末端影像，將錄製之影像使用 MATLAB 分析，最後會將撰寫出的 Android App 安裝在手機上，實現脈搏與血壓的量測。



圖 5　HTC M7 801e

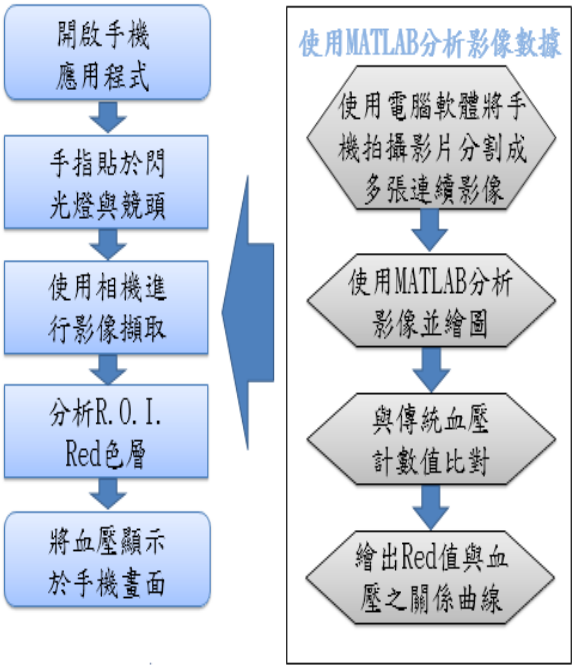


圖 6 流程圖

2-4　拍攝影像

近年智慧型手機所配備之相機鏡頭性能的提升，使得相機所拍出的影像已足夠作為影像處理的數據來源。本研究中使用智慧型手機相機拍攝影像，拍攝方式分為單拍與連拍。為了觀察身體在連續時間內的血壓與脈搏變化，影像以連續的方式進行擷取曲樣上繪相對較準確。

首先我們開啟手機的相機程式，將手指平放在鏡頭與補光燈上後，開始錄製影像，而在影像開始錄製的同時，使用血壓計同時間進行血壓與脈搏的量測。在後面我們會將錄製影像使用 MATLAB 分析出的數據與傳統血壓計做比對。



圖 7 拍攝影片的同時，使用血壓計量測出血壓。

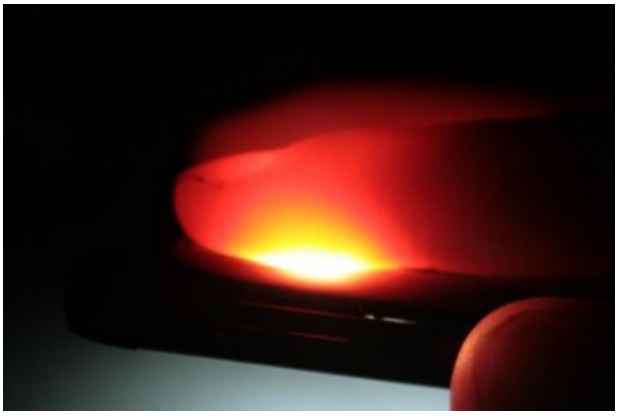


圖 8 手機鏡頭擷取影像時需配合補光燈

本研究的設計之 App，畫面上共有一個 Button、三個可顯示數據之 View 及一個顯示目前相機預覽畫面之 SurfaceView，在按下 START 時，可以開啟相機進行拍照。拍照完成後即會在背景進行影像處理，最後將數值顯示於畫面上。

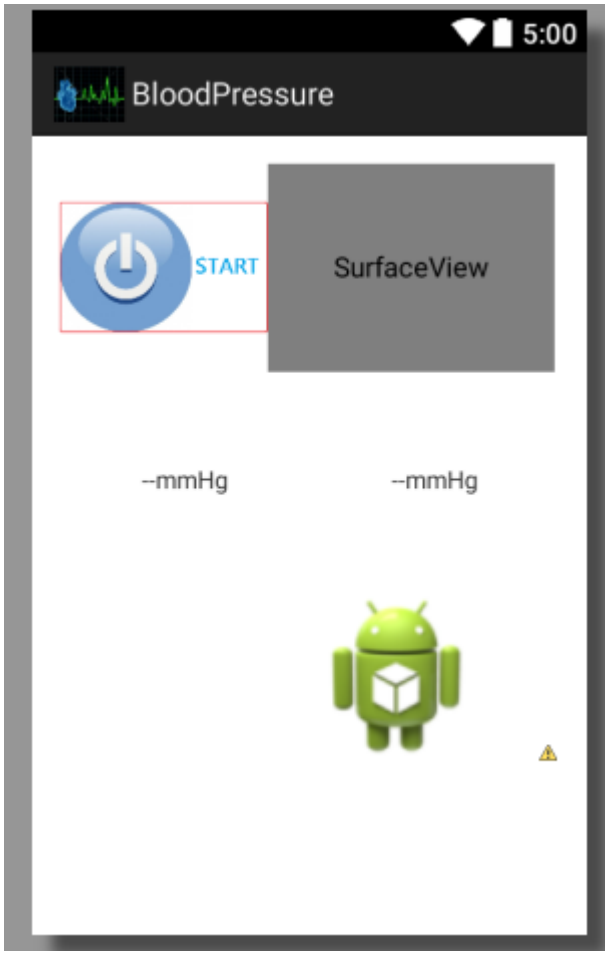


圖 9 目前所設計之 Android APP 界面。

2-5 影像分析

在心臟收縮時，血管中血液量瞬間增加；在舒張時，血管中血液量漸漸降低，其間會造成照射在皮膚上的光隨其變化。藉光透過手指的強度變化建立一個波形去分析。

為了確定手機錄製之影像具有意義，我們初步使用 MATLAB 進行影像處理。將手機錄製之影片使用軟體以 1 秒 30 張將其分割為影像，影像檔案類型為 JPG。本研究的 Jpg 檔案像素是由 RGB 色域組成，每位元像素深度為 24 位元（24 bits per pixel，紅、藍、綠各有八位元），而皮膚受到補光燈照射後所拍攝之影像主要是由 Red 與 Green 子像素組成，Blue 子像素值正常下為 0。分割出影像之後，將影像劃分九個點，在 MATLAB 底下將每點取樣 50*50 pixel 的 R.O.I.(Region of Interest)，對 9 個 R.O.I. 分別取出 Red 及 Green 子像素值，將其平均後做繪圖，發現位於中間的 R.O.I.，在數值波動上較周邊區域穩定且明顯。故在之後的 R.O.I. 的擷取皆以影像中間取樣，使數值能夠較為統一且穩定。

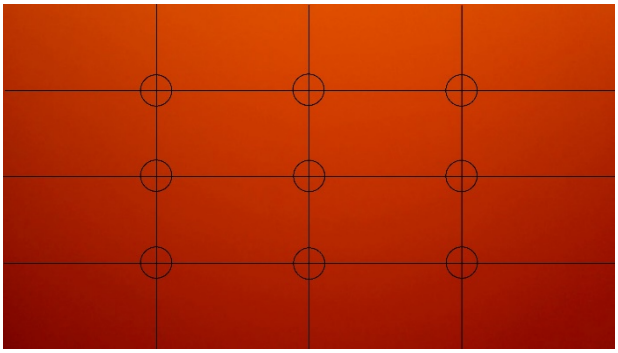


圖 10 以九個分割點為中心取 50*50 pixel 之 R.O.I。

為了實現能在手機上進行影像處理，之後又於 Java 上嘗試做與 MATLAB 相同的影像處理。對同樣影像取 50*50 pixel 的 R.O.I.，將其 Red 子像素做平均，可以得到與 MATLAB 上分析出的相同數值，接下來需要做的部分就是將在 MATLAB 上所做的影像處理在手機上利用 Eclipse 撰寫 Java 語言實現。

2-6 心跳分析

心臟一次舒張和一次收縮組成一次心動週期。自第一次心耳收縮開始自第二次心耳收縮開始，其為心動週期所需的時間。心耳及心室的收縮並不同時進行。故有心耳縮心室縮之分，舒張亦然[4]。因為心臟的舒張收縮而引起的搏動則稱為脈搏，只要量測出脈搏即可知道心跳速率。動物心跳速率會依體型有異，馬 32-44/38-45 bpm (beat per minute，每分鐘脈動)；犬 70-120 bpm；豬 60-80 bpm；貓 110-130/176±44 bpm。心跳速率的快慢通常和體型成反比，如象心跳次數為 30 bpm，豚鼠 280 bpm，白鼠 400bpm，小白鼠 600 bpm，大犬 70-80 bpm，小犬 120 bpm 甚至更快，一般成年人的心跳速率約在 60-90 bpm。而幼年動物的心跳速率也較成年動物快，此都為心率的正常變異。

使用 MATLAB 對一段近 5 秒(4.744 秒)所分割出的 143 張圖取中心點 R.O.I. 做繪圖，得到圖 11 的結果。

將波峰與波谷標記出來，可以觀察到有 5 個明顯的周期。

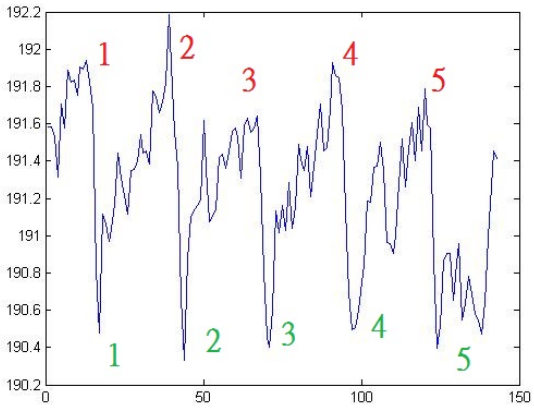


圖 11　使用 MATLBA 影像處理後得到之波形

波峰谷編號	波峰（編號/Red 均值）		波谷（編號/Red 均值）	
1	13	191.9388	17	190.4792
2	39	192.188	44	190.3328
3	67	191.6392	71	190.3992
4	91	191.9272	97	190.4968
5	120	191.7872	124	190.3964

表 1 波峰及波谷的平均 Red 值及影像編號。

表 1 中，波峰 1 到波峰 2 視為一個脈動周期，從波峰 1~5 共有四個周期，影像編號為第 13~120 張，每 30 張圖片等於 1 秒鐘，由此可知從波峰 1 至波峰 5 的 4 個週期經過時間為(120-13)/30＝3.57 秒，一脈動週期平均所需要的時間為 3.57/4=0.893 sec，週期與頻率的關係為f＝１／T，f表頻率，T 表週期，得到頻率為 1／0.893＝1.1198 Hz，心率公式如下：

$$HR_{(BPM)} = f*60 \qquad (1)$$

由公式(1)得到心率 67.188 bpm，符合一般正常成年人的心率約在 60-90 bpm 之間的值。在後面我們我會與一般上面上的血壓計所量測出之脈搏做比對後校正。

2-7　血壓分析

從圖 11 可以看到波峰與波谷間有一個明顯差值，可以清楚看見這個波形的一個週期。我們嘗試將傳統血壓計量出之收縮壓及舒張壓數值與 MATLAB 得到的數據做比較。

心臟在收縮時，血液流量驟增，且會有一脈動；而心臟在舒張時，血液流量會逐漸降低，直至下次收縮。因此，在研究中我們推論波峰代表著心臟在收縮時的訊號，而波谷代表著心臟舒張時的訊號。一段影片有 30 秒，將其分割成 900 張圖片，會有 30 個左右的週期，每週期有一波峰波谷，將 MATLAB 分析的影像中所有週期之峰值平均，與對應的血壓畫曲線。

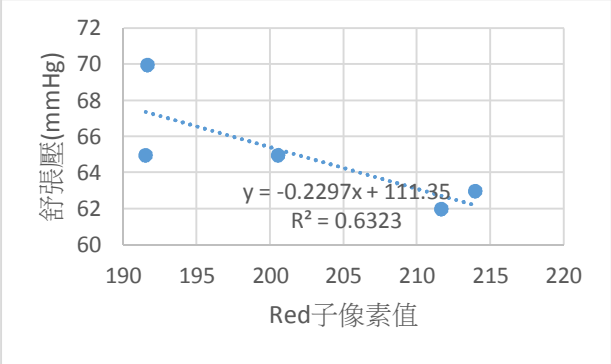


圖 12 心臟舒張壓與 Red 平均值曲線。

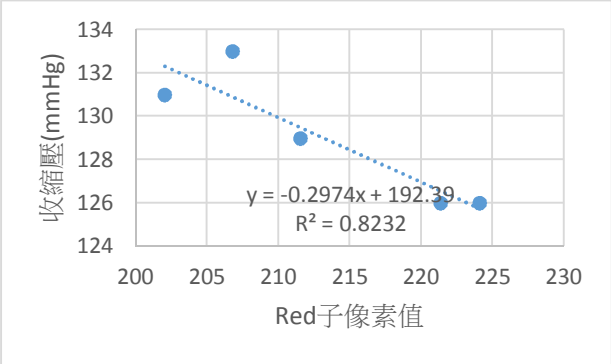


圖 13 心臟收縮壓與 Red 平均值曲線。

在血壓分析時，因為器材限制，一段 30 秒的影片只能配對上一個血壓計所量測出之值，無法監測連續的血壓，所以我的方式是將 30 秒內的波峰與波谷的值分別平均，得到一個 30 秒波峰及波谷的平均值，與該筆數據對應血壓計量測到之血壓做比對。

三、 結果與討論

在拍攝影片時，曾有遇過因為 Red 子像素過高，錄製的影像無法擷取波形，推斷原因為手機補光燈過亮，而 JPG 之 Red 子像素值最高只能到 255，導致無法繪出波形，目前解決方式是透過程式內修改閃光燈的亮度，降低閃光燈亮度，進而降低影像反射之 Red 值。由此可以知道，每台手機的補光燈亮度皆依廠商不同而有所差異，所以我們會往取得手機相機 RAW 原始圖檔做為未來分析數據的方向。

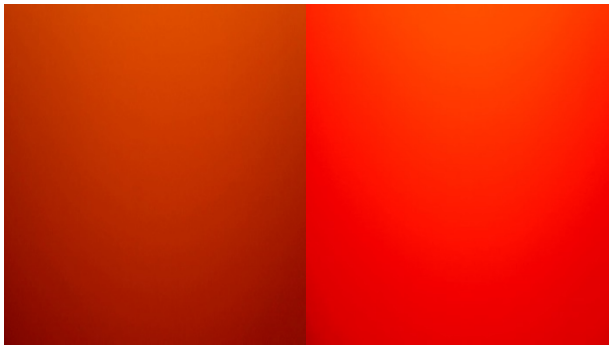


圖 14 左邊為降低補光燈亮度之影像，右邊為原始補光燈亮度。

而R.O.I.之取樣,在一開始9個點都有進行繪圖，但觀察到中間(編號 5)之值相較於其它曲線較為平滑，故分析時我們是以影相中心做取樣。

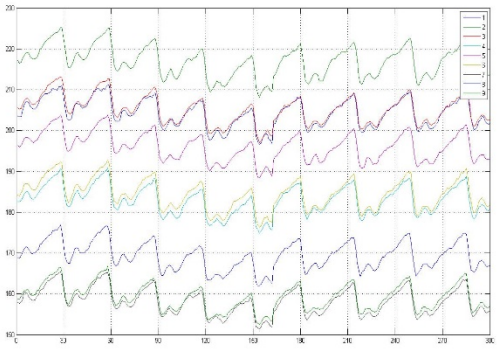


圖 15 分析九個 R.O.I.繪圖。

目前用於脈搏、血氧、血壓等生理特徵量測中，除了紅色波長，綠色波長也被廣泛使用，所以在過程中，除了 Red 子像素均值，我們也另外分析了 Green 子像素均值，

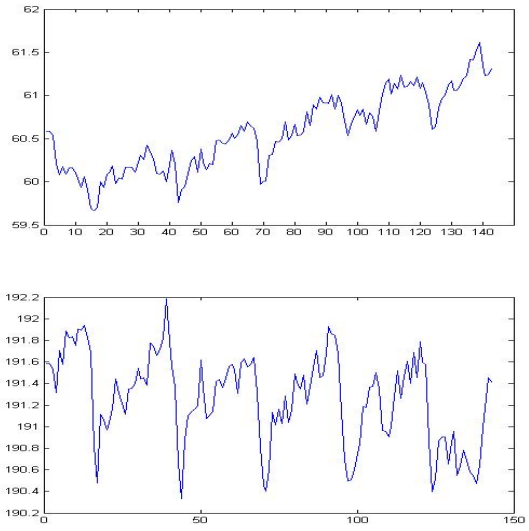


圖 16 Red 值跟 Green 值之比較。

圖 16 中可以看到，來自同一段連續影像的 Red 跟 Green 值之差異，Red 之振幅較 Green 值來的高，較易於我們在本研究中去分辨波之週期，因此在後面的研究過程，都是以 Red 子像素值做為主要的分析方向。

血壓計	67	65	68	66	67
影像	58.13	61.86	61.2	59.36	61.4

表 2 血壓計與影像推論之心率比較(BPM)。

表 2 中顯示，使用影像分析推論出來之心率還是有不小的差距，推論可能與血壓計非連續性脈搏，而影片又長達 30 秒，造成分析出來之數據無法那麼精確，是一個可以改善的地方

利用血壓與 Red 子像素值得到的趨勢線，將趨勢線的公式寫入 APP。當開啟程式拍攝影像後，會取得 R.O.I.且平均其 Red 值，將 Red 值代入趨勢取線得到對應之血壓值，即會顯示在畫面上。但因影像沒有連續性，故在手機上會拍多張照取多次數值，最高數值即為收縮壓，最低數值即為舒張壓。

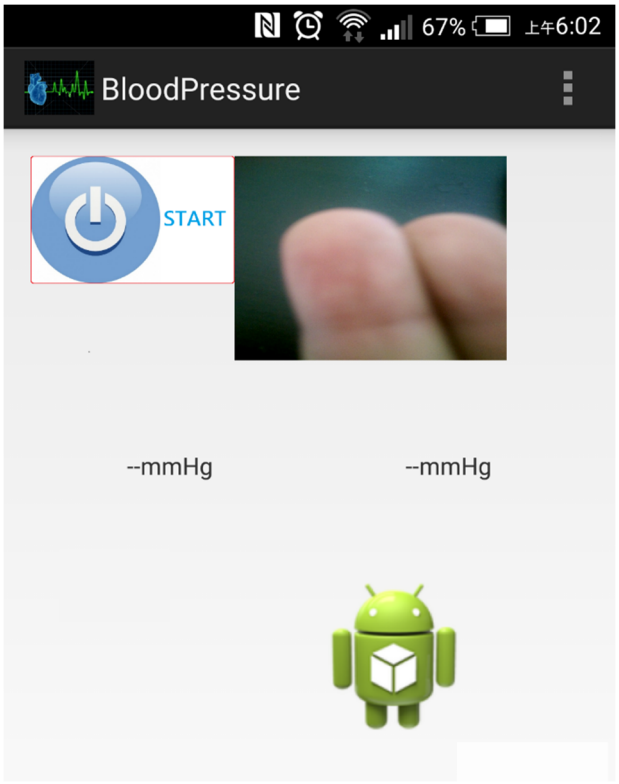


圖 17 手機實際執行畫面，左上為預覽，右下為拍照後預覽圖。

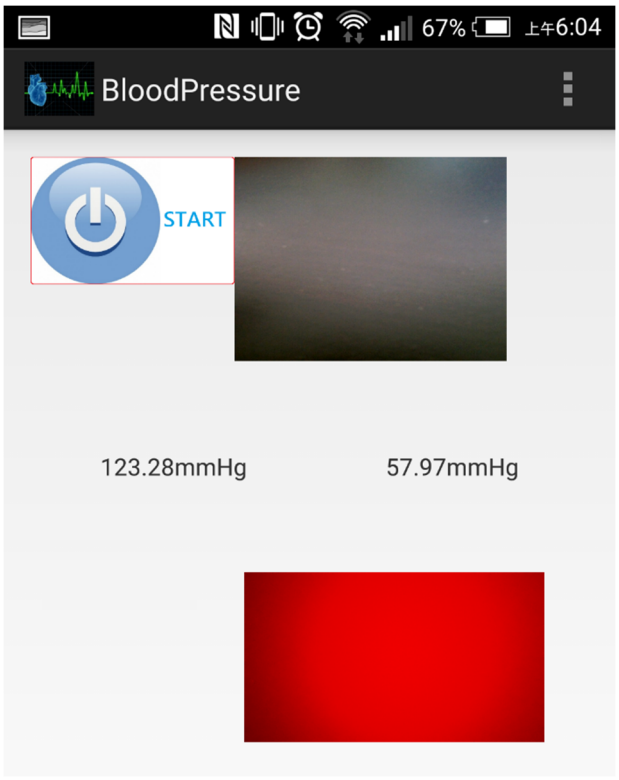


圖 18 拍攝影像後推論出單張影像代表之血壓。

四、 結論與建議

從目前研究結果來看，手機鏡頭所拍攝的影像具有明顯的波形變化，但可能因量測方式的關係，所以與傳統設備量測之值有段差距，是將來可以改善的方向。而 APP 的設計已經可以在手機拍攝影像並直接進行 RGB 色層的提取及後續的運算處理，而其結果與在 MATLAB 上執行的結果是相符合，雖未達成最初連續觀測並量測出血壓的要求，但證明在手機上完成影像處理是可行的，應用程式的架構上在未來可以更進一步。

目前 MATLAB 分析上，一段 30 秒的影片只能對應一個血壓值，且在時間上還未能完全同步，之後會朝向於影像、脈搏與血壓都是同步進行的實驗，以確保結果的準確性。

在 APP 上還無法做到影片的分割去得到連續影像，所以使用拍多張圖的方式，對比血壓的趨勢線方程式，最後推論最高值與最低值為當下血壓。將來會嘗試在手機上直接擷取連續的影像，並且直接分析，達到取樣、分析、顯示結果都在手機上的目標。

五、 參考文獻

〔1〕C. Scully, J. Lee, J. Meyer, A. Gorbach, D. Granquist, Fraser, Y. Mendelson, and K. Chon, “Physiological parameter monitoring from optical recordings with a mobile phone,” IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 99, no. 5, pp. 749－898, 2011.

〔2〕V. Chandrasekaran, R. Dantu, S. Jonnada, S. Thiyagaraja, and K. P. Subbu,” Cuffless Differential Blood Pressure Estimation Using Smart Phones”, IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 60, NO. 4, APRIL 2013。

〔3〕Jeffrey B. Bolkhovsky, Christopher G. Scully, Student Member, IEEE, and Ki H. Chon,"Statistical Analysis of Heart Rate and Heart Rate Variability Monitoring Through the Use of Smart Phone Cameras", 34th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Diego, California USA, 28 August - 1 September, 2012。

〔4〕中華民國獸醫學會(1992)，獸醫學要覽 5.獸醫解剖生理學(上)。台北市：藝軒。

〔5〕Yuxin Zhu, Jing Han," Design and Realization of Heart Rate Signal Detection System Based on Android Mobile Phone", ICCNCE 2013。

Development of Android Application Program for Measuring Blood By Using MATLAB

Jhen-Jia Guo
Ching-Lu Hsieh

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

There has lots of unknown diseases appeared on this generation, that's means human should be attached Importance to control of body health. This research is about using cameras and flash of mobile phone to capture the photos of organism, then we can analysis the pulses and blood pressure on the continuous time. First, we made a film, and separated it to be continuous images, and analysis it on the MATLAB, we can obtain the values of blood pressures. And we will develop a APP, let people can measure blood pressure conveniently.

應用藍芽技術於溫濕度監視的研究

學生姓名:李昕宸、林威凱、張豪益
指導老師： 謝清祿

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

隨著科技的進步，以及現在土地寸土寸金，以前常見的開放式農地也漸漸轉為溫室化，因此溫室的環境控制和監控就非常重要了。本專題提出一個透過 Arduino UNO 結合藍芽模組和溫溼度感測器的系統，利用此系統來監控一天溫室內的溫濕度變化，並透過折線圖讓使用者能馬上了解變化幅度的大小。最後透過實驗我們發現這個想法是可行的，雖然傳輸距離沒有達到預想中遙遠，但是只要在 PC 上再加藍芽模組應該就可以達到我們的目標。

一、引言

溫度是植物生長中最重要的環境因子之一，對生命有極大的影響，時常成為限制植物生長及分布的一個重要因子，而且是一個難以控制的環境因子。植物不像動物，不能維持其細胞或組織最適生長的溫度，所以大多數的植物體莖葉及根的溫度，通常與其生長周圍的環境或土壤的溫度相近。因此植物的生長與代謝易受到外界環境溫度的控制，也亦愈顯出植物與環境溫度的密切關係。就整個溫度範圍而言，生物活動的範圍相當狹窄，只限於 0 ℃到 50 ℃之間，也就是從水結成冰的冰點開始，到蛋白質變性的溫度為止[1]。

24 小時的環境監控能讓使用者不只可以隨時掌控環境的變化，也可以在控制環境的系統發生問題時能讓使用者馬上發現，並且盡快做出改善或維修，以防止造成更大的損失。

環境因子包括溫度、溼度、風速和輻射等，而這些因子對動物會有直接或間接的影響，直接的影響如對動物的體溫、呼吸速率和生產效率降低等，間接的影響則牽涉到環境和動物之間的交互作用。在所有的環境因子中，以溫度對動物的影響最劇，而影響程度則和大氣中溼度的含量、風速的快慢以及輻射熱等有密切的關聯[2]。

所謂無線感測網路，為近代微機電系統(Micro Electro Mechanical System, MEMS)技術之產品，它是在一個待感測區域內，佈設許多具有無線通訊能力的感測節點(Node)，每一個節點依其所配置之感測元件偵測其週圍之溫度、濕度、壓力、震動…等資料，再藉由其無線傳輸能力，將收集所得資料傳送到遠端特定設備，再統一進行運算分析的網路系統。無線感測網路的發展，最早是由美國加州柏克萊大學(UC Berkeley)，David Culler 教授主持的一項研究計畫，稱之為「智慧灰塵(Smart Dust)」。這項計畫最是由美國國防先進技術研究計畫署(DARPA)所支助，原先的構想是應用在軍事上，運用無線傳輸技術，進行戰場環境之偵搜，以減少人員之損傷。目前無線感測網路架構上遵循 IEEE802.15.4 與 ZigBee 之標準，為一種新的短距離無線通訊標準，系統具有低耗電、低速率、傳輸距離短、體積小、架構簡單、自動連結成網路與應用範圍廣泛等特性，目前主要應用在家庭環境裝置自動化、個人醫療照護、環境安全與控制等領域。由於其前端只負責資料之收集，再以無線傳輸方式送至後方統一進行分析，如此可以大幅簡化系統架構，使前端感測元件得以極簡化與極小化，特別是其低耗電量特性， 一般使用兩顆 AA 電池就可耐用 6～12 個月，使得整體系統布建與使用更為容易。

政府部門方面，國科會有感於無線感測器網路技術未來之發展潛力，於 2007 年成立「無線感測器網路技術前瞻研究」專案計畫，做為國內推動此項技術的火車頭，並分別在醫療及工業 等領域分別提出應用行研究計畫，其中農業部份以臺大生物產業機電工程學系江昭皚教授「東無線通訊感測技術與農業之應用東方果實蠅生態監測及預警系統之研究」共同參與其中，在江教授研究中比較特殊的部分是系統前端資料收集部分使用 802.15.4/ZigBee 系統，在網路閘道端則改以 GSM 系統進行資料傳輸，以克服農業生產環境中，網路佈線不足之問題[3]。

朱(2011)等人設計了一個無線農業環境監測系統基於無線傳感器網路上，並且該系統主要用於監測溫度和濕度.無線傳感器網路由大量成本低、體積小的傳感器構成。它通過無線通訊具有自行組織能力。數據採集是網路的主要任務用來獲取訊息。相比環境監測我們採用無線傳感器網路監測農業環境的傳統手段，它有三個顯著優點:(1)減少不必要的鋪設線，在控制環境的人為影響小; (2) 數據採集具有高準確性; (3) 具有一定的計算，存儲容量，可實現理想的無人值守遠程監控。因此無線傳感器網路在農業

生態環境監測是可行的，它是環境監測結合無線傳感器網路的未來方向[4]。

高(2011)等人整合網路和嵌入式技術，提出了監控系統基於嵌入式Web服務器和無線傳感器網絡的溫室設計。首先討論監控系統的分層架構，並利用硬體、嵌入式Web服務器和無線傳感器網絡等，進行設計。在網路服務器連接到互聯網時，使用標準的網路瀏覽器在網上隨時隨地能讓使用戶訪問，控制和管理的該嵌入式設備[5]。

本校的工作犬訓練學校，天氣在溫度和濕度頻繁變化劇烈。天氣變化影響大氣中的溫度和濕度可能導致狗生病。因此，工作犬訓練學校必須為所有的狗在整個訓練計劃中安排適當犬舍環境。為了確保狗的健康，部署了自動環境感應裝置。網路傳感器和射頻識別（RFID，Radio Frequency IDentification）技術進行了整合，並實施天氣傳感系統和輸出控制系統，與保健管理相結合，並利用網路的監控系統隨時提供訊息[6]。

無線傳感器網絡技術是非常適合於分佈式數據收集和惡劣的環境，如溫室或農田監測。劉(2007)等人提出了一種無線傳感器網路原型，分為兩大部分。在第一部分中，若干傳感器節點用於測量溫度，光照和水分。基於ARM處理器的嵌入式終端匯聚節點是為收集和無線傳輸數據，使用短消息服務的遠程PC一起安裝在室內。另一部分是由GSM模組和利用數據庫運行的遠程PC上的管理軟體[7]。

近年來，無線通訊已成為我們日常生活不可或缺的一部份。隨著無線通訊技術的蓬勃發展，無線技術的使用人口也大幅成長。藍芽(Bluetooth)是其中一項新興的無線通訊技術，其優點為低工率、抗雜訊率比高及保密性強。主要目的是在於取代纜線，讓電話、筆記型電腦、PDA以及電腦周邊等設備，彼此直接通訊[8]。

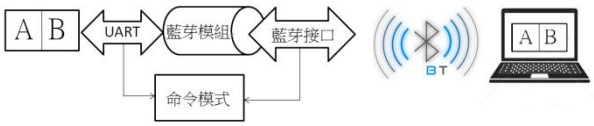
藍牙是種標準化協議，經由2.4GHz無線網路發送和接收數據。這是一個安全協議，它是在電子設備之間完美的短距離、低功耗，低成本的無線傳輸。藍牙網路使用一個主/從模式(master/slave model)來控制設備可以隨時隨地發送數據。在該模式中，一個單一的主設備可以連接到多達七個不同的從設備。藍芽網路中的任何從設備只能連接到一個單一的主設備。主設備協調整個網路的通信。它可以對任意從設備發送或要求數據。從設備只允許跟他們的主設備傳輸讀取。不能跟網路中的其他從設備通訊[9]。

由表一的比較中發現藍芽不一定是每個無線作業中最好的選擇，但它確實是替代短程電纜的應用程序。它還擁有比其他競爭對手更方便的連接過程（特別是ZigBee）[10]。

表一、無線傳輸比較

比較項目	藍芽	Wi-Fi	ZigBee	DECT	HomeRF	紅外線
傳輸距離	Class 3 1 公尺 Class 2 10 公尺 Class 1 100 公尺	30 公尺	868MHz 300 公尺 915MHz 30~75 公尺 2.4GHz 10 公尺	300 公尺	50 公尺	3.8 公尺
擷取角度	無限制	無限制	無限制	無限制	無限制	有限制
傳輸方式	使用 2.4GHz 無線電頻道	2.4GHz	868MHz /915MHz /2.45GHz	1.88~1.9GHz	2.4 GHz	850~900nm 的紅外光傳輸
傳輸速率	1Mbps	2-11Mbps	20/40 /250kbps	1.152Mbps	1、2Mbps	最快可達 16Mbps
模組體積	小	大	小	小	小	小
功率消耗	傳輸時消耗 30mW	最大到 1000mW	短距離通訊工作耗 30mW	主機 0.52W~2.7W 充電器 0.12W~1.8W	1000mW	僅需 0.2~3mW
網路協定	可構成網路	可構成網路	可構成網路	可構成網路	可構成網路	無法真正構成網路
移動性	佳	佳	佳	佳	佳	不佳
屏蔽	不受	不受	不受	不受	不受	受干擾
電磁波干擾	受干擾	受干擾	不受干擾	干擾影響小	干擾影響小	不易受干擾
應用市場	傳輸量較低的產品	商用市場	家庭、工業市場	家庭市場	家庭市場	家庭市場
聲音資料頻道	有	無	有	有	有	無

藍芽模組有兩種操作模式，即資料模式(內訂)與指令模式；當在資料模式時，它就如同是一個資料的通道(data pipe)，收到資料後，會取下藍芽的資料頭與尾編碼，再將他傳給 UART port(通用非同步收發傳輸器，Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)。當資料給 UART 後，會把資料組成一個藍芽封包，以無線方式的傳出去。整個收與傳的過程，如圖 1。



圖一、指令模式與資料模式

模式的規劃，可以透過指令，也就是先設定是指令模式，並透過 UART 傳給 ASCII 碼，或是透過藍芽的有線連接傳給指令。指令傳完後需要重新啟動，它會一直待在藍芽模組內，直到再一次規劃，或是按下重置(factory reset)[11]。

Arduino 是一種開放授權的互動環境開發設備，互動裝置相當普遍，像是冷氣的恆溫裝置，便是使用感測器偵測環境溫度，進行室內溫度的自動調節；還有汽車使用的倒車雷達，過於靠近物體便會發出聲音警告駕駛者。這些裝置為生活增加不少安全及便利，互動能帶給使用者驚喜，有時會以藝術品的方式呈現在生活當中。Arduino 不僅軟體是開放源碼，硬體也是開放的。軟體的開發環境可在網上免費下載，而電路設計圖也可從官方網站下載，依據使用者自身之需求進行修改，但須要符合創用 CC 授權條款(創用 CC 授權條款)[12]。

所以，本研究的目的為：

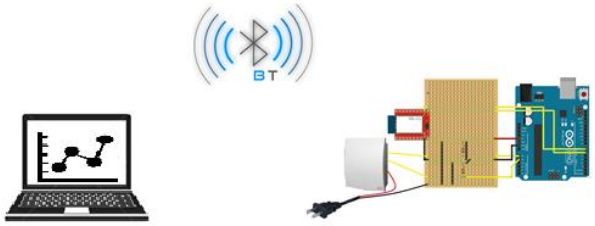
1. 利用 Arduino 結合溫度/濕度感測器，每分鐘將感

測到的溫度與濕度讀值(電壓)轉成℃。

2. 透過藍芽傳送至 PC 顯示，並利用 BCB 撰寫一程式讀其資料。
3. 當接收資料達到 60 筆時換算成一個小時的平均值，並存儲成一個檔案。
4. 讀取 24 個(24 小時)檔案並透過折線圖呈現一天的溫度和濕度變化。

二、研究內容與方法

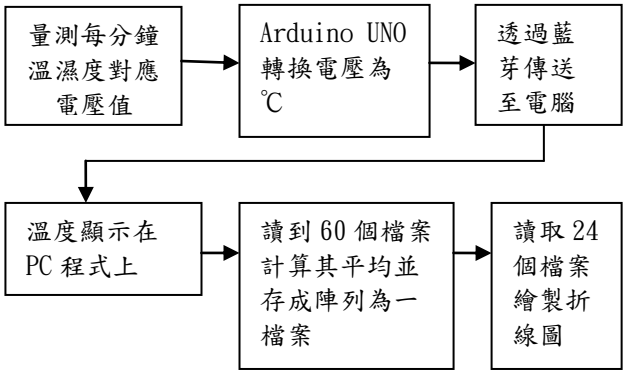
(一) 系統架構



圖二、系統架構圖

本研究以 Arduino UNO 搭配藍芽模組 RN-41，將溫/濕度感測器(EE10)偵測到的溫度和濕度變化藉由藍芽傳送至遠方的電腦。

(二)研究步驟



圖三、本研究流程圖

本研究大致分成四個部分:

(1).將量測的溫濕度進行轉換。

(2).藍芽的傳輸設定，將溫度和濕度讀值透過藍芽傳送至電腦內。

(3).電腦運行一程式自動進行存檔，以便使用者能隨時讀取。

(4).將讀取的檔案以折現圖呈現。

1.溫度轉換

本專題使用的溫度感測器為 HVAC 室內溼度和溫度感測器 EE10 系列，圖四所示。以下為此感測器產品規格。

感測範圍:溫度 0～50℃

儲存溫度:-25～60℃

工作溫度: -5～55℃

溫度精確度:FT6:±0.4℃，FT3: ±0.25℃

溫度感測元件： PT100

電流消耗： VDC 供電 4mA， VAC 供電 15mA

電源電壓(UV): 0-10V 15-40VDC 或 24VAC±20%

理論方程式:y=12.5x-12.5（x=電壓值，y=℃值）



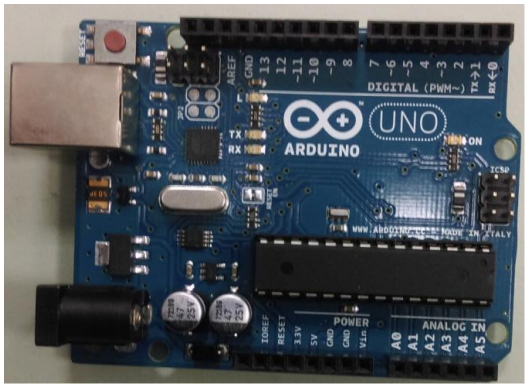
圖四、溫度感測器 EE10 系列

為了防止溫度感測器與其規格有所誤差，所以我們再做一次溫度的校正，目的除了減少誤差之外，也可以得到其感測器的電壓轉換溫度的方程式。首先我們先用溫度感測器量測室內之溫度，並用三用電表量測其對應之電壓值，為了將量測範圍拉大，實驗時利用吹風機將感測器量測溫度升高，還有將感測器放置冰箱內，模擬低溫及高溫的情況，量測低溫、高溫及常溫時對應的電壓值。

2. 藍芽傳輸設定

本專題使用的是 Arduino UNO，圖五所示，以下為此規格。

Digital I/O 數字輸入/輸出端共 0~13。
Analog I/O 模擬輸入/輸出端共 0~5。
支持 USB 接口協議及供電(不需外接電源)。
支持 ISP 下載功能。
支持單片機 TX/RX 端子。
支持 USB 轉 TTL TX / RX 端子。
支持 AREF 端子。
6 組支持 PWM 端子（Pin 11,10,9,6,5,3）。
輸入電壓：接上 USB 時無須外部供電或外部 6V~12V DC 輸入。
輸出電壓：5V DC 輸出和外部電源輸入。
採用 Atmega328P 單片機。
尺寸：70X54mm



圖五、Arduino UNO

本專題使用的藍芽模組為 RN41，圖六所示，以下為此模組之規格。

傳輸距離:100 公尺
頻率：2.4～2.524 GHz 的
工作電壓：3.3V-6V
傳輸速率：2400-115200bps
工作溫度：-40～+70℃
低功耗：平均 25mA
內置天線
製造商：Microchip 公司



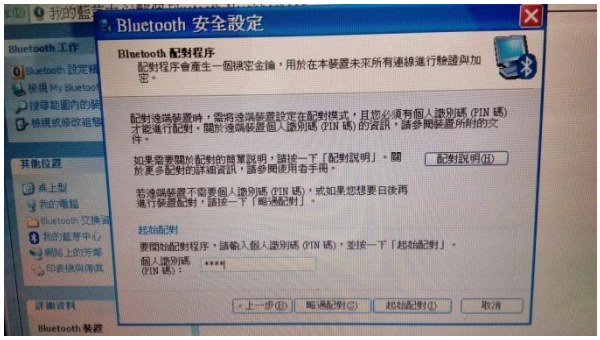
圖六、藍芽模組 RN41

建立兩個設備之間的藍牙連接需要經過三個步驟：
(1).搜尋:如果兩個藍牙設備不知道對方，必須做一個搜尋來發現對方。一個設備發出請求，並且其他藍芽設備都可以收到它的地址名稱和信息。



圖七、搜尋藍牙

(2).配對:通常需要驗證pin碼,內訂為1234或0000。Arduino 的藍芽配對內訂是不用認證，但是電腦藍芽配對，則通常需要驗證。

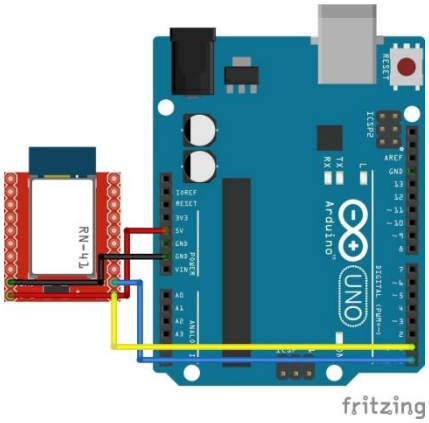


圖八、藍芽配對

(3).連接：兩個藍芽裝置建立連接，讓資料傳輸。



圖九、藍芽連接



圖十、Arduino 連接藍芽

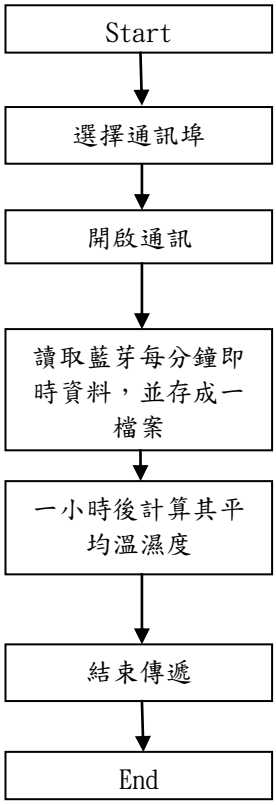
表二為 Arduino UNO 連接藍芽模組之接腳，這裡要比較注意的是電源與接地不能接錯，不然可能會造成藍芽模組的損毀,而 Arduino 的 TXD 是與藍芽模組的 RXD 連接的。

表二、Arduino 連接藍芽之接腳

Arduino	藍芽模組	備註
5V	VCC	注意電源不可接錯
GND	GND	注意電源不可接錯
RXD(pin0)	TXD	
TXD(pin1)	RXD	

3.PC 資料讀取

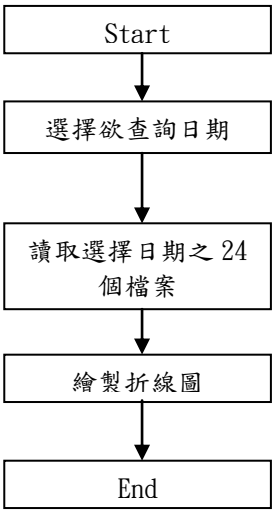
開啟程式後首先要選擇筆電藍芽與 Arduino 藍芽模組連接的通訊埠(com),按下開啟通訊就連接完成。十秒之後按下接收資料,程式就會每分鐘讀取藍芽的即時資料並存成一個檔案。一小時後會讀取 60 個檔案計算一小時的平均溫濕度顯示在螢幕上。按下結束通訊鍵即斷開藍芽連接並關閉程式。



圖十一、PC 資料讀取程式流程圖

4.資料繪圖

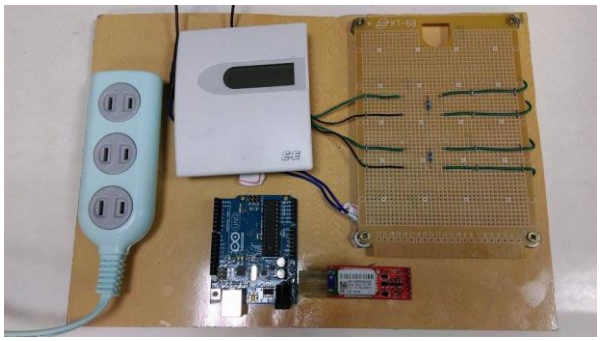
在主表單按下顯示圖表後會跑到資料繪圖表單,首先選擇你想要繪圖的日期,要點選年、月、日並按下查詢鍵,程式會自動讀取你選擇的日期之 24 個小時平均溫濕度繪製成一天的溫濕度變化折線圖。按下返回鍵則回到程式主表單。



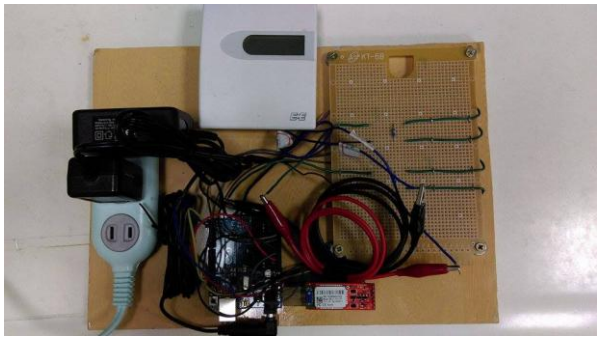
圖十二、資料繪圖程式流程圖

三、結果與討論

圖十三、十四為本系統的版面配置圖,將感測器、Arduino UNO、藍芽模組、延長線以及電路板固定在木板上。延長線可以從溫室裡的插頭供電給 Arduino UNO 和感測器使用,配置在木板上除了可以讓系統更容易攜帶外,還可以防止系統直接接觸到溫室積水的地板,此外,我們也用塑膠瓦楞板做出一個簡單防水的盒子,避免溫室灑水時系統接觸到水而故障。



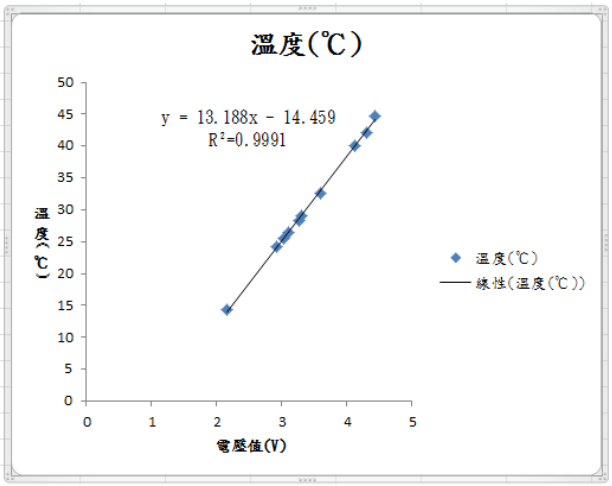
圖十三、本系統版面配置圖(未接線)



圖十四、本系統版面配置圖(接線後)

1. 溫度轉換

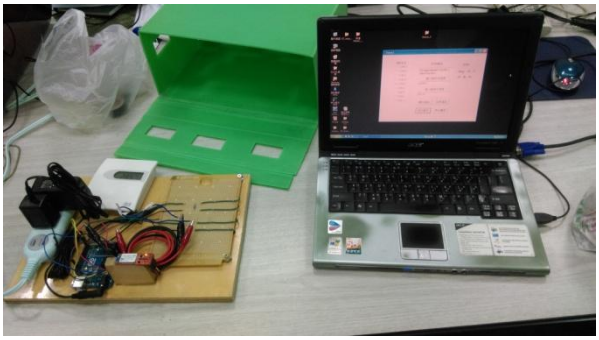
圖十五為我們量取的電壓對應之溫度值，並以此數據畫出此感測器之校正線。利用此校正線作為程式之公式 y=13.188x-14.459(y=溫度，x=電壓值)，由圖中可以發現 R^2 值相當接近 1，這也代表我們所量測的值和趨勢線的擬合度是相當高的，表示這些數據是可靠的，因此利用此公式作為撰寫程式數值轉換的依據。



圖十五、溫度校正線

2. 藍芽傳輸設定

圖十七、十八為我們短距離藍芽傳輸實驗的情形，由圖中可以發現系統與 PC 距離相當接近，但是兩者之間的資料傳送還是透過藍芽來傳送。而圖十八則是長距離藍芽傳輸實驗，雖然此系統使用的藍芽模組可以傳送 100 公尺的距離，但是 PC 上藍芽的極限距離卻沒有這麼遠，所以我們將系統放置溫室內，而接收端則是距離溫室 4 公尺的草地旁。Arduino 藍芽傳輸程式碼為附錄 1.。



圖十六、短距離藍芽傳輸實驗(未裝進防護盒)



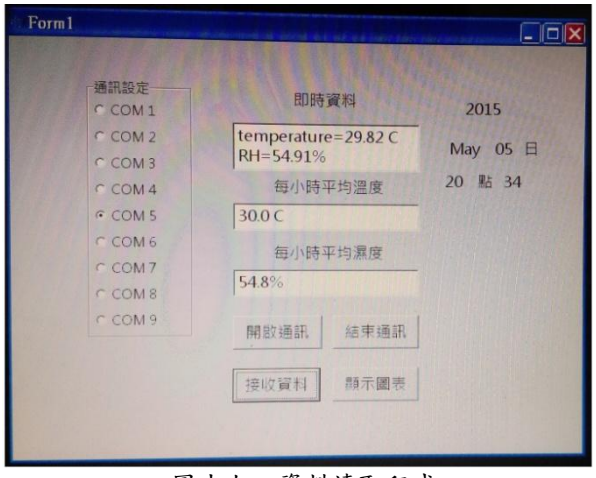
圖十七、短距離藍芽傳輸實驗(裝進防護盒內)



圖十八、長距離藍芽傳輸實驗

3. PC 資料讀取

圖十九為本系統 PC 資料讀取程式的頁面，當 Arduino UNO 上的藍芽模組與 PC 的藍芽經過搜尋、配對和連接(圖七、八、九)三個步驟成功連接後，開啟此程式，通訊設定選擇藍芽的 COM5，接著開啟通訊，最後接收資料，程式就會自動接收並顯示即時的溫溼度資料，並且每小時自動計算並顯示平均的溫溼度。此程式碼在附錄 2.。

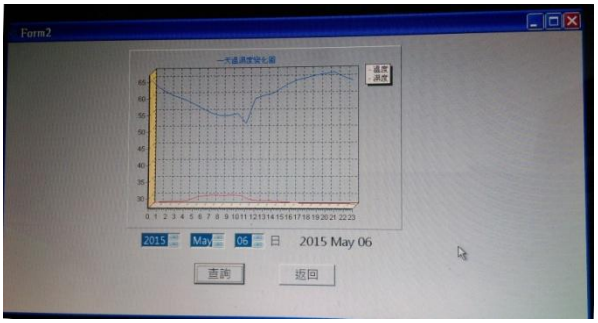


圖十九、資料讀取程式

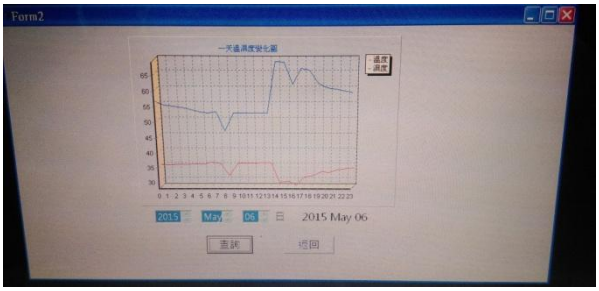
4. 資料繪圖

圖二十、二一分別為短距離和長距離的實驗資料

繪圖，程式碼為附錄 3，由兩圖可以發現，短距離藍芽傳輸在一般室內測量而且接收端與發送端距離較近，數值相對來講比較穩定，而從長距離的折線圖可以發現穩定度沒有短距離來的好，這有可能是因為 PC 藍芽的接收距離趨近其極限距離，造成訊號比較沒有短距離的傳輸來的穩定，所以較常出現數值間的大落差。



圖二十、短距離藍芽傳輸實驗資料繪圖



圖二十一、長距離藍芽傳輸實驗資料繪圖

四、結論

透過這次的專題製作讓我們學到很多有關無線傳輸的知識，也對 Arduino 有深入的了解，但是透過實驗的結果，我們發現這套系統還是有幾個地方是需要改進的，首先是防護盒的部分，我們在這部分只考慮到基本的防水功能，所以使用的材質可能比較脆弱，而在藍芽傳輸方面，雖然 Arduino 使用的藍芽模組的傳輸距離可以達到 100 公尺，但是筆電的藍芽卻無法接收到這麼遠的距離，所以如果要將傳輸距離拉長的話，建議可以在 PC 上加上另一塊藍芽模組，以達成此目標。

五、致謝

感謝這一年來謝清祿老師在專題方面對我們的指點，在每次的 meeting 中都會讓我們感覺就像是在上課一樣，讓我們 meeting 結束都獲益良多，而對於我們不足的地方也很有耐心的講解，讓我們很快地去改善，也感謝實驗室的學長們，當我們有實驗上的問題或需要借用器材時，提供給我們的幫助。

六、參考文獻

〔1〕 有機農業全球資訊網-溫度對水稻產生之影響。取自 http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=3-6&PreView=1。

〔2〕 林育安，2014，「高溫環境對乳牛生理和泌乳影響」，農政與農情，第 267 期。

〔3〕 何榮祥，2008，「無線通訊感測技術與農業之應用」，臺中區農業改良場研究彙報，第 98 號。

〔4〕 Yingli Zhu, Jingjiang Song，2011，Applications of wireless sensor network in the agriculture environment monitoring，International Workshop on Automobile, Power and Energy Engineering ， Procedia Engineering Volume 16 P. 608 - 614。

〔5〕 Gao Junxianga , Du Haiqingb ，2011，Design of Greenhouse Surveillance System Based on Embedded Web Server Technology，Procedia Engineering Volume 23, Pages 374 - 379。

〔6〕 Sumalee chaisita, Hsu-Yang Kung, Jian-Liang Pan, Yan-Hua Chen，2014，Environmental Awareness Automation Monitoring System for Training Dog Kennel，APCBEE Procedia Volume 23，Pages 178-183。

〔7〕 Hui Liu, Zhijun Meng, Shuanghu Cui，2007，A Wireless Sensor Network Prototype for Environmental Monitoring in Greenhouses，Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. WiCom 2007. International Conference on，Pages 2344 - 2347。

〔8〕 謝宇軒、劉宗慶、陳義揚，2011，「Android 手機於燈光與電腦音樂的控制應用」，華岡工程學報，第 27 期。

〔9〕 Bluetooth Basics。取自 https://learn.sparkfun.com/tutorials/bluetooth-basics。

〔10〕 張金發，2007，「利用藍芽技術實現遠端無線控制系統」，碩士學位論文，聖約翰科技大學自動化及機電整合研究所。

〔11〕 ROVING NETWORKS. Apple Inc. 2013，Bluetooth Data Module Command Reference & Advanced Information User’s Guide，RN-BT-DATA-UG Version 1.0r。

〔12〕 石致和，2013，「Arduino 基本介紹」，中央研究院計算中心通訊，第 6 期。

附錄

1. Arduino 藍芽傳輸程式碼

```
#define analogInPin1 A0
#define analogInPin2 A1

float sensor1 = 0;
float sensor2 = 0;
float tmp = 0;
float rh = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  //BT.begin(115200);
}

void loop(){
  float sensor1 =
analogRead(analogInPin1);
  float sensor2 =
analogRead(analogInPin2);
  float tmp =
(((sensor1*5)/1023)*13.188)-14.459;
  float rh = ((sensor2*5)/1023)*25-25;
  Serial.print("temperature=");
  Serial.print(tmp);
  Serial.println(" C");
  Serial.print("RH=");
  Serial.print(rh);
  Serial.println("%");
  delay(10000);
 }
```

2. PC 資料讀取程式碼

```
//---------------------------------------
-------------------------------

#include <vcl.h>
#include <stdio.h>
#include <time.h>
#include "Unit2.h"
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//---------------------------------------
-------------------------------
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
HANDLE hComm;       //RS232 利用此 Handle
FILE *outf;
float tsum=0;
float rsum=0;
//---------------------------------------
-------------------------------
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
        : TForm(Owner)
{
}
//---------------------------------------
-------------------------------



void __fastcall TForm1::Button1Click(TObject
*Sender)
{
  //開啟通訊鈕

  char *ComNo;
  DCB dcb;
  String Temp;
  //取得欲開啟的通訊埠
  Temp = "COM"+IntToStr(rdCOM->ItemIndex +1);

  ShowMessage(Temp);
  //轉換至指標型態 Char
  ComNo = Temp.c_str();
  hComm = CreateFile(ComNo,GENERIC_READ |
GENERIC_WRITE,
        0, NULL, OPEN_EXISTING, 0, 0);
  if (hComm == INVALID_HANDLE_VALUE) // 如果 COM
未開啟
  {
    MessageBox(0, "開啟通訊埠錯誤!!","Comm
Error",MB_OK);
    return;
   }
  //將 dcb 位址傳入，以取得通訊參數
  GetCommState(hComm,&dcb);
// 得知目前 COM 的狀態
  dcb.BaudRate = CBR_115200;
// 設定鮑率為 115200
  dcb.ByteSize = 8;
// 位元組為 8 bit
  dcb.Parity = NOPARITY;
// Parity 為 None
  dcb.StopBits = ONESTOPBIT;
```

```
// 1 個 Stop bit
  //通訊埠設定
  if (!SetCommState(hComm, &dcb)){       // 設
定 COM 的狀態
    MessageBox (0, "通訊埠設定錯誤!!!","Set
Error",MB_OK);
    CloseHandle(hComm);
    return;
   }
}
//---------------------------------------
--------------------------------

void __fastcall TForm1::Button3Click(TObject
*Sender)
{
  // 接收資料
  Timer2->Enabled=true;
  Timer3->Enabled=true;


  String Temp;
  char inbuff[1024];//設定 Buffer 的大小
  DWORD nBytesRead, dwEvent, dwError;
  COMSTAT cs;

  ClearCommError(hComm,&dwError,&cs);

  if (cs.cbInQue > sizeof(inbuff))
   {
     PurgeComm(hComm, PURGE_RXCLEAR);
     return;
   }


ReadFile(hComm,inbuff,cs.cbInQue,&nBytesRead,
NULL); //讀入資料

   inbuff[cs.cbInQue]= '\0';

   mReceive->Text = inbuff;
   String tbuff;
   String rbuff;
   tbuff = mReceive->Text.SubString(13,5);
   rbuff = mReceive->Text.SubString(25,5);

   tsum = tsum + StrToFloat(tbuff);
   rsum = rsum + StrToFloat(rbuff);

   String name =
ly->Caption+lm->Caption+ld->Caption+lh->Capti
on+lmin->Caption;
   String road = "D:\\sensor\\"+name+".txt";
   outf = fopen(road.c_str(),"w");
   String s;
   s = mReceive->Text;
   fprintf(outf,"%s",s);
   fclose(outf);
}
//---------------------------------------
--------------------------------

void __fastcall TForm1::Button2Click(TObject
*Sender)
{
 //結束傳遞鈕

 if (hComm!=INVALID_HANDLE_VALUE)
CloseHandle(hComm);
  exit(EXIT_SUCCESS);


}
//---------------------------------------
--------------------------------



void __fastcall TForm1::Button4Click(TObject
*Sender)
{
  Form1->Hide();
  Form2->Show();
}
//---------------------------------------
--------------------------------


void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject
*Sender)
{
  Timer1->Interval=1000;
  Timer2->Enabled=false;
  Timer3->Enabled=false;
}
//---------------------------------------
--------------------------------


void __fastcall TForm1::Timer1Timer(TObject
*Sender)
{
```

```
    time_t t1;
    String s;
    time(&t1);
    s = ctime(&t1);
    lm->Caption = s.SubString(4,4);
    ld->Caption = s.SubString(8,4);
    lh->Caption = s.SubString(12,2);
    lmin->Caption = s.SubString(15,2);
    ly->Caption = s.SubString(21,4);


}
//---------------------------------------
-------------------------------

void __fastcall TForm1::Timer2Timer(TObject
*Sender)
{
  Button3Click(Sender);
}
//---------------------------------------
-------------------------------



void __fastcall TForm1::Timer3Timer(TObject
*Sender)
{
  //求平均值
  float tans;
  float rans;
  tans = tsum/60;
  rans = rsum/60;

  String tansbuff;
  String ransbuff;

  tansbuff=FloatToStr(tans);
  ransbuff=FloatToStr(rans);
  Memo1->Text=tansbuff.SubString(1,4)+" C";
  Memo2->Text=ransbuff.SubString(1,4)+"%";

  String sname;
  String sroad;
  sname =
ly->Caption+lm->Caption+ld->Caption+lh->Capti
on;
  sroad = "D:\\sensor\\"+sname+".txt";
  outf = fopen(sroad.c_str(),"w");
  String hs1;
  String hs2;
  hs1 = Memo1->Text;
  hs2 = Memo2->Text;
  fprintf(outf,"%s \n",hs1);
  fprintf(outf,"%s \n",hs2);
  fclose(outf);

  tsum = 0;
  rsum = 0;
}
//---------------------------------------
-------------------------------
```

3. 資料繪圖程式碼

```
//---------------------------------------
-------------------------------

#include <vcl.h>
#include <stdio.h>
#include "Unit1.h"
#pragma hdrstop

#include "Unit2.h"
//---------------------------------------
-------------------------------
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm2 *Form2;
FILE *outf;

String year;
String month;
String day;
String ptbuff;
String prbuff;
//---------------------------------------
-------------------------------
__fastcall TForm2::TForm2(TComponent* Owner)
        : TForm(Owner)
{
}
//---------------------------------------
-------------------------------

void __fastcall TForm2::Button2Click(TObject
*Sender)
{
  Form1->Show();
  Form2->Hide();
}
//---------------------------------------
-------------------------------
```

```
void __fastcall TForm2::FormCreate(TObject
*Sender)
{
  Form2->Hide();
}
//---------------------------------------
--------------------------------



void __fastcall TForm2::lmonthClick(TObject
*Sender)
{
 int i;
 i = lmonth->ItemIndex;
 month = lmonth->Items->Strings[i];
}
//---------------------------------------
--------------------------------

void __fastcall TForm2::lyearClick(TObject
*Sender)
{
  year = IntToStr(lyear->ItemIndex+2015);
}
//---------------------------------------
--------------------------------

void __fastcall TForm2::ldayClick(TObject
*Sender)
{
  int i;
  i = lday->ItemIndex;
  day = lday->Items->Strings[i];
}
//---------------------------------------
--------------------------------



void __fastcall TForm2::Button1Click(TObject
*Sender)
{
  Fname->Caption = year+" "+month+" "+day;

  for(int i = 10 ; i<24;i++){
  String pname;
  String proad;
  pname = Fname->Caption+" "+IntToStr(i);
  proad = "D:\\sensor\\"+pname+".txt";
  outf = fopen(proad.c_str(),"r");
  char *chr=new char;
  String rss;
  rss = "";
  do
  {
    fscanf(outf,"%s",chr);
    rss=rss+chr+char(10);
  }while(!feof(outf));
  String val;
  val = rss;
  ptbuff = val.SubString(1,4);
  prbuff = val.SubString(8,4);
  float numt =  StrToFloat(ptbuff);
  float numr =  StrToFloat(prbuff);
  Series1->AddY(numt, "",clRed);
  Series2->AddY(numr, "",clBlue);
  fclose(outf);
  }
  for(int i = 0 ; i<10;i++){
  String pname;
  String proad;
  pname = Fname->Caption+" 0"+IntToStr(i);
  proad = "D:\\sensor\\"+pname+".txt";
  outf = fopen(proad.c_str(),"r");
  char *chr=new char;
  String rss;
  rss = "";
  do
  {
    fscanf(outf,"%s",chr);
    rss=rss+chr+char(10);
  }while(!feof(outf));
  String val;
  val = rss;
  ptbuff = val.SubString(1,4);
  prbuff = val.SubString(8,4);
  float numt =  StrToFloat(ptbuff);
  float numr =  StrToFloat(prbuff);
  Series1->AddY(numt, "",clRed);
  Series2->AddY(numr, "",clBlue);
  fclose(outf);
  }
}
//---------------------------------------
--------------------------------
```

Titles

Application of Bluetooth Technology to Monitor Temperature and Humidity

Author‘s Name

Student Name: Li Xin Chen, Lin Weikai, Zhang Hao Yi
Instructor: Xie Qinglu

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

With advances in technology and high cost of land, open farmland has gradually converted into greenhouse. This makes the greenhouse environment control and monitoring becomes very important. This study combines Bluetooth module of Arduino UNO and sensor of temperature and humidity to monitor the environment inside the greenhouse. Monitor data of twenty four hours of each day can be shown through a line chart so that users can immediately understand the environment change. Finally, through the experiments we found this idea is feasible, although the system did not achieve the desired transmission distance, but it can be improved as long as on the PC attached a Bluetooth module.

不同光源及種植方式對福山萵苣的硝酸鹽含量之探討

學生姓名：潘江和、鍾佑育、黃冠彰
指導老師：洪辰雄 老師

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題採用不同光源、不同種植方式，來探討對福山萵苣的硝酸鹽含量。種植方式分為土耕、水耕、虹吸鐘此三種，光源部分為紅藍 LED 混光與太陽光，實驗蔬菜為福山萵苣，養源部分為花寶 2、3、5 號，採用稀釋法，以 1:2000 方式調配，植物生長周期為 36 天。

本專題探討不同光源與種植方式，找出硝酸鹽含量較低，較適於人類食用的硝酸鹽範圍值，其比較農民施肥給予蔬菜營養，而種植出的蔬菜硝酸鹽含量，並探討其差異性。

關鍵字：虹吸鐘、硝酸鹽、EC 電導度

一、引言

人體攝取的硝酸鹽大部份來自蔬菜，蔬菜中的硝酸鹽含量會因不同蔬菜品種、不同食用部位、不同肥料、不同生長環境、不同收割時間等而有所不同。根據歐盟規定，蔬菜的硝酸鹽含量應該在]4,000ppm 以下，依不同蔬菜種類及種植方式而定。

依據聯合國糧農組織/世界衛生組織聯合食品添加物專家委員會（Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives; JECFA）評估，成人口服 33-150 mg NO_3-/kg bw 可能引發變性血紅素血症（methaemoglobinaemia），主要臨床症狀包括：噁心、嘔吐、腹痛、頭疼、導致急性中毒、暈眩、血壓降低、心跳加快、虛脫、發紺、換氣過度、麻木、抽搐及昏迷，嚴重時，可能造成窒息而致命。

由於硝酸鹽代謝成亞硝酸，會和血紅素結合，降低血紅素的攜帶氧氣的功能，可能造成嬰兒的全身缺氧而呈現膚色發藍紫，即「藍嬰症」。

硝酸鹽對人體之慢性毒性目前仍不確定，一般認為屬低毒性或無毒性。由於硝酸鹽進入人體後，會藉由酵素催化還原成亞硝酸鹽，亞硝酸鹽在酸性、高溫或微生物的作用下，可能與肉或其他蛋白消化物形成之二級胺產生致癌物亞硝胺等，曾有動物實驗結果顯示會導致腫瘤，但對於人體證據不足。

近來亦有許多流行病學調查推翻上述理論，調查顯示並未發現攝食硝酸鹽及亞硝酸鹽與人類罹患胃癌及食道癌有關聯。部分研究發現，攝食硝酸鹽及亞硝酸鹽可預防細菌感染、減少罹患高血壓和心血管系統疾病等風險，人體可由增加硝酸鹽攝取量，經酸化亞硝酸鹽產生一氧化氮，對微生物產生抗菌作用，此有助於增強人體抵抗力如抵抗胃腸炎等，並具有調節血小板、舒張血管及保護血管之功能。

對於蔬菜中硝酸鹽含量之管理規範，僅歐盟在 2006 年 12 月 19 日 Commission Regulation No.1881/2006 針對菠菜及萵苣 2 種蔬菜，依不同品種、不同產季及不同栽種方式訂定硝酸鹽限量 2,000-4,500 ppm。又即使在良好農業操作規範(Good Agriculture Practice, GAP)栽種情況下，仍無法達到上述所定之限量。因此，再重新調查評估約 4 萬 1 千 9 百多件蔬菜後，歐盟於 2011 年 12 月 2 日重新修訂，菠菜及萵苣之硝酸鹽限量修為 2,000-5,000 ppm (調高 500 ppm)，詳如下表一。

表一

食品	硝酸鹽最高含量（mg/kg）	
新鮮菠菜		3500
保藏、超低溫冷凍或冷凍之菠菜		2,000
新鮮萵苣（在有保護設施的地方種植和戶外種植的萵苣）	10 月 1 日至 3 月 31 日採收：在有遮陰地方種植的萵苣。	5,000
	戶外種植的萵苣	4,000
	4 月 1 日至 9 月 30 日採收：在有遮陰地方種植的萵苣。	4,000
	戶外種植的萵苣	3,000
捲心萵苣（Iceberg-type）	在有遮陰地方種植的萵苣。	2,500
	戶外種植的萵苣	2,000

二、研究內容與方法

本實驗以市售容易取得的零件製作植栽盆，及參考網路上虹吸鐘的製作，並製作了四個虹吸鐘盆組、二組土耕、二組水耕，虹吸鐘分別為兩個植栽盆使用一桶 30 公升的水，而水耕是每盆各 10 公升的水，土耕採早晚施予澆水，分別放置於室外與室內，以利進行太陽光與 LED 光源之比較。

室內部分置於暗室，定溫於 20˚C，適於福山萵苣的溫度，LED 部分採紅藍比 3：2，3 紅 2 藍燈珠，10 顆為一組，一組為 10 瓦共 4 組，24 小時不熄燈。

室外部分置於屋簷下，溫度配合於每日的氣象局所報溫度，吸收陽光的時間為下午時段，溫度偏高，早上溫度較陰涼。

2.1 實驗材料

表二、材料數量

材料名稱	數目
虹吸鐘	4 組
水耕	4 組
土耕	4 組
抽水過濾馬達	2 組
LED 燈組	4 組
福山萵苣	72 株
EC/PH 水質檢測計	1 台
硝酸鹽濃度檢測計	1 台
光照度檢測計	1 台
果汁機	1 台
花寶 2.3.5 號	各 50 克
榨汁器	1 支
燒杯	3 個
培養土	2 包

2.1.1 量測數據設備-EC/PH 水質檢測計

本實驗使用的是兩用型的水質檢測計如圖 1 所示，分為兩個輸出，一個為 EC 值，另一個為 PH 值，其檢測計種類很多，本實驗採用實驗室現有的儀器量測。



圖 1、EC/PH 水質檢測計

量測數據設備 - 硝酸鹽檢測計

硝酸鹽檢測計如圖 2 所示，型號為：硝離子計 s040，量測方式主要是將植物壓榨後，採集其液體，可使用稀釋法量測，或原液量測，本實驗採用原液量測，本實驗器材屬於精密量測儀器，重複量測時，使用蒸餾水清洗即可，不須擦拭鏡面。



圖 2、硝酸鹽檢測計

量測數據設備 - 光照度檢測計

當光線射到硒光電池表面時，入射光透過金屬薄膜到達半導體硒層和金屬薄膜的分界面上，在界面上產生光電效應。產生電位差的大小與光電池受光表面上的照度有一定的比例關系。這時如果接上外電路，就會有電流通過，電流值從以勒克斯（Lx）為刻度的微安表上指示出來。光電流的大小取決於入射光的強弱和回路中的電阻。



圖 3、光照度檢測計

種植土壤 - 培養土滿地王介質

本實驗採用培養土如圖 4 所示，其土壤養分成分含：氮 0.4；PH 值 6.6；EC 值 0.17ds/m。



圖 4、培養土

植栽系統 - 虹吸鐘

虹吸鐘如圖 5 所示，網路上的成品物件太過於昂貴，所以上網資料，參考資料後，自行製作四組虹吸鐘，分為上下兩部分，上半部為植栽盆，下方為蓄水槽，採用水耕的方式種植，利用水管製作鐘罩，使其產生虹吸現象，讓植栽盆內水位高低起伏類似於潮汐，讓水達成循環的功用且增加含氧量，也讓根部有吸收空氣的時間，以至於不會成為死水。



圖 5、虹吸鐘

植栽系統 - 沉水過濾馬達

沉水馬達如圖 6 所示，使用於虹吸鍾的供水系統，體積 8x10.5x14.8cm，流量 2000L/H ，揚程 2m，耗電量 32W，本實驗的揚程為 1m，供給兩盆使用，中間需接一個水量調節閥，調節水量，若流量太大，會導致無法產生虹吸現象，所以需調節閥控制水量。



圖 6、沉水過濾馬達

2.2 系統架構

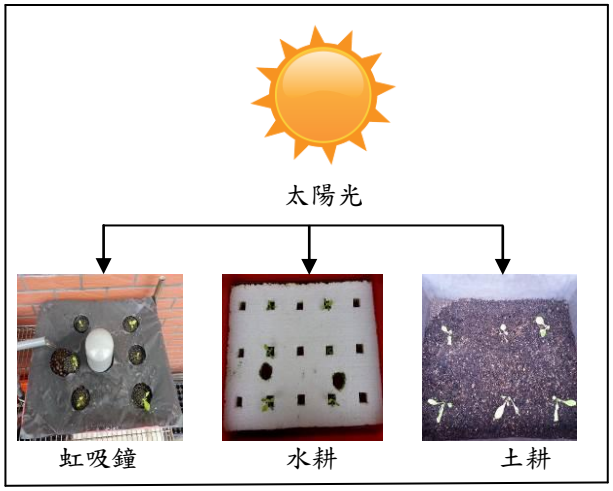


圖 7、室外實驗組系統架構圖

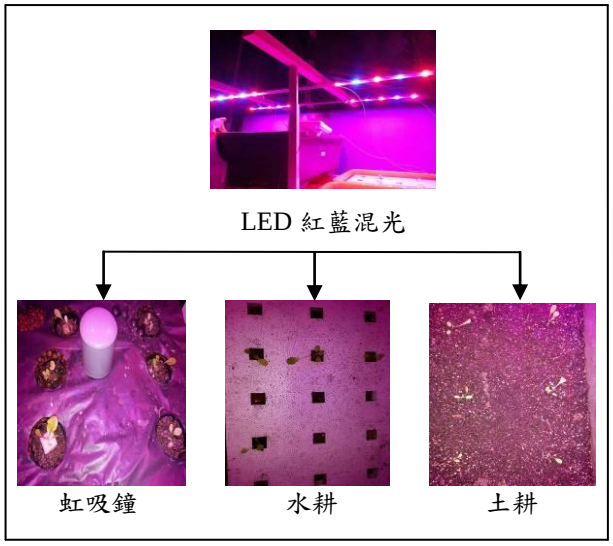


圖 8、室內實驗組系統架構圖

2.3 實驗步驟流程圖

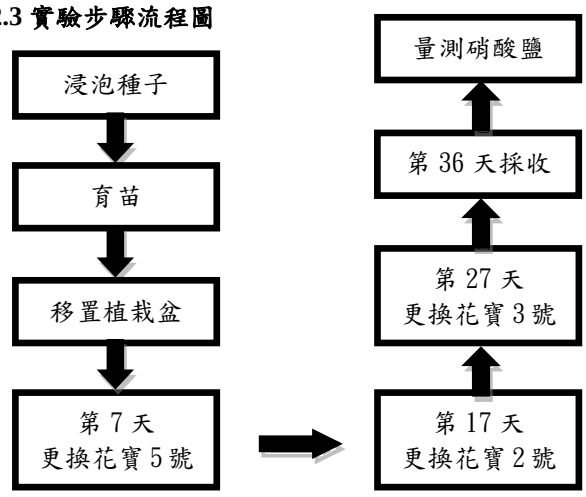


圖 9、實驗步驟流程圖

2.3.1 虹吸鐘做動原理

1. 首先水位上升，當水高於排水口的時候，是最高水位（圖 10）。

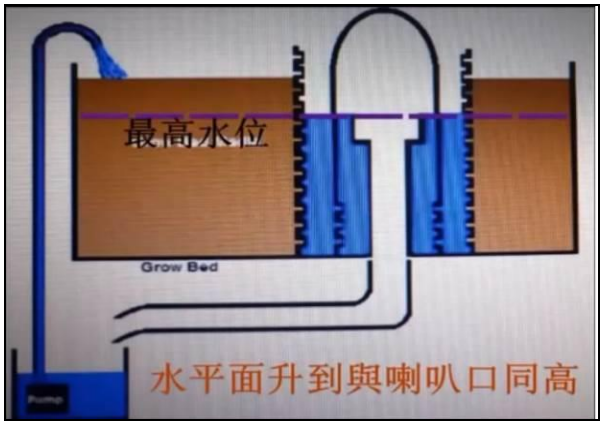


圖 10、做動原理 1

2. 水開始從管道流下去，同時，把虹吸鐘罩裏的空氣吸出，形成真空（圖 11）。

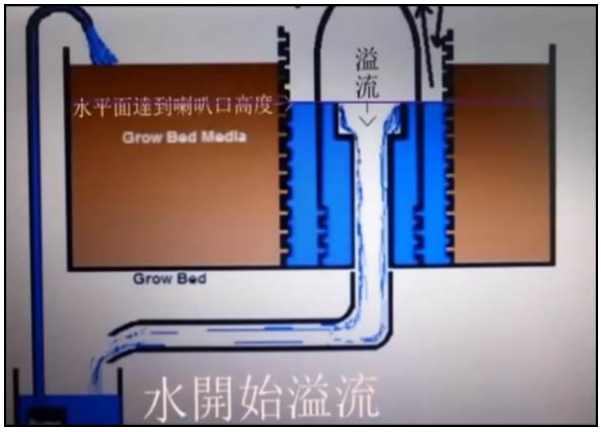


圖 11、做動原理 2

3. 當虹吸鐘罩裏近於真空，而鐘罩外受到大氣壓力，令虹吸開始，外面的水急速下降（圖 12）。

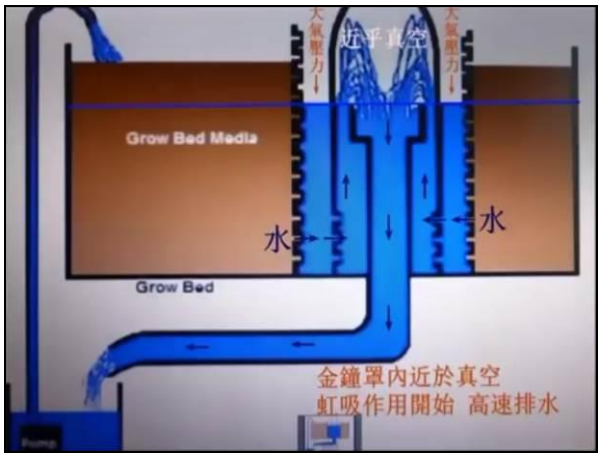


圖 12、做動原理 3

4. 水位下降，下降到虹吸鐘罩底部的進水孔，這是最低水位（圖 13）。

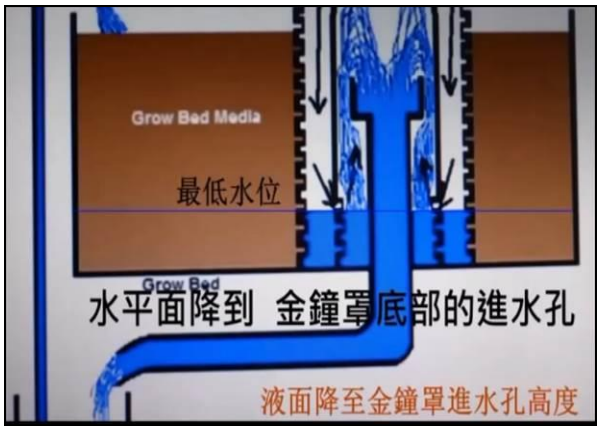


圖 13、做動原理 4

5. 因爲水低於進水孔，令虹吸鐘罩內接觸空氣，空氣進入罩內（圖 14）。

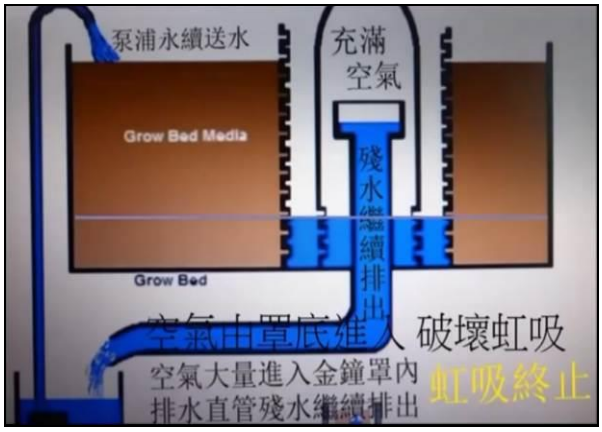


圖 14、做動原理 5

6. 真空狀態被破壞，鐘罩裡的水排清，回復原來狀態（圖 15）。

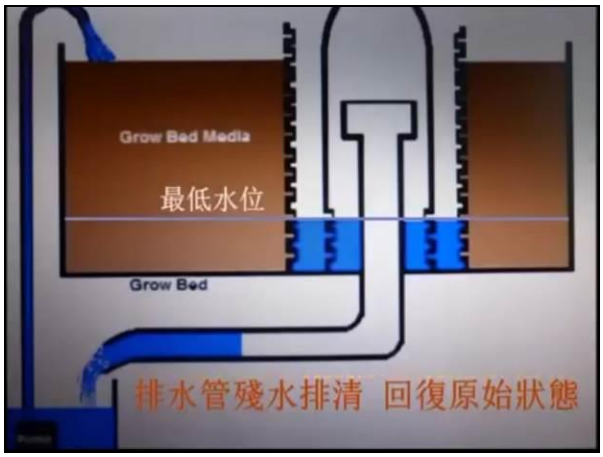


圖 15、做動原理 6

2.3.2 養源調配

養源調配一共分為三期，每期依植物所需的元素不同，用不一樣的養分進行調配，而植物成長到一定的時期所需的蛋、磷、鉀比例也不一樣，種子一開始需要比較多的水分，所以 1-6 天採用地下水灌溉不添加任河養源，7-16 天為幼苗成長期，此生長期比較需要多的氮元素，所以在養源部份我們用花寶五號以比例 1:2000 來調配，接下來 17-26 天為植物成長期，此生長期比較需要氮元素和鉀元素來生長莖和葉，所以在養源部分用花寶 2 號比例 1:2000 調配，27-36 天為植物開花結果期，此生長期比較需要磷元素來生長果實，養源部分用花寶 3 號依比例 1:2000 調配。

2.3.3 硝酸鹽量測

量測方式可以分為兩種，一種為榨出原汁量測，一種為稀釋量測(稀釋 10 倍)

原汁量測步驟：將蔬菜清洗乾淨後測量重量，將蔬菜的食用部分切碎或剪碎，混合後取適量放入榨汁器（圖 16）擠壓出汁液，或用手壓出汁液，再將汁液滴入檢測器，將蓋子關閉靜置 3~5 秒，按下檢測鍵量測。



圖 16、榨汁器榨汁

稀釋量測步驟：將蔬菜清洗乾淨後測量重量，計算需稀釋的水量(稀釋倍數為 10 或 20 倍)，將蔬菜與水加入果汁機（圖 17），攪拌約 1 分鐘，用滴管取出稀釋液(取泡沫以下的部分)，滴在硝酸鹽檢測器上的檢測區，將蓋子關閉靜置 3~5 秒，按下檢測鍵量測，量測後的數據為稀釋後的濃度，所以必須將值乘以稀釋倍數，才會是蔬菜真正的硝酸鹽含量。



圖 17、果汁機打碎稀釋

三、結果與討論

3.1 EC 值檢測數據表(單位: ms/cm)

表三、第一期養液 EC 值

	室外		室內	
	虹吸鐘	水耕	虹吸鐘	水耕
3/28	0.942	0.689	0.923	0.667
3/30	1.08	0.683	0.984	0.682
4/1	1.163	0.652	1.032	0.654
4/3	1.185	0.662	1.124	0.712
4/5	1.263	0.671	1.186	0.671

表四、第二期養液 EC 值

	室外		室內	
	虹吸鐘	水耕	虹吸鐘	水耕
3/18	0.856	0.643	0.923	0.654
3/20	0.912	0.674	0.987	0.663
3/22	0.956	0.694	1.083	0.689
3/24	1.123	0.685	1.145	0.692
3/26	1.187	0.663	1.173	0.685

表五、第三期養液 EC 值

	室外		室內	
	虹吸鐘	水耕	虹吸鐘	水耕
4/6	0.879	0.623	0.882	0.689
4/8	0.923	0.652	0.914	0.713
4/10	0.956	0.668	0.987	0.704
4/12	1.154	0.674	1.123	0.716
4/14	1.123	0.683	1.310	0.723

3.2 PH 值檢測數據表

表六、第一期養液 PH 值

	室外		室內	
	虹吸鐘	水耕	虹吸鐘	水耕
3/18	6.89	7.12	6.97	7.06
3/20	6.72	6.92	6.78	6.89
3/22	6.53	6.83	6.52	6.64
3/24	6.21	6.72	5.90	6.23
3/26	5.94	6.49	5.89	6.06

表七、第二期養液 PH 值

	室外		室內	
	虹吸鐘	水耕	虹吸鐘	水耕
3/28	6.93	7.03	6.91	6.9
3/30	6.84	6.88	6.75	6.72
4/1	6.63	6.61	6.54	6.55
4/3	6.14	6.43	6.21	6.31
4/5	5.87	6.3	6.03	6.2

表八、第三期養液 PH 值

	室外		室內	
	虹吸鐘	水耕	虹吸鐘	水耕
4/6	7.1	6.95	6.98	6.93
4/8	6.85	6.75	6.62	6.75
4/10	6.53	6.58	6.4	6.6
4/12	6.12	6.1	6.22	6.37
4/14	5.8	5.95	5.9	6.1

3.3 硝酸鹽含量數據表

表九、虹吸鐘硝酸鹽數據表

室外			室內		
虹吸鐘					
	克數 (g)	濃度 (ppm)		克數 (g)	濃度 (ppm)
左	10.54	2900	左	5.20	2000
	15.00	3000		5.56	2300
	5.54	3100		2.83	2500
	克數 (g)	濃度 (ppm)		克數 (g)	濃度 (ppm)
右	13.21	2900	右	15.00	2800
	6.38	2800		3.33	2500
	6.50	3000		0.69	3000

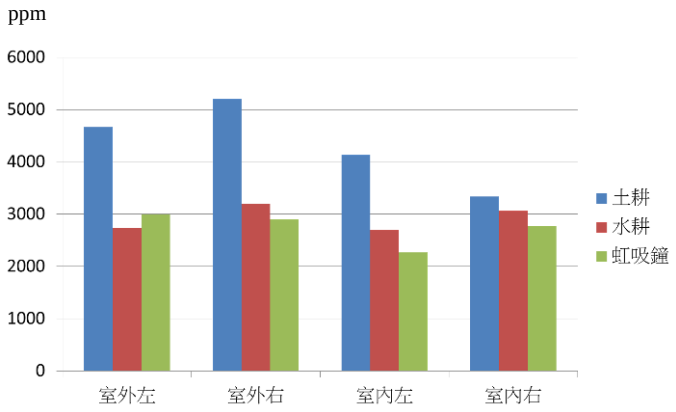
表十、水耕硝酸鹽數據表

室外			室內		
水耕					
	克數 (g)	濃度 (ppm)		克數 (g)	濃度 (ppm)
左	1.39	2500	左	1.15	2500
	1.41	2500		0.83	2700
	1.07	3200		0.82	2900
	克數 (g)	濃度 (ppm)		克數 (g)	濃度 (ppm)
右	3.01	2800	右	1.49	2600
	2.15	3600		1.6	3200
	3.14	3200		2.78	3400

表十一、土耕硝酸鹽數據表

室內			室外		
土耕					
	克數 (g)	濃度 (ppm)		克數 (g)	濃度 (ppm)
左	11.00	4600	左	2.89	4000
	10.00	4600		1.79	4800
	8.00	4800		1.41	3600
	克數 (g)	濃度 (ppm)		克數 (g)	濃度 (ppm)
右	3.80	4800	右	1.57	3300
	2.32	5200		1.79	3400
	2.61	5600		1.74	3300

表十二、硝酸鹽量測數據統計圖表



3.4 虹吸鐘製程

本實驗的虹吸鐘植栽盆是全部自己動手做的盆組，在網路上的配件價格較昂貴，所以在網路收集資料後，購置材料自行進行裝配，一開始鑽孔，切削，接管，當組合起來要進行實驗時，發現銜接處圖 18（a）會漏水，原本已經使用水管膠沾黏還是會漏，解決辦法是將水管先纏上防水膠布，再塗上水管膠做接合，就解決漏水問題。

開始種植後，發現虹吸作用會停止做動，使得水位一直保持在最高的位子，實驗多次後，發現是虹吸鐘做動管與植栽盆接合處圖 18（b）有縫隙，導致空氣一直從縫隙跑出，破壞了虹吸現象，以及供給水的水量也會影響到虹吸鐘的效應時間，當水量增加時，虹吸鐘的效應持續時間縮短，反之水量減少時，虹吸鐘的效應持續時間延長，根部吸收空氣時間也延長。



圖 18（a）、水管接合處



圖 18（b）、虹吸做動處

3.5 植物照光生長問題

在經過 36 天的生長週期後，進行蔬菜採收，每一盆實驗種植的蔬菜皆不同大小，發現室內實驗組的蔬菜有突長現象，導致蔬菜易折斷、倒榻，圖 19（a）（b）（c）生長圖片，發現它的莖特別細，植物倒塌，探討原因是因為光照度不足 LED 本身提供的光源不比太陽光，而且室內 LED 燈的光譜紅藍光的值與室外陽光的光譜紅藍光的值有很明顯的差別，這也是造成室內植物長得比較細長，而是外的植物比較粗壯的主因。

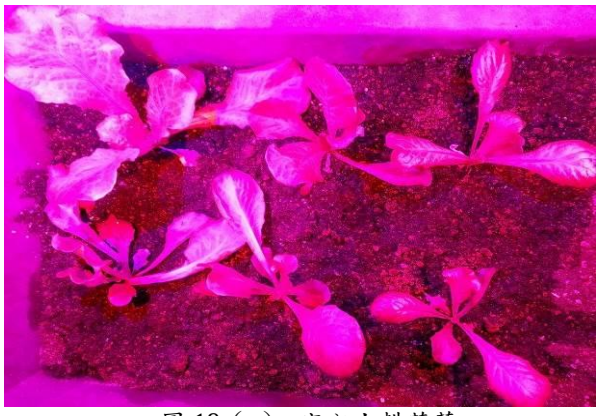


圖 19（a）、室內土耕蔬菜



圖 19（b）、室內水耕蔬菜



圖 19（C）、室內虹吸鐘蔬菜

3.6 探討養液 EC 值

檢測 EC 值發現虹吸鐘的 EC 值會隨著時間越來越高這可能與使用的施肥介質-發泡煉石有關係，使用的發泡煉石的材質比較劣等，所以會發散出鹽類的物質，另一個原因可能是虹吸鐘排水時，會噴濺出一些水造成水份的流失，而水耕的 EC 值則比較穩定大多在 0.65ms/cm 左右，而萵苣適合種植的的養液 EC 值在 0.8ms/cm。

3.7 探討養液 PH 值

室內檢測 PH 值虹吸鐘與水耕酸鹼度大多都在 PH7~PH5.8 之間，這與適合蔬菜種植的 PH6.5~PH5.5 酸鹼度差不多，在符合的範圍。

3.8 探討植物硝酸鹽含量

根據歐盟標準值規範夏季萵苣硝酸鹽含量應在 2500ppm 以下，冬季萵苣硝酸鹽含量為 4500ppm 以下，而檢測結果土耕的硝酸鹽含量普遍偏高，這可能與養液在調配時有關，測出來的 EC 值大多落在 0.6ms/cm，正常萵苣施肥養液要 0.8ms/cm，雖然虹吸鐘的 EC 值會隨時間慢慢增加，但電解質的提高與實際氮肥的提高無關，所以硝酸鹽含量才會在合理範圍內。

室外植物會比室內植物硝酸鹽含量還要高，這可能是因為光照時間的長短，室外的植物主要種植在屋簷下所以一天下來的光照時間只有 5-6 個小時，而室內雖然光照強度低，但光照時間卻是一整天，這可能造成室內的硝酸鹽比室外還要低的原因 。

四、結論

本實驗利用不同的光源環境與種植方式，進行福山萵苣的栽培，發現到光照的時間和養源的調配是直接影響福山萵苣硝酸鹽含量，暗室內光照強度比室外光照強度弱相當多，但利用 LED 燈全天候照射，使得福山萵苣能夠在延長照射下的時間內將硝酸鹽代謝。

水耕與虹吸鐘能藉由施肥方式來控制硝酸鹽含量，唯有土耕的種植方式無法得到良好的控制，主要是土耕使用的滿地王介質裡有百分之九十的有機質，經過細菌分解後會釋出氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫等植物所需之元素。隨著時間變化，有機質分解出來的氮磷鉀含量相對提高，由此可證明，如果日照不充足的情況下，蔬菜無法充分的進行光合作用，土耕的栽培方式會使得栽種的蔬菜硝酸鹽含量升高。

三種種植模式比較下，發現虹吸鐘種植方式能達到有效的控制蔬菜硝酸鹽含量，而實驗的結果，蔬菜的硝酸鹽含量在於標準值內，蔬菜生長的大小也較為平均值，所以未來想推廣虹吸鐘種植的方式，其優點是能控制蔬菜硝酸鹽含量，能有效利用土地面積，能夠做成立體式的植栽架，使得種植面積增加。

五、致謝

感謝洪辰雄老師將近一年的指教，讓我們的專題從無到有開始慢慢地建立起來，關於任何植栽的問題也非常熱心的幫我們解惑，讓我們排除各種困難，感謝、王昭元學長、曾韋霖學長、黃繽輝學長，從題目開始討論，開始進行實驗，實驗過程，到實驗結果討論都一一在旁邊協助我們，感謝一直以來帶領我們的黎樺諭學長，對我們的照顧與教導，幫我們訂正 Word 檔 PPT 檔，直到專題實驗結束，也非常感謝張仲良老師研究室大方的借出感測儀器，讓我們量測數據，關於任何儀器的使用方法也很細心的教導，如果沒有這些感測器的量測，也完成不了這專題的實作。

六、參考文獻

[1] 高德錚， 1978 年，「水耕營養調配與管理 台中區農業改良場，第 3-4 頁 http://tdares.coa.gov.tw/files/web_articles_files/tdares/2438/268.pdf

[2]「蔬菜中硝酸鹽的問題」，綠田園基金會，第二段落 http://producegreen.org.hk/topic_02.html

[3] 賴芳林， 1119 期，「探討硝酸鹽的健康危害」，中央研究院週報，第 1-2 頁 http://newsletter.sinica.edu.tw/file/file/11/1146.pdf

[4] Leo Riveron，「魚菜共生鐘罩式虹吸系統 Bell Siphon」，影片 https://www.youtube.com/watch?v=Cxh596FXOWg

[5] 許謙信，101 期專刊，「LED 照明對植物生長之影響」，台中區農業改良場，第 1-5 頁 http://tdares.coa.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/tdares/7387/TC0211643.pdf

[6]「認識太陽光譜對植物的影響」，蘇沛實業有限公司 http://www.super-pep.com.tw/pep-h/a.htm

[7] 陳加忠， 1989 年，「 PH 與植物肥料之關係」，中興大學 生物系統工程研究室 ，第 3-6 頁 amebse.nchu.edu.tw/new_page_397.htm

[8] 高德錚，台中區農推專訊 56 期，「水耕栽培－精緻蔬菜生產技術之開發」 ，台中區農業改良場，第 1-5 頁 http://tdares.coa.gov.tw/view.php?catid=2358

[9] 高德錚，「影響蔬菜中硝酸鹽含量之探討」 ，台中區農業改良場，第 1-7 頁 http://tdares.coa.gov.tw/htmlarea_file/web_articles/tdares/6158/TC02-105-51.pdf

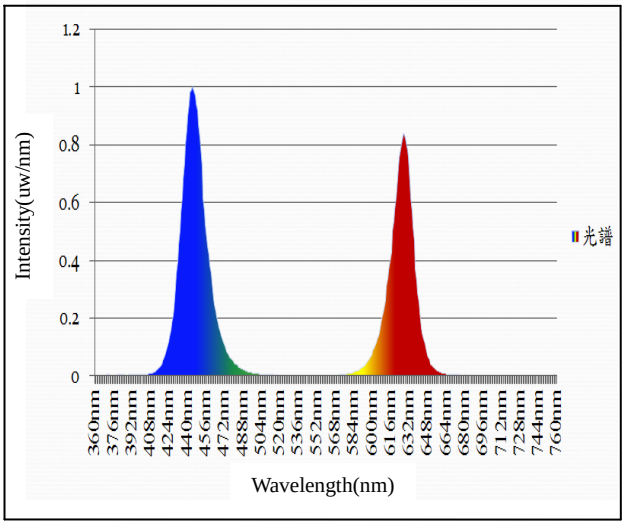
[10] 陳榮坤， 專訊第 75 期，「光對植物生長的影響」 ，台南區農業改良場 http://pda.tndais.gov.tw/techOne.asp?serNO=670

附錄一、檢測光源的光譜

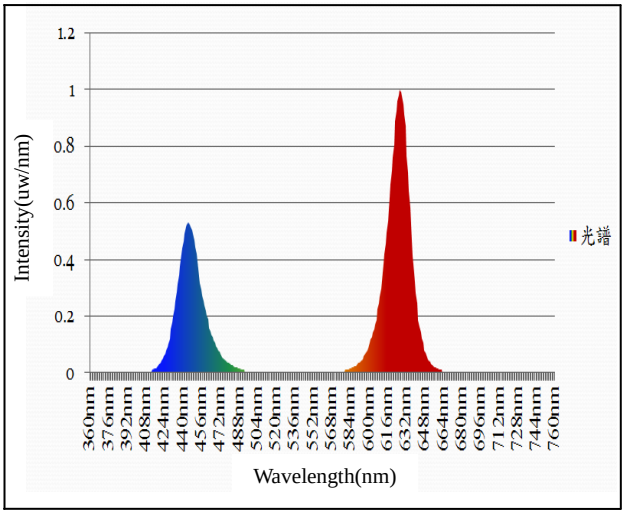


量測光源的 6 個量測點

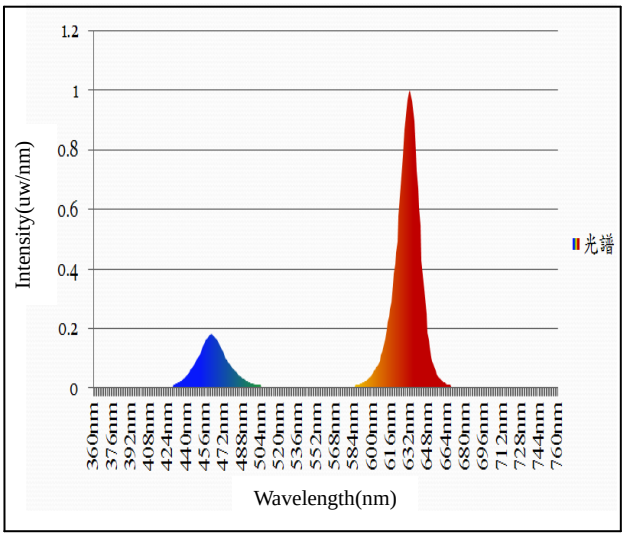
第一點光譜



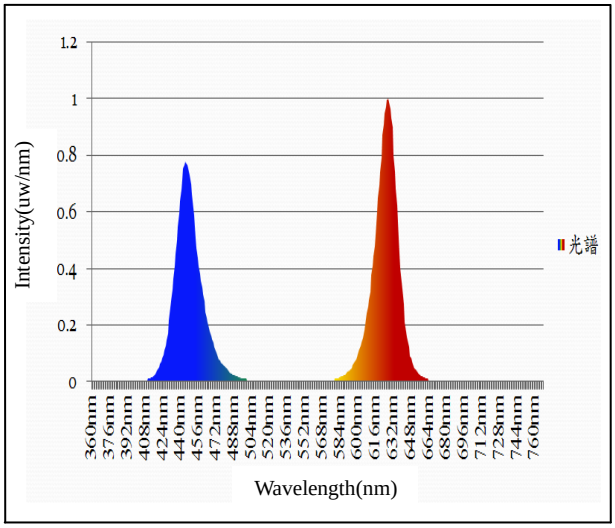
第二點光譜



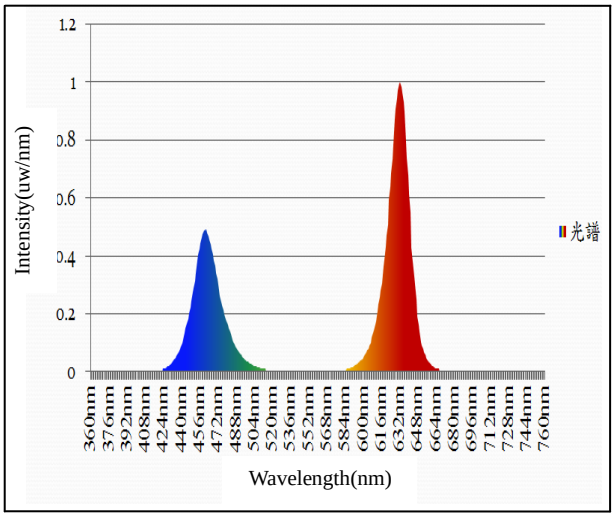
第三點光譜



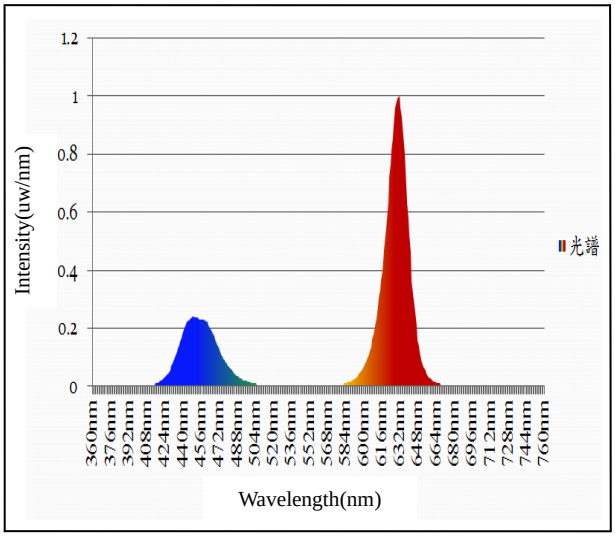
第四點光譜



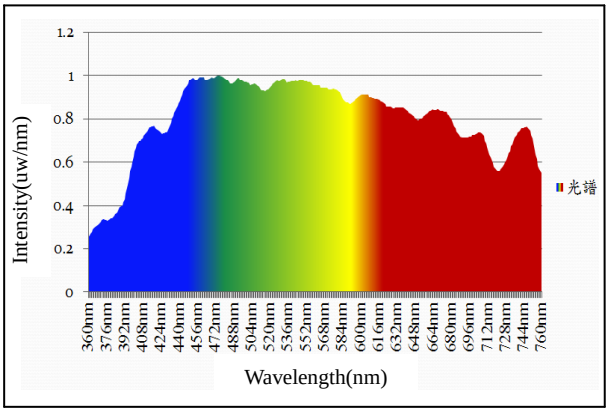
第五點光譜



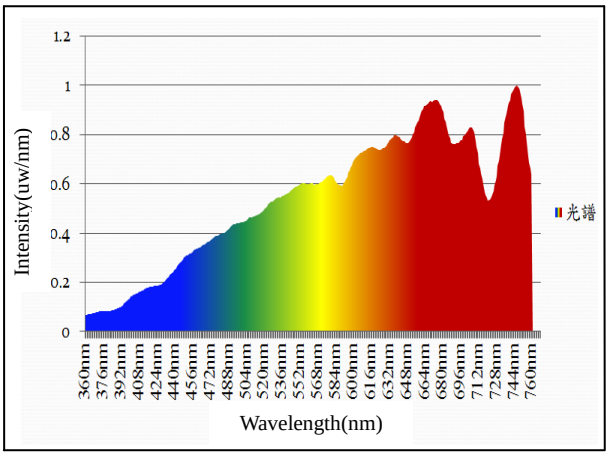
第六點光譜



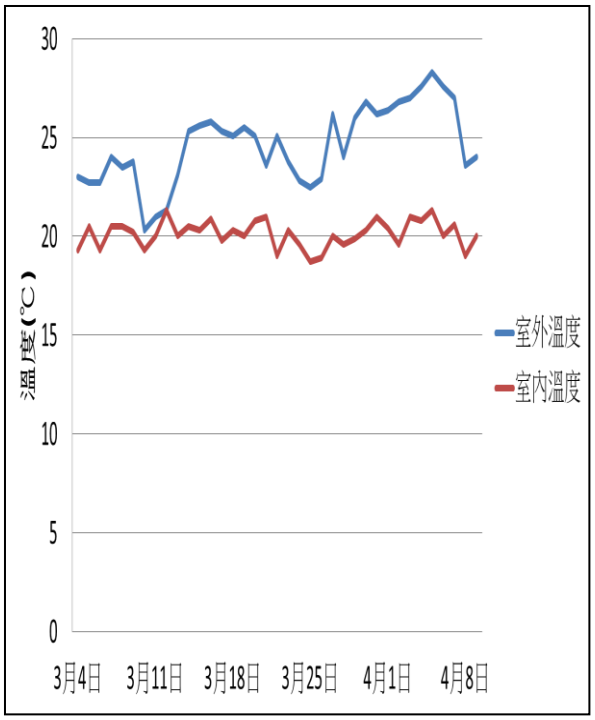
室外中午陽光光譜



室外黃昏陽光光譜



附錄二、每日溫度平均溫度



附錄三、光照度（單位:LUX）

時間 / 天數	13 時	15 時	17 時
3/4	16722	117935	2431
3/6	11390	17427	1109
3/8	13852	17427	3662
3/10	12677	18156	3739
3/12	71020	53423	1140
3/14	68487	52956	2951
3/16	64652	56330	2184
3/18	31901	5480	2434
3/20	26729	15834	2834
3/22	44368	28214	3408
3/24	59484	15650	1943
3/26	88981	76371	2161
3/28	54346	47157	2840
3/30	74869	48971	3327
4/1	70220	71604	2543
4/3	81536	74621	2489
4/5	77652	71652	1539
4/7	62149	52384	3136
4/9	74562	57423	2657

Explore the different light sources and planting method effects on nitrate content in lettuce

Student:Jiang-Han Pan,You-Yu Zhong,
Guan-Jhang Huang
Assistant Professor：Chen-Hsiung Hung

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

This special subject adopts the different light source, dissimilarity to plant the way, inquire into the nitrate content to the blessing mountain lettuce.Plant the way to be divided into soil Geng, hydroponics and Hong to absorb clock this 3 kinds, the light source part mixs light and sun light for red and blue LED and test the vegetable as blessing mountain lettuce, keep the source part for spend a treasure 2, 3, the 5th, adopt dilution method, with 1:2000 ways dispense, the plant growth week expects for 36 days.

This special subject inquires into the different light source and plants the way and find out a nitrate content lower, more are suitable for the nitrate scope that the mankind eat value, its comparison farmer applies fertilizer to give the vegetable nourishment, and plants of vegetable nitrate content, and inquire into its difference.

Keywords: siphon bell, nitrates, EC conductance

室內造景之魚菜淨空循環系統

周伯鴻.林坤男.陳任傑
指導老師:苗志銘教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本設計主要是由魚菜共生的原理,加以運用在觀賞魚及淨化空氣的植物的共生。

不同之處在於水耕方面,我們是利用造霧器將水打成霧供給植物做養份,還有以往的魚菜共生是食用魚跟蔬菜的結合,而我們的設計是利用觀賞魚跟淨化空氣的植物做結合,但是桌子沒有多餘的空間可以同時擺放水族箱和盆栽,所以我們用節省空間並達到美化的概念去構想,設計出具有美觀及清淨空氣的循環系統。

一、引言

在古代,中國南方和泰國、印度尼西亞等東南亞國家就有稻田養魚的歷史,養殖的種類包括:鯉魚、鯽魚、泥鰍、黃鱔、田螺等。比如浙江麗水稻田養魚,距今 1200 多年歷史。

由於受困於乾旱缺水的氣候條件,1970 年代以來,澳大利亞的園藝愛好者們成爲魚菜共生早期的先行者,借助互聯網的開放性,在世界各地播下了火種。在知識和經驗分享的過程中,魚菜共生園藝得到快速發展,逐漸成爲一場全球性的活動愛好。

從 1997 年開始,維爾京群島大學的詹姆斯 Rakocy 博士和他的同事們研發出了一種基於深水栽培(deep water culture)的大型魚菜共生系統。之後,世界各國多個大學逐步開展相關技術研究,探索大規模魚菜共生農業生產的技術方法。

近幾年,規模化的魚菜共生系統逐步在世界各地建設投產,室內的魚菜共生工廠也開始出現。當前,整個魚菜共生家庭園藝和農業產業正在快速發展。[1]

現今科技進步使我們的生活更加便利,然而這些的進步也帶來了各種污染問題,首當其衝的是環境的問題,近年來人們開始注意 PM2.5 污染與健康問題之間的聯繫運作,許多研究已證實 PM2.5 會對人體的身體造成影響。

為了解決這個問題,本實驗以魚菜共生為基礎原理,結合改造成創意美觀的室內景觀,並以植物做清除空氣汙染達到淨化室內環境的功能,此外桌上型魚菜共生系統,也可以達到園藝心靈智育的功效。

室內植物的優點

a. 具有調節濕度的功能:

室內栽種植物因為需要澆水,以及在葉面噴水保濕,植物的根部吸水從葉片蒸發。您知道嗎?這些蒸散在空氣中的水分子其實是很重要性的,它對調節空氣濕度有著極大的效用,而過程中所釋放出的陰離子,對於我們身體也有正面的幫助。

b. 可調適心情:

其實在人工建築內活動的人們,心裡非常渴

望回到大自然的環境中。國外實驗結果，在有植物佈置的美麗環境中工作或生活，精神狀態叫好，頭腦較清楚、工作不易出錯、且能保持著愉悅的心情喔。

c. 具有修飾空間的功能:

運用植物來修飾您的辦公室、營業場所等，以居家的角度來看待這些冰冰冷冷的環境，讓植物在這些空間中扮演著活家具的角色，能營造出像家一般的舒適感。

d. 具有營造氣氛的功能:

藉由熱帶植物特殊的造型，讓空間具有像熱帶悠哉、自在、休閒的感受，走進熱帶植物佈置的空間中，就好像讓您到了渡假聖地般，如此的輕鬆愉快。[2]

依據克萊爾•賓森/著作 淨化空氣植物，有些植物具備清潔空氣的功效，能夠抵抗一些呼吸道疾病和過敏疾病和汙染物中毒。有鑑於此，本專題研製一套桌上型的魚菜共生裝置，以魚缸為主體，加配一個礫石耕的植栽區，與一個地球造型的噴霧耕淨化空氣植栽區，並測試其運作情形。[3]

二. 實驗材料

表 1. 循環系統

設備	規格
抽水幫浦	輸入 AC110 60Hz 輸出 400L/h
魚缸	300 * 225 * 240 mm
壓克力硝化槽	300 * 150 * 305 mm

表 2. 控制設備

設備	規格
定時器	輸入 AC110 60 Hz 最大負載 16 A/1760 w
變壓器 AC/DC	輸入: 100-240 VAC 輸出: 12VDC2000 mA
霧化片	輸出: 200 cc/h
風扇	輸入 DC12 V 0.23 A

表 3. 其他材料

設備	規格
發泡煉石	8~16 mm
石英陶瓷環	2 * 2cm
保麗龍地球床	直徑 25 cm

三. 設計概念與工作原理

系統流程圖如圖1所示，本設計一開始分為魚缸系統及地球植床系統。

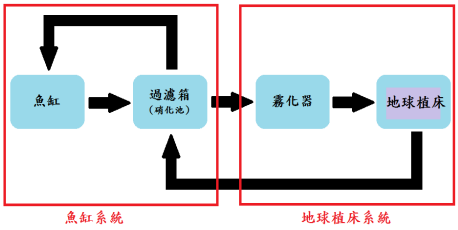


圖 1. 系統流程圖

我們以系統流程圖構想，設計出初想設計圖，如圖 2 所示。水的循環為魚缸魚的廢水經過幫浦抽取到過濾系統，過濾系統分為過濾層與淨水層，過濾層將魚的排泄物經過硝化作用，流至淨水層，以霧化器產生水霧提供乾淨而富養流的水質供給植物吸收，在植床內多餘的水再回流到缸，經由高低差的原理提高含氧量供應給魚池環境，形成一個循環系統。再用 SolidWork 軟體繪製 3D 系統設計圖，如圖 3 所示。

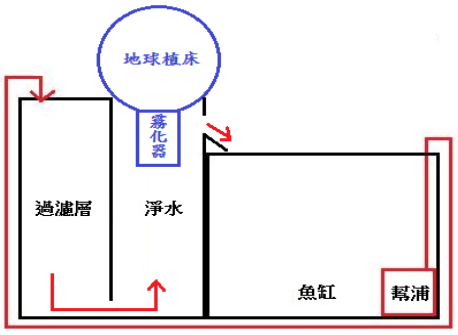


圖 2. 初想設計圖

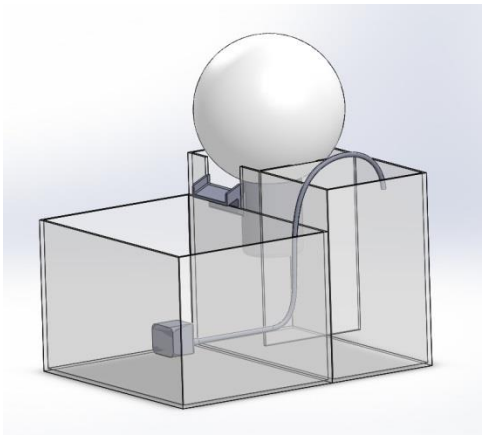


圖 3. 3D 系統設計圖

3.1 魚缸系統

魚缸系統包含魚缸及過濾箱。其中硝化菌在此循環系統中扮演著最重要的角色，所以要先進行養菌的步驟，讓硝化菌在過濾箱裡生長，才能進行魚菜共生系統。

3.1-1 魚缸養水

養菌的用意就是建造一個硝化系統，首先，先將魚放入魚缸，開始進行養殖作業，氨開始累積，過多的氨對魚是有害的，所以我們要控制魚池中氨的濃度以及含氧量。

過一個星期後，硝化菌開始長成，硝化菌成長的較慢。差不多 15 小時才長一倍，硝酸鹽菌會將亞硝酸鹽分解成硝酸鹽，少量的硝酸鹽是魚兒能接受的水體，且水草也能吸收。不過濃度太高魚也會死亡。要靠定期的換水來稀釋硝酸鹽的濃度，硝酸鹽的濃度也最好不要超過 20 ppm。[4]

在餵食給魚隻的飼料中，大約有 25%最後會以排泄物的形態存在養魚槽中，所以設置過濾設備來阻絕這些排泄物汙染，流入水耕式植床中造成噴霧器堵塞失效是必要的作為。若沒有進行妥善的移除，這些排泄物將附著在植物的根部，然後在逐漸腐敗的過程中，將減少水中的含氧量，以及影響植物根部對水分和養分的攝取。過多的排泄物也會對硝化細菌產生不良影響。

3.1-2 魚菜共生（Aquaponics）

為達到能源自主的功能，本裝置基本上遵循魚菜共生的運作機制，如圖 4 所示，利用魚的排泄物，經由硝化作用的硝化菌，將有毒的元素(有機大分子狀)轉化為為營養小分子，以供給植物的水根吸收，輸至葉片經光合作用轉成胺基酸促使植物成長，同時也淨化了水質，再循環回魚池供給魚類健康的生長環境，這種利用水循環交換所需，使三種生物(魚、細菌、植物) 互利共同生長的方式，稱為魚菜共生，這也為一種節水農業技術。

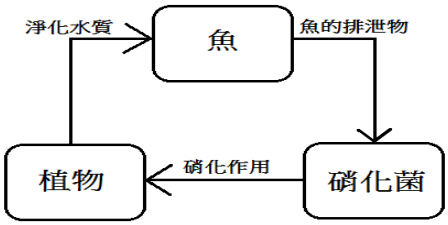


圖 4. 魚菜共生系統

3.1-3 硝化系統

硝化系統又可稱為「氮元素循環」。如圖 5 所示，硝化作用分為兩階段，分別為兩類硝化細菌完成，第一階段:銨鹽氧化為亞硝酸鹽(亞硝酸菌 Nitrosomons)和第二階段：亞硝酸鹽氧化為硝酸鹽（硝酸菌 Nitrobacter)，在水族箱的所有生物，包括魚類、無脊椎動物、真菌或細菌，都會有排出氮廢料，也就是排泄物。這些排泄物或動植物殘骸在分解後會釋放出一種叫「氨」(NH3)的化合物，俗稱為「阿摩尼亞」，來自其英文 Ammonia，而氨溶於水後更會轉化為「銨」(NH_4^-)。對於水中的生物有強烈的毒性，過高時也有毒死生物的可能性。而轉化這些化合物正是硝化細菌的工作，硝化細菌會把 NH3 轉化為「亞硝酸鹽」(NO_2^-)，相比 NH3 和 NH4 有較少毒性而濃度高時同樣會毒死生物，所以有另兩種菌作為轉化的工作，就是硝化螺旋菌及硝酸菌，它們會把 NO_2^- 轉為「硝酸鹽」(NO_3^-)，同樣地，相比 NO_2^- 有較少的毒性，但濃度高時也會毒死生物，所以減低 NO_3^- 濃度的方法就是換水了。[5]

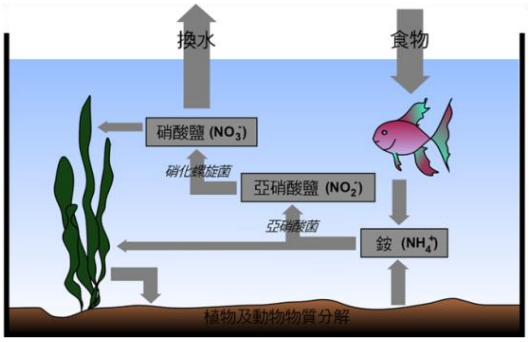


圖 5. 硝化系統

3.1-4 魚缸系統的設計製程

a. 過濾箱

如圖6所示，我們採用壓克力片利用壓克力黏著劑黏著成過濾箱，再塗上矽利康達到防漏水效果。



圖6.過濾箱

b. 滑水道

透過 SolidWork 軟體繪畫出來，然後轉成 STL 檔，透過 CURA 操作調整位置和密度，再利用3D 印表機可印出我們想要滑水道，如圖7所示。

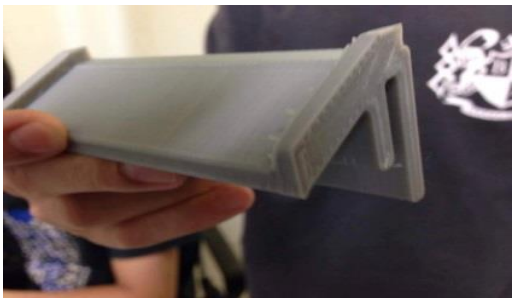


圖7.滑水道

如圖8所示，配合過濾系統，過濾系統的濾材是採用發泡煉石跟石英陶瓷環主要的功用是用來讓硝化菌附著繁殖用的，本身是經過高溫燒結，本身對水族箱裡的水質無害；但在硝化菌附著繁殖後，就可以淨化水質。我們將過濾完後的水利用我們設計的滑水道和水位關係一邊給霧化機水分，一邊自然回流方式流回水族箱繼續做魚菜循環。

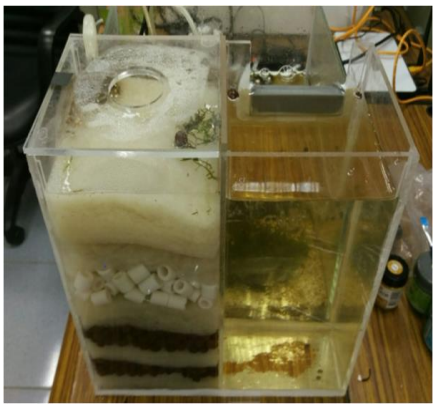


圖 8.過濾系統

c. 魚類選擇

神仙魚（圖9):

原產於亞馬遜河中心至秘魯、厄瓜多爾一帶水域，是現在許多人工改良種神仙魚的原種魚。神仙魚的飼養水溫一般是控制在24—28℃之間，在這以溫度範圍內，神仙魚的食慾旺盛，生長迅速。

它受外界氣溫變化影響，始終維持在一個相對穩定的狀態中。飼養七彩神仙魚須注意，不要幾隻魚就養於一缸，因為容易出現1-2 隻「霸道魚」，它們會佔有餌料，不讓其他魚接近，追咬其他魚等等。所以，七彩神仙魚還是比較適合十幾隻一起群養的。[6]



圖9. 神仙魚

雪花鬍子魚（圖10):

原產地為巴西， PH 值為6.0~7.6之間，偏向軟水性，水溫為24~28度之間，牠對於除藻效果良好，會去除附著缸壁或水草葉面的綠藻為主，也不會攻擊其他魚種，非常適合當清道夫角色。



圖 10. 雪花鬍子魚

d. 魚缸系統完成

建構完整的系統前，我們要先要先養水，首先培養硝化細菌，建立硝化系統。硝化細菌可以自然產生，也可以採用人工投放的方法。再來就可以放幾條魚，如果硝化系統能在1~3小時內把水中增加的氨轉化為硝酸（鹽），那麼就達到了第一階段的生態平衡。(最直接觀察完整的硝化系統是否形成，就是看水清徹無雜質白霧、魚排泄物很快(一天內)就會變的像脫水過一樣小小的，這樣就代表硝化系統已經形成。(圖11)



圖 11. 魚缸系統

3.2 地球植床系統

地球植床系統包含霧化器和地球植床。

霧化器是用來產生霧化，讓水分在地球植床內循環，如圖12所示，並供給水分給植物吸收，讓植物生長。

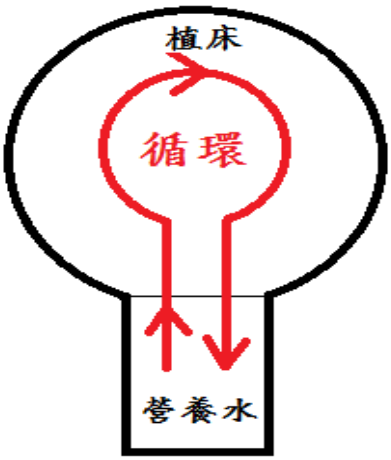


圖12. 地球植床循環圖

植物本身具有淨化空氣的功能，能降低有害氣體的濃度。

3.2-1 霧化器原理

如圖13所示，霧化器是利用陶瓷霧化片產生霧水，它屬於逆壓電效應，原理是當晶體自身通過電流，如果晶體上外加交變電場，則壓電晶體就會交替出現伸長和壓縮，從而發生機械振動。[7]

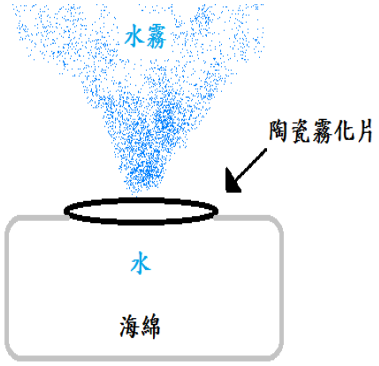


圖13. 霧化器原理圖

利用電子元件高頻振盪原理,通過中心高頻諧振，把液態的水結構性的振散成水霧狀，形成細小的水珠，在有高壓噴嘴給噴出來，形成霧狀。我們選用的陶瓷霧化片頻率在1.7MHz~~2.4MHz 之間，可以產生霧化顆粒平均為2μm 。

3.2-2 植物淨化空氣原理

植物淨化空氣的原理為葉片上蠟質膜有利於吸附碳氫化合物。植物的葉片表面上的蠟質膜含有醇、醛、酮和酯等有機化合物，有利於吸附環境中的碳氫化合物。有科學家用碳 14 同位素標記甲醛，讓吊蘭吸收，發現其通過代謝反應轉化成機酸、糖和胺基酸等成分，另一些試驗還證明甲醛不僅被轉化了，代謝物質還參與了體內的代謝和轉移。而苯、甲苯等芳香烴類污染物質，被葉片吸收後大多通過芳香烴斷裂的形式被氧化，苯和甲苯中的碳原子主要是被合成不可揮發的有機酸物質，其中有一部分碳以 CO2 的形式散失。

觀葉植物的淨化效果不僅靠植物本身，植物盆栽的基質如陶粒等也有一定吸附效果；甚至盆栽澆水潮濕後，水分也能提高吸附效率。基質中的微生物也發揮了降解甲醛等污染物質的功能，我們甚至分離到以甲醛作為唯一碳源的微生物。[8]

3.2-3 地球植床系統的設計製程

a. 霧化器

霧化器的使用，如圖14所示，先將霧化系統的底部浸泡在水裡面利用海綿吸水到霧化器，並將系統加裝定時器週期產生霧化。將水分子打散為，產生極細微的雲霧飄向植物根部，用此方法讓植物吸收經過硝化系統的水分，一個霧化器以每小時200cc，使用了三個霧化器才能達到平均讓植物根部潮濕的效果。



圖 14. 霧化器的使用

如圖15所示，我們測試霧化器的霧量，額定規格是一小時消耗200cc 的水產生水霧，代表三顆霧化器一小時消耗水量為600cc，經過測試實際消耗平均550cc。



圖 15. 霧化器霧量測試

因霧化器驅動電路通電作用容易產生熱，所以製作散熱盒(多孔洞)，如圖16所示，以及加裝小型風扇，達到降溫效果並兼具美觀。而霧化片跟風扇是採用並聯12伏特的電壓並接上定時器，所以霧化片跟風扇的作用是同步的，不會因為霧化片沒在作用而啟動風扇而浪費電。

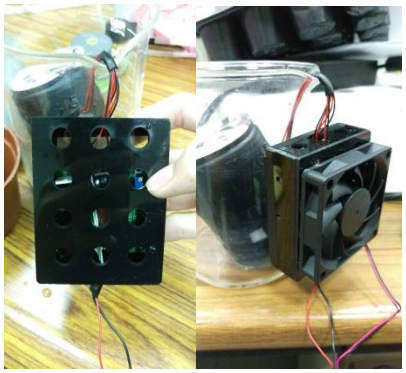


圖16. 霧化器電路的散熱處理

b. 地球植床

我們跳脫一般植床形式，如圖17所示，採用地球狀來當我們植床，地球床是利用電烙鐵熔化實心保麗龍球為空心並在表面塗上廣告顏料做美觀，在噴上水性噴漆防水的植床。



圖 17. 地球設計

c. 植物的選擇

如圖18所示，我們選用常春藤，因為常春藤，屬於室內外壁面垂直綠化材料，又是極好的地被植物，適宜讓其攀附建築物、圍牆、陡坡、岩壁及樹陰下地面等處。大部分房間裡都可以健康生長，因為它既可以承受直射光線也可以承受散射光線，並且能夠吸收有害的氣體，最好將植株放置在室內，它可以有效吸收甲醛、苯(房間裡的常春藤考每天24小時吸收90%的苯)、甲苯、二甲苯、三氯乙烯，爲人體健康帶來極大的好處。[9]



圖 18. 常春藤

d. 地球植床完成

如圖19所示，我們結合了霧化器，做噴霧水耕濕潤植物根部並回流循環。這邊我們利用了魚菜共生魚缸所產生的水達到營養供應。



圖 19. 地球植床

3.3 桌上系統完成

如圖 20 所示，將魚缸系統和植床系統合在一起，就完成我們的成品。



圖20. 完整桌上系統

四、結果與討論

本專題利用不同以往的魚菜共生，融合了造霧系統與創新的地球型的植床，不僅可做為桌上的綠化，讓生活添加觀賞趣味，而且造霧系統除降溫之外可維持植物在一適當的保水狀態。就植物生理而言，此保水狀態可減緩植物本身的蒸散作用，提高植物的生產力和品質，在環境控制上亦可達到降溫的需求，且避免過濕。

4.1 植物光照問題

如圖 21 所示，因為此為桌上型室內的系統，由於室內光照強度弱，所以需求強光的植物(如嫩葉萵苣)就無法在此系統裡得到良好的生長，因此我們在選植物時必須考量到其對光源、光質的需求性。下面是我們測試嫩葉萵苣在此系統的生長性，一週後的變化-產生缺乏鎂的葉白化現象就是俗稱的老化現象。葉白化現象在沒有光照的情況下退化形成，缺乏活化的色素，會使葉片呈現淡黃色。

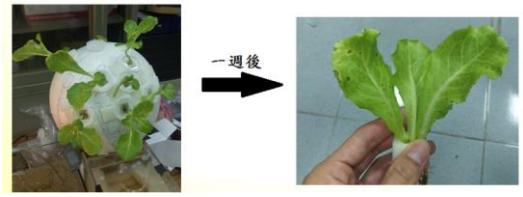


圖 21. 測試**嫩葉萵苣**在此系統的生長性

4.2 養魚水質問題

4.2-1 換水週期及安排

三台霧化器加裝定時器(定時設定為:一小時通電+半小時斷電循環)平均每三小時消耗 1100cc 的水量其中回收的水量大概 1050cc，每天會消耗的水大概 400cc(就是水霧會流失到空氣中水變少)，所以每兩天就要補水一次 800cc，才不會讓水質過酸性，影響魚的生長。

4.2-2 水的日常維護

水的維護很簡單了，定期清洗濾材，每次清洗濾材的數量不要超過濾材總量的 30 % 。

4.3 霧化器問題

4.3-1 為什麼霧化片在工作中霧化量很小?

霧化量的大小是根據霧化片自身的頻率型號來定的，一般情況下使用的功率越大，霧化量就會越大，比如說 2.4M 的諧振頻率，在 12V 工作電壓的時候，每小時霧化量會達到平均 200cc，如果只是用到 6V 的電壓，壓電頻率的振幅會明顯變慢，所以霧化量會變小。

4.3-2 為什麼霧化片不能乾燒?

霧化片最主要的功能就是把水變成霧化狀態，所以它只有在有水的情況下才能正常的工作，特別是陶瓷霧化片，在水全部霧化完之後，就要停止工作，否則在通電的情況下霧化片還是在正常的工作，因為高頻振蕩的原因，本身會發熱，最後就會燒掉。

五、結論與建議

5.1 討論系統改良

5.1-1 地球植床材質

材質為保麗龍球的地球植床容易受水潮解化或是撞擊破碎耐久性不高，且無法塗上油性防水漆，因為會造成保麗龍溶化。材質可以改用塑膠浮球，並且使用防水漆使它的壽命更長，如圖 22 所示。



圖 22. 塑膠浮球

5.1-2 地球儀結構

如圖 23 所示，為了改善植物光照射問題，並且可以增加一些趣味性，我們可以利用地球儀旋轉的原理，讓植床每個表面都可以均勻的收到光照，因為本系統至於室內，所以其光照的程度並不強，如果可以加裝燈就可以提升植物的選擇性。

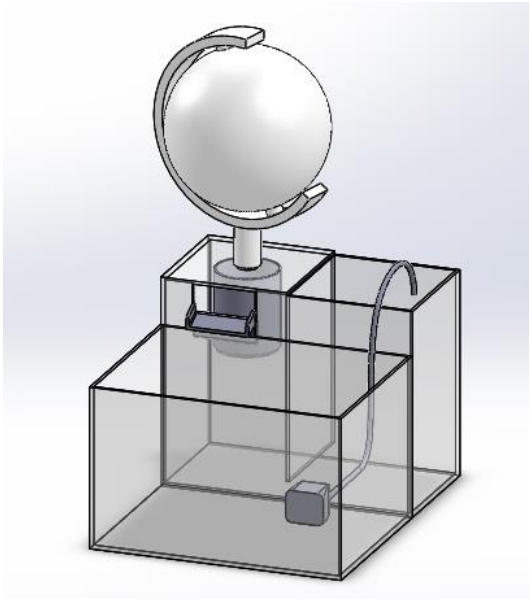


圖 23. 地球儀構造 3D 設計圖

5.1-3 植物多樣選擇

如圖 24.25 所示，在保麗龍上面打細微孔洞塞就可以種植青苔；適合用來點綴植床，較不需要擔心造成主植物的病蟲害。青苔所需的環境需求高濕度，通風，以及散射的日光種植青苔於盆缽中。青苔種類、形狀、顏色很多，如能使用形狀、高低、顏色不同的青苔置於植床上，能增進野趣，使盆面更富變化，可增加美觀。

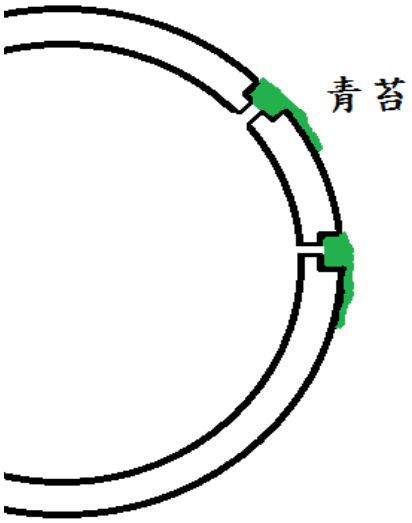


圖 24. 多樣化種植設計圖



圖 25. 青苔

六、致謝

首先誠摯的感謝指導教授苗志銘老師，老師細心的教導使我們了解魚菜共生領域的原理，不時的討論並指點我們正確的方向，使我在這段期間中獲益匪淺。老師對學問的嚴謹更是我們學習的典範。

專題的完成另外亦得感謝的組員們大力助。因為有你們的體諒及幫忙，使得專題能夠更完整而嚴謹。

這段日子裡，實驗室裡共同的生活點滴，學術上的討論、閒扯，有時互相也會有爭吵，也感謝實驗室學長，總會時常的提供我們一些在養魚栽種的經驗，讓我們可以避免更多的失誤。

感謝不厭其煩的指出我們研究中的缺失，且總能在我迷惘時為我們解惑的老師、同學們，因為也你們的幫忙，我們才能順利的完成這次的專題。

七、參考文獻

[1] 魚菜共生-中文百科在線，資料來源：
http://www.zwbk.org/zh-tw/Lemma_Show/445400.aspx

[2] 室內景觀 Archives-普普風室內設計公司
http://www.interiordesigner.com.tw/?tag=%E5%AE%A4%E5%85%A7%E6%99%AF%E8%A7%80

[3] 克萊爾 • 賓森/著
淨化空氣植物-提高室內空氣質量

[4]柴富的魚缸建立硝化系統全過程
http://www.gogreen.tw/?p=637

[5]硝化作用
http://www.mbi.nsysu.edu.tw/vekin/novel/aquaculture/nitrification/nitro.htm

[6]神仙魚-台灣 Wiki
http://www.twwiki.com/wiki/%E7%A5%9E%E4%BB%99%E9%AD%9A

[7]霧化器原理
http://www.twwiki.com/wiki/%E9%9C%A7%E5%8C%96%E5%99%A8

[8]淨化空氣的最佳植物並講解其原理
http://www.360doc.com/content/13/0902/10/8005386_311548399.shtml

[9]蒲田花藝精品－常春藤
http://kent-garden.myweb.hinet.net/English%20ivy.htm

Aquaponics cleaner air of indoor plantscaping for cirulating system

Zhou, bo-Hong
Lin, Kun-nan
Chen, Ren-Jie
Dr. Jr-Ming Miao

Our design is inspired by Aquaponics that we use it for the commensalism of appreciate fish and plants which can purify the air.

In terms of Hydroponics, the difference is that we use the atomizer to make water into fine spray as fertilizer. Traditionally, Aquaponics combines eatable fish with vegetable, but we transform it into a system of appreciate fish and purifying plants. However, there isn't any space for an aquatic animals box and potted plant at the same time, so we use the space wisely and decorate it as well to reach our concept which is able to beautify our environment and create a circulating system of air purification.

LED 有色光對植物生長狀況之實驗

學生姓名
王樂加
陳泓錩
洪閔程

指導老師：洪辰雄

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本實驗是採用不同色光的 LED 燈管，以及自然的太陽光，去針對兩種植物照射，研究其生長的情形狀況，本組架設了四層的植物架，第一層用採自然的陽光，第二層使用 LED 紅光，第三層使用 LED 藍光，第四層使用 LED 紅藍混光去照射，並且在層架周圍包覆黑色塑膠袋以隔絕太陽光的光源，並在每層的左右兩邊各架設一個風扇，讓裡面的空氣可以做對流。

本實驗兩種不同的作物，分別是小白菜以及大陸萵，利用一天三次的觀察以及記錄，研究這兩種短期作物對於上述燈光光源的生長狀況，探討其優劣 。

一、引言

由於近幾年食安問題日益嚴重，市面上部分蔬菜充斥著農藥問題,所以本組藉由探討 LED 燈光(包含不同顏色)對植物的影響，來找出何種光最適合植物生長，讓普通民眾可以自己在家中就種植蔬菜，因為是自己種植所以不必擔心農藥問題，更不用擔心因為天災等因素所造成的蔬菜價格波動，而且只須架設簡單的設備以及購買少許種子，就可以自己種出健康的蔬菜。

二、研究內容與方法

(一)實驗材料與步驟

1.材料

(1).排風扇 6 組：出風口尺寸 10.5cm 最大排風量 105CFM
(2).指針型溫溼度計 2 組
(3).LED 燈管：紅光 3 組、藍光 3 組、紅藍混光 3 組；共 9 組
(4).不鏽鋼架子 4 層：120*60cm、每層間隔 31cm
(5).植栽軟盆 32 個:4.5 吋(inch)
(6).黑色塑膠袋 1 捆
(7).塑膠方盤 8 個

2.組裝過程

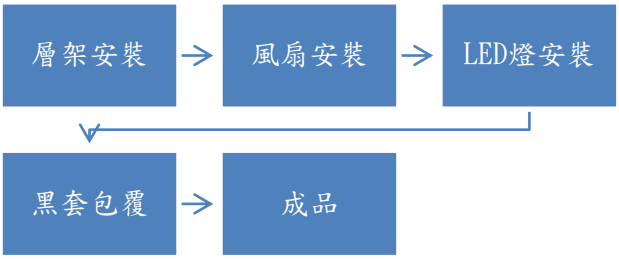




圖 1.層架安裝



圖 2.風扇安裝



圖 3.風扇安裝

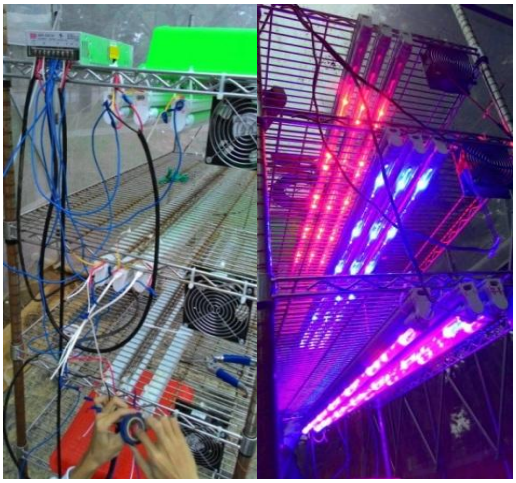


圖 4.LED 燈安裝　　圖 5.LED 燈安裝

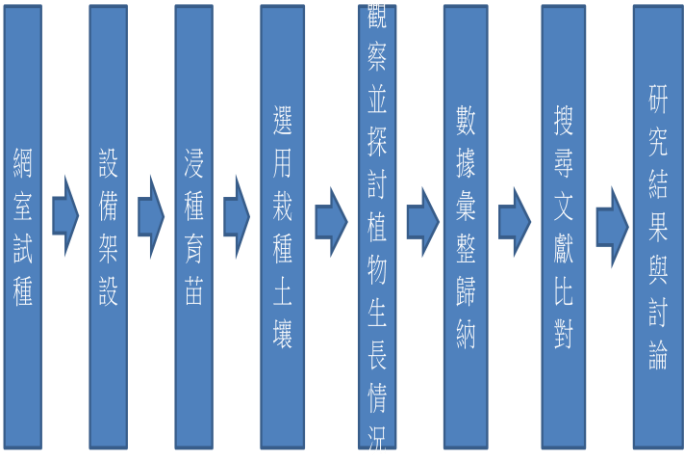


圖 6.LED 燈安裝



圖 7.黑套包覆　　圖 8.黑套包覆

(3)實驗步驟



(二)研究內容

1.蔬菜基本資料

表 1. 蔬菜基本資料

菜種	小白菜[1]	大陸萬[2]
照片		
生長季節	四季皆適合栽種，尤以春、秋為佳。	全年可栽，但性喜涼爽的天氣，以 8 月下旬後再播種最為適當。
生長周期	生長至收成時間 25~30 天。	生長至收成時間 21~30 天。
基本資料	一~二年生草本。植株一般比較矮小，莖短縮。葉面無茸毛，葉片淺綠、深綠或墨綠色，呈匙、圓、卵或長橢圓形等，全緣或有不明顯鈍齒和波狀，少數有缺刻；扁寬或圓窄的葉柄很明顯，兩側多沒有葉翼；苔莖葉多數為卵形，沒有葉柄，基部成耳狀抱莖。	是菊科萵苣屬。它是一種很常見的食用蔬菜。葉面皺縮，葉薄，葉形開張散葉，不結球。

2.光對植物的影響[3]

a、植物光合作用需要的光線，波長在 400 ~ 700nm 左右。

b、不同波長的光線對於光合作用的影響是不同的，以 400 ~ 520nm（藍色）的光線及 610 ~ 720nm（紅色）對於光合作用貢獻最大。

c、520 ~ 610nm（綠色）的光線，被植物色素吸收的比率很低。

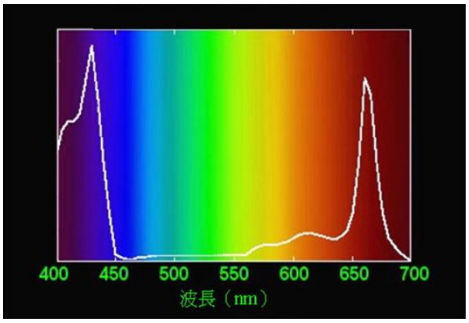


圖 9.葉綠素對可見光的吸收光譜

3.光譜範圍對植物生理的影響[4]

a、280~315nm 對形態與生理過程的影響極小。

b、315~400nm 葉綠素吸收少，影響光周期效應，阻止莖伸長。

c、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。

d、520~610nm 色素的吸收率不高。

e、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。

f、720~1000nm 吸收率低，刺激細胞延長，影響開花與種子發芽。

g、＞1000nm 轉換成為熱量。

4.各種色光對植物的影響

a、發 芽 率：就發芽率而言紅光和黃光能達較大的發芽率，此兩種光能 促進種子的萌發。

b、生長情形：受光照後，由於葉綠素的作用，葉片會開始生長。植物生長後以紅光及藍光能得到好的發展，尤其紅光是葉綠素能吸收最多的部分；綠光則因為反射而發生吸收不良的狀況。

4.光合作用

光反應：$12H_2O$ +陽光→ $12H_2 + 6O_2$

暗反應：$12H_2 + 6CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6$ (葡萄糖) + $6H_2O$

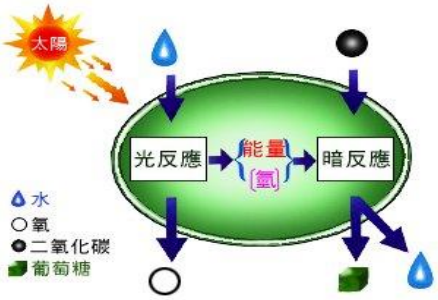


圖 10.光合作用反應圖

5.葉綠素[5]

葉綠素乃植物中的光合色素，光能被葉綠素吸收後葉綠素離子化，產生的化學能儲存於 ATP(三磷酸腺苷)，二氧化碳和水轉為碳水化合物和氧氣。紅光和藍光可以被葉綠素吸收，但綠光被反射，所以葉綠素呈現綠色。

	葉綠素 a	葉綠素 b	葉綠素 c1	葉綠素 c2	葉綠素 d	葉綠素 f
分子式	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$	$C_{35}H_{30}O_5N_4Mg$	$C_{35}H_{28}O_5N_4Mg$	$C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
存在	普遍於各種植物	陸生植物、綠藻輪藻	多種藻類	多種藻類	某些紅藻	某些藍藻

表 2.各種葉綠素

(三)實驗方法與數據

以層架式分層栽種，一天觀察三次，最頂層使用自然光照，其餘三層分別以紅、藍、紅藍混合光暗室栽培，在觀察其植物生長狀況。

表 3.小白菜每日溫度記錄表(℃)

	早上	中午	晚上
2014/12/17	14	32.5	19
2014/12/18	15	26.5	17.5
2014/12/19	13.5	20	17
2014/12/20	17	24	18
2014/12/21	18	27	17.5
2014/12/22	12	33	18
2014/12/23	17	28	24
2014/12/24	17.5	31	22
2014/12/25	17	25	21
2014/12/26	19	27	21
2014/12/27	21	30	22
2014/12/28	20	28	20
2014/12/29	17.5	28	18
2014/12/30	17	27	17.5
2014/12/31	19	28	20
2015/1/1	17	27	19
2015/1/2	17.5	33	19
2015/1/3	18	36	21
2015/1/4	18	28	20
2015/1/5	17	27	21
2015/1/6	15	25	20.5
2015/1/7	20	30	22
2015/1/8	17	28	18
2015/1/9	22.5	26	19
2015/1/10	20	22	17.5
2015/1/11	18.5	23	20
2015/1/12	19	23	19
2015/1/13	16.5	21	19
2015/1/14	17.5	25	20
2015/1/15	18	26	21

表 4.小白菜每日濕度記錄表(%)

	早	中	晚
2014/12/17	64	44	64
2014/12/18	76	46	68
2014/12/19	75	68	84
2014/12/20	84	60	82
2014/12/21	79	64	71
2014/12/22	80	48	72
2014/12/23	78	52	55
2014/12/24	72	54	60
2014/12/25	70	72	66
2014/12/26	88	64	76
2014/12/27	74	62	68
2014/12/28	72	58	70
2014/12/29	76	54	70
2014/12/30	80	50	54
2014/12/31	71	45	70
2015/1/1	73	40	58
2015/1/2	72	42	62
2015/1/3	71	43	71
2015/1/4	68	45	71
2015/1/5	71	48	63
2015/1/6	80	52	67
2015/1/7	81	53	68
2015/1/8	73	50	75
2015/1/9	72	52	70
2015/1/10	74	49	66
2015/1/11	76	45	60
2015/1/12	76	55	68
2015/1/13	81	65	76
2015/1/14	90	70	64
2015/1/15	82	64	66

表 5.大陸萬每日溫度記錄表(℃)

	早	中	晚
2015/3/4	21	33	22
2015/3/5	20	46	24
2015/3/6	23	32	24
2015/3/7	21	31	24
2015/3/8	20	40	24
2015/3/9	23	45	25
2015/3/10	19	23	19
2015/3/11	20	31	21
2015/3/12	18	27	21
2015/3/13	20	35	23.5
2015/3/14	23	36	24
2015/3/15	21	34	25
2015/3/16	20	28	26
2015/3/17	21	42	24.5
2015/3/18	24	40	26
2015/3/19	22	46	25
2015/3/20	23	32	27
2015/3/21	19	31	24
2015/3/22	19	27	25
2015/3/23	22	25	24
2015/3/24	21	36	24
2015/3/25	24	28	23
2015/3/26	22	30	24
2015/3/27	21	36	24.5
2015/3/28	23	35	24
2015/3/29	22	37	24
2015/3/30	21	40	25
2015/3/31	22	39	25
2015/4/1	22	40	26
2015/4/2	23	38	25

表 6.大陸萬每日濕度記錄表(%)

	早	中	晚
2015/3/4	68	50	64
2015/3/5	65	30	58
2015/3/6	64	48	62
2015/3/7	63	56	62
2015/3/8	62	42	60
2015/3/9	64	36	61
2015/3/10	72	64	80
2015/3/11	62	48	61
2015/3/12	71	58	61
2015/3/13	72	42	60
2015/3/14	61	36	61
2015/3/15	61	40	65
2015/3/16	70	54	64
2015/3/17	66	44	61
2015/3/18	68	40	63
2015/3/19	64	30	55
2015/3/20	78	50	50
2015/3/21	67	54	69
2015/3/22	70	59	68
2015/3/23	72	60	64
2015/3/24	70	42	60
2015/3/25	62	53	63
2015/3/26	68	48	61
2015/3/27	69	42	61
2015/3/28	68	48	63
2015/3/29	62	44	64
2015/3/30	58	42	65
2015/3/31	64	44	60
2015/4/1	62	42	59
2015/4/2	68	48	65

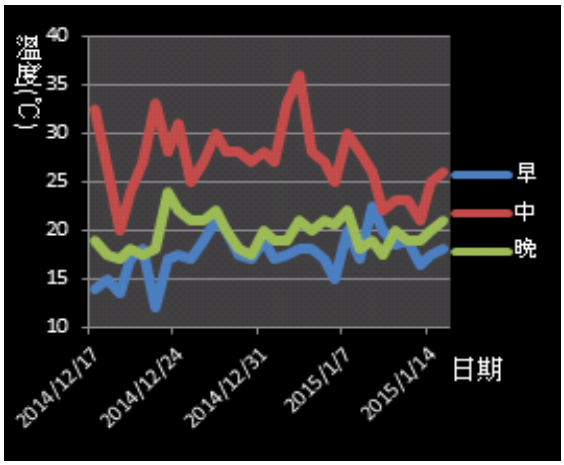


圖 11.小白菜溫度變化折線圖(中午溫度較高，早、晚溫度偏低)

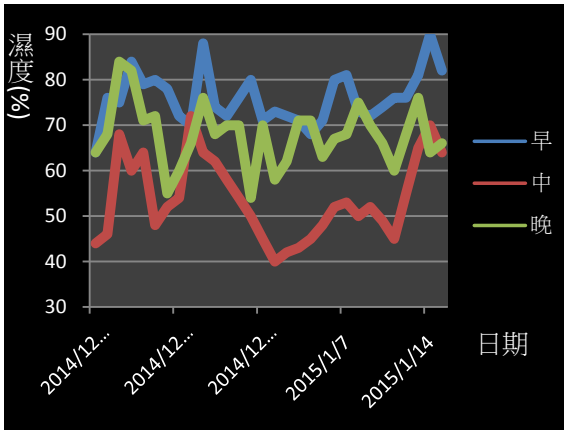


圖 12.小白菜濕度變化折線圖(由於中午溫度高，導致濕度隨之下降)

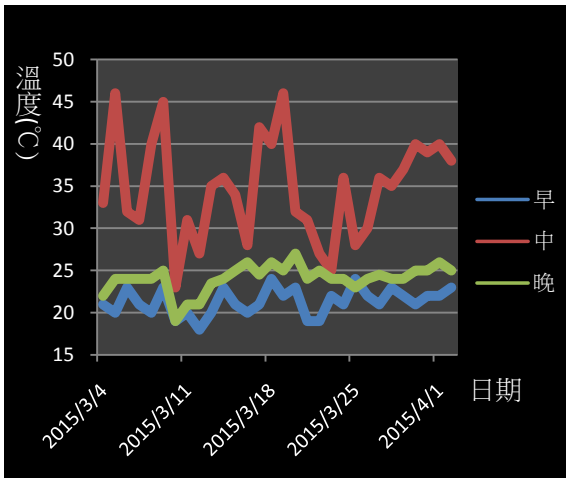


圖 13.大陸萬溫度變化折線圖(中午溫度較高，早、晚溫度偏低)

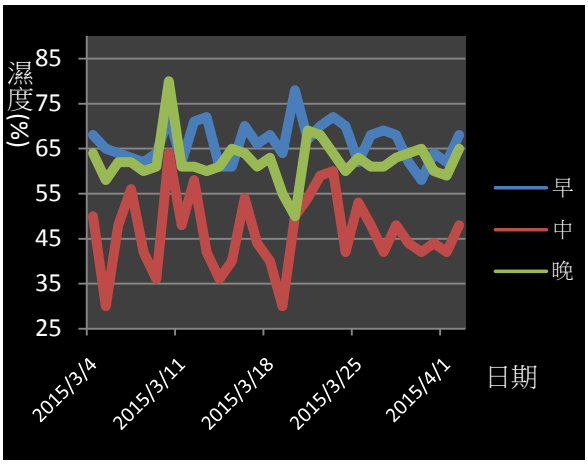


圖 14.大陸萬濕度變化折線圖(此濕度記錄與小白菜大同小異，但因已進入三月，溫度提高，所以濕度有較小白菜低)

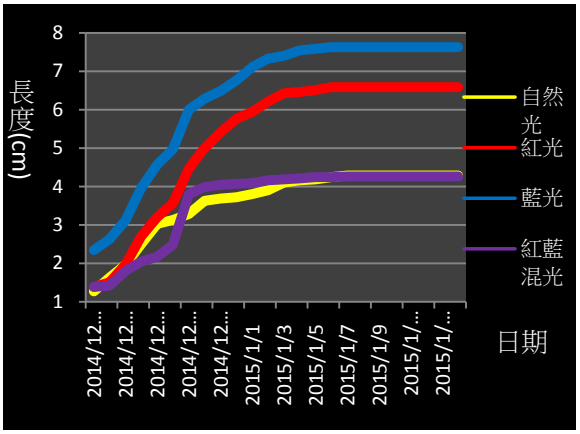


圖 15.小白菜高度成長折線圖(藍光株高最高，紅光次之，混光和自然光最低矮)

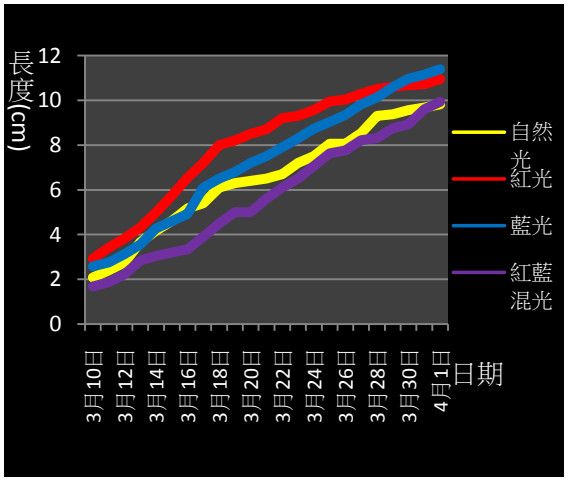


圖 16.大陸萬高度成長折線圖(紅光雖在初期較高，在收成的前幾天藍光栽培的株高有追過紅光，自然光與混光依然最為低矮)

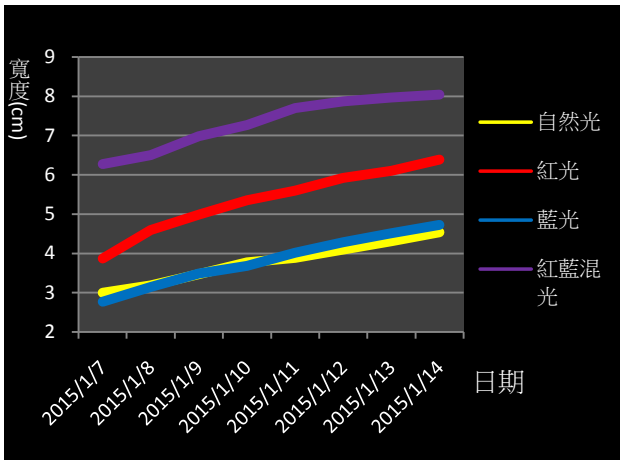


圖 17.小白菜葉面寬成長折線圖(葉面積為混光較大，紅光次之，自然光及藍光最小)

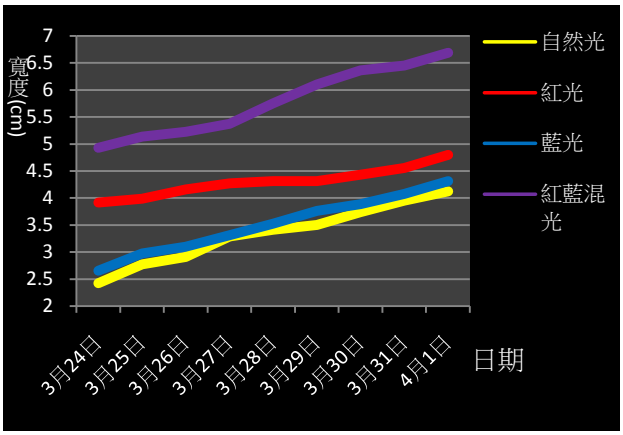


圖 18.大陸萵葉面寬成長折線圖(葉面積為混光較大，紅光次之，自然光及藍光最小)



圖 19.小白菜收成照片



圖 20.大陸萵收成照片

三、結果與討論

本次 LED 有色光植物栽培實驗，使用了紅光、藍光、紅藍混合光的暗室栽培和室外自然生長的方式探討色光對蔬菜的成長影響。

從實驗結果發現，無論是小白菜或是大陸萵，其中的藍光皆有助於莖部的發展，相較於紅光、紅藍混和自然生長，莖部成長迅速且收穫後株高也高於其他色光，缺點是葉面積過小；紅光的栽培過程中株高和葉面積是介於藍光和紅藍混和光兩者間，成長狀態勝過藍光組和自然生長組；放在室外的自然生長組，發芽速度略慢於其餘三組，株高和葉面積皆無顯著的成長。

整體而言紅藍混合光這組的效果較好，莖部只在初期有緩慢的生長，中後期之後莖部較粗且低矮，葉面積則有非常顯著的成長，其葉面積相較於其他三組是最大的。

四、結論

就經濟價值而言，由於一般大眾食用小白菜和大陸萵的部位是葉片，所以葉片較大的蔬菜比較能吸引消費者的目光及購買慾望，因本次實驗發現，使用紅藍混合光所種植的蔬菜葉面積比其他組還要有明顯的成長，故其經濟利益較高，也可以提供一般大眾，自行在家種植蔬菜時，可以有比較好的色光選擇。

五、致謝

本次實務專題得以順利完成，非常感謝洪辰雄老師孜孜不倦的教誨，從中不斷給我們建議，且細心教導我們各種種植蔬菜的注意事項及小細節，也謝謝實驗室招元、繽輝、樺諭學長在組裝層架式設備和燈具時從旁協助接線。

五、參考文獻

[1].維基百科-小白菜
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B0%8F%E7%99%BD%E8%8F%9C

[2].大陸蒿基本資料—農委會農業知識入口網
http://kmweb.coa.gov.tw/jigsaw2010/Detail.aspx?item=2597
[3].科學 Online 科技部高瞻自然科學教學資源平台 張永達副教授責任編輯
http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=6784
[4].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 陳加忠
http://freebsd5.psjh.cy.edu.tw/~chemphy/complement/4/4-4/5.html
[5].維基百科-葉綠素
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%B6%E7%BB%BF%E7%B4%A0
[6].Touch More Creative--LED Plant Grow Lights 植物生長燈/植物栽培燈介紹
http://www.tmc.com/ninshow.asp?RecordNo=9

LED light for plant cultivation
Abstract

Student: Wang Le Jia
Chen Hong Chang
Hung Min Cheng

Teacher: Hung Chen Hsiung

Department of Biomechatronics Engieering
National Pingtung University and Technology

This thematic, we used different shade of LED lamp, and natural of sun light, to for two species plant irradiation, research its growth of case status.

We erection has four layer of plant frame, first layer with mining natural of Sun, second layer using LED red, third layer using LED Blue, fourth layer using LED red blue mixed light to irradiation, and in layer frame around package reply black plastic bags to isolated too Sun of light.

We and in each layer of around on both sides each erection a fan, let inside of air can do convection.

This theme by planting two different crops in this group, namely the city, Lettuce, cabbage and, using observations and records three times a day, studying both short-term growth of above lighting light source conditions, Sort out the substantive thematic reports.

垂直式水耕系統對植物的影響

葉修宏 洪御程 羅凱夫
指導老師 苗志銘教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本文研究目的主要在探討微量元素不足、系統硝化作用以及養液水流分配不均，於垂直式水耕系統下對作物的生長影響。實驗的硬體架構主要是將垂直式水耕栽培的技術，運用於魚菜共生系統內，即是利用垂直式水耕系統，結合了水產養殖(Aquaculture)與水耕栽培(Hydroponics)兩種模式，達到魚菜共生(Aquaponics)之目的。並設計出透過溢流、馬達抽水等環節，使系統內的水能夠不斷循環。

垂直式水耕栽培系統在有限的空間中將栽培高密度的作物與水產養殖整合化為可能。對於居家耕種者來說，這代表原先狹小、不宜種植作物的空間將變得可以實行都市農業，同時種植者也能夠儲水並使單位面積作物的生產量最大化。至於若是商業取向的種植者，垂直栽培系統不但將空間作最好的利用，更縮減了勞力以及其他投資的支出。如果是園藝的業餘愛好者，規模從小型的草本植物、菜園甚至到大範圍的農業經營或作為研究用途，垂直式水耕栽培系統都將成為最有效率的選擇。

在實驗過程中，發現種植的植物葉片普遍產生灰白色，探究其原因為缺乏微量元素如鐵等導致葉綠素不足，這也是多數魚菜共生系統容易產生的問題。另外，針對垂直式水耕系統水循環的每個過程中，硝化作用是否正常作討論。為了使種植的植物生長結果更好，在此研究中嘗試改變水盤內部結構，使得種植作物更容易吸收水裡的養分，有效縮短生長速度，並使植物生長更健康。

一、引言

在全球人口不斷增加的趨勢下，土地利用多在高樓大廈、民生用宅及商業和工業的建設，相對地，農地面積急速減縮，然而在農地有限下仍必須供應糧食作物滿足大量人口的需求，所以都市農業逐漸受到重視，希望透過水耕多層化栽培，來改進農用土地不足的問題。此外，近年來，土地汙染日益嚴重而導致食安問題，也讓消費者更加重視食品的來源。

「魚菜共生」系統的興起，是由於不需要任何的土壤、使用很少的水及土地面積，可以在適合氣候條件下生產新鮮的蔬菜和蛋白質來源的水產，並且其能源的消耗遠遠小於一般傳統農作方式。一般傳統農作方式仰賴大量的農業機械，這些機械主要是消耗「石化燃料」，由於石油是不可再生能源，未來油價只會更高不會更低；而「魚菜共生」系統僅使用「電力」，電是可再生能源，我們可以利用太陽能發電或風力、水力發電，不用受油價制約且效率更高。同一塊土地面積的產量是傳統農業所不能及的，「魚菜共生」系統同時產出「魚」和「蔬菜」，且是可移動的生產裝置。它是未來永續農業作物制度的領銜者之一；此外，比起傳統需要在地上耕作的農業，它大量降低勞動力，已成為現代人農耕的最佳選擇。

當「魚菜共生」已成為未來農業作物發展的趨勢，如何讓它發展的更好，更有效率，這將是在這次專題研究上對於「垂直式水耕系統」的結構作更多的了解及改善，透過種植不同作物，發現系統先天的限制而缺少植物生長所需的微量元素，使得植物生長不健康；另一方面，整個系統的氮循環平衡可以利用水質檢測數據，來驗證硝化作用在垂直式水耕系統中是否達到理想；而在研究中也改善原先水盤內部結構，縮短作物生長速度，讓系統能生長出更優質的作物。

二、實驗材料

2.1 垂直式水耕系統設備

	材料名稱	規格
1	水管	PVC 2 in 管
2	沉澱槽	高度 70.2cm、上徑 5cm、下徑 36.2cm
3	硝化槽	36cm ×35.5cm ×65 cm
4	魚池	113.5cm ×95cm ×95 cm
5	抽水馬達	3000 升/小時

2.2 設施栽培設備

	材料名稱	規格
1	水盤	老師提供 廠商提供
2	水耕海綿	30mm×30mm×30mm
3	種子	薄荷 (農友種苗股份有限公司)
4	種子	莧菜 (農友種苗股份有限公司)
5	種子	萵苣 (農友種苗股份有限公司)

2.3 電控設備

	材料名稱	規格
1	無熔絲開關	AC110v，30A，60Hz
2	自動餵食器	每隔 12 小時投料一次

2.4 環境評估測試設備

	材料名稱	規格
1	水質感測器	可量測 (1) NH_4^+ 含量(單位:ppm) (2) NO_3^- 含量(單位:ppm) (3) 溫度(攝氏溫度)
2	DO(溶氧量)感測器	毫克/公升
3	葉綠素量測器	葉綠素濃度

三、研究方法與內容

本實驗之設計是利用魚菜共生(Aquaponics)，配合垂直式水耕系統有效率的種植出作物，並且改善原先產生的問題甚至不足的地方。由於影響魚菜共生的實驗變數過多，討論出有微量元素不足、系統硝化作用、養液水流分配不均等問題，而使水耕栽培植物產生生長差異，故將此系統安置在固定地點後，針對實驗變數間的相互關係，造成植物生長的影響程度作探討。

研究過程中分為三階段，並分別種植不同植物，藉由植物的生長來了解各階段研究的結果。首先，必須先了解魚菜共生系統的運作原理，魚菜共生系統是由魚池中魚消化飼料後排放的廢棄物，經由硝化作用被AOB與NOB微生物吸收並轉化成富硝酸鹽養分後，輸送植物的根部吸收養分同時淨化水質，最後淨化過的水再回到魚池，示意圖如圖(1)。再來，了解本次研究之「垂直式水耕系統」的運作原理。垂直式水耕系統是由魚池、沉澱槽、硝化槽、垂直植栽水盤、PVC管等組合而成，而魚池內的水透過溢流到沉澱槽、再透過溢流到硝化槽，經由硝化菌吸收並轉化成養分後，透過馬達抽水，將水抽至垂直植栽水盤頂部，藉由水盤內部通道順勢重力流下後回至魚池內，使得系統

裡的水能夠不斷重複循環，示意圖如圖(2)，透過循環將養魚和種菜結合起來，形成一個可持續的閉環系統。

第一階段種植薄荷作物，發現薄荷生長初期，葉片失去綠色光澤，更嚴重的會變成灰白色，查詢資料發現原因為養源缺乏微量元素的鐵成分，導致葉綠素無法順利形成，這也是大多數魚菜共生系統在種植作物時容易產生的問題，為了改善此問題，定期每週固定加入螯合鐵粉，並量測葉綠素濃度，檢測是否有效改善此情況。

在人為的魚菜共生系統當中，由於放養了高密度的水族生物、投餵大量的飼料，而促使水中有毒的 NH_4^+含量持續累積，濃度上升，往往造成養殖生物中毒或使其抵抗力降低而生病死亡。雖然換水能夠降低養殖系統的含 NH_4^+廢物，但長期而言，這不是一個生態上永續經營的方式，因此使用循環水系統將是未來科技化養殖的趨勢。對於循環水養殖系統來說，水中含 NH_4^+廢物的處理更顯重要，如何在密閉式的水體當中有效的降低 NH_4^+將是養殖成敗與否的關鍵。在養殖的設備上，要有硝化細菌的過濾裝置，才能將養殖水中有毒的 NH_4^+有效的降至安全範圍。故我們第二階段種植萵苣，並實際量測魚池、沉澱槽及硝化槽三者間的 NH_4^+含量及 NO_3^-含量是否有達到理想值，選用魚種為紅尼羅魚，優點是能忍受高密度環境、適應本地氣候、易進食易排便易生長、不互相攻擊等。當魚池中的魚排放出糞便，會經由渦流與水溢流至沉澱槽沉積，故沉澱槽之 NH_4^+含量最高，再經由溢流至硝化槽行硝化作用，並分解產生 NO_3^-供作物吸收，故可知魚池、沉澱槽、硝化槽三者間 NH_4^+含量理想值比較為沉澱槽>魚池>硝化槽，而 NO_3^-含量則為硝化槽>魚池=沉澱槽，藉由實際量測檢驗此垂直式水耕系統在硝化作用方面的效率是否達到理想。

在前兩次的實驗中，發現垂直植栽水盤(圖3)內水流動的情況不佳(圖4)，導致植物的根無法順利吸收到水分，而影響作物的生長速率及品質。於是為了讓植物的根更容易吸收到水，改善植物的生長情況，設計出水盤水位調節裝置(圖5)裝設在水盤種植作物處下方(圖6)，透過此裝置讓植物能夠吸收水的範圍內將水位提高(圖7)，有利植物的根部吸收水分。



圖 1. 魚菜共生系統循環示意圖

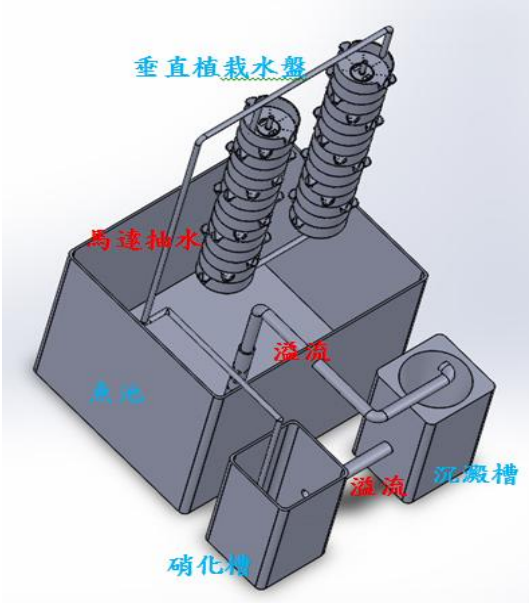


圖 2. 垂直式水耕系統水循環示意圖



圖 3. 垂直植栽水盤



圖 4. 未裝設水盤水位調節裝置水流情況

水盤水位很低，使得植物根部無法順利吸收到水份，影響植物生長。

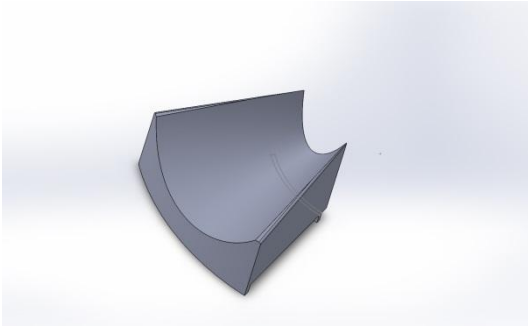


圖 5. 設計出水盤水位調節裝置



圖 6. 裝設在水盤種植作物處下方



圖 7. 有裝設水盤水位調節裝置水流情況

裝設水盤水位調節裝置可以把水位提高，使得植物根部能吸收到水份。

四、結果與討論

將垂直式水耕系統固定在同樣位置，吸收相同養源及光源下，我們進行以下三次研究目標的探索。

4.1 第一次實驗目標:改善葉片白化現象，採用種植作物:薄荷

改善葉片白化的現象，在研究中定期每周加入半匙 0.5 公克的螯合鐵粉進魚池，並每周固定兩天進行作物葉綠素量測，檢測是否提升葉綠素濃度，改善葉片白化現象。研究中將垂直植栽水盤分為 A 邊和 B 邊，及上、中、下三個位置分別進行量測(圖 8、9、10、11)，經過近乎一個月的種植與檢測，我們發現葉片開始有了光澤，且較之前為綠，量測葉綠素含量的結果也確實提高了。

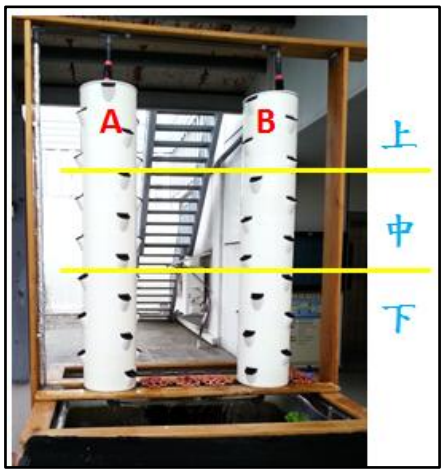


圖 8. 葉綠素量測對象位置圖

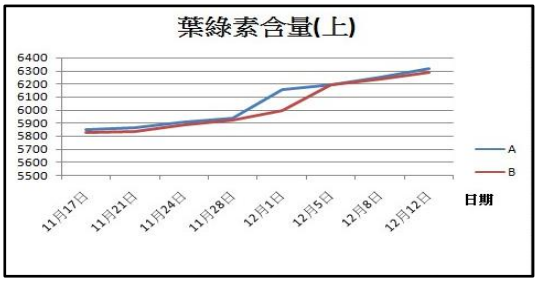


圖 9. 葉綠素量測位置(上)數據圖

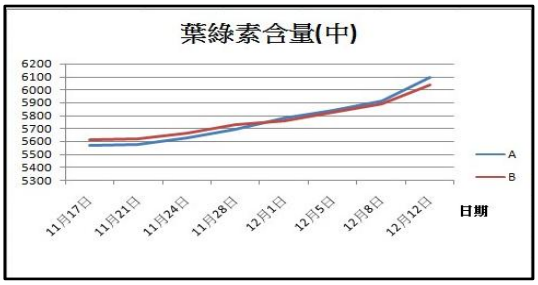


圖 10. 葉綠素量測位置(中)數據圖



圖 11. 葉綠素量測位置(下)數據圖



圖 12. 葉片白灰化現象



圖 13. 加入螯合鐵粉改善後的葉片

那為什麼魚菜共生這麼容易缺鐵呢？可以從植物吸收營養物質的機理說起，植物能吸收利用的主要是無機態的水溶性物質，而鐵主要以二價鐵和三價鐵的形式存在於自然界中，在富氧的條件下，水溶性的二價鐵很容易被氧化成非水溶性的三價鐵，使得植物能吸收的鐵元素大大減少。由於植物的根、硝化細菌和魚都喜歡供氧充足的環境，所以在設計魚菜共生系統時往往比較強調盡量減少無氧區域的存在。所以植物缺少能夠吸收的可溶性鐵元素，固定其加入螯合鐵粉使植物更容易吸收達到效果。

4.2 第二次實驗目標:檢驗硝化作用是否達到理想值，採用種植作物:莧菜

種植莧菜的過程中，定期每天量測魚池、沉澱槽、硝化槽三者的NH_4^+值含量及NO_3^-含量，在中多資料及其他研究中，皆提到在魚菜共生系統裡，無論哪一槽的正常理想 NH_4^+含量為0.5ppm以內，而NO_3^-則是介於40~150ppm之間。經過近一個月的量測，數據顯示NH_4^+含量確實為沉澱槽大於魚池，魚池大於硝化槽(圖 14、

15、16、17)，而 NO_3^-含量則為硝化槽大於魚池和沉澱槽，至於魚池和沉澱槽間 NO_3^-的含量則差不多相同(圖 18、19、20、21)。故檢測證明此垂直式水耕系統在硝化作用上達到理想值，適合作物生長。

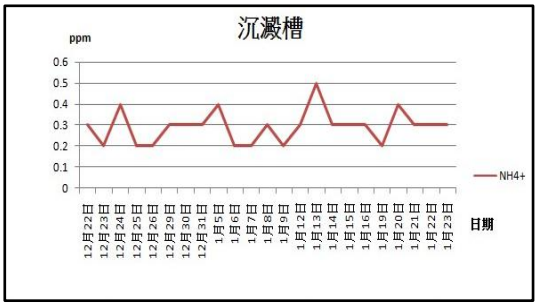


圖 14. 沉澱槽 NH_4^+含量值

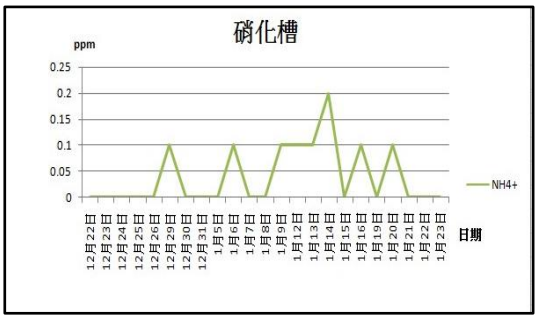


圖 15. 硝化槽 NH_4^+含量值

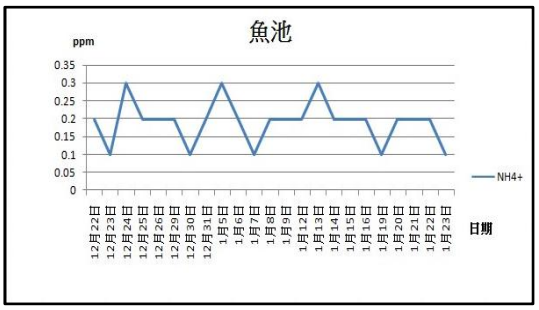


圖 16. 魚池 NH_4^+含量值

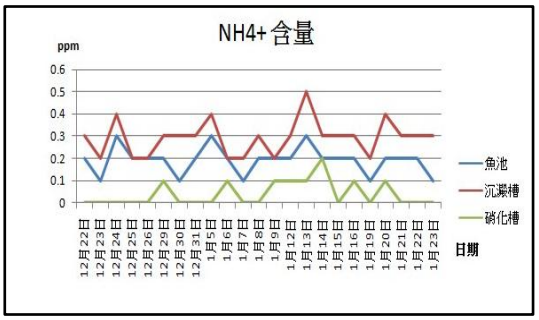


圖 17. 沉澱槽、硝化槽、魚池三者 NH_4^+含量比較值

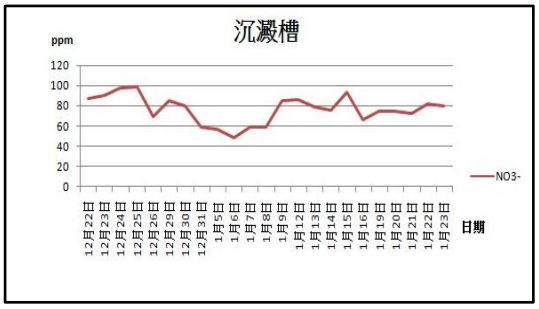


圖 18. 沉澱槽 NO_3^-含量值

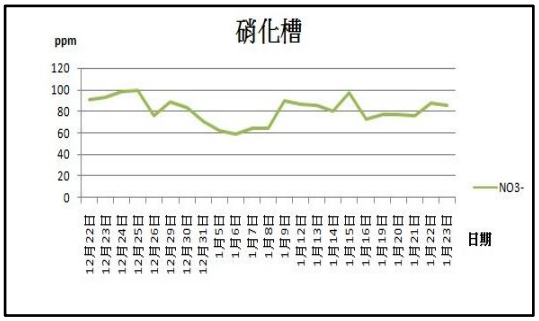


圖 19. 硝化槽 NO_3^-含量值

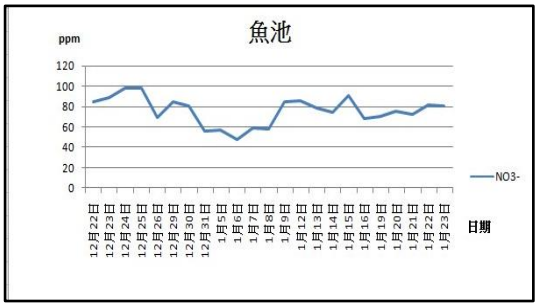


圖 20. 魚池 NO_3^-含量值

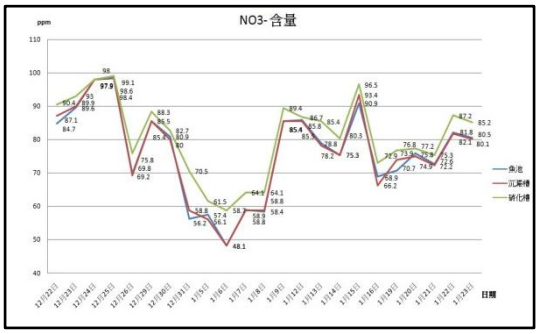


圖 21. 沉澱槽、硝化槽、魚池三者 NO_3^-含量比較值

4.2 第三次實驗目標:改變水盤內部結構，增加作物生長速度及品質，採用種植作物:萬苣

將垂直式水耕系統中垂直植栽水盤分兩邊，一邊為對照組，一邊則為實驗組(圖 22)。

研究中將設計出來的水盤水位調節裝置裝設在實驗組的每一個水盤內，而對照組則不裝設水盤水位調節裝置在任一水盤內。之後，同時在兩邊種植作物萵苣，並且每天觀察紀錄兩邊作物生長的情況，一開始還不明顯，經過兩個禮拜左右後，兩邊植物生長差異性開始顯而易見。有裝設水盤水位調節裝置的實驗組的作物，生長速度確實比對照組要來的快，也透過此裝置改善原先水盤設計造成植物生長速度緩慢且不容易吸收水分的問題。



圖 22. 實驗組與對照組位置圖



圖 23. 3 月 27 日作物生長情況

剛開始作物移植到植栽水盤的生長情況，實驗組跟對照組的作物沒有生長差異。



圖 24. 4 月 1 日作物生長情況

實驗組跟對照組的作物開始成長，但沒有生長上的差異。



圖 25. 4 月 6 日作物生長情況

經過一個禮拜，實驗組跟對照組的作物還沒有明顯生長差異。



圖 26.4 月 11 日作物生長情況

經過兩個禮拜，實驗組跟對照組的作物開始有些微生長差異。



圖 28.4 月 21 日作物生長情況

經過四個禮拜，實驗組跟對照組的作物已經有明顯生長差異 。



圖 27.4 月 16 日作物生長情況

經過三個禮拜，實驗組跟對照組的作物開始有生長差異。



圖 29.4 月 26 日作物生長情況

經過五個禮拜，已經可以看出實驗組的作物比對照組的作物生長速度快。

五、結論

5.1 葉綠素不足，改善葉片白化現象

鐵是葉綠素合成的前驅化合物，有利於葉綠素的形成，雖然不是葉綠素的成分，卻是形成葉綠素不可缺少的條件，亦有利增強一些植物的抗病能力。植物缺鐵時葉綠素形成受到障

礙和破壞，葉片便會失綠，嚴重時會變成灰白色。透過實驗結果，可以發現每周定期固定加入螯合鐵粉，確實能有效改善葉片白化的現象，並提高葉綠素含量。

5.2 檢驗硝化作用是否達理想值

魚有兩種排泄物，一種是看不見的氨水，通過魚的鰓排出，另一種是固體，也就是肉眼能看見的魚便。而這兩者都不能直接被植物吸收利用，必須經由硝化細菌將 NH_4^+ 轉換成 NO_3^- 的原理，把魚的排泄物變成植物吸收的肥料，所以一個魚菜共生系統若要成功種植出良好的作物，系統中的硝化作用必定要達到良好的效率，從而將養魚和種菜結合起來，形成一個可持續的閉環系統，透過量測數據，證實本次研究系統硝化系統符合理想狀態。

5.3 改變水盤內部結構，增加作物生長速度及品質

當一個魚菜共生系統之間的各環節都能正常運作時，則必須開始思考如何讓此系統更有效率的種植出作物，即縮短植物生長時間且能夠保持作物良好品質。在第三次的研究目標中，可以發現再相同位置且吸收相同養源和光源之下，比較實驗組和對照組後，發現裝上水位調節裝置的水盤再種植作物後，作物確實比對照組的植物生長的較快，改善了作物收成的速度。若此系統將來無論是用在研究或者商業上，都希望這項研究能帶來更好的效率。

六、誌謝

從一開始專題雛形的成立至專題順利完成，首先要感謝我們的指導教授**苗志銘**老師，給予我們在專題上的建議及方向，並幫助我們解決在研究過程中遇到的問題；此外，也要感謝研究發展處的教職員們，給予我們一些研究上的資源與啟發。從這次專題的研究中，我們也學習到大學生應具備的一些特質如：遇到問題如何解決、如何尋找資源及團隊分工合作的精神等。而我們也透過此次的實務專題，從中學習到許多課外知識，在此，獻上萬分感謝。

七、參考文獻

[1]恭寶農業生物科技有限公司。http://118.163.241.214:83/ACM/Site/Greemongkron

[2]台灣養耕共生協會。http://twaquaponics.blogspot.tw/2013/07/avata.html

[3]台灣水耕發展有限公司 http://www.taiwanhydroponics.com/index.php/zh-TW/

[4]Phonz 的魚&菜部落格 http://www.phonzaquaponics.com/

[5]蔡尚光。1996。水耕栽培的魅力。淑馨出版社。

[6]林俊義。1997。蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑。臺灣省農業試驗所。

[7]易希道。1998。最新植物生理學。環球書社。

[8]柯清水。2008。硝化細菌與水產養殖問答集。養魚世界。

[9]马希荣。2009。现代设施农业。宁夏人民出版社。

[10]蔡尚光。2012。現代田園與養液栽培。淑馨出版社。

The Influence ofvertical hydroponic systemon Plant Growth

XIUHONG YE
HONGYU CHENG
KaiFu Lo
Dr. Jr-MingMiao

The goal of this study is to investigate the effect of adding trace elements about iron, ammonium and nitrate concentrations on water circulation system between the groove and improved internal structure of water tray on the growth in a Vertical Hydroponic System. The hardware architecture is designed based on the hydroponic cultivation technique which is applied in the aquaponics system that combines aquaculture and hydroponics about two modes to reach aquaponics purposes. And design through overflow, motor pump and other sectors, so that the water can cycle continuously in the system.

It is able to plant high density planting crops in a limited space by Vertical Hydroponic System. For home cultivators, this represents the original small, space should not be planted crops will be able to implement, but growers can maximize storage and crop production per unit area. If the business orientation of growers, vertical planting system will not only make the best use of space, but also reduce the labor and expense of other investments. If the amateur gardening in size from a small herb garden and even to a wide range of agricultural operations or research use, vertical hydroponics system will become the most efficient choice. During the experiment, we found widely grown plant leaves produce white, explore the reason for the lack of trace elements lead to lack of chlorophyll, the issue which is the most aquaponics system. In addition, for each vertical hydroponic system, water cycle process, the nitrification is normal for discussion. In order to make the cultivation of plant growth better results, try to change the internal structure of the water tray in this study, making crops more easily absorb water and nutrients, effectively shortening the growth rate, and more optimal plant growth.

具有即時路線辨識之自動導引機器人

學生姓名：陳易賞、陳祈霖、葉達樺
指導老師：張仲良

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本研究目的在於利用影像辨識技術找出機器人所要行走的路徑，也可以說是軌跡，來取代目前使用的光感測器或是紅外線感測器進行循跡的方式。方法則是運用 NI myRIO 搭配攝像鏡頭來偵測前方可能是的路徑，透過影像處理的方式，使鏡頭可以找到我們所需要的特定路徑，並用 LabVIEW 圖控介面，也就是圖形化程式語言的方式來設定 NI myRIO 的輸出訊號而使兩顆馬達運轉，以速差的方式控制機器人前進的方向，讓機器人行走在尋找到的指定路線上。

關鍵詞: 導引控制、影像辨識、輪型機器人

一、引言

在這個電子產品迅速進步之下，我們一直思考要如何使工作變得更有效率，而在一些特殊環境中，單靠人為的操作是很難去進行的，所以我們要來研究如何在這些環境中，不使用人力，而讓機器人自己去完成我們所需的工作項目，比如可藉由輪式機器人進行搬運貨物或者應用於田間施作管理等。所以我們的專題選擇去研究自走機器人，只要針對想要的功能，選用適合的感測器，就可以擺脫人為的控制與運作的方式，達到我們要的功能。

1.1 問題之重要性

現代社會中，自動控制已經是不可或缺的一環，廣義來說自動控制是不需經過人力實際操作機器，透過控制元件來完成所預期的動作。自動控制的技術有利於人類進行一些無法完成、高危險性、複雜繁瑣的工作，透過控制裝置來控制機器而達到效率提升，因此，有必要進行一些研究來提升機器的效能並解決目前智動化過程中所遭遇的問題。

1.2 研究背景與動機

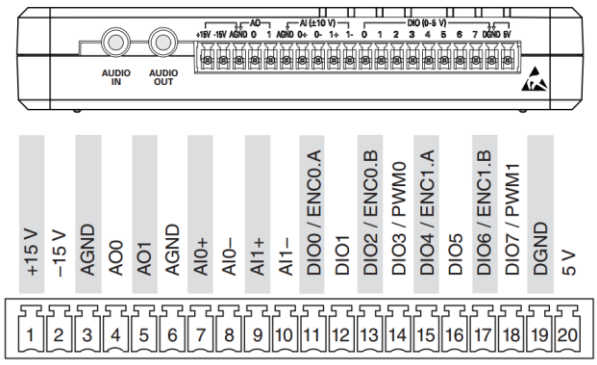
藉由系上一些課程得知農業機械也慢慢步入自動化了，而透過自動控制技術可用來提高農民們的工作效率並完成複雜繁瑣的工作內容。而深入了解自動控制這塊之後才發現，我們還有很多不懂的地方，尤其是如何讓機器人能自主行走在假設的田間路徑上，不需要人來操作，因此，我們就利用一些影像處理的方法，搭配資料擷取裝置以及 NI 人機介面來完成機器人自主行進的需求。

二、研究內容與方法

2.1 研究設備

a. NI myRIO

這是 NI 公司(National Instruments 國家儀器股份有限公司)專門針對學生設計出來的一種嵌入式硬體裝置，可讓使用者快速設計出複雜的實際工程系統。核心晶片式 Xilinx Zynq-7010，該晶片集成了 667MHz 雙核 ARM Cortex-A9 處理器以及 28K 邏輯單元、80 個 DPS silces、16 個 DMA 通到的 FPGA。此外也提供了豐富的外圍 I/O 接口，包括 10 個模擬量輸入(AI)、6 個模擬量輸出(AO)、40 個數字輸入與輸出(DIO) 、1 個立體聲音頻輸出等，還有 4 個可控制的 LED、1 個自定義按鈕跟 1 個三軸加速度感測器，並且可提供+/-15V 和+5V 電源輸出，如圖一所示。



圖一、myRIO 的腳位[1]

b. 車體上的材料

整個車體製作所需的材料如表一至表三所示。

表一、鏡頭規格

型號	CAM-02
尺寸	90 mm × 68 mm × 58 mm (長×寬×厚)
畫素	靜態: 130 萬畫素

	動態: 30 萬畫素
鏡頭可視角	上下 360° 旋轉
手動焦距範圍	80 mm 至無限遠
電壓	5V

表二、車體規格

長	0.40 m
寬	0.32 m
高	0.18 m
長(含輪子)	0.45 m
寬(含輪子)	0.52 m
高(含輪子)	0.42 m

表三、其他材料規格

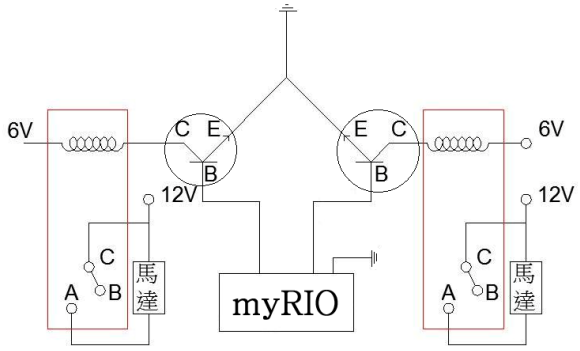
使用之電源	DC12Vx1,DC6Vx1
繼電器	LEG-5x2
電晶體	C9031x2

表四、馬達規格

型號	IG-32
定格容許扭力	8.0 Kgf-cm Max.
瞬間容許扭力	24.0 Kgf-cm

c. 電路設計

myRIO 輸出訊號時電晶體的基極跟射極會導通，所以集極跟射極會導通，而線圈會有磁吸力將繼電器的 a 接點導通而馬達運轉。當 myRIO 的 LED3 亮起時，也就是 DIO3 輸出了訊號，此時右輪的馬達會運轉，反之 LED0 亮起時，也就是 DIO7 輸出了訊號，則左輪的馬達會運轉。



圖一、電路設計

d. NI LabVIEW 軟體

NI 公司所開發之圖形化程式編譯平台，開發者為傑夫 考度斯基（Jeff Kodosky），與傳統程式語言不同的地方在於，使用導線連接各種不同功能的圖塊，而這些連結而成的結構決定程式如何執行。

圖形化程式語言又稱為 G 語言，就如它的名字一樣，擁有虛擬儀器的功能，能自己設計儀器，且透過人機介面控制自己開發的儀器。此外 LabVIEW 提供了許多函式庫，包含：訊號擷取、訊號分析、機器視覺、數值運算、邏輯運算、聲音震動分析、資料儲存...等。且可支援多種作業系統，如 Windows、UNIX、Linux 以及 Mac OS 等。

只要知道 LabVIEW 的各種方塊圖的意義與用法，它就是個簡單易懂的開發介面，能夠縮短開發原型的速度以及方便日後進行的軟體維護，漸漸受到系統開發及研究人員的喜愛。目前大量運用於工業自動化的領域上。

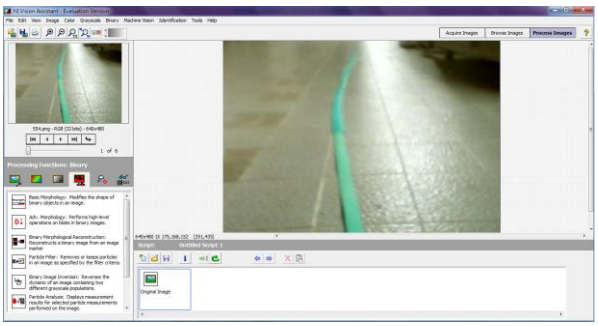
e. 視覺輔助工具箱(Vision Assistant)

NI 所開發的機器視覺開發模組，可以跟 LabVIEW 配合使用，內含機器視覺函式，可以用來進行灰階、二值化等圖像處理，還可以進行膨脹、侵蝕、段開、閉合等型態學處理，甚至是辨識物件、判斷物體是否存在等等功能，由此可知，Vision Assistant 是個用來完成我們專題不可或缺的主要軟體。

2.2 研究方法與步驟

a. 影像辨識系統前置作業

開始進行影像辨識之前，需先取得影像處理二值化過程時所需之閥值。首先對要處理的地點或路徑用 USB 鏡頭拍下幾張相片，之後用這些拍攝下來的相片來調整所需之閥值，而調整閥值的意義就是，將我們所需要的顏色範圍圈起來，那麼，那些圈起來的部分就是我要的部分，而沒在圈內的則為不需要的部分，也就是圈起來的顏色範圍，在你處理後的影像上為紅色，而範圍外的則為黑色，這就是所謂的二值化。打開視覺助手使用 Ctrl+O 將所拍之相片放入，如圖二所示。



圖二、所需之相片置放至介面中

b. 色彩模型(Color Model)選用

點擊 Color→Color Threshold，選擇所需要的 Color Model，分別為 RGB、HSL、HSV、HSI 四種。

RGB：為紅綠藍三種顏色，在相互混合之後，能形成各種不同的顏色，是一種平面化的色彩空間或是色彩領域(如圖三所示)，他並沒有飽和度與明度(亮度)的調整，直接以光的三原色去呈現色相，選擇你要的顏色區域，透過調整 RGB 的閥值，使得我們只找到

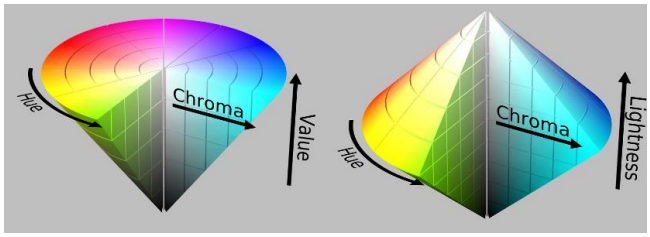


圖三、RGB 色相[2]

特定顏色的目標，並使其在閥值內的東西都變為紅色，以外的則為黑色 [3]。

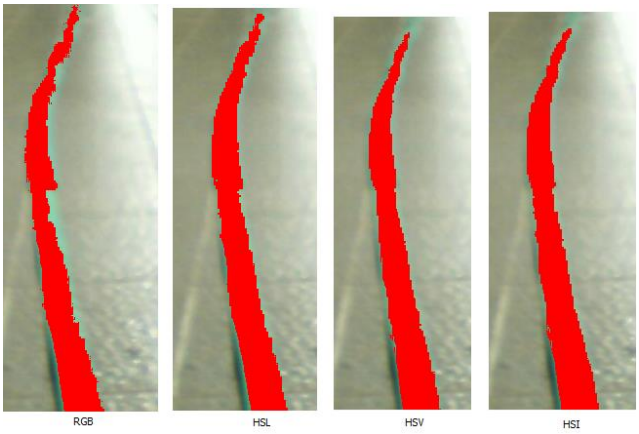
H 跟 S 為 Hue 跟 Saturation(又稱為 Chroma)它們的意思分別為，色相跟飽和度，而 V、I、L 分別是 value、Intensity、lightness 其代表意義分為值、強度、亮度，而 Intensity 也有明亮程度的意思。HSI、HSV、HSL 這三種色彩空間概念又跟 RGB 不一樣，HS 系列多了類似於 Z 軸的高度值，而 Z 值所調整的就是明度，在多了 Z 值的情況下，色彩又多了變化，以 HSL 為例，HSL 是圓錐體色彩空間，在控制 Z 值的情況下改變 S 值，越往圓中心靠近灰度值越高，反之往圓外靠近色彩灰度值越小，也就是顏色越鮮豔。當我們控制住 S 值，而只調整 L 值時，顏色從最底下的黑色，到你所選擇的顏色，再到白色[3][6][7]。

而為 HSV 時，當我們控制住 S 值，而只調整 V 值時，顏色從最底下的黑色，到你所選擇的顏色，它的行程只有 HSL 的一半[3][6][7]。



圖四、HSV 與 HSL 比較[6]

在軟體中，通常以一個線性或圓形色相選擇器，選取色相、飽和度和明度／亮度的一個二維區域形式，提供了我們所需的色彩模型。通過這種表示，這四種 Color Model 的差別基本上就無關緊要了。例如我要找綠色，我可以透過調整 RGB 的值來達成，也可以使用 HSL 去進行，先調整 H 找出綠色的範圍，之後再對 S 與 L 去調整我們要怎麼樣的綠色，而 HSI 跟 HSV 也是相同的方式與原理。

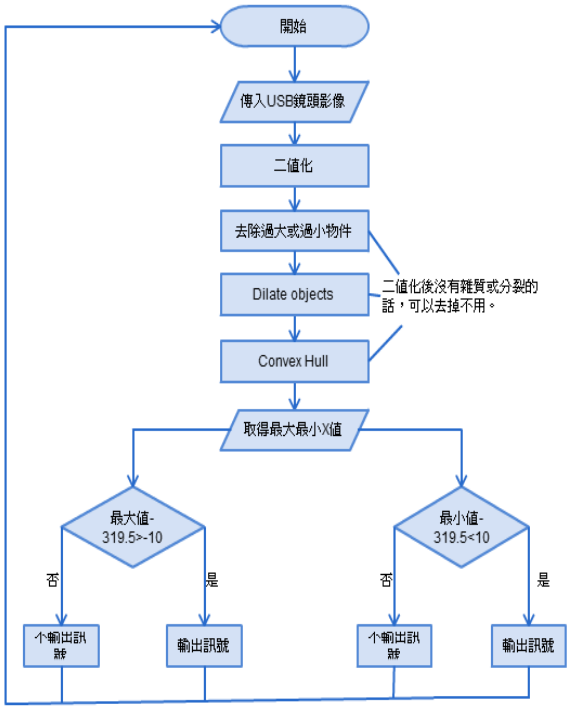


圖五、4 種 Color Model 對同物件比較

由圖五能看出，二值化後，出現的樣子都差不多，所以對我們進行路徑偵測的影像影響慎小，以找出當下情況最好看的目標為目的，進行 Color Model 的選擇。

c. 影像辨識系統

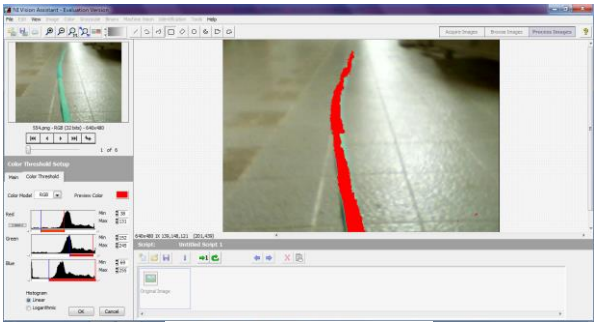
二值化後，圖片上沒有甚麼雜點裂痕之類的，經判斷後不會對系統造成影響，且不在意好不好看的話，二值化後的三個步驟可以去掉不用，如圖七所示。



圖六、LabVIEW 程式流程圖

d. 二值化

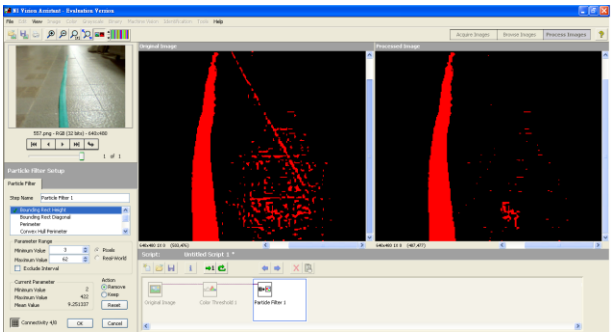
一樣尋找所需的顏色範圍，並找出當下最容易分辨出指定物件的 Color model 後，進行閥值的調整，直至所需路徑明顯出現，而且雜訊要盡量弄到最少，甚至是沒有。



圖七、調整適合的閥值

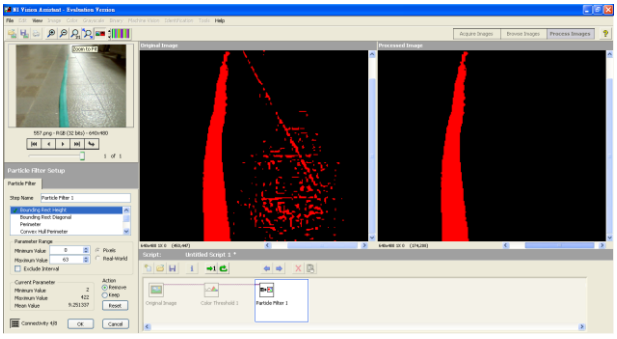
e. 去除過大過小的物件

若是調整得不夠好則會出現雜訊，這時候就必須再多加入一個步驟，來解決這個問題。點選 Binary→Paticle Filter→Bounding Rect Height，而 Bounding Rect Height 它的效果是，去除指定像素(Pixels)範圍內的物件，且只看 y 值(高度值)，若我的閥值最小為 3 最大為 62，那就會消除掉大小為 3 到 62 之間的物件，就是說 3 以下跟 62 以上的不會消除。



圖八、Bounding Rect Height 的結果之一

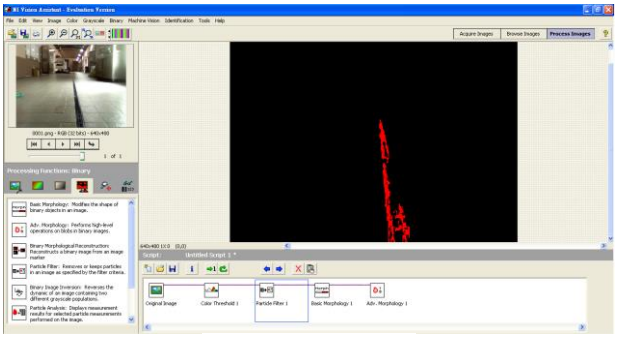
若改為 0 到 63 之間的話，因為之前那些雜訊的高度都在此範圍內，所以就會只留下我們所需之目標。



圖九、Bounding Rect Height 的結果之二

f. 膨脹法(Dilate objects)

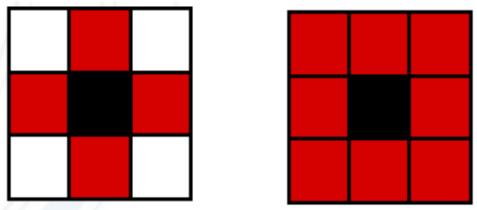
若是找到的圖案有許多明顯的裂痕而分成幾塊，或是那條路徑是由一點一點的各種大小的雜訊所組成的話，先使用 Dilate objects 之後再使用 Convex Hull，使那些分裂的物件稍微碰在一起後，再形成一



圖十、分裂的物件

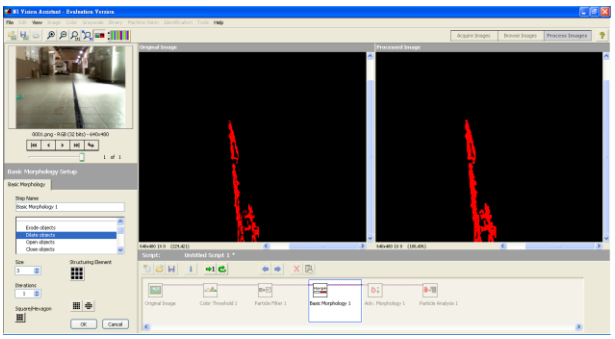
個形狀好看的整體物件，之所以這麼作是因為，分裂成好幾塊不同物件，可能會使後面我們尋找到的最大與最小的 X 值上出現問題。

該物件是分成左右兩邊的，這樣最小值會是在左邊的物件上，而最大值是在右邊的物件上，而讓系統認為已經偏離軌道，而進行修正。選擇 Binary→Basic Morphology→Dilate objects，Dilate objects 又稱為膨脹法，是將每個像素從每個像素的中心向外擴大，有兩種擴大方式，例如：原本的像素位置在九宮格的中心，其中一種是它會往九宮格的上下左右的方向長出新的像素，另一種是九宮格的外圍都長出新的像素[4]。



圖十一、膨脹法

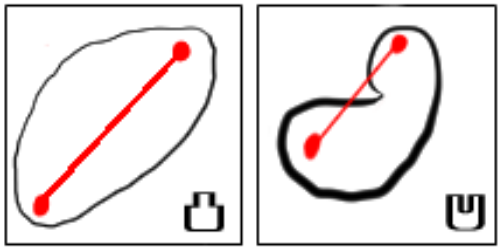
實際讓剛剛分裂的物件膨脹，首先要調整膨脹的大小，Size3 為膨脹一次，5 為兩次，7 為三次，以此類推，調整至稍微碰到其他物件即可。



圖十二、實際膨脹

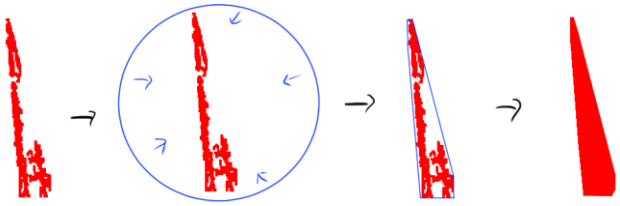
g. 凸包或是凸殼 (Convex Hull)：

凸殼是包覆這群物件的外殼，表面積跟容積最小的一個外殼，凸的定義為：圖形內兩點的連線不會經過圓外[5]。

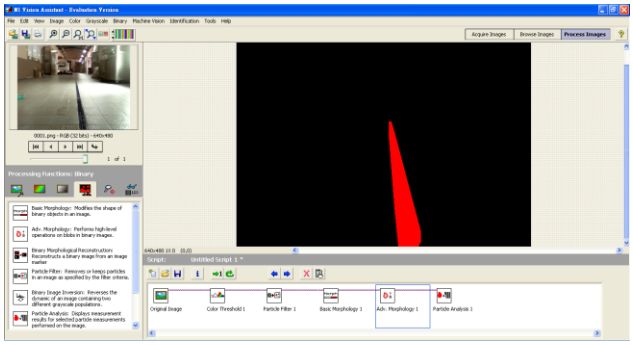


圖十三、凸的定義

Convex Hull 的做法就像是將那些物件的外圍繞一圈，之後再圍起來，而形成一個物件，如圖 14 以及圖 15 所示。



圖十四、Convex Hull 的圍法示意圖



圖十五、"膨脹"程序後物件進行 Convex Hull

2.3 馬達控制

為了使馬達如同我們預期般的轉動，首先就是要取得該物件在畫面上的 X 值，利用 Particle Analysis 功能，找出物件的開始與結束的值，開始為物件左下角的 X 值，結束為物件右上角的 X 值。

選擇 Binary→Particle Analysis，設定我們需要的部分，點 Select Measurements，只留下 Max Feret Diameter Start X 與 Max Feret Diameter End X，之後將這兩個值分為最大與最小值，然後進行計算。

$$\text{Max X}-319.5 \geqq n \quad (1)$$

$$\text{Min X}-319.5 \leqq -n \quad (2)$$

其中，n 為接近於影像辨識後，紅色部分之最大 X 值減掉最小 X 值再除 2，(Max X-MinX)÷2≒n。例如：我最大 X 是 330 最小是 310，將他們相減後就為紅色部分 x 值的範圍，我們可以知道它是 20。

當公式(1)成立時，myRIO 的 LED0 亮起，並且輸出訊號至 DIO7。

當公式(2)成立時，myRIO 的 LED3 亮起，並且輸出訊號至 DIO3。

訊號會輸出至我們的電路板，啟動繼電器，使馬達轉動，DIO3 為右輪，而 DIO7 為左輪，也就是當我從螢幕看，物件在中心線的左邊時，進行公式計算後，只有公式(2)成立，所以只有右輪會動。而從螢幕看，物件在中心線的右邊時，進行公式計算後，只有公式(1)成立，所以只有左輪會動。當物件在螢幕中間時，兩個公式同時成立，所以兩邊的輪子都會轉動。而為何會減 319.5 的原因，在於它是我鏡頭解析度 X 值的正中間，如果物件在正中間，那相減後的值一定不會是 0 ，因為軌跡是有寬度的，且我的 X 最小值是在物件的左下角，最大值是在物件的右上角，所以最小直減掉 319.5 後的值會小於 0，最大直減掉 319.5 後的值會大於 0。

三、結果與討論

3.1 實驗目的

找出各路況與路徑所需之閥值，測試是否可以在路徑之間移動，不超出所規劃的路徑範圍，或是跟著特定物移動。

3.2 實驗規劃

實驗規劃方面我們分別在草地、柏油路、室內場地做了對特定物循跡，其測試結果如下：

a. 實驗一 室內場地

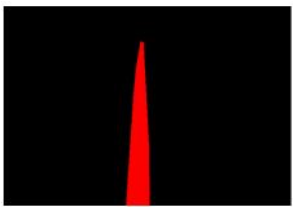
(1)實驗距離: 五公尺

(2)光源:日光燈

(3)實驗狀況:

在進行實驗時，車體能順利的依著特定物行走，改變方向時車體的反應時間約為 0.3 秒，在鏡頭未尋找到特定物時，右輪會持續旋轉 ，室內場地辨識後如圖十六所示。





圖十六、辨識前　　辨識後

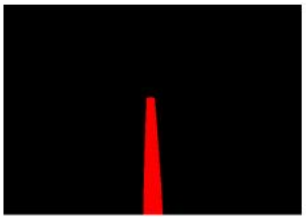
b. 實驗二 柏油路

(1)實驗距離: 五公尺

(2)光源: 陽光

(3)實驗狀況:

在室外進行實驗時，柏油路面會反光使鏡頭進行拍攝時地面的顏色偏為白色，所以我們須調整閥值，進而尋找我們的特定物，因柏油路面顏色較單一，所以調整時較容易，調整後車體能循著特定物行走，改變方向時車體反應時間約為 0.3s，找不到特定物時，右輪會持續旋轉，柏油路辨識後如圖十七所示。

圖十七、辨識前　　辨識後

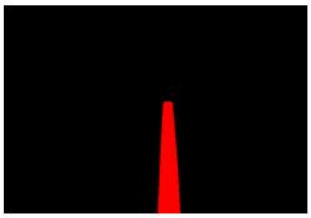
c. 實驗三 草地

(1)實驗距離:五公尺

(2)光源:陽光

(3)實驗狀況:

在草地進行時，上面的雜物特別多，而使要尋找所需之顏色較為困難，加上特定物與草地顏色相近，所以調整閥值時就更難了，不過調整完後與上面實驗作動狀況無太大差別，草地辨識後如圖十八所示。

圖十八、辨識前　　辨識後

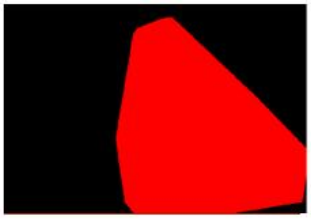
d. 實驗四 無明顯特定物

(1)實驗距離:五公尺

(2)光源:陽光

(3)實驗狀況:

在這個實驗中，我們取枯草與柏油路間的草地當特定物，比起之前的實驗難度更高，因為其他區塊跟草地的顏色差異並沒有很多，加上草地上會有些枯草以及枯葉，所以調整閥值時會比起實驗三更花時間，，無明顯特定物辨識後如圖十九所示。。

圖十九、辨識前　　辨識後

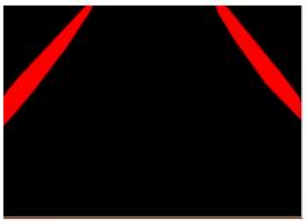
e. 實驗五 兩角鋼間

(1)實驗距離:十公尺

(2)光源:陽光

(3)實驗狀況:

由於草地跟角鋼間的顏色區別較大，所以較容易找出所需之閥值，而順利的在兩角鋼間進行移動，角鋼間的辨識後如圖二十所示。

圖二十、辨識前　　辨識後

3.3 移動軌跡

由於設定上馬達只有開跟關兩種，所以移動路徑，看起來會較為鋼硬而顯得不夠柔和，走起來就像光線撞到鏡子的反射一樣，黑色細線為開始位置，黑色粗直線為所要的移動路徑，也就是路中心，灰線為移動軌跡，移動方向如箭頭所示，移動軌跡如圖二十一所示（此圖由手繪而成，與實際移動軌跡可能會有所落差）。



圖二十一、移動軌跡圖

四、結論

在實驗中我們發現最順利的是室內場地，最差的則是草地，造成差異的最大問題是光照度的穩定與否，再來是環境的雜物多寡，室內的光源穩定，而室外可能會因為天氣的影響，造成光照度不穩定，而使影像無法順利辨識圖像。鏡頭本身的處理速度也會影響到影像處理的速度，而我們這次所使用的是一百多元就能買到，故鏡頭品質並不是很佳。

我們從這四個場地得知，閥值的尋找，以實驗一為最好找，實驗三、四最難找，而我們在這之中遇到

的最大問題是光照度，因為在室外場地測試時，會因為光線太亮而使鏡頭難以判斷特定物，而解決方法是，可以在特定物上，拍各種不同的照片來進行二值化的處理，對閥值進行調整，直到畫面上盡量沒有雜訊出現。由於我們的開關只有 ON 與 OFF，所以輸出電壓是固定的，導致轉彎不會很流暢，在之後的改善方法，可以選擇加 PWM 來控制馬達轉速來讓轉彎更為流暢。而垂直轉彎的部分的話，可以透過增加 y 值，來判斷這個物件是否為橫放。

五、致謝

經過這麼長的一段時間，這份專題報告在本組同學們共同的努力下終於順利的完成了。

首先，我們要感謝指導老師張仲良老師，由於他細心的引導，以及耐心的教導下，幫助我們克服了專題中所面臨的各種困難，不僅給予我們指導，而且還提供了寶貴的意見，使我們的專題內容可以更加完整。而 meeting 期間，還提供了我們上台練習報告的經驗，讓我們有心理準備，面對即將到來的實務專題報告。還有學長們熱心傳授給我們的知識，以及充滿關懷的建議下，使得本專題終於可以順利完成。

最後，感謝系上的各位老師，在各個學科領域方面，充分且細心的指導，使得專題報告成果能更加充實更加完善，在此一併對各位致上最高的謝意！

參考文獻

[1] NI myRIO 使用手冊，資料來源：http://www.ni.com/pdf/manuals/376047a.pdf

[2] RGB 色相圖片，資料來源：http://filmmakeriq.com/wp-content/uploads/2013/09/RGB-Color-Whee2l.jpg

[3] HSI,HSV,RGB,HSL,HSB,CMYK,Ycc,XYZ,Lab,YUV 空間的區別，資料來源：http://wenku.baidu.com/view/6273f20a581b6bd97f19ea99.html

[4] 半導體及光電學程網頁/程教材/自動化光學檢測/ch04_二值化影像處理與分析，資料來源：http://140.130.15.147/半導體及光電學程網頁/下載/課程教材/自動化光學檢測/ch04_二值化影像處理與分析.pdf

[5] 演算法筆記網站-Convex Hull，資料來源：http://www.csie.ntnu.edu.tw/~u91029/ConvexHull.html

[6] Video Capture & Switching Colorspaces RGB/HSV，資料來源：http://www.bogotobogo.com/python/OpenCV_Python/python_opencv3_Changing_ColorSpaces_RGB_HSV_HLS.php

[7] 林家瑋，2003，「眼位追蹤系統」，碩士論文，國立中山大學，高雄。

Development of a Real-time Path Finder of Robot using Image Recognition Method

Student: Yi-Shang Chen, Ci-Lin Chen, Ta-Hua Yeh
Teacher: Chung-Liang Chang

Department of Biomechtronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

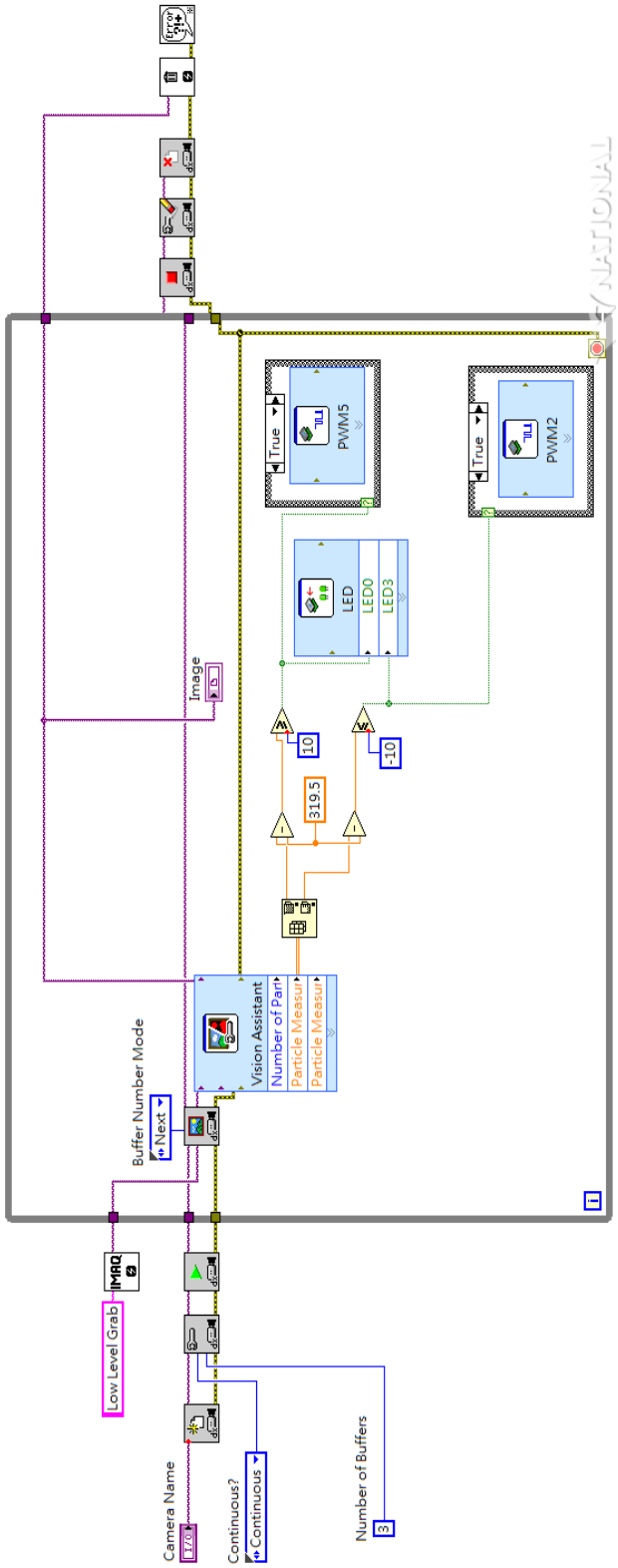
Abstract

The aim of this project is to develop a real-time path finder robot which can identify the path ahead autonomously. The NI Labview software and NI myRIO are served as an image development tool for planning the robot behavior. The motor speed difference control method is utilized to adjust the heading angle of robot. Through the image recognition method, the desired path can be found and results in the movement of robot. Experiment results demonstrate the robot can follow the identified path under different terrain smoothly.

Keyword. Mobile robot, guided control, image identification

附 錄

A.1 LabVIEW 圖控程式圖



CO_2 生成及其自動補充裝置於紅捲鬚萵苣栽培研究

組員：康家瑋、林裕翰
指導老師：張仲良

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘 要

本專題研究旨在針對紅捲鬚萵苣在生長期間，依其所受光照量的不同而額外補充或停止二氧化碳(CO_2)量供給，藉此觀察萵苣的生長變化。我們製作一個小型栽培箱以及二氧化碳補充瓶，另外也利用 Arduino 微控制器來控制電磁閥的開關，使 CO_2 能自行補充於栽培箱，當照射量滿足臨界值時則開始補充，當生長箱內的環境達到 CO_2 設定值時，電磁閥會自動關閉而停止補充 CO_2，當氣候處於陰天或晚上光照不足時，電磁閥不會啟動。經由實驗分析結果得知，在光照量充足的情況下，增加 CO_2 的濃度的結果會影響萵苣乾重、葉片數的多寡。

關鍵詞: 微控制器、CO_2、光補償點、光飽和點、紅捲鬚萵苣

一、引言

1.1 研究動機與目的

近年來，氣候的變遷，農作物所需要的生長環境受到很大的影響，收成的產量與品質都不穩定，農民紛紛改把農作物種於溫室中，一方面比較少有蟲害，強風暴雨來臨時也比較不容易摧毀農作物，此外，在溫室內可利用人工方式控制環境因素，補充植物生長所需的元素，達到理想調控植物生長的目的，因而增加作物產量。台大做的補光實驗，針對萵苣種於太陽光與人工光源並用行植物工廠，建立以日累積光合作用量(DPI)來進行補光，分析植物生長情形(陳等人，2013 年)，本專題內容將說明人工控制環境對植物生長的影響，我們所想設計的一個小型生長箱以及 CO_2 補充裝置，該生長箱外圍使用防蟲網與溫室使用的 PE 塑膠膜圍起來，另外，我們也將自製一 CO_2 生成瓶，並透過微控制器與繼電器模組，將 CO_2 注入於生長箱內，我們主要的研究目的在於想觀察萵苣在生長過程中，萵苣受光量與 CO_2 值對於萵苣生長組織的影響，在自然環境因子下，針對目前光照量的多寡來補充與改變環境中 CO_2 濃度，是否會造成植物生長發育的差異性。

1.2 文獻回顧

萵苣英文名稱為 “lettuce”，本研究所栽培之萵苣，學名：紅捲鬚萵苣(var. crispa L.)，其葉品為綠色帶紫紅色之萵苣，波浪狀皺摺如花瓣緊簇般美麗，葉肉質軟，適合當生菜食用，葉富含萵苣素，萵苣本身為溫度感應型蔬菜，生育適溫為 12-20°C，24°C 時生長旺盛，24°C 以上時容易小株抽苔。結球品種在 21°C 以

上時葉球不容易形成，溫度過高時則容易引起心葉組織壞死腐爛(張，1999 年)。

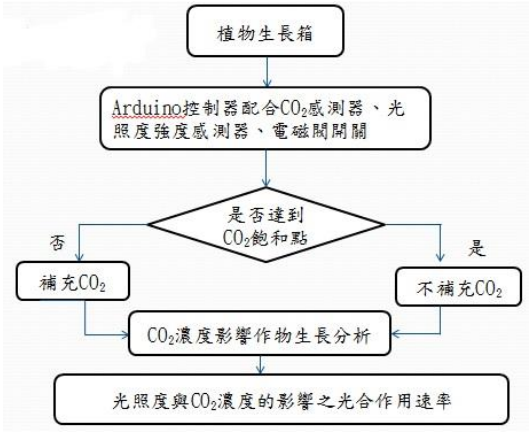
光合作用是植物不可或缺的物質能量基礎，植物透過根部吸收水分和有機物質，傳遞至葉片，透過空氣中 CO_2 在日光照射下行光合作用產生水、氧氣等有機物質，空氣中 CO_2 濃度高低影響植物對光合作用的效率，在一定條件下，當植物光合作用等與呼吸作用達平衡時，是植物的光補償點，隨著 CO_2 濃度增加，光合強度變高，當 CO_2 濃度達到一個定值，光合強度不再變高，此時稱為光飽和點或 CO_2 飽和點，空氣中 CO_2 濃度提高，可能會提高光飽和點(王等人，2003 年)。然而，光強度增加是否就能提高作物的產量，仍需溫室內二氧化碳濃度、溫度及濕度等環境條件的配合。萵苣施用 CO_2 濃度約為 700~1200 ppm，可以增加 30 %的生長率，CO_2 施肥時如果濃度過高可能會造成葉片損傷，破壞葉綠素，嚴重的話葉子脫落死亡，所以在補充 CO_2 一定要控制好 CO_2 濃度才行，避免植物吸收過多 CO_2 而死亡。

二、 研究內容與方法

2.1 實驗系統設計

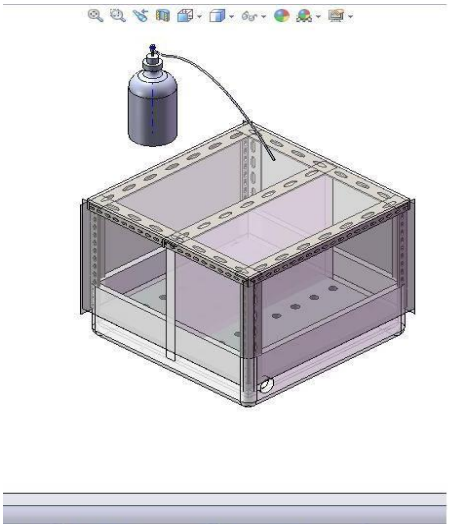
環境控制系統包括感測單元與控制單元前者為系統感官，後者為系統的心臟或大腦，常見可偵測的因子包括:溫度、濕度、養液、二氧化碳，Cornell 大學有關萵苣栽培，在正常二氧化碳濃度含量 345ppm 時，每日控制光量在 17mol/m^2，與每日光量維持在 12 mol/m^2，補充二氧化碳量至 1200ppm，可得較佳的生長速率(Both，1995 年)，我們的實驗控制系統規劃將設計一個小型栽培箱以及自製二氧化碳瓶來補充 CO_2，利用 Arduino 微控制器配合光照度計、CO_2 感測器、電磁閥以及繼電器模組來控制 CO_2 排放與否，進而達到一個可控制的系統。由相關文獻中得知，結球萵苣的光飽和點為 1388 光合作用光量子值(PPF)；光補償點為 83～111 PPF；Co2 補償點為 56.67 ppm；CO_2 飽和點為 1347.6 ppm。因此，我們在 Arduino 控制程式內設定光照度的值在於 1000 PPF 以上時，則讓環境中的 CO_2 濃度維持在 1200 ppm；當光照強度介於 800~1000 PPF 時，CO_2 濃度維持在 1000 ppm；當光照度不足 800 PPF 時，讓環境 CO_2 濃度維持正常空氣中的濃度。

2.1.1 流程圖



2.2 栽培箱設計

本研究所設計的小型栽培箱尺寸為 88×60×40 公分，主體使用角鋼連結處用鎖螺絲的方式組合起來，栽培箱周圍都用防蟲網圍著，栽培箱頂部和實驗組的外圍再用溫室用的 PE 塑膠膜圍起來(如圖 1 所示)，避免 CO_2 因空氣對流都釋放到大氣中。



。

圖 1 栽培箱設計圖

2.3 養液栽培系統

養液栽培係指利用液體供給作物生長所需養份之一項栽培技術，其特點在於作物之養份不由泥土供給，因此作物得以脫離泥土的拘拌。這次實驗我們採用養液栽培的方式來種植植物，並在養液中放置打泡機來補充空氣。

2.4 電磁閥、繼電器模組

二氧化碳控制系統(張等人，2013 年)我們利用自製二氧化碳瓶配合調節閥的開關，加入 arduino 微控制器控制，搭配繼電器模組，將輸出的電壓值 5V，轉換成 DC12V 電磁閥可以用的輸出電壓值，用來控制二氧化碳排出的量，把二氧化碳送進栽培箱裡供植物吸收。



圖 2 電磁閥外觀

2.5Arduino 控制器與 LCD 模組

Arduino 是一個開放原始碼的單晶片微控制器，建構於簡易輸出/輸入(I/O)介面板，可簡單地與感測器，各式各樣的電子元件連接，如 紅外線、超音波、伺服馬達…等。USB 介面，不需外接電源，另外有提供直流 (DC)電源輸入，我們使用的是 Arduino MEGA 板。我們將二氧化碳、光量子感測器接上後所讀取到的電壓值進行數值的轉換，傳輸到 LCD 顯示板上顯示讀值。

2.6 二氧化碳感測器

本系統所採用的 CO_2 感測器其型號為 MH-Z14 (如圖 3 所示)，可量測範圍為 0~5000 ppm，誤差值為 0~5%。

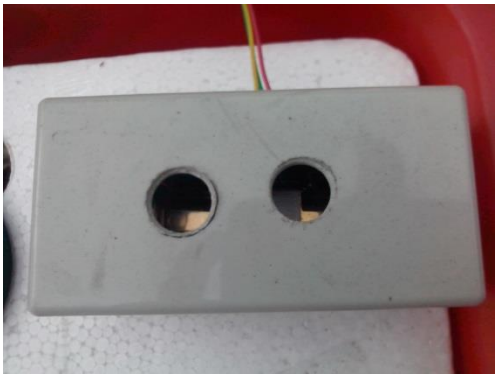


圖 3 CO_2 感測器

2.7 光量子計

本系統所採用的光量子計感測器其型號為 3668i，可量測範圍為 0~2500 PPF，誤差值為 0~5% PPF。

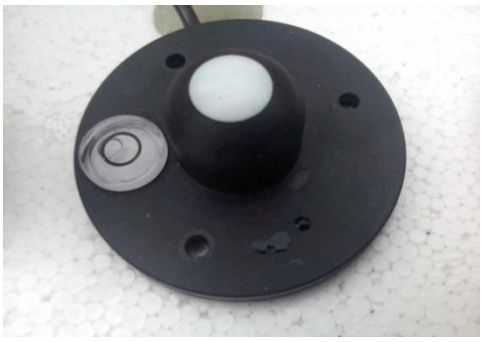


圖 4 光量子計

2.8 自製二氧化碳

我們利用小蘇打+檸檬酸產生二氧化碳的原理自製二氧化碳瓶。其化學式，$C_3H_4(OH)(COOH)_3 + 3NaHCO_3 \rightarrow C_3H_4(OH)(COONa)_3 + 3H_2O + CO_2$

由於檸檬酸為三質子酸，產生 0.439 mole 的 CO_2 需要 0.439 mole 的小蘇打與 0.146 mole 的檸檬酸，小蘇打 NaHCO3 分子量=84

檸檬酸 $C_3H_4(OH)(COOH)_3$ 分子量=192，分別乘上其分子量，得到小蘇打用量為 36.878 g，檸檬酸用量為 28.115 g。



圖 5 6 公升水瓶

三、 實驗結果與討論

3.1 實驗材料與方法

本研究所採用各項材料以及名稱如下列所示：

(1) 紅捲鬚種子(農友種苗股份有限公司)
(2) 水耕海綿
(3) 花寶一號養液(1 g/ 1000 ml)
(4) 鑷子
(5) 塑膠盆尺寸 52×42×13 cm
(6) 防蟲網
(7) 溫室用塑膠膜

我們是用養液栽培的方式來種植紅捲鬚萵苣，先用 RO 水浸泡海綿 24 小時，把種子放在 LED 燈下催芽，等待種子發芽後，把它種在海綿上，將海綿連同植物塞到保麗龍裡，泡在塑膠盆裝的水中，在水中加入養液，並放置打泡機讓水中產生空氣，增加溶氧量，供植物生長吸收，接著把它移到室外，讓植物吸收太陽光，當太陽光充足時，開始補充二氧化碳，二氧化碳在栽培箱內循環，使植物的光合作用速率加快進行，接著我們使用 Watch Dog 紀錄器，每半小時記錄一次光照度和二氧化碳濃度，當光照不足時，或著二氧化碳濃度達到所需要值時，Arduino 控制器開始判斷是否關閉電磁閥。

3.2 實驗規劃

我們規劃種植兩次實驗，第一次實驗我們種植後第 21 天收成，第二次實驗種植 16 天收成，並開始對植物進行統計分析。

3.3 實驗結果

以下內容主要說明第一次實驗種植 21 天及第二次種植 16 天收成結果，所量測的數據比較分析結果如圖 6 至圖 9 所示，相對葉綠素值與硝酸鹽值兩者平均值如表 1 所示，光照強度與 CO_2 平均曲線圖如圖 10 所示。

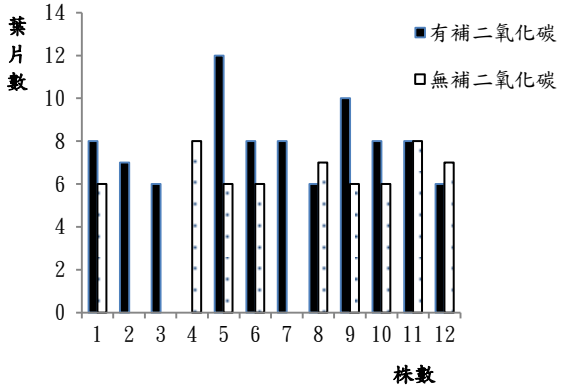


圖 6 葉片數比較

圖 6 為種植 21 天收成之葉片數比較，其中圖表中有 3 株為不良品，就無數據分析結果。有補充 CO_2 平均葉片數為 8.3 片，無補充的 6.6 片，明顯地，有補充 CO_2 較無補充之葉片數優異。

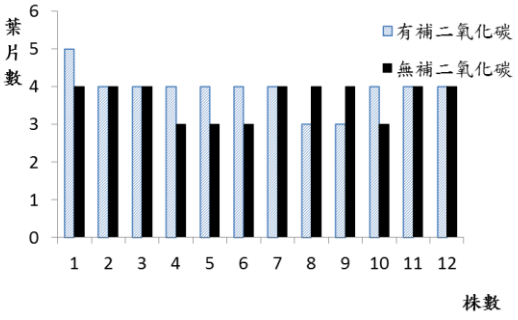


圖 7 葉片數比較

圖 7 為種植 14 天收成之葉片數比較，其中圖表中葉片數都很平均，因光照度不足而沒有補充太多的二氧化碳。

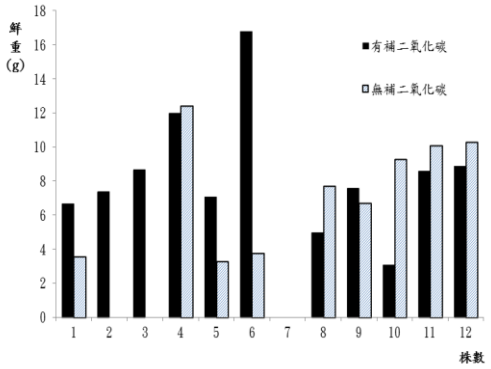


圖 8 鮮重比較結果

圖 8 為種植 21 天收成之鮮重比較圖，其中有 3 株為不良率，所以數據無納入統計結果。有補充 CO_2 平均鮮重為 9.31 克，沒補充 CO_2 為 7.46 克，明顯地，有補充 CO_2 的鮮重較優異於無補充。

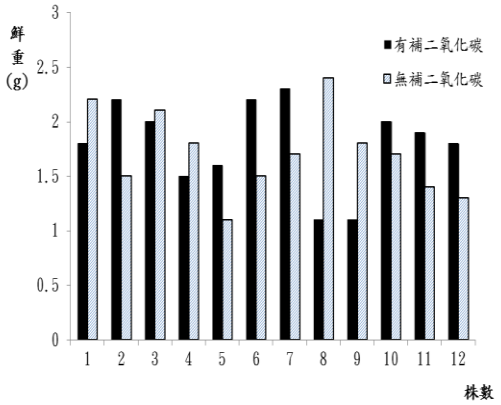


圖 9 鮮重比較結果

圖 9 為種植 14 天收成之鮮重比較圖，有補充 CO_2 鮮重為 1.79 克，沒補充為 1.70 克，差異不是很大，因光照度不足，補充二氧化碳時間較少。

表 1 葉綠素與硝酸鹽平均值

平均值/CO_2	有補充 CO_2	無補充 CO_2
相對葉綠素值 (0~50)	26.18	24.0
硝酸鹽（ppm）	4533.3±S	4666.3±S

硝酸鹽檢測方面，我們使用葉片原液加水稀釋 20 倍的方式，利用硝酸鹽計，量測得知數據，（樣本數取其中各三株平均）。

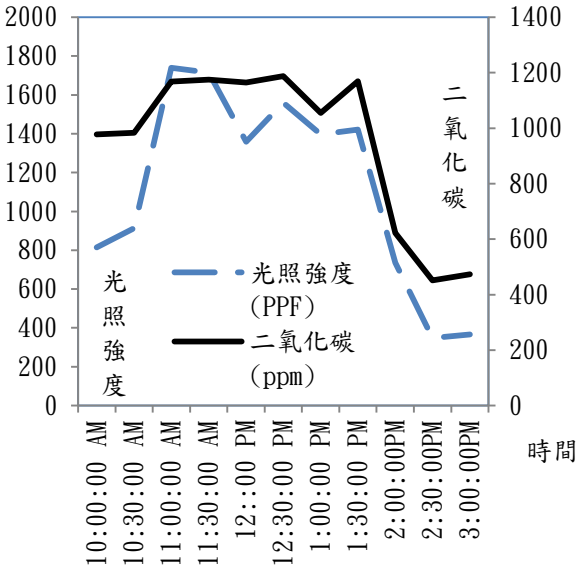


圖 10 平均光照度與 CO_2 曲線

圖 10 為平均種植 21 天，從早上 10 點到下午 3 點每天之光照度變化平均值與補充二氧化碳變化的曲線圖。

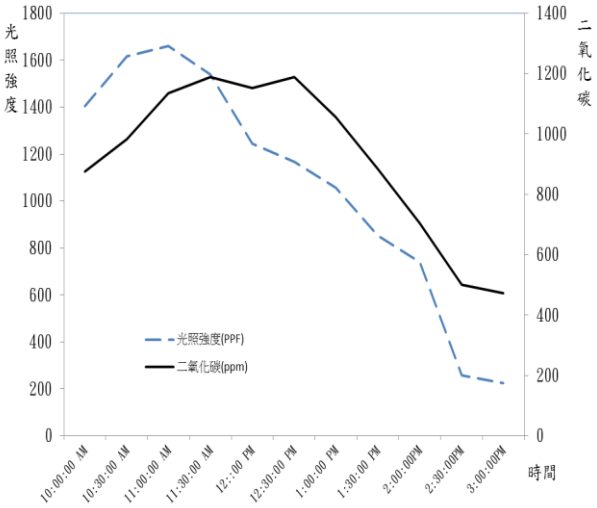


圖 11 平均光照度與 CO_2 曲線

圖 11 為第二次種植 14 天，從早上 10 點到下午 3 點每天之光照度變化平均值與補充二氧化碳變化的曲線圖，因光照度下降較快所以二氧化碳也跟著降低。

四、 結論

本實驗已經初步完成 Arduino 控制 CO_2 部分，但是現在面臨的問題是，自製的 CO_2 用量過快的問題，有時候會產生供不應求的現象，導致 CO_2 沒有補充到理想的濃度值。未來如果需改善，需要讓 CO_2 能使用的量增加。

改善的方法:將自製的二氧化碳容器容量增加，讓能儲存的氣體容量增加。

我們第一次實驗種植 21 天，發現其中有幾株為不良率，其造成結果可能為

，夏天天氣氣溫過高，解決方法為，植物的海綿盡量保持濕潤二氧化碳用太快補充不及的改善方法就是換大一點的容器來裝，比較不容易讓二氧化碳直接釋放到空氣中，造成用量不足的現象。

第二次實驗種植 14 天結果因為光照度不足的天數較多所以植株沒有很明顯的差異。

五、 致謝

感謝張仲良老師細心的指導我們，每一次的 meeting 都學習到不同領域的東西，雖然我們才疏學淺，但是老師還是很有耐心的教導我們，並修正我們以往錯誤的認知，提供我們良好的意見與想法，讓我們能更加的提升。

感謝洪國豐學長機構設計與各種電路配置的教導，讓我們可以很順利完成每次的進度

感謝宋公博學長對於程式碼的講解，雖然我每次都在他很忙的時候去請教他，但是他還是會不吝嗇的教導我們。

感謝張光壁學長對於種植植物的各方面經驗指導，讓我們能很順利地種植植物，不會重蹈覆測的去做失敗的實驗。

感謝黃逸鳴學長教我較深奧的程式問題，很多程式碼我想了很久無法突破，學長都會用較簡單的解釋教導我，直到我搞懂。

六、參考文獻

[1] 陳建志、陳世銘、蔡兆胤、張岳錡、盧德鴻，2013 年，建立以日累積光合作用量為基準之補光系統應用於太陽光與人工光源併用型植物工廠，生機與農機學術研討會，國立台灣大學生物產業機電工程學系。

[2] 張仲良、洪國豐、黃逸鳴，發酵式 CO_2 調節與控制技術於微環境植物栽培系統，生機與農機學術研討會，國立台灣大學，台北，台灣，10 月 17 日至 10 月 19 日，2013 年。

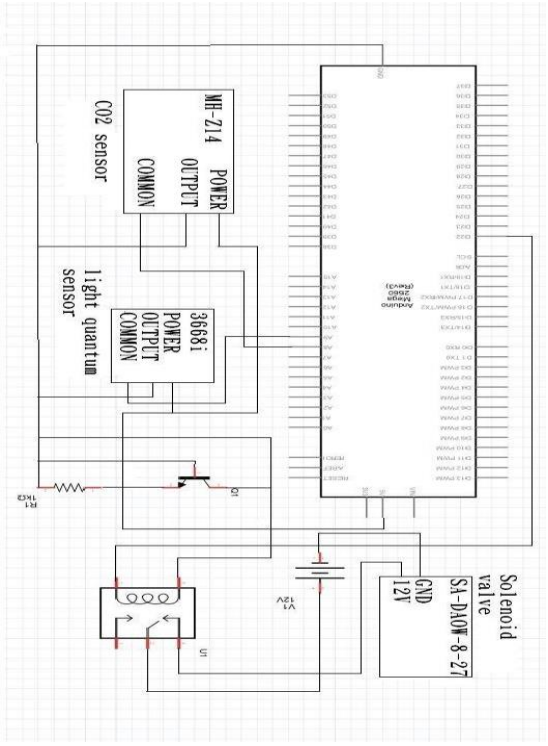
[3] 張簡秀容，1999 年， 葉萬苣栽培管理 ，台灣農業，35(1) : 48~50 頁。

[4] 王月雲、陳是瑩、童武夫，2003 年，植物生理學實驗，藝軒圖書出版社，台北，116~117 頁。

[5] Both，A.J. 1995.Dynamic of supplemental lighting for greenhouse hydroponic lettuce production.Cornell University.

附 錄

A.1 Arduino 電路圖



A.2 程式碼:

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12,11,2,3,4,5);
int co2PinB=A0;//CO2PinB=CO2 感測器腳位
int solenoidPinA=1;//solenoid=電磁閥開
關
int lightPinB=A1;//light=光強度計
void setup(){
pinMode(co2PinB,INPUT);
pinMode(solenoidPinA,OUTPUT);
pinMode(lightPinB,INPUT);
Serial.begin(9600);
lcd.begin(16,2);
}
void loop(){
  float co2=analogRead(A0);
 co2=co2*5/1024;
 co2=co2*2000;
 lcd.setCursor(0,0);
 lcd.print("co2:");
 lcd.print(co2);
 lcd.print("PPM");
 delay(1000);
 float light=analogRead(A1);
  light=light*5/1024;
  light=(light*1000)-14.65;
   lcd.setCursor(0,1);
 lcd.print("light:");
 lcd.print(light);
 lcd.print("PPF");
 delay(1000);
  if(light>1000){
      if (co2>1200){
      digitalWrite(solenoidPinA,HIGH);
    }
  }
if  (light<1000){
  if(light>800){
    if (co2>1000){
      digitalWrite(solenoidPinA,HIGH);}
  }
}
if (light<500){
digitalWrite(solenoidPinA,HIGH);

}
 delay(30*60*1000);
}
```

CO_2 is generated and automatically add devices toLettuce cultivation of red tendrils lettuce

Jia-Wei-Kang, Yu-Han-Lin
Advisor: Chung-Liang Chang

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

Abstract

The photosynthesis process is required during plants growth stage by using sun's energy and to obtain the nutrients. The goal of this project is to observe the plant growth response with and without supplemental carbon dioxide. The proposed system includes a small planting boxes, CO_2 bottle, Arduino controller, and sensors. The Arduino controller is to regulate the solenoid valve switch and results in carbon dioxide supplement. When light intensity increase and achieve a threshold, the carbon dioxide

supplemental device is performed by Arduino controller. Otherwise, the solenoid valve will automatically shut down under a cloudy day or a week light intensity irradiation day. Via experimental analysis that, in case of sufficient amount of light, the result of increased CO_2 concentration affects lettuce dry weight, number of leaves the amount.

Keyword. Lollo rossa lettuce, CO_2, micro-controller, plant light saturation

溫室溫度監測之撲翼機開發

學生姓名：陳泓維、葉修華
指導老師：苗志銘教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

無人飛行器的發展，使得撲翼機的開發與應用又被人們重視。載人撲翼機的成本、技術門檻均很高，大多應用在小型或微型飛行器的發展。現今撲翼機的發展，已經有許多的突破，未來將撲翼機應用在軍事戰場、科學研究、商業、民生及農業用途上指日可待。

本專題主要以監測溫室的多點環境溫度為概念，利用撲翼機在溫室裡架設軌道的方式使其飛行，探討架設撲翼機之軌道時，選用線材的種類、飛行的角度對移動時間的影響，並在撲翼機上加入控制板與溫度感測器，於溫室之各區域收集溫度並回傳至電腦，達到監測之目的，並提供後續溫室通風降溫的改良。

關鍵字：撲翼機、微型飛行器

一、引言

早在十五世紀，達文西觀察鳥類飛行的姿態及翅膀運動方式〔1〕，設計出仿鳥類撲翼的飛行器。達文西之後，陸續有許多飛行家，狂熱的嘗試、創思，想實踐像鳥類一樣撲翅翱翔，但都因人體不像鳥類輕盈等種種因素，一直無法突破瓶頸，直到萊特兄弟的成功，讓現代飛機走向固定翼的形式。近代世界各國致力發展無人飛機(Unmanned Aerial Vehicle，UAV)技術，應用於軍事方面，隨著空氣動力學、微型製造技術等科技進步，無人飛機走向微型化，使撲翼機又被人們重視。微型撲翼機具體積小、重量輕、效率高、飛行姿態與鳥類相似等特點，適合低空的中低速飛行。

台灣典型溫室環境以風扇與水牆運作來控制，常以單一溫度計進行單點量測，再加上溫室環控調節，但此操作模式無法得知溫室內部各角落的溫濕度是否均一〔4〕，像花卉等精緻農業，在溫室環控作業溫度的量測值誤差超過1℃，溫度調節費用就會增加。溫度調節不當，作物的生長、開花、果實成熟等都受到影響，生長時程失去控制。因此想將像鳥類撲翅、仿生的撲翼機應用在溫室裡〔5〕，並搭設軌道使其量測溫室各角落的溫度數值，做多點量測，

鳥類的拍翅動作複雜，翅膀拍動過程分成兩個行程，翅膀上舉過程稱為上行程，下拍過程稱為下行程，而上、下拍撲時又可分解成：拍撲、扭轉、摺疊三個動作，扭轉指鳥類翅膀上舉翼翅會向上及向後運動，下拍翼翅則向下及向前運動，使鳥類翼面合力傾斜，產生向前推力，幫助飛行。摺疊動作使上行程能縮小翼翅受風面積，降低負升力對飛行的影響。

二、研究內容與方法

本次實驗以溫室溫度監控為想法設計撲翼機，以搭設雙軌道形式使撲翼機在軌道上飛行，針對不同的線材與角度找出適合的前進方式，實驗中發現越接近中點彈跳度越大使數值不準確故只能短距離的測試。除了使用不同線材軌道測試，透過改變載具擺放角度（0°、15°、30°、-15°、-30°），量測各組時間長短，比較何種擺放角度最適合撲翼機在軌道上的行進，配合搭載的溫度感測器和arduino NANO將接收到數據傳回電腦，達到掌控溫室溫度值的目的。

2.1 實驗材料

名稱	規格	重量
曲柄搖桿機構＋減速齒輪	1 組	1.5g
微型馬達	1 顆	1.7g
翼膜＋碳棒	翼展 240mm×寬 70mm×1 片	1.1g
尾翼	1 片	1.6g
兩通遙控模組	1 組	6.0g
聚合物鋰電池	3.7V×300mAh×1 個	8.3g
溫度感測探頭	1 個	3.7g
arduino NANO	1 個	5.9g
差動放大器	1 個	2.1g
底座	1 個	8.7g
角度架	1 個	3.4g

表 1.撲翼機材料

名稱	規格
尼龍繩	500mm×2 條
鋼絲線	500mm×2 條
布線	500mm×2 條
勾釘	§4×4 個

表 2.軌道實驗材料

2.1-1 機構設計

曲柄搖桿機構

撲翼機構利用曲柄搖桿機構來達成(圖 1),它具有傳動平穩、製造簡便等優點，它是由兩個平面四連桿機構組合而成，C_1和 C_2為固定點 B_1和 B_2為從動點，A 點為 AB_1和 AB_2連桿在從動輪的固定點，O 為從動輪的固定點，利用微型直流馬達經減速齒輪傳遞給從動輪時會帶動 AB_1、AB_2連桿又帶動 B_1C_1、B_2C_2運動，把高速旋轉運動轉換為撲翼機構拍打運動。(圖 2)

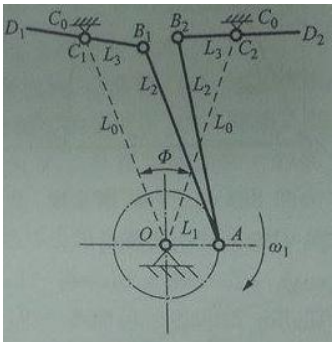


圖 1、曲柄搖桿撲翼機構示意圖

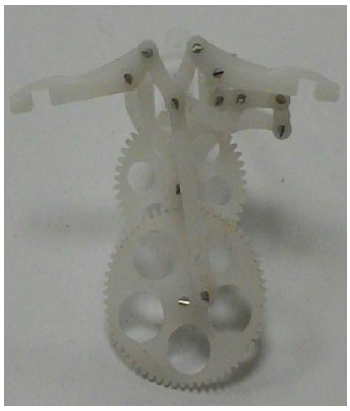


圖 2、曲柄搖桿機構＋減速齒輪

2.1-2 電路系統設計

兩通遙控模組

利用發射板和接收板組成的遙控模組，發射板上有兩個按鈕分別控制 3V 馬達正、反轉輸出正反電流，加上天線有效距離可以達到 10 米。

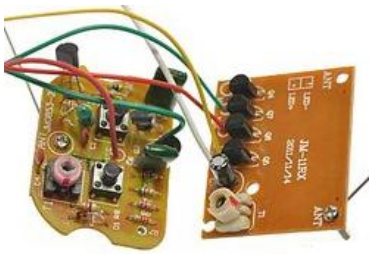


圖 3、遙控模組

微型馬達

重量輕、體積小的優點，高轉速的旋轉運動帶動撲翼機構的齒輪組，使齒輪組有足夠的動力前行或飛行。



圖 4、微型馬達

聚合物鋰電池

重量輕體積小的優點，能提供穩定的電壓值(3.7V)給遙控模組和微型馬達作動，且具備充電的功能可重複利用。

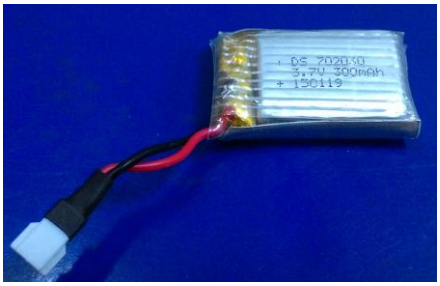


圖 5、聚合物鋰電池

2.1-3 感測器設計

溫度感測探頭

使用熱電阻式，利用溫度的高低改變電阻值，它的電阻值隨著溫度上升而減少，利用 LM393 比較電壓值後，傳到 Arduino NANO 再將數值傳至電腦。工作溫度範圍-20℃~105℃，電阻最大可達 10KΩ



圖 6、溫度感測探頭

Arduino NANO

Arduino NANO 是 Arduino Uno 的微型版本，核心為 Atmel ATmega328 微處理器，可以用來監測感應器數值，並透過 USB 和個人電腦連接，它具有輕小的特性卻依舊保有基本的功能，故選用之。〔2〕



圖 7、Arduino NANO

KSM090 LM393 比較器模組

比較器是通過比較兩個輸入端的電流或電壓的大小，在輸出端輸出不同電壓結果，利用 LM393 雙電壓比較集成電路，因它工作溫度範圍 0°~70° 且容許工作電壓範圍值大等優點。〔3〕



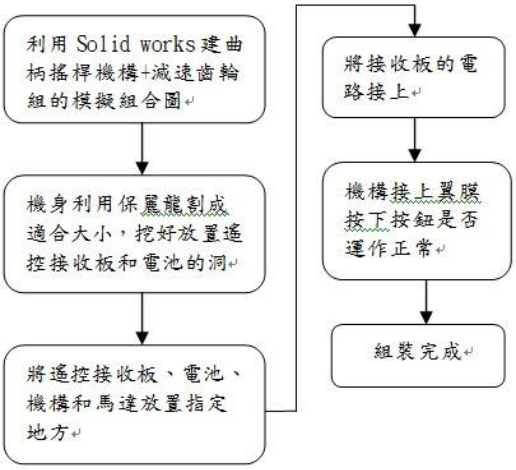
圖 8、比較器模組

2.2 飛行原理

大多數的撲翼機無法做出像扭轉及摺疊這樣複雜的動作，這在機構的設計、加工製作上有很大的困難。

曲柄搖桿機構簡化了鳥類撲翅動作，連桿帶動翼翅上下拍動時，同時產生升力及推進力，使機體前進，兩翼拍動相位一致，減少機體運行時左右搖擺的不平衡性。另外配合減速齒輪組，使機體在運行中的振動減少，較平穩行進。過高的轉速，機體振動過大，使飛行不順，也會造成翼膜撕裂。

2.3 組裝方式



我們利用 Solid works 建立曲柄搖桿+減速齒輪的模擬組合圖(圖 11)，設計機身以保麗龍為材料並在機身上割出安裝電池和接收板的洞，將曲柄搖桿+減速齒輪機構黏至機身上並安裝上馬達，測試馬達是否能帶動機構組，接收板的電路與電池和馬達作連接，測試接收板是否能接收到訊號驅動馬達，機構接上翼膜，測試撲翼機是否能正常作動沒有馬達空轉和線路沒接好等問題，把角度支撐架和底座利用螺絲與螺帽鎖緊，中間用墊圈保護角度架不會鎖壞(圖 12)，角度架與撲翼機用保麗龍膠黏緊，搭設軌道底座有挖好 2 個洞讓線材穿過，最後可利用勾釘能微調線材的鬆緊度(圖 13)，最後搭載溫度感測器於機尾放入溫室內運作收集數據。

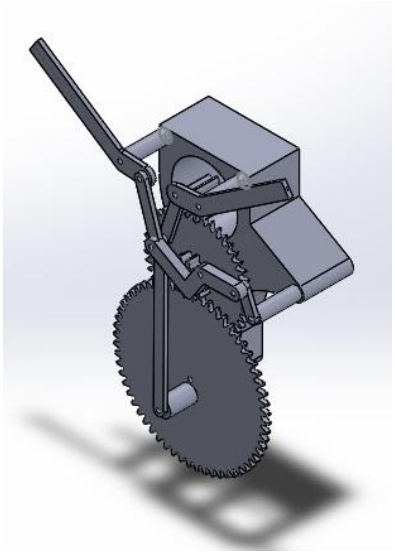


圖 11、曲柄搖桿+減速齒輪模擬組合圖

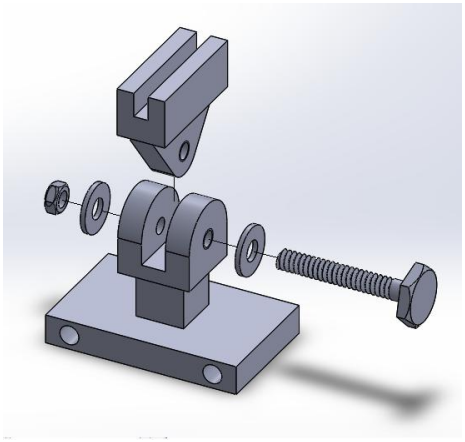


圖 12、角度架爆炸圖

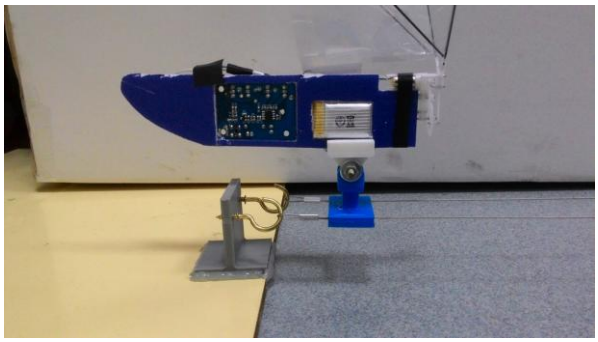
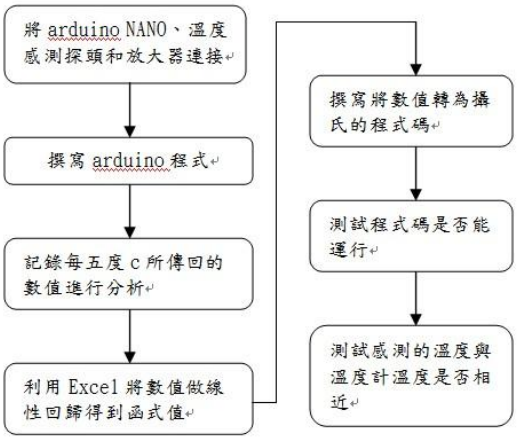


圖 13、實體組裝成品圖

2.4 軌道線材測試

選用布線、尼龍繩、鋼絲線三種線材，設置軌道，測試距離為 50cm，機身都以 0° 水平放置做測試，得到最適合的線材，在將較佳的線材做角度變化的測試(0° 、15° 、30° 、-15° 、-30°)，找出最合適的飛行角度，最後搭載感測器放入溫室內運作收集數據。

2.5 如何測量溫度



溫度感測的部分是使用熱電阻式溫度感測探頭連接差動放大器和 Arduino NANO。先將水放置冰箱使溫度降至 10℃以下，將溫度感測探頭放置燒杯中放入溫度計此時量測溫度為 6℃，加入熱水讓溫度上升至 10℃，紀錄 arduino NANO 傳回的數值(收集 10 筆)，每 5℃記錄一次從 10℃~60℃(圖 14)，利用 Excel 做出線性回歸(圖 15)，得到的方程式即為數值轉換為攝氏的方程式，將方程式輸入至 Arduino NANO，傳回電腦的值即為攝氏。

溫度 / 數據	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	655	604	548	504	459	412	369	329	294	263	241
2	654	604	548	504	460	412	369	329	294	263	241
3	654	604	548	504	459	413	369	329	294	264	241
4	655	603	548	503	460	412	368	329	294	264	241
5	655	603	548	503	459	413	368	329	295	264	245
6	655	602	548	503	460	412	368	329	295	264	245
7	654	602	548	503	460	413	369	329	295	264	245
8	654	603	548	503	460	412	368	329	294	264	241
9	654	602	547	503	460	412	368	329	294	264	241
10	655	602	547	503	460	412	368	329	294	264	241

圖 14、溫度校正數據圖

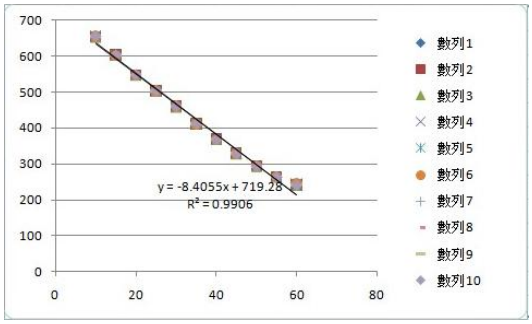
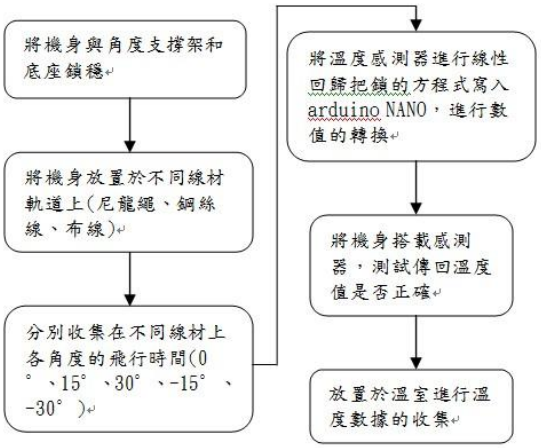


圖 15、線性回歸圖

2.6 實驗流程圖



三、結果與討論

3.1 軌道線材測試

使用布線、尼龍繩、鋼絲線三種線材，固定角度皆為 0° 測試(表 3)，實驗的過程中觀察到，鋼絲線由於本身剛性就比另兩種材料高，在架設好的鋼絲線軌道上行進，行進過程較平穩較穩定。尼龍繩軌道則是振動的較鋼絲線大，行進過程較不穩定，會因為軌道彈跳的關係，使前進過程有忽快忽慢的現象。布線軌道則是非常不穩定，行進過程除了會忽快忽慢，甚至停滯不停，軌道彈跳程度大阻礙前進外，也推測跟布線線材太細有影響。

線材	時間			平均值
尼龍繩	11.57s	11.6s	11.91s	11.71s
鋼絲線	6.99s	7.44s	7.8s	7.41s
布線	20.52s	18.79	22.13	20.48

表 3. 各軌道 0° 時前進所花時間

平均速率：$V = \frac{L(cm)}{T(s)}$

線材	平均速率
尼龍繩	4.27(cm/s)
鋼絲線	6.74(cm/s)
布線	2.44(cm/s)

表 4. 各線材的平均速率

經測試後選用穩定性較好的鋼絲線，測試五種角度的擺放，結果以 0° 水平擺放的效果最好。會有五組不同擺放角度的測試組，是考慮到在軌道行進需要足夠的推進力，於是改變機體擺放角度做測試的改變因素。

角度	時間			平均值
0°	11.57s	11.6s	11.91s	11.71s
15°	15.94s	15.74s	16.63s	16.10s
30°	16.43s	16.96s	16.67s	16.69s
-15°	16.12s	16.64s	16.57s	16.44s
-30°	17.31s	16.81s	17.19s	17.10s

表 5.尼龍繩軌道

角度	時間			平均值
0°	6.99s	7.44s	7.8s	7.41s
15°	10.42s	11.91s	9.83s	10.72s
30°	11.20s	10.57s	10.65s	10.81s
-15°	10.30s	9.76s	9.62s	9.89s
-30°	10.04s	9.86s	8.91s	9.60s

表 6.鋼絲線軌道

角度	鋼絲線	尼龍繩
0°	6.75(cm/s)	4.27(cm/s)
15°	4.66(cm/s)	3.11(cm/s)
30°	4.63(cm/s)	3(cm/s)
-15°	5.06(cm/s)	3.04(cm/s)
-30°	5.21(cm/s)	2.92(cm/s)

表 7.尼龍繩、鋼絲線各角度平均速率

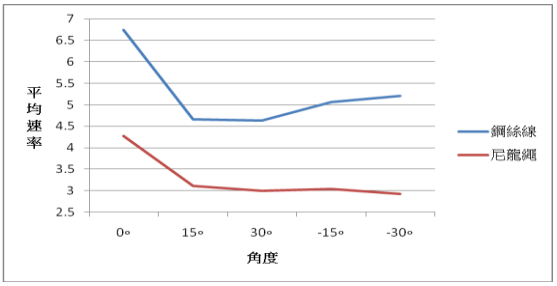


圖 14、各角度行進速度比較

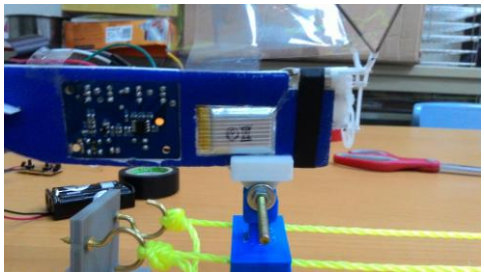


圖 16、撲翼機在尼龍繩上示意圖

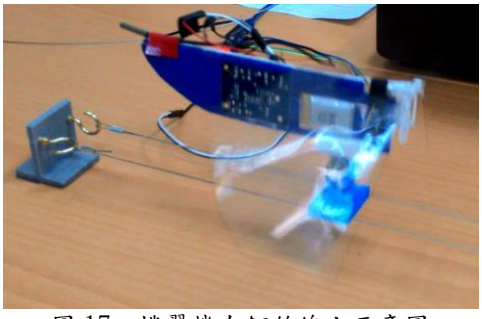


圖 17、撲翼機在鋼絲線上示意圖

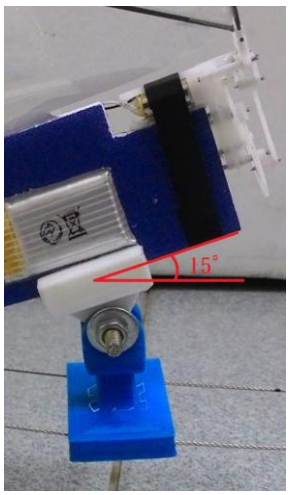


圖 18、角度 15°

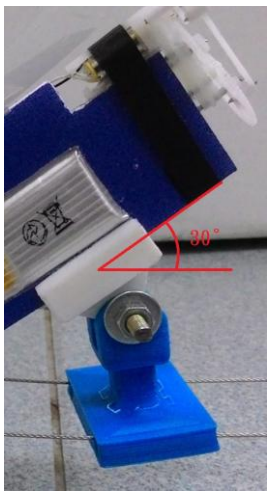


圖 19、角度 30°

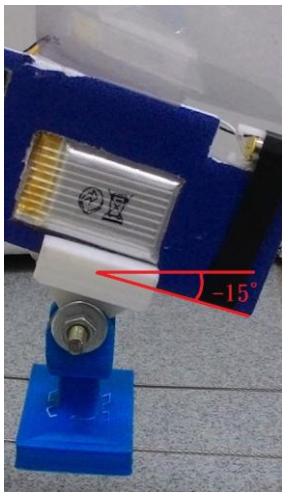


圖 20、角度-15°



圖 21、角度-30°

3.2 溫室溫度量測

使用熱電阻式溫度感測探頭量測，量測位置在植栽床為 A 組，量測位置在藤架為 B 組，多點量測這兩個位置的溫度與當時溫室溫度計的溫度進行比較。

(A 組距地面 72cm、B 組距地面 164cm)

	1	2	3	4	5
A	26.92	26.92	26.92	26.80	26.80
B	27.40	27.52	27.40	27.40	27.40
	6	7	8	9	10
A	26.80	26.80	26.80	26.80	26.80
B	27.40	27.28	27.40	27.40	27.28

表 6.溫室溫度計 27℃

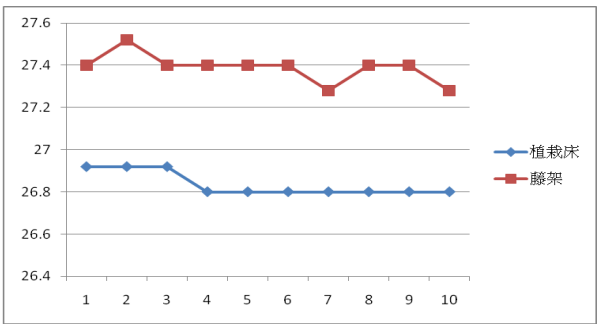


圖 22

A 組平均值：26.83℃，與溫度計誤差值：0.63%
B 組平均值：27.38℃，與溫度計誤差值：1.41%

	1	2	3	4	5
A	29.30	29.30	29.30	29.30	29.30
B	30.25	30.25	30.13	30.13	30.13
	6	7	8	9	10
A	29.30	29.18	29.18	29.18	29.18
B	30.13	30.13	30.13	30.13	30.13

表 7. 溫室溫度計 30℃

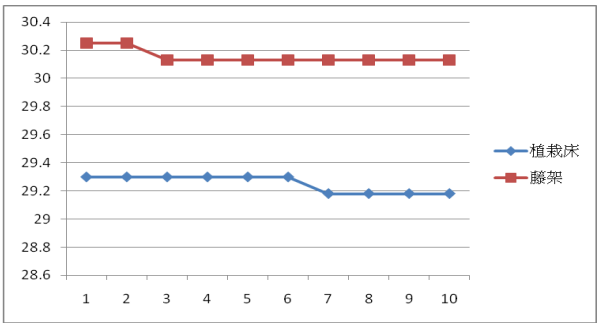


圖 23

A 組平均值：29.25℃，與溫度計誤差值：2.5%
B 組平均值：30.15℃，與溫度計誤差值：0.5%

	1	2	3	4	5
A	32.27	32.27	32.39	32.04	32.39
B	32.99	32.99	32.99	33.11	32.99
	6	7	8	9	10
A	32.51	32.39	32.51	32.51	32.51
B	32.99	32.99	33.11	32.99	32.99

表 8. 溫室溫度計 34℃

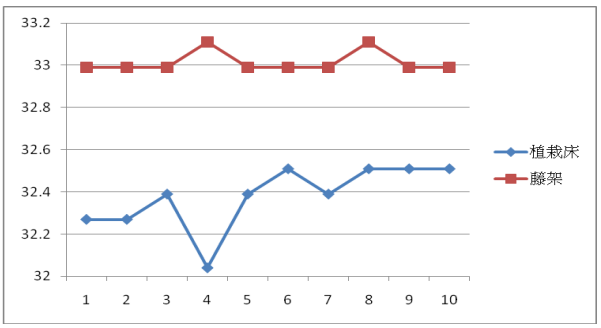


圖 24

A 組平均值：32.38℃，與溫度計誤差值：4.76 %
B 組平均值：33.01℃，與溫度計誤差值：2.91%



圖 24、植栽床(A 區)



圖 25、藤架(B 區)

四、結論

本專題是以溫室多點溫度的監測作為概念，希望利用撲翼機並在溫室裡搭設軌道的方式讓它飛行，對於撲翼機來說翼模的長度和馬達扭力和轉速都會造成許多的影響，而我們針對線材、角度、重量進行掌控，雖然它能搭載更多的感測元件，但這樣對撲翼機來說重量太重了反而會讓撲翼機失去輕小飛行快速的特性。

線材的選用經我們測試過後發現主要影響的因素有拉緊力、彈跳性二種，尼龍線的彈跳性大且不易拉緊在飛行的過程中有忽快忽慢的時間差，鋼絲線的拉緊力好但彈跳性差故能在飛行的過程給予良好的穩定性，使量測數據也不會有誤差，布線太細且不易拉緊，在飛行的過程中容易造成彈跳，甚至停滯不前，而無法進行數據的測量。

角度的變化是重要的環節之一，使它能在溫室飛行較不會受到空氣阻礙，測試中發現鋼絲線在 0° 擁有最好的角度且鋼絲線相較於其它兩種線材有更高的穩定性。

利用多點量測更能了解溫室各區域的溫度，溫度的量測因探頭或 LM393 比較器的關係導致大概一個禮拜左右轉換的數值會跑掉，固定時間校正以確保數值準確性。因無線傳輸還須裝置主控版運算數值，所需電壓較高，電池體積變大相對重量變重，使撲翼機整體過重無法前進，未來會改善電源、零件搭配及電路配置問題，已達無線傳輸的目標。

經過這次的專題實驗中學到了許多的知識、對於感測、角度、線材和傳回電腦的方式都是利用現今所學的去加以應用，未來我們希望能改良這次的專題，找出更好的線材使撲翼機不易彈跳造成誤差或者改為輪子式的飛行更加穩定不受一些因素而干

擾數值。溫度數值的回傳希望利用無線的方式不受距離的限制能在遙遠的地方就接收到數值進行監測，這次的專題能讓設計溫室的工程師知道哪部分的區域會造成明顯的溫度差，進而修正溫室的溫度，讓溫室能更適合植物的生長。

五、致謝

感謝苗志銘教授以及學長們的指導，在這一年發生了許多問題老師都給予了建議讓我們進行修改，也從中了解到想法不能被以往的觀念所拘束，要想辦法去創新才會能收獲更多，更了解到如何解決問題的方法，在此也特別感謝淡江大學的楊龍杰教授和他的研究生給予我的機構方面的幫忙，非常感謝。

六、參考文獻

〔1〕 康耀鴻、馬榮華、李威廷，2011，「撲翼飛行器發展及其驅動機構」，工程科學與教育學刊，第八卷，第四期，P623-641。

〔2〕 Cooper Maa 部落格。取自 http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2011/05/arduino.html。

〔3〕 LM393 比較器 http://baike.baidu.com/view/2049842.htm

〔4〕 多點量測與 CFD 模擬技術於農業溫室之應用 http://goo.gl/xrCL4Q

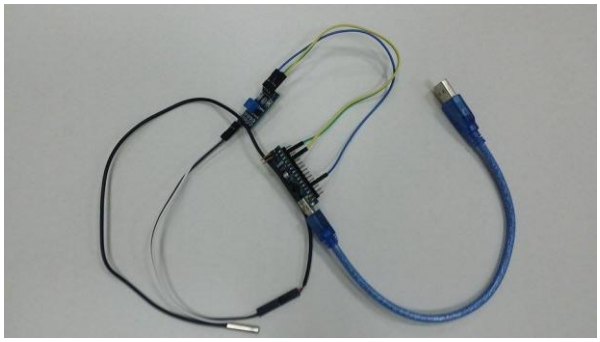
〔5〕 溫室環境控制工程 方煒 台大農機系 http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/Hort/Chap04.htm

附錄

附錄一、溫度感測數據轉為攝氏程式碼

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
void setup() {
Serial.begin (9600);
}
void loop() {
  float A0;
  float temp;
  float a;
  temp=analogRead(A0);
  a=(temp-719.28)/-8.4055;
  Serial.println(a);
  delay(1500);
}
```

附錄三、溫度感測器實體連接圖



Development monitor the temperature of greenhouse Ornithopter.

Hung-Wei Chen
Xiu-Hua Ye
Dr. Jr-Ming Miao

Abstract

The development of unmenned airplane, let Ornithopter be valued again. Because of the high costs and the high technique leval of Ornithopter, It was usually used in MAV. Fortunately, It has a big step on Ornithopter. We can imagine it will be used in military, Scientific research, and for household use.

This topic's conception is according to monitor the temperature of greenhouse. We decided to make a track for Ornithopte in green house. Inquire into the right angle for Ornithopter flying and category of line material. It could measure the temperature of each part of green house, and return the information to computer for control the temperature or improve the green house.

Key word：Ornithopter、Micro Air Vehicle

探討利用蘆薈護膚特性添加至檸檬果渣醱酵液之抗菌能力檢測

學生姓名:李孟謙
吳志隆
林佑峻
指導老師：李柏旻 老師

摘要

市售化學清潔劑內含之抗菌劑多半添加三氯沙為主，此物質會在水中因水解或光解產生有毒物質，影響水中生物的生存環境。本專題目的為利用檸檬富含強力清潔與抗菌之特性製作檸檬果渣醱酵液並添加蘆薈至檸檬果渣醱酵液，目的為利用蘆薈具有保濕、護膚及抗菌之特性，能降低 pH 值過酸之檸檬果渣醱酵液對皮膚上的傷害且不影響整體抗菌能力，希望清洗後不殘留化學物質，降低環境之污染。

本實驗將蘆薈以重量百分比 10%、20%、30%、40%、50%添加至檸檬果渣醱酵液，利用紙錠擴散法及連續塗抹法進行抑菌與殺菌實驗，實驗結果顯示蘆薈添加至檸檬果渣醱酵液於 30%的比例為最佳，具有 21.1mm 的抑菌圈與 100%的殺菌率;本組檢討 10%及 20%比例效果較差之原因，應為蘆薈含量太低導致整體抗菌能力無法比 30%佳，而 40%及 50%是因稀釋後檸檬果渣醱酵液之 pH 值上升而導致抑菌效果下降 。

關鍵字：檸檬果渣醱酵液、清潔劑、蘆薈、抗菌能力

一、 引言

石化工業的發達，使一般市售的清潔用品，都摻配了提煉自石油的各類界面活性劑，這些化學物質不易在環境中分解，長期使用石化產品已對環境造成污染[1]，而其中含的氮化物和磷酸鹽類會造成河川優養化導致藻華現象[1]。

化學清潔劑裡的抗菌劑通常都含有三氯沙(Triclosan)，此化學物質在環境中分解，會影響各種水生動植物的正常生存，並且透過食物鏈再回到人體，進而影響人體健康[2] 。

二、研究內容與方法

2.1 研究目的

根據農委會統計，檸檬一年總產量為 18,105 公噸，盛產期採收之檸檬有 60~70%用作榨汁，而榨汁後剩下的檸檬皮與果肉通常被當作肥料或丟棄[3]，且台灣柑橘產業發展協會指出近年來柑橘類再利用非常受到重視，如精油萃取及各種農業廢棄物加工，提高柑橘類利用率並且增加附加價值[4]。

因此參考「為利用資源之檸檬果皮醱酵液抗氧化活性評估」(古，2014) 之建議，將檸檬果渣利用醱酵製成檸檬醱酵液替代化學清潔劑減少環境汙染、亦可增加其經濟價值。檸檬含檸檬酸、總酚具有強力清潔和抗菌功效[3] ，且檸檬表皮富含之檸檬精油含有 72.8%之檸檬烯具有芬芳和良好抗菌能力[5]，但檸檬果渣醱酵液的 pH 值過酸，使用後接觸皮膚會導致皮膚乾裂或受損，因此添加蘆薈，其所含之多醣體可以提供肌膚長效保濕、護膚效果[6]，用來降低檸檬醱酵液對皮膚之傷害，且根據「含天然蘆薈清潔劑之抑菌評估」(林，2003) ，指出蘆薈本身無毒、無害、無副作用，其含有皂角甘有強力清潔與抗菌效力，且安特拉歸農綜合體有消炎、消腫、抑制細菌生長、止痛、止癢的功效[7]，可以幫助整體醱酵液清潔與抑菌能力，於是將蘆薈添加至檸檬果渣醱酵液。

由於現今市面上清潔劑之抗菌劑多半為三氯沙，其排放至水中時，因水解或脫氧作用產生有毒物質(如:氯酚、戴奧辛…等)，會影響環境中的生物鏈，污染水中生態[10] ，因此本實驗研究目的為利用蘆薈特性添加至檸檬果渣醱酵液檢測其抗菌力，嘗試作為替代市售清潔劑之抗菌劑的輔劑。

2.2 實驗材料

2.2.1.檸檬果渣醱酵液

- 本實驗檸檬果渣醱酵液為永大食品公司提供。
- 材料為蒸餾水、黑糖、檸檬、酒粕依照 10:1:3:1 比例配置，靜置醱酵 6 個月(表 1)。
- 表 2 為檸檬果渣醱酵液重要物質含量表(古，2014)

表 1 檸檬果渣醱酵液成分

成份	含量(g/L)
黑糖	100
檸檬	300
酒粕	100

表 2 檸檬果渣醱酵液重要物質含量[4]

成份	含量
檸檬酸	18.64±0.72%
檸檬精油	3.27±0.36%
總酚	19.60±0.01 GAE mg/g

2.2.2 大腸桿菌

本實驗之菌種分離自屏東科技大學獸醫學系免疫室，經革蘭氏染色鑑定為大腸桿菌。

大腸桿菌生活在人和動物腸道中，若水中或食品出現大腸桿菌，即代表水中或食品被糞便污染，因此在衛生學上，其常用於飲水、食品的衛生檢測指標[6]，因此本實驗利用大腸桿菌作為抗菌檢測指標進行紙錠擴散法及連續稀釋法之抗菌實驗。

2.2.3 蘆薈

本實驗使用之蘆薈為農園系提供，品種為翠葉蘆薈(Aloe barbadensis) 。翠葉蘆薈為多年生草本植物，肥厚多汁，可食用、可藥用，且可以在低雨量的地區保持生長，能忍蟲害耐高溫，但需要充足陽光條件及良好排水，在中國及美國已大規模農產翠葉蘆薈。

本實驗利用蘆薈所含之多醣體可以提供肌膚長效保濕、護膚效果;皂角甘具有強力清潔與抗菌效力;安特拉歸農綜合體，具有消炎、消腫、抑制細菌生長、止癢、止痛等功效來加強檸檬果渣醱酵液之抗菌能力與彌補其傷害皮膚之缺點。

2.3 實驗設計與方法

實驗方法以檸檬果渣醱酵液添加蘆薈為主軸，並分為對照組和實驗組進行抑菌和殺菌實驗，實驗皆採三重複進行交叉比對。

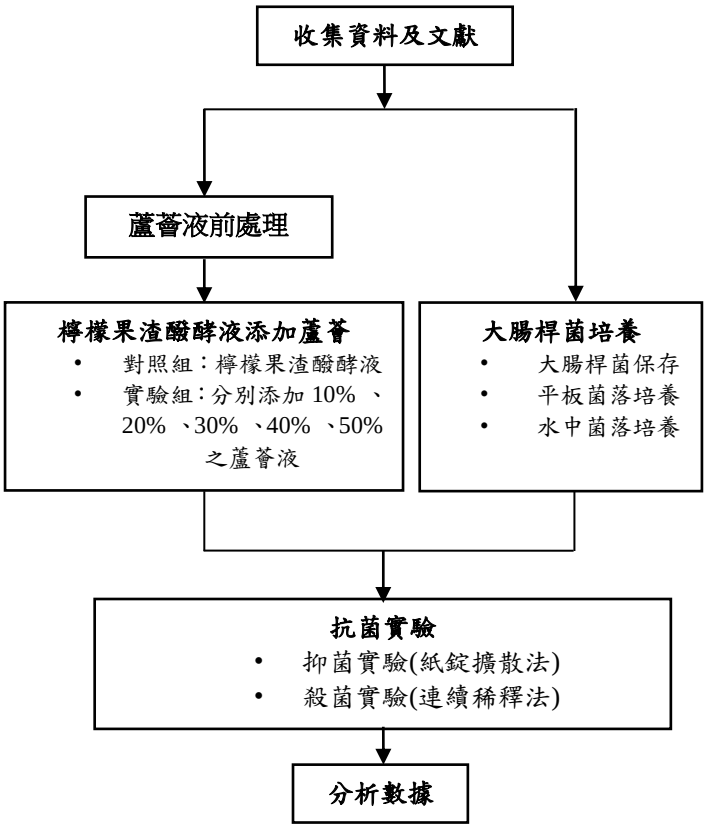


圖 2 檸檬果渣醱酵液添加蘆薈之抗菌實驗流程圖

2.3.1 大腸桿菌培養

2.3.1.1 大腸桿菌保存

1. 依照表 2 LB 培養基(Lysogeny Broth, LB)成分配置後倒入錐形瓶中。
2. 將錐形瓶放入高溫高壓滅菌釜(121℃，1.5kg/cm^2) ，滅菌 15 分鐘。
3. 將培養液分配倒入培養皿中待其冷卻凝固，再利用金屬取菌環將大腸桿菌勾置在冷卻好之培養皿。
4. 將接菌完成之培養皿放入恆溫箱(溫度設定為 35 度)。

表 2 LB 培養基(Lysogeny Broth, LB)

成分	含量(g/L)
Tryptone	5
Beef extract	3
Yeast extract	5
Nacl	10
Agar	15

2.3.1.2 大腸桿菌培養(平板菌落)

1. 依照表 3 營養瓊脂培養基(Nutrient Agar, NA) 成分配置後倒入錐形瓶中。
2. 將錐形瓶放入高溫高壓滅菌釜(121℃，1.5kg/cm^2) ，滅菌 15 分鐘。
3. 將培養液分配倒入培養皿中待其冷卻凝固，再使用金屬取菌環將大腸桿菌勾置蒸餾水中。
4. 使用微量吸管取 10μ L 菌液至培養皿並利用 Δ 玻璃棒塗抹均勻。
5. 將接菌完成之培養皿放入恆溫箱(溫度設定為 35 度)。

表 3 環保署平板菌落檢測用之營養瓊脂培養基 (Nutrient Agar, NA)

成分	含量(g/L)
Peptone	5
Beef extract	3
NaCl	5
Agar	7.5

2.3.1.3 大腸桿菌培養(水中菌落)

1. 依照表 4 培養皿計數培養基(Plate count agar, PCA)成分配置後倒入錐形瓶中。
2. 將錐形瓶放入高溫高壓滅菌釜(121℃，1.5 1.5kg/cm^2) ，滅菌 15 分鐘。
3. 將培養液分配倒入培養皿中待其冷卻凝固，再利用金屬取菌環將大腸桿菌勾置蒸餾水中。
4. 用微量吸管吸取 9 mL 之蒸餾水至無菌試管中，並用微量吸管吸取 1 mL 的菌液形成 10 倍稀釋度之水樣，混合均勻，而後自 10 倍稀釋度測試菌液以相同操作方式進行一系列稀釋之 100、1,000 倍。

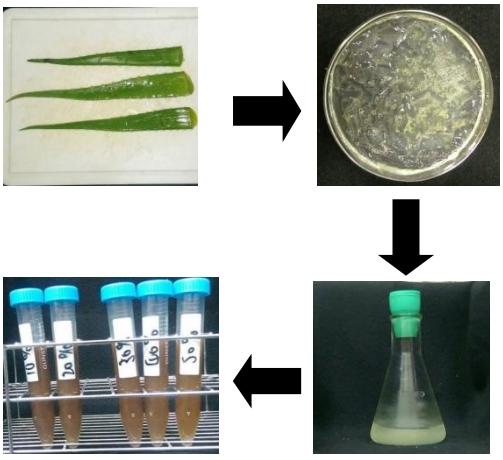
表 4 水中總菌落數檢測方法之培養皿計數培養基（Plate count agar, PCA）

成份	含量(g/L)
Tryptone	5
Glucose	1
Yeast extract	2.5
Agar	15

2.3.2 蘆薈添加至檸檬果渣醱酵液處理

蘆薈處理分為以下步驟:

1. 將蘆薈葉片切下，將表皮以清水沖洗並擦拭乾淨
2. 切下之蘆薈葉片，以解剖刀切除表皮，並使用刮勺取下果肉
3. 使用 0.589mm 之篩網過篩後利用果汁機進行初步細化



4. 將細化後之蘆薈按照檸檬果渣醱酵液之重量百分比以 10%-50%配置(表 5)

表 5 對照組與實驗組之重要成分表

編號	品名	成分
C1	對照組	檸檬果渣醱酵液
T1	實驗組 10%	檸檬果渣醱酵液、蘆薈液 10%
T2	實驗組 20%	檸檬果渣醱酵液、蘆薈液 20%
T3	實驗組 30%	檸檬果渣醱酵液、蘆薈液 30%
T4	實驗組 40%	檸檬果渣醱酵液、蘆薈液 40%
T5	實驗組 50%	檸檬果渣醱酵液、蘆薈液 50%

2.3.3 抑菌實驗(紙錠擴散法)[10]方法如下：

檢測對照組與實驗組對大腸桿菌的抑菌作用影響並比較對照組和實驗組抑菌效果。

1. 將大腸桿菌稀釋成 10 倍。
2. 依照環保署平板菌落檢測用之營養瓊脂培養基(Nutrient Agar, NA)配置，成份如表 3 所示。
3. 添加大腸桿菌 10 倍之菌體稀釋液 10μ L 至培養基，以平板塗抹法將其抹勻。
3 將對照組與實驗組利用紙錠擴散法進行實驗[7]。
4 8 小時之後開始觀察，每兩小時觀察一次，總共觀察 4 次，觀察其抑菌圈並分析其抑菌效果。

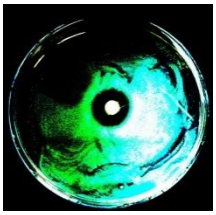


圖 3 C1 之紙錠擴散法

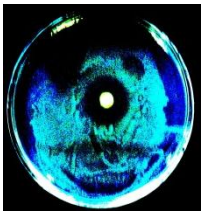


圖 4 T3 之紙錠擴散法

2.3.4 殺菌實驗(連續塗抹法)方法如下:

2.3.4.1 檢測對照組與實驗組對大腸桿菌的抑菌作用影響將檸檬醱酵液對大腸桿菌與蘆薈的殺菌作比較。

1. 大腸桿菌稀釋成 1000 倍之菌液。
2. 各取實驗組與對照組 1 mL 添加至 6 支裝有 10 mL 大腸桿菌 1000 倍菌液之試管中，並將其混合均勻。
3. 依照環保署水中菌落數檢測方法之培養皿計數培養基（Plate count agar, PCA）配置，成份如表 4 所示。
4. 分別添加 6 支不同濃度之菌體混合液 0.1μL 至培養基，以連續塗抹法進行實驗。
5. 6 小時之後，觀察菌落數並計算其殺菌率。

2.3.4.2 殺菌率計算方法

1.數據處理[11]

a. 含 30 至 300 個菌落之同一稀釋倍數的 3 個培養皿計算其總菌落數。計算公式如下：

$$\text{總菌落數（CFU / mL）} = \frac{\text{菌落數(Colony forming units , CFU)}}{\text{毫公升(mL)}} = \frac{\text{選取培養皿之菌落數總和}}{\text{選取之實際體積總和}} = \frac{X + Y + Z}{(P/D) + (P/D) + (P/D)}$$

X，Y，Z：同一稀釋倍數 3 個培養皿之菌落數。
D：稀釋倍數。
P：放置培養基塗抹之菌液量。

b. 培養皿之菌落數不在 30 至 300 個菌落之間時，則依菌落數實際數目以下列方式處理：

(1)若培養皿中均無菌落生長，則總落數以小於 5 CFU / mL（若無生長為小於 1 / 0.1 mL 即為小於 5 CFU / mL）表示；若僅有原始水樣有菌落產生且少於 30 個，則以實際菌落數的平均值乘以 5 後的數值表示。

(2)若各稀釋度培養皿之菌落數均不在 30 至 300 個之間，則以最接近 300 個菌落數之同一稀釋度的兩個培養皿以上述 a 公式計算。

(3)若各稀釋度中有兩個稀釋度的培養皿之菌落數在 30 至 300 個之間，則以下列公式計算：

$$\text{總菌落數（CFU / mL）} = \frac{\text{選取培養皿之菌落數總和}}{\text{選取之實際體積總和}} = \frac{X1 + X2 + X3 + Y1 + Y2 + Y3}{3(P/D1) + 3(P/D2)}$$

D1、D2：菌落數在 30 至 300 個之間的稀釋度
X1 + X2 + X3：D1 稀釋度的 3 個培養皿之菌落數
Y1 + Y2 +Y3：D2 稀釋度的 3 個培養皿之菌落數
P：放置培養基塗抹之菌液量。

2. 殺菌率計算[9]

$$\eta = \frac{\text{樣品菌落數（CFU / mL）}}{\text{原菌落數（CFU / mL）}} \times 100\%$$

η:殺菌率（%）

三、結果與討論

3.1 抑菌實驗

3.1.1 抑菌圈最大範圍

依表 6 可以觀察到在 8 小時的時候，如圖 5 所示，為 T3 圈範圍最廣;而在 14 小時的時候，如圖 8 所示，也為 T3 圈範圍，因此分析稀釋 10 倍大腸桿菌 T3 會比 C1、T1、T2、T4、T5 來的有抑菌效果。

3.1.2抑菌圈尺寸下降趨勢與抑菌持久性討論

依圖 9 可以觀察實驗組整體的抑菌圈下降斜率比 C1 來的大，雖然 T3 與 T2 皆在最後的抑菌圈尺寸贏過 C1，但依斜率來分析持久性來說卻是 C1 最佳，因此分析稀釋 10 倍大腸桿菌對照組比實驗組之抑菌持久性整體來的佳。

表 6 大腸桿菌稀釋 10 倍之對照組與實驗組抑菌圈尺寸(mm)

樣品 / 時間(hr)	C1	T1	T2	T3	T4	T5
8 hr	13.5 ±1.7	14.7±3.6	17.3 ±3.3	17±4.1	15.4±3.9	14.1±3.4
10 hr	13.1 ±1.6	13.5±3.3	15.3 ±2.6	15.2 ±3.1	13.1±4.7	11.6±3.4
12 hr	11.8 ±1.3	12.9±2.8	13.3 ±2.4	14±3.4	12.1±4.5	9.3 ±3.9
14 hr	11.3 ±1.5	9.9 ±3.4	11.9 ±2.5	12±2.4	10.9±4.1	9.1 ±4.1

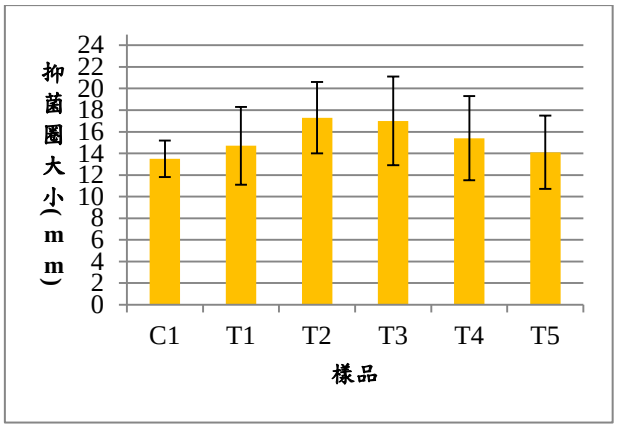


圖 5 第 8 小時大腸桿菌稀釋 10 倍之對照組與實驗組抑菌圈尺寸(mm)

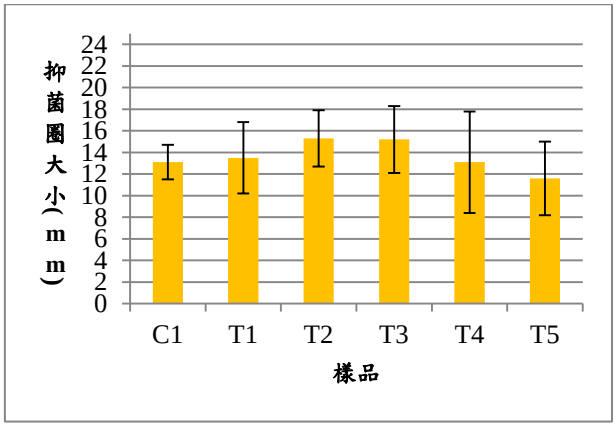


圖 6 第 10 小時大腸桿菌稀釋 10 倍之對照組與實驗組抑菌圈尺寸(mm)

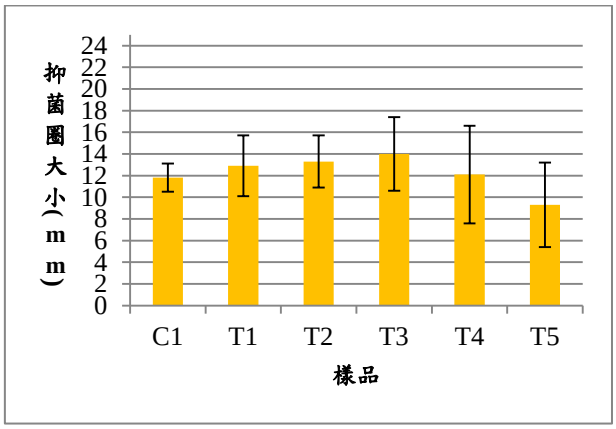


圖 7 第 12 小時大腸桿菌稀釋 10 倍之對照組與實驗組抑菌圈尺寸(mm)

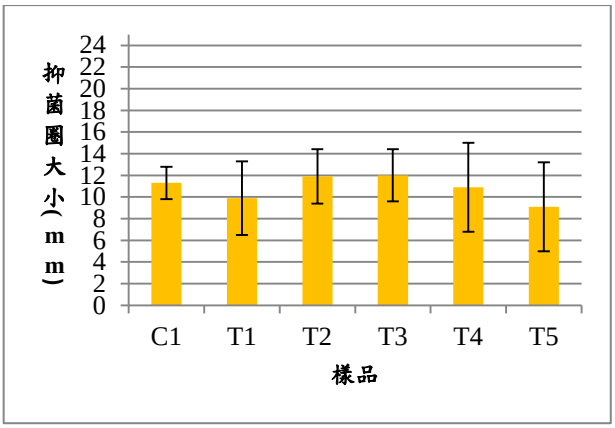


圖 8 第 14 小時大腸桿菌稀釋 10 倍之對照組與實驗組抑菌圈尺寸(mm)

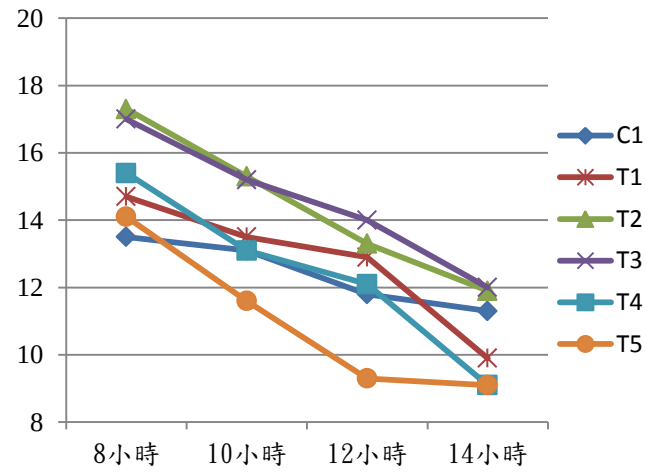


圖 9 大腸桿菌稀釋 10 倍之對照組與實驗組抑菌圈縮減趨勢圖(mm)

3.2 殺菌實驗

比較對照組、實驗組及市面上標榜抗菌之化學清潔劑(表 7)之殺菌率(表 8)

表 7 市面上四種標榜抗菌之化學清潔劑之重要成分

編號	品名	成分
A	毛寶抗菌洗碗精	Triclosan 抗菌劑、椰子油醇
B	泡舒抗菌洗潔精	Triclosan 抗菌劑、椰子油脂肪、天然食用香料、酸衍生物
C	百雄除菌洗碗精	Triclosan 抗菌劑、介面活性劑、天然檸檬萃取液

表 8 對照組、實驗組之及化學抗菌清潔劑之殺菌率(%)

樣品 / 稀釋倍率	C1	T1	T2	T3	T4	T5	A	B	C
1000倍	87.1%	91.8%	96.4%	99.2%	93.1%	89.3%	99.8%	100%	97.7%

四、結論

4.1 抑菌實驗

依照抑菌實驗結果，可以得知在 6 支樣品中 T3 展現最佳的抑菌範圍，但總體抑菌圈下降狀況及持續性上為 C1 較佳。

4.2 殺菌實驗

依照殺菌實驗結果，可以得知殺菌實驗與抑菌實驗之趨勢吻合，且T3與市面標榜抗菌之化學清潔劑在水中殺菌率皆接近100%

4.3 結論與建議

對於 T1 及 T2 比例效果較差之原因，本組檢討應為蘆薈含量太低導致整體抗菌能力無法比 T3 佳; 而 T4 及 T5 是因稀釋後檸檬果渣醱酵液之 pH 值上升而導致抑菌效果下降 。

對於整體樣品 pH 值我們做了檢測與分析，如表 9 所示，由於本組在蘆薈液上前處理有使用蒸餾水導致其整體 pH 值上升，根據微生物學指出，pH 值會影響細菌生長，因此後進可以朝著 pH 值的方面改進。

表 9 對照組、實驗組及蘆薈原液之 pH 值

C1	T1	T2	T3	T4	T5	蘆薈原液
2.97	3.03	3.06	3.09	3.10	3.12	4.9

五、致謝

感謝李柏旻老師這一年來對我們專題所花費的精力與時間，在研究方向上給予許多想法與建議，在我們迷失方向的時候總是不辭辛勞的指導我們。

感謝實驗室的呂倚孝學長、張柏雅學姊、賴郁松學長，在我們剛開始進入實驗室對實驗方法和方向不清楚時，總是給予許多鼓勵和建議，並且教導我們如何時用各種實驗設備，在實驗遇到瓶頸時總是給予最大的協助，讓我們實驗可以順利進行。

六、參考文獻

1. 鄭喬尹，2009，「以矽烷化衍生試劑搭配氣相層析質譜儀於線上衍生法快速分析環境水樣中三氯沙之濃度」，國立中央大學，中壢。

2. David A. Vaccari,2009，「磷礦耗竭的危機」，科學人雜誌，第 89 期 7 月號

3. 巫立群、鍾竺均、張聖時，2005，「天然植物萃出抗菌清潔劑之特性與功能評估」，中華技術學院，台北。

4. 古玄清，2014，「為利用資源之檸檬果皮醱酵液抗氧化活性評估」，國立屏東科技大學，屏東。

5. 蔡榮哲，*柑橘類果皮加工*，台灣柑橘產業發展研討會專刊，150-152 頁

6. 林明瀅, 王復德, 王永衛, 2005，*含天然蘆薈清潔劑之抑菌評估*，感染控制雜誌，第十三卷，第 3 期。

7. 平田千春，1996，*蘆薈汁健康法*，國際村文庫書店出版社，台北，146 頁。

8. 郭雅音、謝素娥、羅雪霞，*微生物學*，藝軒圖書出版社，168 頁。

9. 羅定宏，「台灣傳統中草藥的抗菌性研究與劑量響應曲線量化抗菌性 之可行性評估」，宜蘭大學，宜蘭

10. 行政院環保署環境檢驗所，「環境衛生用殺菌劑藥效試驗測定法」。

11. 中華民國國家標準，1988，食品微生物之檢驗法－總菌落數之檢驗，CNS 10890 6186。

12. MICHELLE CASTILLOA, 2012, “ntibacterial agent Triclosan shown to hinder muscle movement in mice and fish” , CBS NEWS

13. 鄭巧惠，2008，鳳梨果皮乳酸發酵液之製備及其抗氧化活性探討，碩士論文，臺灣海洋大學，食品科學系研究所，基隆。

14. 吳宗諺，郭鴻裕，2009，*鮮 C 檸檬，美麗一「夏」*，行政院農業委員會農業試驗所技術服務季刊，第 20 卷，第 79 期，第 43 頁。

15. Rouseff, R. L. and Nagy, S., 1994, “Health and nutritional benefits of citrus fruit components, ” Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, Vol.48.

Discussing the skincare property and Antibacterial test of Aloe Vera add into the fermentation liquid of lemon's fruit residue

Wu Zhilong, Lin You Jun, Li Mengqian
Advisor: Pomin Li
Department of Biomechatroics Engineering
National Pintung University of Science and Technology

Abstract

Commercially detergents mostly contain chemical Triclosan, due to hydrolysis and photolysis will produce toxic substances when the antibacterial agents in water, then the living environment of marine life will be affected. The purpose of this monograph is using the powerful cleaning and antimicrobial property that lemon full of to make fermentation liquid of lemon's fruit residue, and also adding Aloe Vera into that. The properties of Aloe Vera are moisturizing, skincare and antibacterial which can reduce excessive acid pH value of fermentation liquid of lemon's fruit residue to hurt the skin and won't affect the overall antibacterial ability. Hope there won't residue any chemical after cleaning, and reduce pollution of the environment.

This experiment will Aloe to weight percentage 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% added to fermentation liquid of lemon's fruit residue, using paper ingots diffusion method and the continuous smear method for inhibition bacteria and sterilization experiment, experiment results displayed Aloe added to fermentation liquid of lemon's fruit residue 30% of proportions for best, has 21.1mm of inhibition bacteria circle and 100% of sterilization rate; this group review 10% and the 20% proportions effect poor of causes, should for Aloe content too low led to overall antibacterial capacity cannot than 30% better, and 40% And 50% is due to dilution of fermentation liquid of lemon's fruit residue after fermentation liquid pH value increases lead to decreased antibacterial effect.

Key word: fermentation liquid of lemon's fruit residue, cleanser, Aloe Vera, antibacterial

紙基晶片之血清白蛋白濃度定量檢測

學生姓名:陳駿瑩、張博程
指導教授：傅龍明 博士

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本研究利用紙基晶片、輔助平台與智慧型手機檢測血清中白蛋白濃度。紙質濾紙使用噴蠟印表機製作單層紙基晶片，待測物液體會被纖維中蠟質限制在檢測區。紙基晶片輔助平台具有穩定 LED 光源，與加熱功能。本研究並利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化。未來可以配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片，並將有輕量小型化、方便攜帶、檢測快速、低成本等優點。

關鍵字:紙基晶片、智慧型手機、血清、白蛋白

一、引言

從概念上講，微流體技術的想法是利用半導體與微機電系統（MEMS）領域的技術構建立一個微小的裝置來控制流體。微流體設備 (Microfluidic devices) 具有在很多實用的優點，包括更快的響應時間 (response time)、減少樣品和試劑消耗、較低的成本、以及更方便操作與攜帶。

他們已經發現廣泛使用在整個生物醫藥，食品加工，化工等行業[1-9]。微流體設備為不同功能的結構所組成，並因此很容易地集成，以形成複雜的micro-total-analysis-systems (μ-TAS)。μ-TAS具有許多功能，包括樣品注射，樣品前處理(pretreatment)，混合(mixing)，分選(sorting)，計數(counting)，反應(reaction)，分離(separation)在單一的檢測晶片上[10-19]。以呈色劑檢測化學濃度為例，所有流程包括樣品注射、混合、化學反應與吸光度檢測[10, 20-21]。但是，如果可以將上述流程整合於單一晶片，化學濃度檢測晶片就可以更輕薄短小。將Lab-on-a-chip與point-of-care (POC) 理念相結合，將可以產生適合於便簡單方便並容易攜帶的診斷系統和現場檢測設備。這些POC設備可以應用於即時偵測與長期監控人的身體參數，這包括急診病患、住院病患與一般人健康照護。

以人類身體健康為例，當身體出現症狀往往已經出現不可回復的傷害。如果可以早一步發現身體參數的變異，就可以提早就醫以改善身體健康，避免不可回復的傷害。許多的研究中證實了其重要性和實用性，並且對其概念在實驗室中設備的操作有所驗證。[22-27]。目前已實際應用的POC設備多為血壓、血氣(blood-gas analyser)、心跳、血醣、肌鈣蛋白-T(Troponin-T)…等。但真正在臨床上，血液與尿液的成分檢查可以反映病人的身理狀況，但經常檢查項目中並非所有的項目有微型晶片設備可以使用。這種情形使得使用者必須購買許多不同微型設備下又無法得到較完整的生理參數。因此，使用者仍需依賴大型的檢測儀器去維持生理參數監控。

我們認為生醫晶片系統具有龐大的潛力可以應用在 POC，尤其是紙基晶片。 Martin 和 Synge 於 1952 年提出濾紙色層分析法 (Paper chromatography)。1956 年，尿糖試紙 (Urine suger) 利用葡萄糖氧化酶 (Glucose Oxidase) 將葡萄糖氧化成葡萄糖酸 (Gluconic acid) 後以顯色劑 (chromogenic agent) 呈色 (color reaction) [28]。 免疫層析試紙是另一種常見的檢測試紙[25]。也有利用偵測顯色有無或深淺來測定待測物有無或濃度。[29,30] 免疫層析試紙的應用前提是待測物必須要有適合的抗原抗體才能建立檢測流程。Dr. Whiteside 提出不同於舊有的試紙方式，而是建立親/疏水區域於紙上 [31]，利用 2D 堆疊成 3D 結構，可以同時進行多重生化分析，包或葡萄糖與牛血清蛋白。[32]

建立親/疏水區域於紙上的方式包括使用曝光顯影方式搭配 SU-8、光阻 [32,33]或紫外光膠[34]；蠟染或噴蠟[35]；聚合物噴塗列印 [36,37]；濾紙上塗佈或噴塗高分子疏水材料 (alkenyl ketene dimer–heptane)，藉由電漿處理出親/疏水性區域 [37] 。因為紙或其他多孔性基材在接觸液體時，會因毛細現象而使液體在基材空隙間流動，不需要其他驅動力。親/疏水區域於紙上的目的為建立流道，顯色區或注液區。蠟或聚合物等物質通常於液體狀態噴塗於紙張的纖維上，液態材料從紙張上層毛細現象藉由紙張纖維進入紙張底部。固化後的液態材料在紙張中形成一 3D 立體疏水區。建立完整圖案親疏水區域的紙張晶片，滴入液態樣品或化學藥劑，液體則仍因毛細現象在親水區域流動。

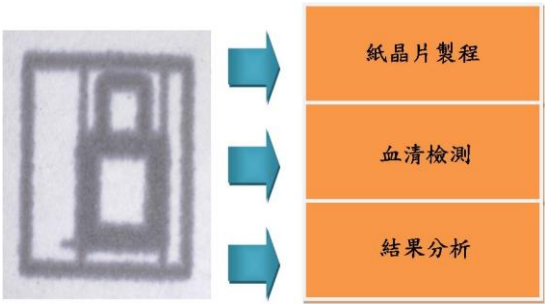
血清中白蛋白檢測可作為臨床工具(clinical tool)來鑑定患者(patients)是否具有罹患腎病之高風險(at high risk of poor outcome)。[38] F. L. Rokey 於 1964 發表使用分光方法與 BCG (Bromocresol Green)

法檢測在血清中的白蛋白。[39] 將血清與 BCG 液混合，加熱數分鐘後，以特定波長檢測混合液吸光值，並推算血清中的白蛋白濃度。[40-41] 傳統的光學偵測方法，一般高度精確的定量分析測量是通過由分光光度計或光譜儀，其中包括吸光度或螢光分光光度測定的值…等。即使是相當複雜的頻譜的變化，在眼睛中僅僅作為顏色的變化。使用測定顏色的方法，一般是以 RGB 或 RGBY 的變化為主，而不是類似分光光度法，以特定波長光的強度衰減。[42] 以 POC 為發展理念的紙基晶片會以成本較低的方式來做定量的測量，一般而言是將晶片上待測區塊影像轉換數位圖檔，再藉由軟體去讀取數位圖檔 RGB 的變化值，或以 RGB 值轉灰階的灰階變化值。一般讀取影像多以手機、相機 CMOS (Complementary metal – oxide – semiconductor)為主[32,43]，或是掃描器[35]。

本研究係利用紙基晶片、輔助平台與智慧型手機檢測血清中白蛋白濃度。紙質濾紙使用噴蠟印表機製作單層紙基晶片，待測物液體會被纖維中蠟質限制在檢測區。血清滴入含反應試劑待測區後即發生化學反應與顏色變化。經由讀取反應區 RGB 值，並建立 RGB 值-血清濃度改變量標準曲線。紙基晶片輔助平台具有穩定 LED 光源，與加熱功能。本研究並利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化。未來可以配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片，並將有輕量小型化、方便攜帶、檢測快速、低成本等優點。

二、研究內容與方法

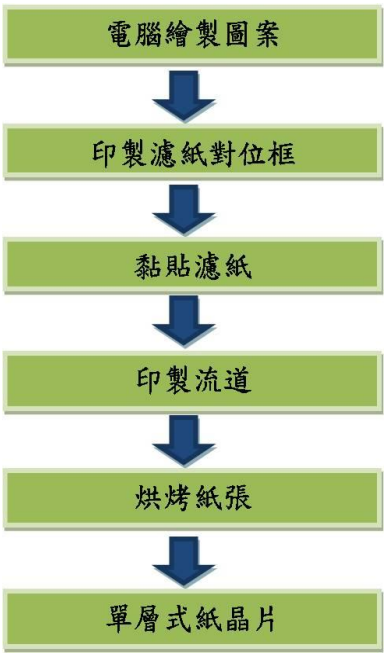
本研究為單層式紙晶片影像分析 BCG 濃度可分為三大部分，包含紙基晶片製程、血清檢測與結果分析，其架構如圖一。晶片製程係為在濾紙上建立蠟質親疏水性圖案；血清檢測為滴入血清在紙基晶片上，經加熱與檢測區 RGB 偵測並利用偵測結果建立血清濃度-RGB 變化值標準曲線。



圖一、紙晶片架構圖

2.1 紙基晶片製程

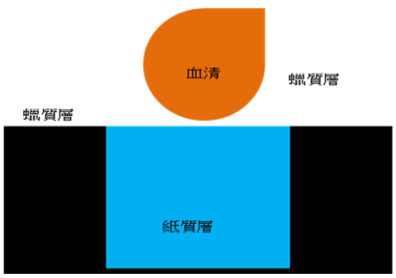
圖二為單層紙晶片製作流程圖，首先使用 Auto CAD 電腦繪圖軟體繪製晶片圖形，再將圖檔案轉檔成圖形設計軟體 CorelDRAW 可支援之檔名。使用印表機(ColorQube8570, Xerox, USA)，如圖三(A)，印製於紙質支撐層 (A4 白紙) 建立對位外框，再將圓形濾紙 (No. 1, Advantec, Japan) 用膠帶 (3M, USA) 固定於 A4 紙的對位框上。此動作是為了防止濾紙經由噴蠟印表機之捲入產生偏位。固定濾紙於紙質支撐層後將紙放入噴蠟印表機中列印蠟質晶片陣列圖案。印製完成後，將圖形剪下，置入攝氏 180 度之高溫爐，如圖三(B)，定溫烘烤 5 分鐘，使蠟質藉由高溫滲入濾紙纖維中產生一道阻隔親水性流體的界線，即為晶片偵測區。烘烤完的晶片陣列濾紙層，翻面後作二次蠟質列印。二次列印目的係為在晶片偵測區下方建立一阻水層，如圖四，使反應液體不會因毛細現象溢流於晶片之外。最後剪裁晶片並固定於基層紙片，即完成了單層紙基晶片。而基層紙片目的是為方便拿取與使用紙基晶片。



圖二、紙晶片製程流程圖



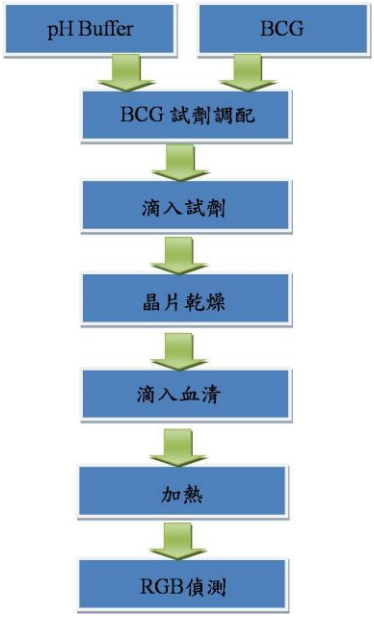
圖三、(A) 噴蠟印表機 ； (B)高溫爐



圖四、晶片側面示意圖

2.2 生化溶液配置

血清檢測流程如圖五。將 BCG (Bromcresol green, 溴甲酚綠) 溶液滴入紙基晶片偵測區內，待乾燥後滴入調整血清，將晶片插入紙基晶片輔助平台，加熱後以手機連結輔助平台讀取晶片中 RGB 值。因 BCG 與蛋白質結合度雖然在低 pH 值(pH3-4)時較好，經多次測試發現於 pH 值近 7 時，BCG-蛋白質結合物的顏色變化與蛋白質濃度變化其線性度較高。故需實驗求得 BCG-蛋白質結合物的顏色變化與蛋白質濃度其變化線性度高的最佳化 pH 值。



圖五、血清檢測流程圖

2.2.1 BCG 試劑調配

首先需要 3 種配製緩衝液(buffer)的基本化學藥劑，有檸檬酸 (Citric acid)和磷酸氫二鈉 (Na_2HPO_4) 及磷酸二氫鈉 (NaH_2PO_4)。

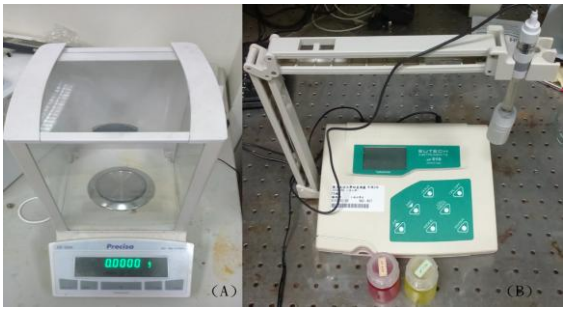
基本溶液配置方法如下:

- 0.1M 檸檬酸溶液: 檸檬酸 21.01g 混合 1L DI water；
- 0.2M 磷酸氫二鈉溶液: 磷酸氫二鈉 35.61g 混合 1L DI water；
- 0.2M 磷酸二氫鈉溶液: 磷酸二氫鈉 27.6g 混合 1L DI water。

緩衝液調配:

- pH6.8 濃度緩衝液調配，是由 0.2M 磷酸氫二鈉溶液 77.25ml 加上 0.1M 檸檬酸溶液 22.75ml 混合而成；
- pH7.0 濃度緩衝液調配，是由 0.2M 磷酸氫二鈉溶液 82.35ml 加入 0.1M 檸檬酸溶液 17.65ml 混合而成；
- pH7.2 濃度緩衝液調配，是由 0.2M 磷酸氫二鈉溶液 86.95ml 加入 0.1M 檸檬酸溶液 13.05ml 混合而成；
- pH8.0 濃度緩衝液調配，是由 0.2M 磷酸氫二鈉溶液 47.35ml 加入 0.2M 磷酸二氫鈉溶液 2.65ml 混合而成。

圖六(A)為標準天平，測量化學藥品重量。(B)為 pH 檢測儀，在圖中有兩罐小罐的小瓶子，分別是黃色和紅色，是校正檢測儀的藥品，黃色 pH 值 7.0 (中性)，紅色 pH 值 4.0 (酸性)。緩衝液調配完成後以 pH 檢測儀檢測，並以氫氧化鈉與磷酸溶液調整。



圖六、**(A)**標準天平、**(B)**pH 檢測儀

配製完緩衝液之後，利用 Buffer 配製 BCG 溶液，BCG 濃度取決於溴甲酚綠的添加量，本實驗做了 3 個濃度進行測試。

BCG 溶液:

- 0.385mM BCG 溶液: 0.054g BCG 加上 200ml 緩衝液。
- 0.775mM BCG 溶液: 0.108g BCG 加上 200ml 緩衝液。
- 1.55mM BCG 溶液: 0.216g BCG 加上 200ml 緩衝液。

2.2.2 血清調配

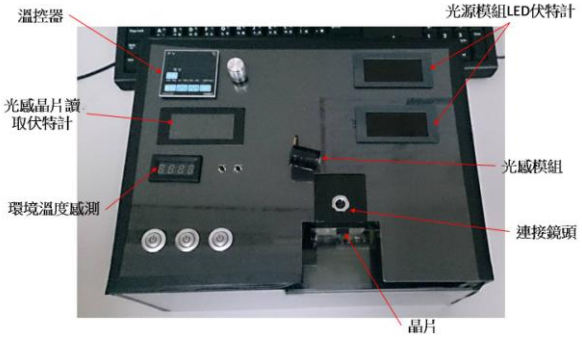
一開始瓶中內容為粉末狀，標準血清配置方法為滴入 3ml DI water，再用溫和的混和方式完全溶解瓶中之內容物，避免氣泡之形成，完成後含白蛋白 36.8g/L。配置高濃度血清則改用 1.5 ml 和 0.75ml DI water。配置完成後將血清以 DI water 稀釋為 5%、25%、50%、75%、100%。

2.2.3 晶片 BCG 試劑添加

如圖四所示，將配製完成的 BCG 試劑使用移液管移取 0.9μl 滴入空白紙晶片，放置一段時間等其乾燥。

2.3 白蛋白(ALB)檢測步驟

使用移液管取 0.9μl 的血清，滴入乾燥的紙基晶片上。將晶片插入晶片輔助平台，定溫攝氏 43 度加熱五分鐘。一分鐘測量一次 RBG 值，共五次，記錄其 RBG 值之變化並分析其變化，血清一旦滴入 BCG 試片之後須立即放入檢測台裡，以免影響到檢測時間與結果。如圖七所示為輔助平台，此平台可調照射晶片光源強度、加熱溫度與偵測反射光強度。每次偵測時拍照三次，並取其平均值。每條件測試均測試五次。

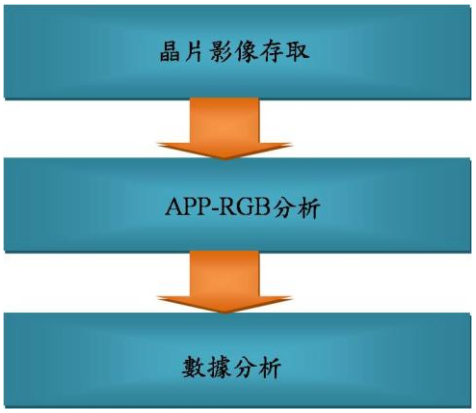


圖七、輔助平台

2.4 結果分析

結果分析流程圖如圖八所示，將放置輔助平台之紙基晶片進行晶片影像存取，影像存取後使用台達電寫的 APP 程式進行 RGB 分析。讀取 RGB 數值並記錄結果。

使用 Excel 檔將所測之數值存取，並依照濃度排列好，以分析數值是否呈線性狀態。

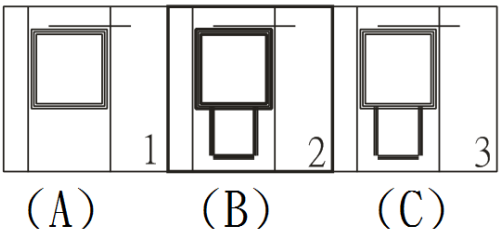


圖八、結果分析流程圖

三、結果與討論

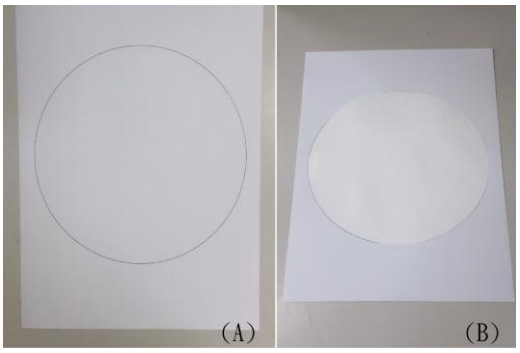
3.1 紙晶片製程

一開始製作晶片時，因為溶劑試滴時會因為蠟質層纖維不夠厚，而導致溶劑擴散至晶片外，如圖九(A)。圖案更改後，因晶片烘烤後導致蠟質層擴散至晶片檢測區內，如圖九(B)。最後更改圖案，滴入溶劑後可以剛好擴散在晶片內，設計圖如圖九(C)。而圖九(B)和圖九(C)下方多了一個方形，是為了以後進行全血檢測所用。

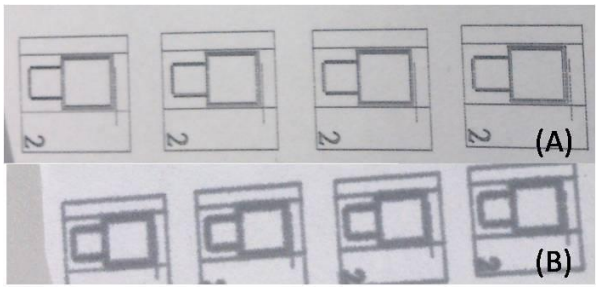


圖九、電腦繪製晶片圖檔(A)為第一階段測試用(B)為第二階段圖形，(C)為改良後最適合本實驗

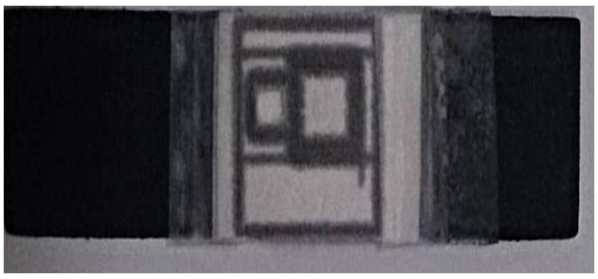
因每次印製晶片時，濾紙黏貼無法都在相同位置上，而導致晶片印到濾紙之外。因而使用對位外框如圖十(A)所示，用對位外框進行濾紙黏貼如圖十(B)。只需將所印之圖檔設定在圓圈內，使晶片印製成功率提高，印製完成之晶片如圖十一(A)。加熱完成後之晶片如圖十一(B)。裁晶片並固定於基層紙片(黑色卡紙)，即完成了單層紙基晶片，如圖十二。BCG 溶液滴入晶片後，會因為時間改變及晶片乾燥程度，導致 BCG 之顏色產生些微變化如圖十三所示。如圖十四所示，右側為剛滴入血清所攝，而左側為滴入五分鐘後所攝，由此可見時間越長顏色變會越淺。



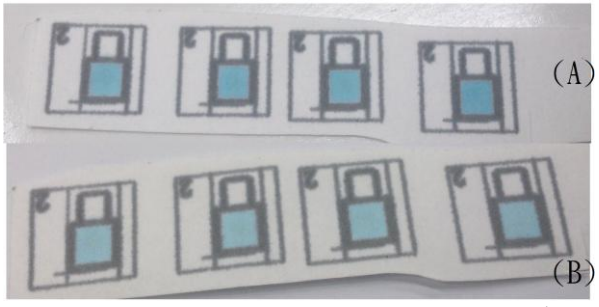
圖十、(A)對位外框、(B)固定後的濾紙



圖十一、(A)烘烤前之濾紙、(B)烘烤後之濾紙

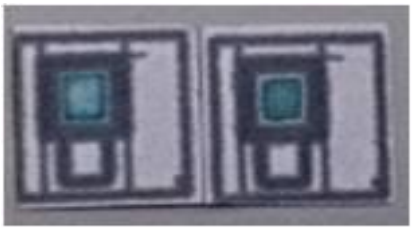


圖十二、完成之空白紙基晶片



圖十三、(A)剛滴入 BCG 溶液之晶片、(B)乾透的

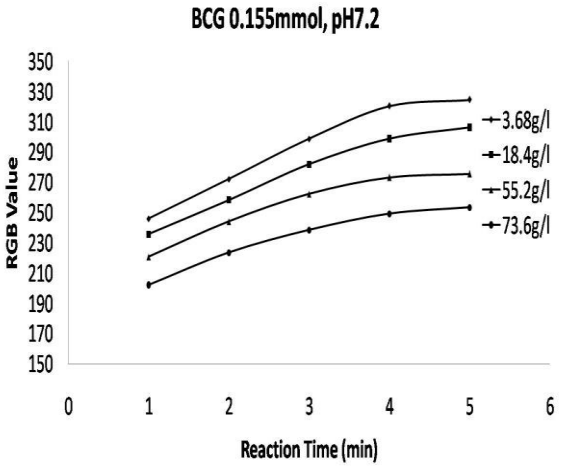
BCG 晶片



圖十四、左側為滴入血清過 5 分鐘，右側為剛滴入血清

3.2 結果分析

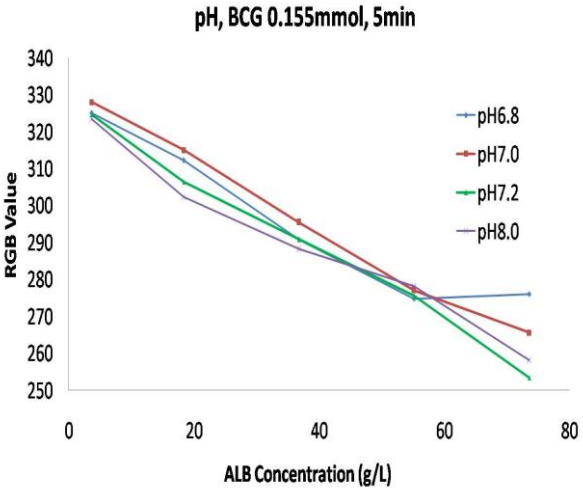
如圖十五所示，在 pH 值為 7.2 和 BCG 濃度 0.775mM 情況下，將四種不同濃度之血清滴入晶片後，每隔一分鐘記錄一次，共計五分鐘。會發現這四種濃度之血清的 G+B 值有逐漸升高之趨勢，但在五分鐘之後 RGB 值逐漸穩定下來，而血清濃度在前三分鐘比較呈線性狀態。如此可以得知在反應時間五分鐘時，化學反應已趨向緩和，並有利於偵測。因此將反應時間訂於五分鐘。



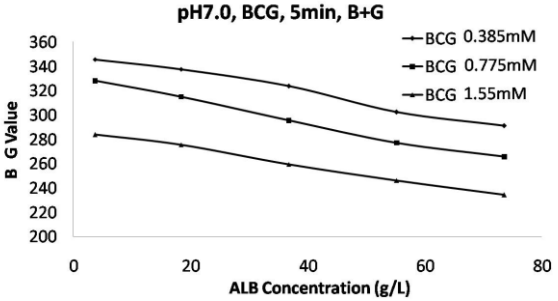
圖十五、0.775mM BCG 的反應時間圖

在 BCG 濃度為 0.775mM 情況下，我們使用四種不同 pH 值的 BCG 試劑，G+B 值與 ALB 變化如圖十六所示，會發現 pH 在 7.0/7.2， ALB 濃度變化與 G+B 值有較好的線性。可以觀察到 pH6.8 時，ALB 濃度變化與 G+B 值的線性在低濃度時曲線向下彎曲，高濃度時，曲線向上彎曲。pH8.0 時，ALB 濃度變化與 G+B 值的線性在低濃度時曲線向上彎曲，高濃度時，曲線向下彎曲，正好與 pH6.8 相反。這種情形以 pH 在 7.0 為分水嶺。

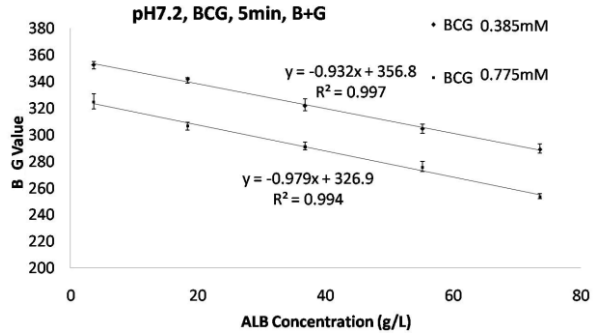
如圖十七所示為 pH7.0 之 BCG 溶液，比較 3 種 BCG 濃度，分別為 1.55mM、0.775mM 和 0.385mM。以時間五分鐘來測之，會發現 BCG 濃度 0.775mM 有較高解析度(最大差值)與較好的線性度。圖十八為 pH7.2 之 BCG 取用濃度 0.155mmol 和 0.077 mmol，隨著 ALB 值變化產生 RBG 之曲線，相較於 pH7.0 之 BCG 溶液，pH7.2 之 BCG 具有較佳之線性。ALB 濃度 73.6g/L 內，BCG 0.775mM 和 0.385mM 時，均有較好線性度。



圖十六、BCG pH6.8-8.0 ALB 變化



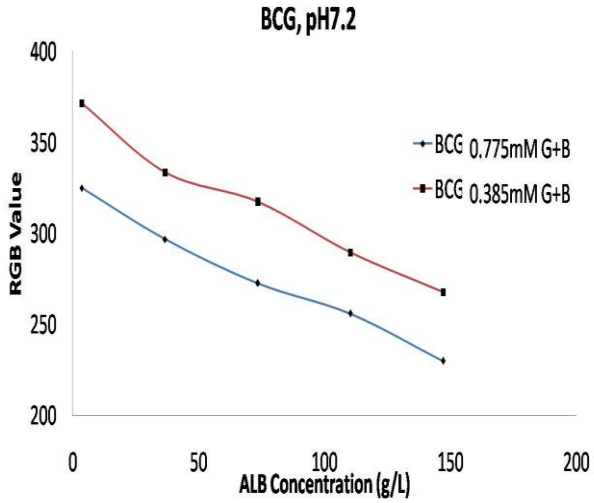
圖十七 pH7.0 反應濃度



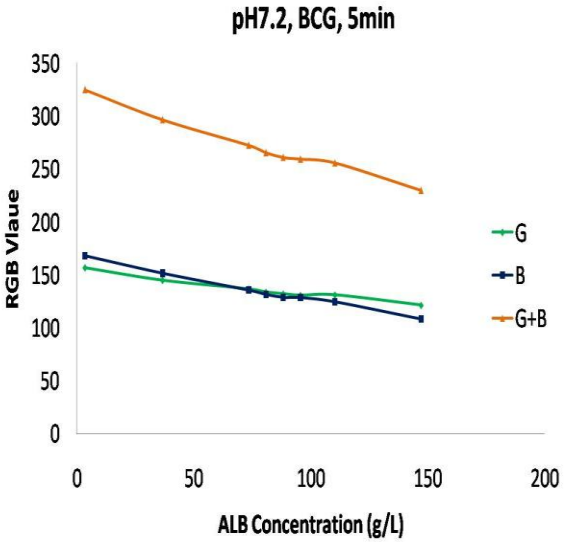
圖十八、PH7.2 與 ALB 反應濃度曲線

如圖十八所示，為 pH7.2 之 BCG 取用濃度 0.775mM 和 0.385mM 時，均有較好線性度。隨著 ALB 值變化產生 RBG 之曲線，相較於 pH7.0 之 BCG 溶液，pH7.2 之 BCG 具有較佳之線性。由於 pH7.2 之 BCG 溶液線性較佳，且取用線性較佳之濃度 0.385mM 和 0.775mM 比較可得出如圖十九之變化圖，會發現 G+B 值曲折起始點 BCG 濃度 0.775mM 高於 0.385mM，其可用線段較長 。如圖二十所示，BCG pH7.2，此時 ALB 濃度區間 3.68-147.2 g/L，ALB 濃度接近 80 g/L 處尋找轉折點。G+B 值曲折起始點 BCG 濃度 0.775mM 高於 0.385mM，所以 0.775mM 濃度可用線段較 0.385mM 長。統整以上敘述，最後實測結果發現 BCG 濃度 0.775mM，pH7.2

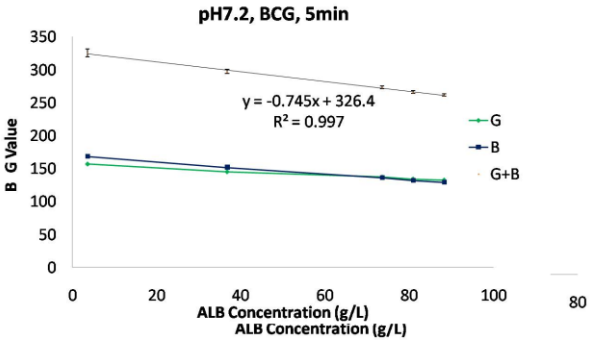
時會有最佳線性圖，取 ALB 濃度 35-57 g/L 區間來分析，如圖二十一所示，此條件時擁有最佳線性曲線，於是我們取用此區間來分析，因為一般成人 ALB 值也界於此曲線區間中。統整以上敘述，最後實測結果發現 BCG 濃度 0.155mmol，pH7.2 時會有最佳線性圖，取 ALB 濃度 35-57 g/L 區間來分析，如上圖所示，此條件時擁有最佳線性曲線，於是我們取用此區間來分析，因為一般成人 ALB 值也界於此曲線區間中。



圖十九、pH7.2 有較佳線性



圖二十、pH7.2 之 BCG 濃度 0.155mmol



圖二十一、BCG 濃度在 0.155mmol 最佳線性區域

利用真人血清作測試，分別以分光光度法和紙基晶片法作測試，結果並與檢驗所的偵測值作比較，如表一。其誤差值則在可以接受的範圍。

表一 真人測試 ALB 濃度

	ALB-血清(g/L)		
樣本	S1	S2	S3
檢驗所	31	34	47
分光	29.89	34.4	48.4
晶片	30.7	36.5	45.6
檢驗所誤差	0.3	2.5	1.4
分光誤差	0.81	2.1	2.8

四、結論

利用蠟印表機製作紙基晶片，本研究可以驗證其方便與快速。紙基晶片利用智慧型手機照相功能判讀紙基晶片上檢測區顏色變化，可以免去複雜的偵測機構，並且可以將檢測結果與物聯網和雲端結合。未來可以配合小型化紙基晶片輔助平台與手機結合來判讀紙基晶片，可以有輕量小型化、方便攜帶、檢測快速、低成本等優點。此技術可以使許多檢測跟血糖機操作一樣簡單，配合物聯網和雲端，這些大數據透過分析後，可以有效提供醫療、食品安全、環境...等資訊。

五、致謝

本專題係由成大-台達電聯合開發計畫之一環(合作包含屏科傅龍明老師實驗室與成大工科楊瑞珍老師實驗室)。手機中 app 讀取軟體係由台達電合作提供。本專題能順利完成，多仰賴於傅龍明教授細心的指導，實驗遇到困難時，教授並不會直接公布答案，而是要我們先花一些時間試著自己解決問題，但是遇到真正的瓶頸時，又會拉我們一把，訓練我們找出問題、解決問題的能力；也非常感謝實驗室裡就讀博、碩班的學長姐們，在產學計畫時間緊迫時，學長姐們都放下手邊的工作，全力協助我們，讓我們學到團隊合作的重要性，特別感謝成大博士班朱偉中學長，毫不私藏的指導我們專題，使我們學會了數據的整理及細膩的手工，不時的提醒

我們身為工程人該有的理念，讓我們具備有研究生的潛質。

六、參考文獻

[1]C. K. Chung, T. R. Shih, C. K. Chang, C.W. Lai, B.H. Wu, Design and experiments of a short-mixing-length baffled microreactor and its application to microfluidicsynthesis of nanoparticles, Chem. Eng. J. 168 (2011) 790–798.

[2]W. N. Lau, K. L. Yeung, R. Martin-Aranda, Knoevenagel condensation reaction between benzaldehyde and ethyl acetoacetate in microreactor and membrane microreactor, Microporous Mesoporous Mater. 115 (2008) 156–163.

[3] L. M. Fu, C. H. Tsai, C. H. Lin, A high-discernment micro-flow cytometer with micro-weir structure, Electrophoresis 29 (2008) 1874–1878.

[4]C. H. Tsai, H. H. Hou, L. M. Fu, An optimal three-dimensional focusing technique
for micro-fow cytometers, Microfluid. Nanofluid. 5 (2008) 827–836.

[5] Y. H. Wang, C. P. Chen, C. M. Chang, C. P. Lin, C.H. Lin, L. M. Fu, C.Y. Lee, MEMS based flow sensors, Microfluid. Nanofluid. 6 (2009) 333–346.

[6] L.M. Fu, Y.N. Wang, Optical microflow cytometer based on external total reflection, Electrophoresis 33 (2012) 3229–3235.

[7] G. Li, Y. Luo, Q. Chen, L. Liao, J. Zhao, A ‘‘place n play’’ modular pump for portable microfluidic applications, Biomicrofluidics 6 (2012) 014118.

[8] F. Piraino, Š. Selimovic’ , M. Adamo, A. Pero, S. Manoucheri, S.B. Kim, D. Demarchi, A. Khademhosseini, Polyester l-assay chip for stem cell studies, Biomicrofluidics 6 (2012) 044109.

[9] T.A. Balbino, N.T. Aoki, A.A.M. Gasperini, C.L.P. Oliveira, A.R. Azzoni, L.P. Cavalcanti, L.G. de la Torre, Continuous flow production of cationic liposomes at high lipid concentration in microfluidic devices for gene delivery applications, Chem. Eng. J. 226 (2013) 423–433.

[10] L. M. Fu, W. J. Ju , C. C. Liu , R. J. Yang, Y.N. Wang, Integrated microfluidic array chip and LED photometer system for sulfur dioxide and methanol concentration detection, Chemical Engineering Journal, 243 (2014) 421–427.

[11] H. H. Hou, C. H. Tsai, L. M. Fu, R. J. Yang, Experiment and numerical investigation of 3-D hydrodynamic focusing technique with micro-weir structure, Electrophoresis 30 (2009) 2507–2515.

[12] C. Y. Lee, C. L. Chang, Y. N. Wang, L. M. Fu, Microfluidic mixing: a review, Int. J. Mol. Sci. 12 (2011) 3263–3287.

[13] H. C. Lee, H. H. Hou, R. J. Yang, C. H. Lin, L. M. Fu, Microflow cytometer for threedimensional focusing with sequence micro-weir structure, Microfluid. Nanofluid. 11 (2011) 469–478.

[14] Z. Liu, Y. Lu, J. Wang, G. Luo, Mixing characterization and scaling-up analysis of asymmetrical T-shaped micromixer: experiment and CFD simulation, Chem. Eng. J. 181–182 (2012) 597–606.

[15] K. E. Jensen, P. Szabo, F. Okkel, M. A. Alves, Experimental characterisation of a novel viscoelastic rectifier design, Biomicrofluidics 6 (2012) 044112.

[16] R.J. Yang, H.H. Hou, Y.N. Wang, C.H. Lin, L.M. Fu, A hydrodynamic focusing microchannel based on micro-weir shear lift force, Biomicrofluidics 6 (2012) 034110.

[17] X. Guo, Y. Fan, L. Luo, Mixing performance assessment of a multi-channel mini heat exchanger reactor with arborescent distributor and collector, Chem. Eng. J. 227 (2013) 116–127.

[18] C.S. Martinez-Cisneros, S.G. Pedro, M. Puyol, J. Garcia-Garcia, J. Alonso- Chamarro, Design, fabrication and characterization of microreactors for high temperature syntheses, Chem. Eng. J. 211–212 (2013) 432–441.

[19] A. Yang, Y. Hsieh, L. Kuo, L. Tseng, S. Liao, P. Chen, A novel vortex mixer actuated by one-shot electricity-free pumps, Chem. Eng. J. 228 (2013) 882–888.

[20]Y. N. Wang, R. J. Yang, W. J. Ju, M. C. Wu, and L. M. Fu, Convenient quantification of methanol concentration detection utilizing an integrated microfluidic chip, Biomicrofluidics 6 (2012)034111.

[21]L. M. Fu, W. J. Ju, C. H. Tsai , H. H. Hou, R. J. Yang, Y. N. Wang, Chaotic vortex micromixer utilizing gas pressure driving force, Chemical Engineering Journal (2013)214 ,1–7.

[22]S. Haeberle, R. Zengerle, Microfluidic platforms for lab-on-a-chip applications, Lab Chip, Vol.7, pp.(2007)1094-1110.

[23]J. G. E. Gardeniers, A. v. d. Berg, Lab-on-a-chip systems for biomedical and environmental monitoring, Analytical Bioanalytical Chemistry, 378 (2004) 700-1703.

[24]P. Yager, T. Edwards, E. Fu, K. Helton, K. Nelson, M. R. Tam, B. H. Weigl, Microfluidic diagnostic technologies for global public health, Nature, 442(2006)12-418.

[25]C. D. Chin, V. Linder, S. K. Sia, Lab-on-a-chip devices for global health: Past studies and future opportunities, Lab Chip, 7 (2007)41-57.

[26] P. V. Lode, Point-of-care immunotesting: Approaching the analytical performance of central laboratory methods, Clinical Biochemistry., 38 (2005)591-606.

[27] G. M. Whitesides, The origins and the future of microfluidics, Nature, 442 (2006)368-373,.

[28] J. P. Comer, Semiquantitative specific test paper for glucose in urine, Analytical Chemistry, 28 (1956)1748-1750.

[29] C. Paroloa, A. Merkoc, Paper-based nanobiosensors for diagnostics, Chemical Society Reviews, Advance Article (2013), 42, 450.

[30] R. Elghanian, J. J. Storhoff, R. C. Mucic, R. L. Letsinger, C. A. Mirkin, Selective colorimetric detection of polynucleotides based on the distance dependent optical properties of gold nanoparticles, Science, 277(1997)1078-1081.

[31]A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides,

Diagnostics for the Developing World: Microfluidic Paper-Based Analytical Devices, Analytical Chemistry, 82 (2010) 4-10.
[32] A. W. Martinez, S. T. Phillips, G. M. Whitesides, Three-dimensional microfluidic devices fabricated in layered paper and tape, Proceedings of the National Academy of Sciences, 105 (2008) 19606-19611.
[33] A. W. Martinez, S. T. Phillips, E. Carrilho, S. W. Thomas, H. Sindi, G. M. Whitesides, Simple Telemedicine for Developing Regions: Camera Phones and Paper-Based Microfluidic Devices for Real-Time Off-Site Diagnosis, Analytical Chemistry, 80 (2008) 3699-3707,.
[34]S. A. Klasner, A. K. Price, K. W. Hoeman, R. S. Wilson, K. J. Bell, C. T. Culbertson, Paper-based microfluidic devices for analysis of clinically relevant analytes present in urine and saliva, Analytical and Bioanalytical Chemistry, 397(2010) 1821-1829.
[35]H. Noh, S. T. Phillips, Metering the Capillary-Driven Flow of Fluids in Paper-Based Microfluidic Devices, Analytical Chemistry, 82 (2010) 4181–4187.
[36] K. Abe, K. Suzuki, D. Citterio, Inkjet-Printed Microfluidic Multianalyte Chemical Sensing Paper, Analytical Chemistry, 80 (2008) 6928–6934.
[37] X. Li, J. Tian, W. Shen, Progress in patterned paper sizing for fabrication of paper-based microfluidic sensors, Cellulose, 17 (2010)649–659.
[38] O.Lyons, B. Whelan, K. Bennett, D. O'Riordan, B. Silke, Serum albumin as an outcome predictor in hospital emergency medical admissions, European Journal of Internal Medicine (2010)21, 17-20.
[39] F. L. Rodkey, Binding of Bromocresol Green by Human Serum Albumin, Archives of Biochemistry and Biophysics, 108 (1964)510-513 .
[40] B. I. Doumas, W. A. Watson, H. G. Biggs, Albumin Standards and the Measurement of Serum Albumin with Bromocresol Green, Clinica Chimica Acta, 31 (1971)87-96.
[41] D.Webster, A. H. C. Bignell, E. C. Attwood, An Assessment of the suitability of Suitability of Bromocresol Green for the Determination for Serum Albumin, , Clinica Chimica Acta, 53 (1974)1-108.
[42] E. Hirayama, T. Sugiyama, H. Hisamoto, K. Suzuki, Visual and Colorimetric Lithium Ion Sensing Based on Digital Color Analysis, Analytical Chemistry, 72 (2000) 465-474.
[43] S. J. Vella, P. Beattie, R. Cademartiri, A. Laromaine, A. W. Martinez, S. T. Phillips, K. A. Mirica, G. M. Whitesides, Measuring Markers of Liver Function Using a Micropatterned Paper Device Designed for Blood from a Fingerstick, Analytical Chemistry, Vol.84, pp (2012)2883−2891.

The microfluidic paper-based chip devices rapid detection of serum albumin concentration.

Lung-Ming Fu，Po-Cheng Chang，Chun-Ying Chen

Department of Mechatronics Engineering National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This study uses paper-based chips, assistive device and Smartphones detection of albumin in serum concentrations.Filter paper using solid ink printer to make a single layer of paper-based chips, liquid to be tested is limited by fiber wax testing area. Assistive paper-based chip device with stable LED lights, and heating.Also uses smart phone camera function interpretation of this experiment on paper-based chip testing area changes its color.Future assistive device can be combined with small paper-based chips with cell phones to read paper-based chips,miniaturization and lightweight, easy to carry, fast, low cost and other advantages.

Key words: paper-based chips, smartphones, serum and albumin

以 FPGA 系統整合之視覺導引機械手臂

專題生：蘇佩瑩、楊雅筑
指導老師：李文宗 教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題研究目的為辨識目標物體顏色並驅動機械手臂夾取目標物。軟體使用 NI LabVIEW 作為人機介面端，硬體之機械手臂則是利用 SolidWorks 軟體繪出零件並使用 3D 印表機印製，將其組裝而成。本專題將攝像頭架設在機械手臂上，利用 NI myRIO 連接攝像頭並擷取影像，經影像處理將其色彩空間轉換並辨識之。在本專題設計中，預設紅、藍、黃三種顏色之球體，在 PC 端的人機介面上指定抓取之球體顏色，經影像分析，若判斷目標物與指定顏色不符，在人機介面中，僅顯示其顏色，但不會驅使機械手臂作動；若判斷與指定顏色相符，其對應之顏色顯示燈亮起，並驅使機械手臂夾取目標體。NI myRIO 為 FPGA 系統的一種。

關鍵字： NI myRIO, FPGA, 影像辨識, 機械手臂

一、 引言

1.1 研究動機與目的

隨著人口逐漸高齡化，現今產業中，機械取代人力已是趨勢，目的為減少人力成本、人為疏失並大幅提高經濟效益。近年來因應全球工業自動化，以影像處理為主的機械系統已逐漸成為研究重心。將近 80% 的工業視覺系統主要用在檢測方面，包括提高生產效率、控制生產過程中的產品品質、採集產品資料等，而本專題內容為指定多種顏色，透過 LabVIEW 影像處理辨識物體顏色，利用 NI myRIO 驅使機械手臂作動，夾取選定顏色之物體，以達到節省人力之目的。

影像處理方面，使用 LabVIEW 軟體來進行程式與人機介面的開發[1、2]；在 LabVIEW Programa Basico de Vision color [3]的影片中使用了 LabVIEW 裡面的 vision assistant 來處理影像，利用樣本比對的方式辨識顏色，但此方法容易因環境、燈光等問題，導致辨識失敗。因此根據 Tutorial Identificación de Colores LabVIEW [4]影片中所使用的 IMAQ ColorLearn VI，將影像由 RGB 轉換成 HSL 色彩空間，藉此提高色彩的可辨識度。

馬達驅動程式是根據 NI myRIO:"Servo demo"LabVIEW project[5]影片中的範例程式來編寫，使用 NI myRIO 之 PWM 訊號控制 [6]，藉由改變輸出脈波寬度及頻率來改變馬達的轉速與方向[7]。

二、 研究內容與方法

本實驗可分兩大部份分，第一部分為辨識顏色的影像處理，第二部分為機械手臂的設計與製作。

2.1 系統架設與硬、軟體介紹

本實驗設備如圖 2.1 所示，其中包括以 LabVIEW 設計之人機介面、NI myRIO、Webcam、機械手臂及數顆單一色彩之球體。實驗的整體架構，則如圖 2.2 所示。



圖 2.1 系統配置圖

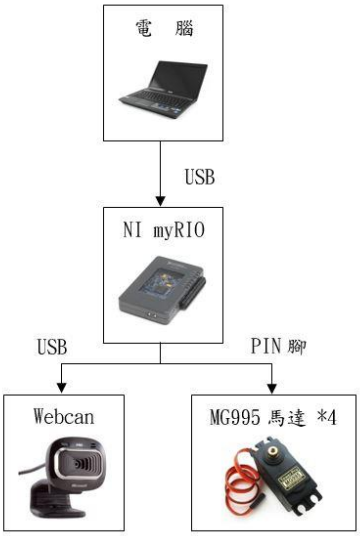


圖 2.2 架構流程圖

2.1.1 機械手臂

本專題之機械手臂，是依據《機器人單晶片微電腦控制[8]》中的設計加以改良，利用 SolidWorks 繪製零件並組合如圖 2.3 所示，再利用 3D 印表機印製，將其與 MG995 伺服馬達組裝而成，如圖 2.4 所示。

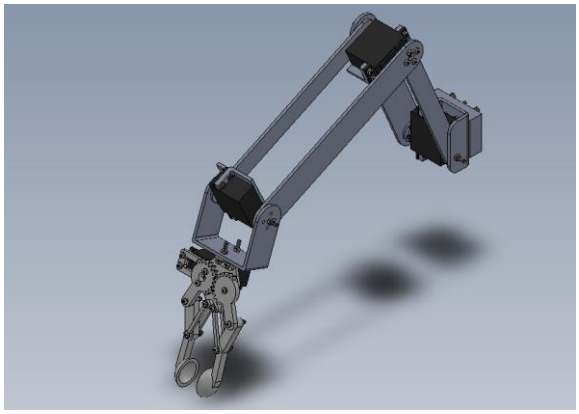


圖 2.3 SolidWorks 繪製之機械手臂

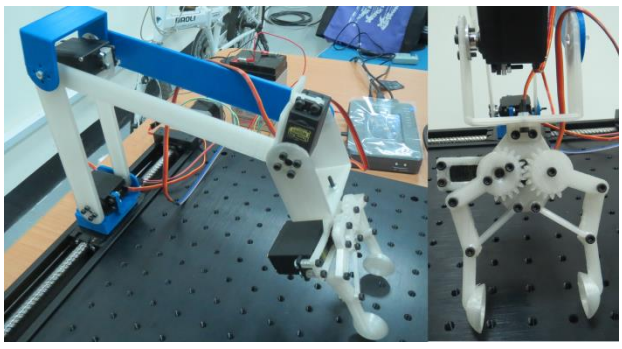


圖 2.4 3D 印表機印製之機械手臂

2.1.2 MG995 伺服馬達

表 2.1 MG995 伺服馬達規格

產品型號	MG995	**產品尺寸**	40.7*19.7*42.9mm
工作扭矩	13kg·cm	**反應轉速**	53~62rpm
死區設定	4 微秒	**插頭類型**	JR、FUTABA 通用
舵機類型	模擬舵機	**工作電流**	1~2A
產品重量	55g	**轉動角度**	最大 180 度
使用溫度	-30~+60°	**使用電壓**	3-7.2V
結構材質	金屬銅齒、空心杯電機、雙滾珠軸承		
無負載操作速度	0.17 秒/60 度(4.8V)；0.13 秒/60 度(6.0V)		
適用範圍	1:10 和 1:8 平跑車、越野車、卡車、大腳車、攀爬車、雙足機器人、機械手、遙控船，適合 50 級-90 級甲醇固定翼飛機以及 26cc-50cc 汽油固定翼飛機等模型。		

2.1.3 LifeCam HD-3000

表 2.2 LifeCam HD-3000 規格

畫面解析度	**720p HD**
螢幕寬度	16:9(4 英吋以上距離)
連接介面	USB 2.0 介面
處理器	Intel Dual-Core 1.6GHz 以上
相容軟體	Windows Live Messenger、Office Communicator、Yahoo! Messenger、SKYPE 等等主流軟體
作業系統版本	Windows 7/Windows Vista/Windows XP SP2 以後

2.1.4 NI myRIO

此為一種嵌入式硬體裝置，只要單一裝置，設定內建裝置並連接第三方感測器，即可傳授控制、機器人、電機、嵌入式等概念，可快速設計複雜的實際工程系統[9] 。

2.1.5 SolidWorks

由視窗環境下發展出來的 3D 實體模型建構系統，採參變數合併運用並以特徵化的方式進行實體模型的建構工作，其中含有零件建構、組合件裝配、與工程圖製作三部份基本模組，所有幾何資料透過單一資料庫可以達到雙向的資料溝通與傳遞更新，完全符合同步工程的設計要求 [10]。

2.1.6 LabVIEW

一種資料流程式語言。由前面版(Front Panel)和後程式圖(Block diagram)組成，前面版就是LabVIEW 在操作時的人機介面，藉由它本身豐富的元件達到類似虛擬儀表等等的功能；而後程式圖為LabVIEW 運作時背後的程式框圖，使用者可透過人機介面直接控制自行開發之儀器[11]。

2.2 三維立體印表機

三維立體印表機，也稱 3D 印表機是快速成型（Rapid Prototyping,RP）的一種工藝，採用層層堆積的方式分層製作出三維模型，其運行過程類似於傳統印表機，只不過傳統印表機是把墨水列印到紙質上形成二維的平面圖紙，而三維印表機是把液態光敏樹脂材料、熔融的塑料絲、石膏粉等材料通過噴射粘結劑或擠出等方式實現層層堆積疊加形成三維實體[12]。

3D 印表機使用之線材為 PLA，中文名稱為聚乳酸。是近年新興的替代石油塑膠材質，是後石油時代的重要材料之一。透過玉米、甘蔗等提煉而成的環保塑料，符合食品級和生物分解標準。黏度強，較容易黏在底板上，可減少印製成品翹曲變形。氣味比 ABS 小且無毒、熔點更低、成品更堅硬[13] 。

2.3 色彩校正板

彩色校正板是由 24 塊經由色彩科學實驗研究出來的色塊組合而成如圖 2.5 所示。這些色塊不只與它們所對應之物體顏色相近，同時在可見光譜下會與它們反射出相同的光。因為這個獨特的特徵，所以色塊可在任何照明下真實的還原色彩[14] 。



圖 2.5 色彩校正板

2.4 HSL 色彩空間

HSL 色彩空間[15]是從人的視覺系統出發，用色相(Hue)、飽和度(Saturation)和亮度 (Lightness)來描述色彩，如圖 2.6 所示，HSL 色彩空間可用一圓錐空間模型來表示之。此種描述 HSL 色彩空間的圓錐模型雖然複雜，但能把色調、亮度和色飽和度的變化情形表現得相當清楚。

色調和飽和度通稱為色度，用來表示顏色的類別與深淺程度。由於人類對亮度的敏感程度遠強於顏色濃淡，因此人的視覺系統更傾向採用 HSL 色彩空間來識別顏色。相較於 RGB 色彩空間，HSL 的實用性更甚。

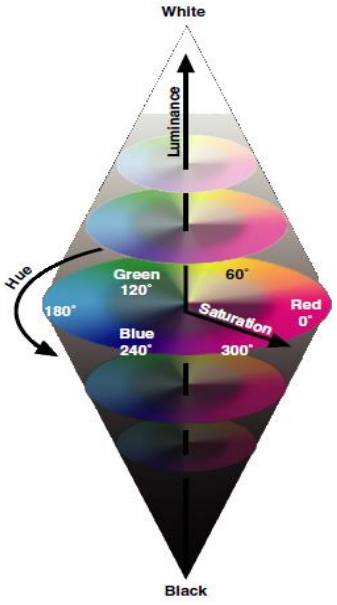


圖 2.6 HSL 色彩空間

色相(Hue)指的是色彩的外相，是在不同波長的光照射下，人眼所感覺不同的顏色，如紅色、黃色、藍色等。其定義是從紅色開始繞圓一圈，範圍從 0°~360°，如圖 2.7 所示，依序為黃、綠、青、藍、品紅等顏色。旋轉色相一個角度來改變圖片顏色是不少影像特效常用的技巧。



圖 2.7 色相各角度對應之顏色

飽和度(Saturation)指的是色彩的純度，色彩純度越高飽和度就越高，看起來越鮮豔。反之則看起來越灰。在 HSL 圓錐上代表圓的半徑，範圍從 0~1。

亮度(Lightness)指的是色彩的明度，作用是控制色彩的明暗變化。它同樣使用了 0%至 100%的取值範圍。數值越小，色彩越暗，越接近於黑色；數值越大，色彩越亮，越接近於白色。

2.5 RGB to HSL 轉換公式[16]

$R' = R/255$，$G' = G/255$，$B' = B/255$

$max = \max(R', G', B')$，$min = \min(R', G', B')$

$\Delta = max - min$

$$H = \begin{cases} 0^\circ, \text{if } \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} + 6\right), \text{if } max = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2\right), \text{if } max = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4\right), \text{if } max = B' \end{cases} \quad (2.1)$$

$$S = \begin{cases} 0, \text{if } \Delta = 0 \\ \frac{\Delta}{1 - |2L - 1|}, otherwise \end{cases} \quad (2.2)$$

$$L = \frac{1}{2}(\max + \min) \quad (2.3)$$

2.6 PWM

PWM (Pulse Width Modulation) [6、7]稱為脈波寬度調變，是將類比訊號轉換為脈波的一種技術，一般轉換後脈波的週期固定，但脈波的占空比(工作週期)會依類比訊號的大小而改變。常用於直流馬達的控制、電源變換器之穩壓控制、甚至是直流轉換交流弦波的控制等。

而 PWM 控制伺服馬達原理如下圖 2.8，當 18 毫秒為週期的 PWM 訊號中有 1 毫秒是 ON 的狀態時，伺服馬達轉向 9 點鐘方向的位子；有 1.5 毫秒是 ON 的時候轉到 12 點鐘的位子；2 毫秒是 ON 時轉到 3 點鐘的位子，換句話說伺服馬達的轉向則是由 PWM 訊號的一個周期裡 ON 所佔的比例來控制的。

Duty Cycle=T_{on}/T_{off} (%)為 ON 的時間與 OF 相除的百分比。

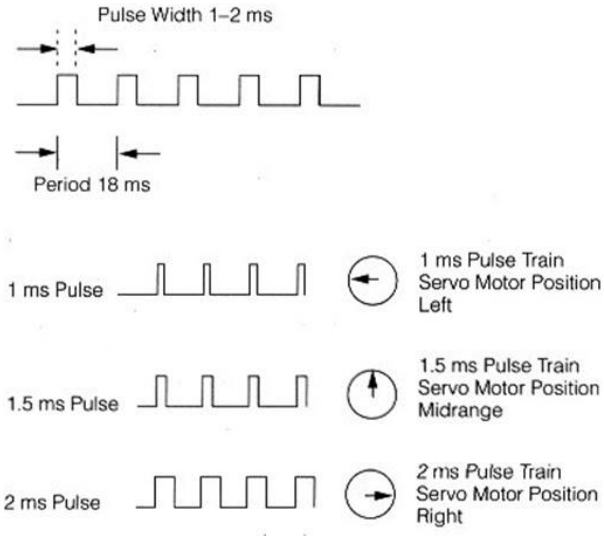


圖 2.8 PWM 控制伺服馬達的原理

2.7 馬達接腳介紹

馬達所接pin腳線有棕、紅、黃三條分別為接地、電源、訊號線;電源我們是外接一顆 6V 4A 的鋰電池；NI myRIO 分成 A、B、C 三部份接腳區，A、B 接腳區可接 pin 腳各有 34 pin，C 的接腳區可接 pin 腳有 20 pin，而我們所會用到的 pin 腳位是 PWM 腳位、接地(DGND)腳位，如下圖 2.9。

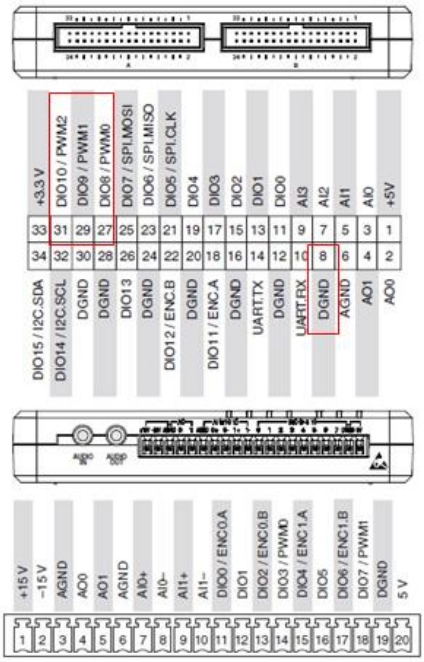


圖 2.9 NI my RIO 接腳圖

三、 結果與討論

3.1 使用者人機介面介紹

在人機介面中先指定顏色，由影像畫面中的 ROI 進行影像處理程序，藉色彩頻譜之數據判斷完目標物顏色後，該相應色彩之顯示燈會亮起。

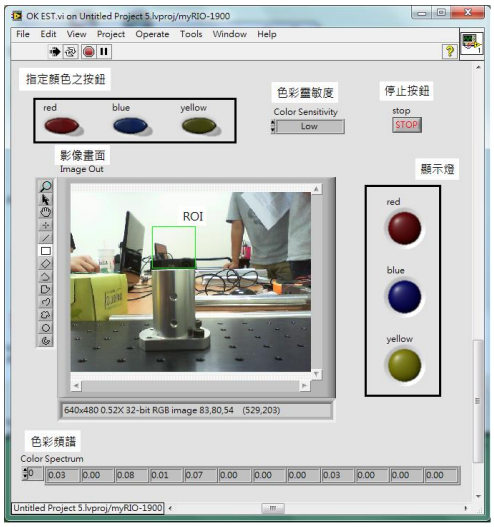


圖 3.1 使用者人機介面

3.2 程式流程圖

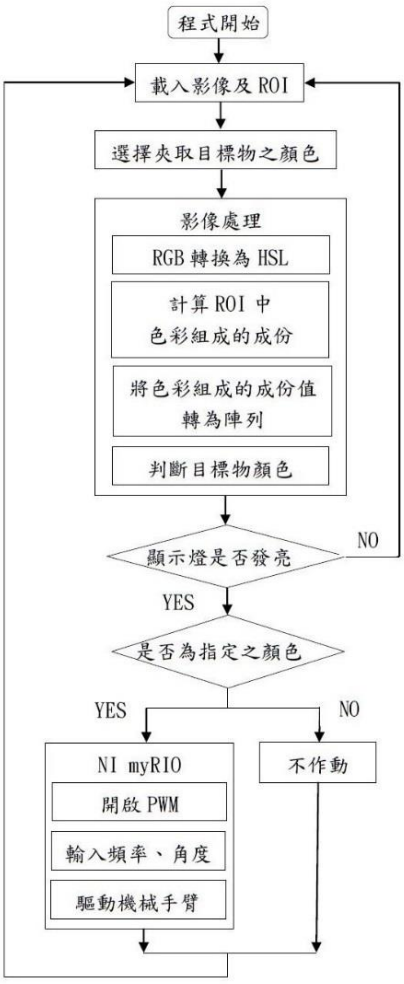


圖 3.2 程式流程圖

3.3 影像處理部分

先將影像由 RGB 轉換成 HSL 色彩空間，取 ROI 中色彩值對應陣列格數，如圖 3.3 所示，陣列中每一格所代表之顏色如圖 3.4 所示，至於數值則代表該顏色在 ROI 中的占據的色彩百分比，範圍為 0~1。

本專題主要是以第 1 格(高飽和紅)、第 3 格(高飽和黃)及第 9 格(高飽和藍)的數值變化，來辨識目標物顏色。

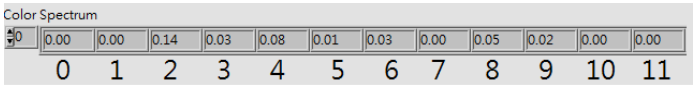


圖 3.3 色彩頻譜

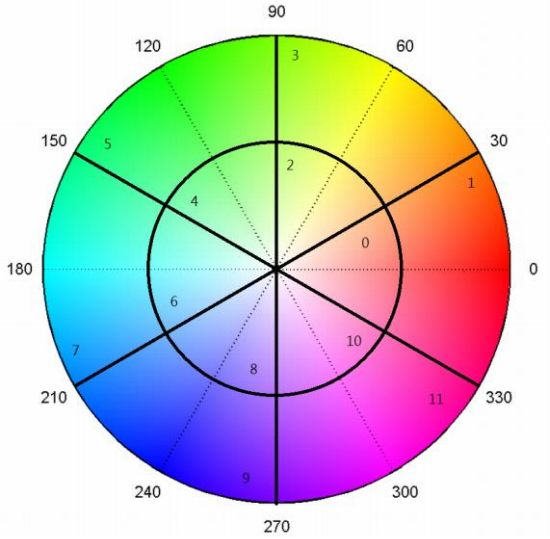


圖 3.4 HSL 二維色彩空間

3.4 馬達驅動

馬達主要是靠 PWM 訊號來控制，先給馬達設一個固定的頻率，透過改變工作週期來控制馬達轉向，當工作週期 ON 的越長，轉的角度越大。

PWM 馬達程式計算方式:

[位置/200+1.5]/1000*頻率(Hz)*100=工作週期(%)

3.5 實驗結果

在本實驗中設定的辨識數值範圍為 0.5~1 之間，只要數值在此範圍內皆會使其相應色彩之顯示燈發亮，再將實驗細分為兩部分，第一部分為指定顏色辨識抓取，第二部分為與紅、藍、黃相近顏色數值的比較。

3.5.1 實驗一：指定顏色辨識抓取

實驗中，分別以下列敘述進行：

(1) 紅、藍、黃 3 種顏色皆夾取

(2) 紅黃、黃藍、紅藍 2 種顏色的夾取

(3) 只夾取紅、藍、黃 1 種顏色

(4) 3 種顏色皆不夾取

表 3.1 是本實驗針對辨識時，紅、藍、黃三種顏色在陣列中數值的變化數據，由此表可發現數值都介於 0.5~1 之間，所以其對應之顯示燈皆會亮起。另與指定顏色相符定能驅使機械手臂作動，因此以上測驗之結果準確率相當高。

表 3.1 紅、黃、藍顏色辨識之數值

	Red (8°, 72%, 29%)	Blue (213°, 51%, 20%)	Yellow (35°, 88%, 45%)
第一次	0.92	0.72	0.96
第二次	0.93	0.79	0.96
第三次	0.93	0.72	0.95
第四次	0.95	0.87	0.96
第五次	0.92	0.68	0.97
第六次	0.93	0.69	0.97
第七次	0.92	0.72	0.96
第八次	0.93	0.67	0.96
第九次	0.91	0.63	0.92
第十次	0.91	0.67	0.92

3.5.2 實驗二：與紅、藍、黃相近顏色數值的比較

在此實驗中我們從色彩校正板裡取出與紅、黃、藍相近的顏色來做比較，藉此了解除了本實驗中的目標物顏色外，其他相近的顏色是否亦能判識。

表 3.2 與紅色相近顏色之比較

	原色	第一次	第二次	第三次
Red[目標球] (8°, 72%, 29%)		0.92	0.93	0.93
Red[塑膠球] (3°, 81%, 47%)		0.73	0.74	0.75
Red (357°, 53%, 45%)		1	0.99	1
Light Skin (19°, 34%, 64%)		0	0	0
Moderate Red (355°, 45%, 56%)		0.15	0.36	0.42

表 3.3 與藍色相近顏色之比較

	原色	第一次	第二次	第三次
Blue[目標球] (213°, 51%, 20%)		0.72	0.79	0.72
Blue[塑膠球] (214°, 78%, 40%)		0.76	0.77	0.77
Blue (228°, 72%, 37%)		1	1	0.97
Purplish Blue (224°, 51%, 47%)		0.99	1	1
Blue Sky (216°, 23%, 50%)		0.01	0	0.09

表 3.4 與黃色相近顏色之比較

	原色	第一次	第二次	第三次
Yellow[目標球] (35°, 88%, 45%)		0.96	0.96	0.95
Yellow[塑膠球] (45°, 90%, 41%)		0.76	0.77	0.77
Yellow (50°, 81%, 51%)		1	1	1
Orange Yellow (35°, 90%, 67%)		1	1	1
Orange (31°, 68%, 50%)		1	0.98	1

依據表 3.2 測試結果可知 Red[目標球]、Red[塑膠球]及 Red 皆判定為紅色使顯示燈亮起，而 Light Skin、Moderate Red 則辨識失敗；表 3.3 測試結果可知 Blue[目標球]、Blue[塑膠球]及 Blue 皆判定為藍色使顯示燈亮起，而 Blue Sky 則辨識失敗；表 3.4 測試結果可知所有測試之顏色皆被判定為黃色使顯示燈亮起。

依據圖 3.4 可推測表 3.2 中的 Light Skin、Moderate Red 與表 3.3 中的 Blue Sky 辨識失敗，原因為色彩飽和度偏低因此落在不同區塊中，而表 3.4 皆判定為同色，原因為在 HSL 的陣列中皆落在同一區塊，故判定為同色。

四、 結論

本專題使用 LabVIEW 的人機介面指定顏色，再經影像處理辨識色彩，控制機械手臂夾取指定顏色之物體放入杯子內，完成整體動作。在顏色辨識部份，目標物置於 ROI 範圍內，利用 RGB 轉 HSL 色彩空間，提高色彩的可辨識度，成功辨識物體之顏色並驅動機械手臂夾取目標球體。在機械手臂方面，利用 PWM 控制工作週期，隨著工作週期大小變化，角度也會隨之改變，使機械手臂達到我們所需之角度。就整題而言本專題尚有不足之處，希望下次能針對上述的問題加以改進。

就實用性的觀點出發，顏色辨識可用在不同色的物品分類、挑選水果等方面，例如取代人力將不同顏色之商品上架、依呈色判定水果之成熟與否加以分類等等。

五、 致謝

能夠順利完成此專題研究，一路走來受到不少人的幫助與指導，在此先致上十二萬分的謝意，多虧了這些人的幫助與輔導，我們才有今日的專題報告。首先感謝李文宗老師，在專題上，除了給予良好的實驗環境及充分的資源外，還會定期開會關注實驗進度，並適時提供適當的教導與寶貴的意見，使我們遇到瓶頸時能找到方向，深入研究；感謝實驗室學長們，每次在我們遇到各種瑣碎的問題時，能不厭其煩的為我們講解並給予我們在專業領域上的諸多指導，陪我們一起度過難關；最後感謝家人，在生活上對我們無微不至的照顧，遭遇困難時的精神鼓勵，使我們更有信心及努力地去完成這項專題報告，正是因為有大家的指導、鼓勵與栽培，才能讓我們得以如期完成，真的非常感謝。

六、 參考文獻

[1] 修金鵬 編著,清華大學出版社,Arduino 與 LabVIEW 互動設計

[2] LabVIEW 小教室 參考網址：http://blog.xuite.net/labveiw_ian/twblog?st=c&p=1&w=3936544

[3] LabVIEW Programa Basico de Vision color 參考網址：https://www.youtube.com/watch?v=VHOCkpKF7t4

[4] Tutorial Identificación de Colores LabVIEW 參考網址：https://www.youtube.com/watch?v=gcwG44SdxP0

[5] NI myRIO:"Servo demo"LabVIEW project 參考網址：https://www.youtube.com/watch?v=QXHe0DFbUdc

[6] 伺服馬達簡介 參考網址：http://gio781215.blogspot.tw/2012/07/blog-post_18.html

[7] 直流馬達的 PWM 調速控制 參考網址：http://eshare.stust.edu.tw/EshareFile/2010_4/2010_4_ccd9befb.pdf

[8] 王允上 編著,全華書局,機器人單晶片微電腦控制

[9] National Instruments 官網-NI myRIO 參考網址：http://www.ni.com/myrio/what-is/zht/

[10] 電腦輔助製圖系列-SolidWorks 參考網址：http://www.cctc.com.tw/demo/b3-4-solidworks.asp

[11] National Instruments 官網-LabVIEW 參考網址：http://www.ni.com/labview/zht/

[12] 台灣 Wiki-三維印表機 參考網址：http://www.twwiki.com/wiki/%E4%B8%89%E7%B6%AD%E5%8D%B0%E8%A1%A8%E6%A9%9F

[13] 震旦 3D 印表機官網 參考網址：http://www.aurora3dprinter.com.tw/produc

t.php?utm_source=aurora3dprinter&utm_medium=website&utm_term=aurora3dprinter&utm_content=product&utm_campaign=product

[14] CCD 彩色校正板 參考網址：http://apostar.com.tw/products/e6ac7f2d.php

[15] 葉淑惠 2007 年 模糊控制 XZ 型二軸機械手臂的視覺伺服應用 中原大學 機械工程學系 碩士學位論文

[16] HSL 和 HSV 色彩空間 參考網址：http://www.rapidtables.com/convert/color/rgb-to-hsl.htm

[17] 徐啟勝 2011 年 基於雙眼視覺物件位置偵測及計算 中央大學 電機工程學系 碩士學位論文

[18] NI 官網 -Color Spectrum 參考網址：http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916P-01/nivisionconcepts/color_spectrum/

[19] NI myRIO: Servo 參考網址：https://www.youtube.com/watch?v=DOu5AvSDP2E

[20] 林宏偉 2007 雙向風扇馬達的雙迴路開關轉速控制 國立中山大學 電機工程學系 碩士論文

[21] 機器視覺 參考網址：http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%9C%BA%E5%99%A8%E8%A7%86%E8%A7%89

附錄

Vision Guided Robotic Arm Based on FPGA Integrated System

Department of Biosystems Engineering
National Pintung University of Science and Technology

Abstract

The objective of the research is to identify the features of targets, such as color and shape to guide the robotic arm to catch them. The robotic arm is developed from scratch. Firstly, it's developed and designed in SolidWorks, printed by 3D Printer, and assembled to the robotic arm. There is a web camera set to capture the images of working environment. The integrated system uses the images to recognize the working targets, and process the tasks appointed by front control panel. In this project, the system identifies the color of the ball and shows the color on front panel. If the color is selected on target list, then the ball will be grabbed by the robotic arm.

Keyword：NI myRIO, FPGA, image recognition, robot arm,

仿生機械魚之開發

黃國瑋 林岳憲 邱銘楷
指導老師 苗志銘教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題已完成一具可由智慧型手機APP遠端遙控的仿生機械魚，在魚體中主要有控制核心Arduino Nano單晶片和HC-05藍芽模組達到不同運動模式遙控之功能。程序上是將手機輸出之訊號透過藍芽傳輸至Arduino單晶片，由程式進行邏輯運算後，驅動伺服馬達使機械魚之推進與轉向裝置完成指令動作。例如作出週期性的擺振運動(Hunting motion)完成推進功能，藉此測試角度與頻率對魚體前進速度的初步分析。

關鍵字：仿生魚(Bionic fish) 、 3D列印機、手機APP、MPF

一、引言

近幾年來，有關仿生科技的研究與發展相當熱門，如力學仿生研究生物體結構的靜力、應力、運動學與動力學的特性。因此我們此次研究專題選擇了模仿魚類之運動，做出低耗能高效率的機械魚。[8]

仿生(Bionic)是指了解生物的結構和運動方式、能量等，利用這些生物原理，來研製新的機械和新技術、提供新的設計思想或解決現今機械技術的難題。

魚類經過長時間的演化，因而發展出巧妙的推進方法。因此本次以研究仿生魚游動時擺鰭運動的情形為目標，使用Arduino控制板與伺服馬達的控制，成功地作出週期性的擺振運動(Hunting motion)，藉此模擬實驗魚類前進所需的擺鰭運動。

本次研究以固定擺動角度(pendulum angle)改變頻率(Hertz)和固定頻率改變擺動角度兩種方式，藉此探究對推進力的影響。研究發現擺動頻率越高推進力越高，而大擺動角度相對小擺動角度有較大推力峰值的生成，但在小擺動角度且高頻擺動時能有效地降低阻力並維持較好的前進推力。

透過文獻回顧，撓性翼和剛性翼在推進係數的影響上並無太大差別，因此本次實驗直接選擇較容易取得和加工的剛性翼作為尾鰭與胸鰭的基礎。本專題目的在於將形成推進力之運動姿態分解並且量化為兩個物理項，分別為翼板擺動角度項、翼板運動頻率項，在不同因子水準下測試藉此瞭解主要影響推進機制的關鍵，並且找出在不同參數下之情況。根據本次實驗結果發現，翼板運動的頻率大小為主要推進力的重要因子。[2]

二、研究內容與實驗方法

2.1 研究內容：

本專題主要的研究目標，是致力完成一具有游動能力的仿生機械魚，系統規則上分下列幾個次系統方向進行,分別是仿生魚運動機構、電路控制系統、安裝組合與防水密封。

2.1-1 自然觀察法：

仿生魚的前期設計是透過觀察魚類的運動力學方式，將其分類成前進或轉彎、上浮下潛等問題，並從身體擺動的運動軌跡，以及實現尾鰭與胸鰭擺動的運動模式加以探討。由概念設計確定仿生魚系統分成實現擺動的機構設計與控制機構擺動速度與位置的控制系統；對於魚類運動形式分類，依文獻參考的推進模式，主要可分為 BCF 或是 MPF 兩大類。[7]

BCF：以全身魚體擺動推進或單獨尾鰭推進(body and/or caudal fin)。

MPF：利用魚體中間的一對胸鰭來推進 (median and/or pair fin)。

許多研究顯示，BCF 操控性較佳，並具有好的靈敏度；MPF 推進速度較慢，但穩定度高。

2.1-2 魚體機構系統設計：

依據功能性仿生之要求，本文仿生機械魚的系統設計細分為運動模式仿真、魚體密封、配重實際測試等三個部份。

運動模式設計：魚類在水中運動流暢性極佳，如何設計仿生魚之推進機構，使其像真實魚類的游動，且兼具仿生魚的功能性與可實現性，此設計是一個相當大的挑戰。仿生魚的設計目的是實現魚類前進與轉彎的功能性要求，因此機械構造與魚類是具有相當大的差異。魚是由多個關節組合與肌腱的拉伸達到運動功能；仿生魚為達運動功能是以 Arduino 控制板和致動器做成擺動關節模組，並由這些模組結合成擺動魚體機構達到如真魚般游動，依運動方式將分成前進的尾部擺動，游動中轉彎的胸鰭擺動；而尾部擺動角度經過文獻回顧得知**尾鰭最大擺角**於 0~25°時，尾鰭中心線與擺動軸之切線夾角增大介質對游動方向之分力的反作用力增大，推進力較佳；當尾鰭角度在 25°~30°之間，尾鰭幾乎水平橫向擺動其介質對游動方向之分力的反作用力幾乎垂直，因此無法產生有效推力；而尾鰭角度於 30°~40°時，尾鰭擺動其介質對游動方向之分力的反作用力與遊動方向已呈反向，因此既無法有推進反而產生游動的阻力。[7]

魚體密封設計：以仿生機械魚來說，魚體內一定會有使用電路控制系統，甚至會加入各式電子感測器，因此魚體結構的防水性與密封性極為重要。

配重：對於仿生魚之運動姿態調整，配重是相當重要一項工作。配重與浮力是息息相關的問題，配重是將穩定度實現的技術，也是控制預留浮力，本文仿生魚之浮力控制，必須將仿生魚配重到接近但是小於水的密度，使仿生魚能漂浮於水面上，且不會因水流或自身擺動而翻覆。[8]

2.1-3 電路系統設計：

對仿生魚來講，機構系統如同魚的身體，電路系統則是魚的大腦，藉由輸出信號控制致動器，達成轉彎、前進等功能。仿生魚的電路系統可分成控制中樞、驅動電路、控制電路等三種型式。

控制中樞：是以微電腦晶片為主，負責運算機構擺動的位置和速度。

驅動電路：設計驅動電路時，必須先決定致動器的規格，如何提供擺動的角度、位移量大小、頻率快慢、扭力大小與驅動電路的控制信號等。

控制電路：需考慮整體系統所提供的電源型態，感應方式與感應距離，為達仿生效果，控制器選擇以非接觸式為主，在考慮價錢與感測元件的相關電路，本文選擇藍芽遠端控制器來達成控制之目的。

2.2 實驗方法：

本次專題以 Solidworks 進行魚體設計，並且決定加工尺寸，以 3D 列印製造機構元件。電路控制系統依據設計製作硬體電路，組裝完成後，測試仿生機械魚運動之形態。

2.2-1 Solidworks 魚體結構繪製：



圖 1.魚體上身 3D 草圖

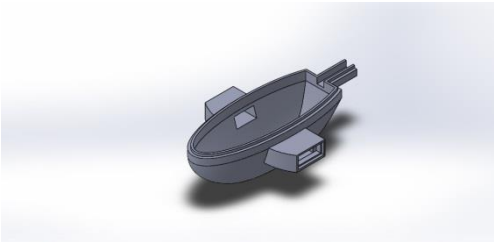


圖 2.魚體下身 3D 草圖

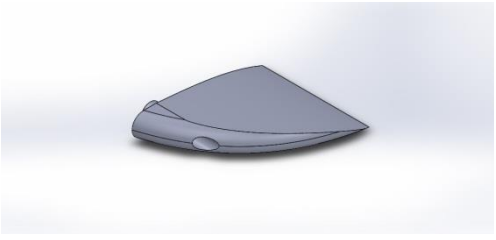


圖 3.魚體胸鰭 3D 草圖

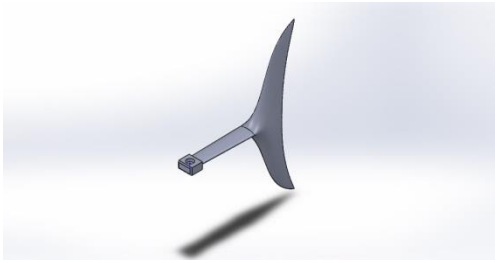


圖 4.魚體尾鰭 3D 草圖

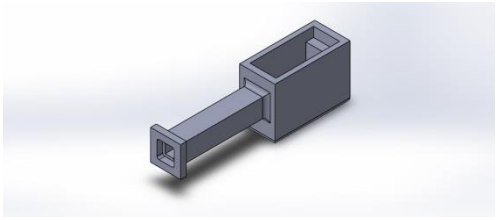


圖 5.尾鰭結構支撐桿 3D 草圖

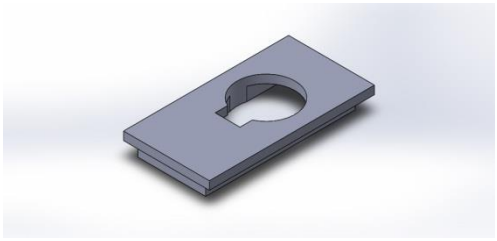


圖 6.胸鰭馬達防水蓋 3D 草圖

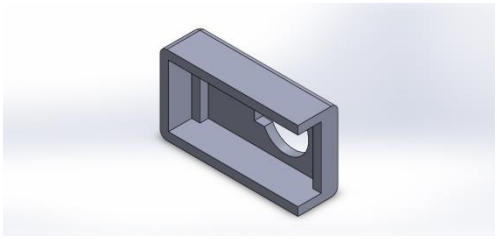


圖 7.尾鰭馬達防水蓋 3D 草圖



圖 8.魚體 3D 組合圖

2.2-2 3D 列印機製作流程：

3D 列印機

廠商:BQ

型號:witbox

簡介:

本 3D 列印機最大列印範圍為 297x210x200mm，以 PLA 線材做為影印材料，機器以 12V40W 之加熱管加熱至約 210 度，將線材融化進行疊置成形加工。

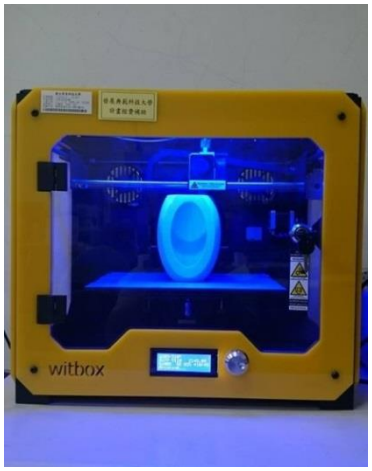


圖 9.3D 列印機



圖 10.3D 列印流程圖

2.2-3 電路控制系統規劃：

Arduino 控制板

廠商:Arduino

型號:Nano

簡介:Arduino Nano 是以 ATMega328 型號之微控制晶片(Mircrocontroller)作為 Arduino 與電腦溝通的轉換介面，使用者能透過 USB 將程式燒錄至控制板，而 Nano 特點為體積小、質量輕並保有 Arduino 的基本功能，故本次實驗使用此型號，可在配重與浮力方面較好進行調整。[1]

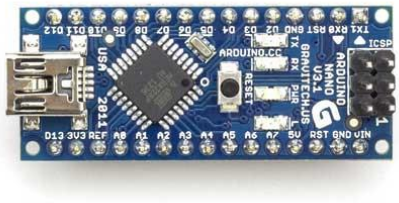


圖 11. Arduino Nano

藍芽模組

廠商:廣州匯承信息

型號:HC-05

工作頻率:2.4~2.48GHz

傳輸距離:無遮蔽物 10 公尺內

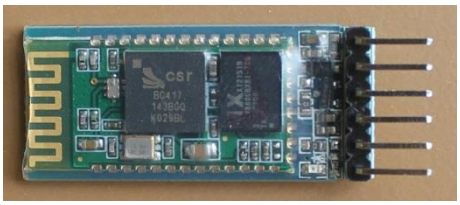


圖 12. HC-05 藍芽模組

魚體電路控制系統係以 Arduino 控制板供給電源 3.3V 給藍芽模組，使訊號從 RX、TX 端來回傳輸訊號後，經控制板輸出至對應的伺服馬達進行作動。

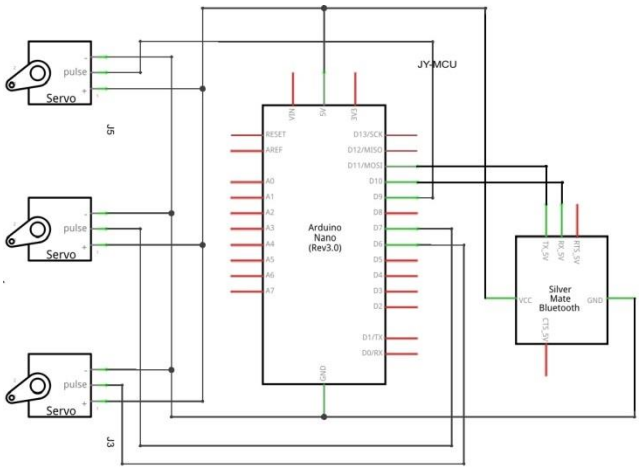


圖 13. 魚體控制電路示意圖

本專題之遠端控制系統係以 App Inventor 製作，其特點為以物件導向程式設計的方式進行簡易的程式製作，再封裝成.Apk 檔提供手機下載使用。[3] 圖 14、15.分別為操作流程圖與手機 APP 介面。



圖 14.手機 APP 介面

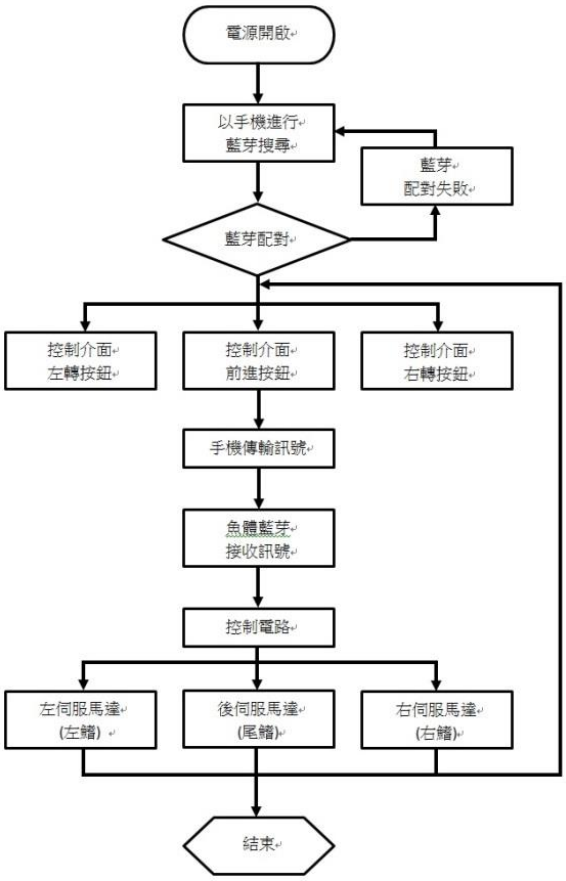


圖 15.藍芽操作流程圖

2.2-4 組裝與測試：

魚體之組裝先將伺服馬達裝至定位，將馬達防水蓋與尾鰭結構支撐桿之間隙以矽利康充填加強防水與固定，再將電池盒與控制系統之元件放入魚身進行配重與固定，鎖上胸鰭與尾鰭並調整至程式復歸位置，最後魚體放入水中進行平衡測試。 表 1.為重量實測數據。

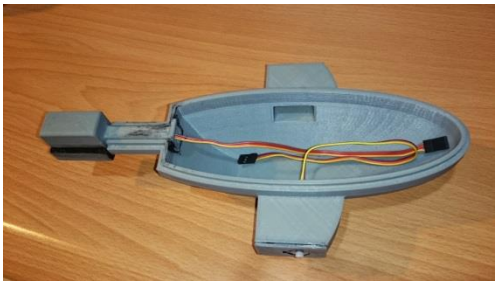


圖 16.魚體以矽利康接著組合圖

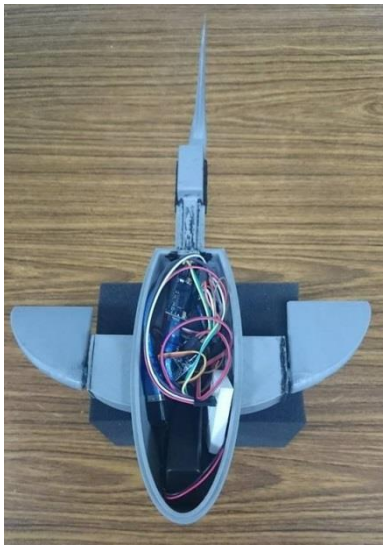


圖 17.魚體電路配重圖



圖 18.水中配重平衡測試

表 1.魚體結構組合測試

	名稱	實測重量(g)
1	組合魚體結構	311.4
2	組合魚體+伺服馬達(膠合)	353
3	完整魚體(包含電控系統、魚體、接著劑)	456.8

2.2-5 實驗設備與材料：

表 2.實驗設備

	設備名稱	規格
1	3D 列印機	BQ witbox
2	電子磅秤	AI-K1000HC MAX:1KG
3	熱熔槍	110V40W
4	電焊槍	AE 110V30W
5	三用電表	YFE YF-1000
6	吸錫器	DP-366D
7	類單眼數位相機	CANNON ExiliM
8	電池充電器	Balance Charger V3
9	矽利康槍	225m/9”
10	壓克力尺	45CM
11	測試水道	60x45cm 保麗龍自行製作
12	鐘錶起子	
13	智慧型手機	

表 3.防水與固定材料

	材料名稱	規格
1	矽利康	5100 中性黑色
2	3M 防水膠帶	銀色 24mm 寬
3	凡士林	
4	熱熔膠	
5	3M 雙面膠	
6	絕緣膠帶	

表 4.電子控制材料

	材料名稱	規格	實測重量(g)
1	SG90 伺服馬達	21.5X11.8 X22.7mm 2 顆	11
2	MG90S 伺服馬達	22.8X12.2 X28.5mm 1 顆	14.6
3	藍芽模組	HC-05 1 個	3.3
4	控制板	Arduino Nano 45X18mm 1 組	5
5	小型麵包板	46X35X10mm 1 個	12.8
6	杜邦電線	17 條	17
7	電池	7.4V 1300mAh	80.3

三、結果與討論

3.1 結果：

仿生機械魚完成後，首先量測出尾鰭擺動之位移量，再推算出實際擺動的角度，並將其結果與理論數值做比較，求出角度之誤差值；接著運用自製的測試水道，量測不同擺角與不同週期時，仿生機械魚之游速。

3.1-1 專題實體：



圖 19.仿生機械魚完成圖

3.1-2 靜態角度測試：

1.理論分析：Arduino 控制板中之程式，是以脈衝寬度(Pulse Width)的方法來調整伺服馬達轉動角度，因此可以從伺服馬達的規格表得到其值，加以計算出其擺動角度。

式 1.

$$90^\circ - \theta = \frac{180^\circ(T - 500\mu s)}{(2400\mu s - 500\mu s)}$$

θ ：擺動角度

T ：脈衝寬度

伺服馬達

廠商:TowerPro

型號:SG90



圖 20.SG90 微型伺服馬達

表 5.SG90 微型伺服馬達規格表

	規格名稱	數值
1	工作電壓	5V
2	最高轉速	0.10 sec/60°
3	旋轉範圍	0°~180°
4	脈衝寬度	500-2400μs

2.實測數據：首先利用直尺和相機搭配的方法量測出尾鰭擺動之位移量，再使用三角函數推算出實際擺動的角度，並求出各角度之誤差值。

式 2.

$$\theta = tan^{-1}(\frac{l}{H})$$

θ ：擺動角度

l ：實測位移量

H ：尾鰭長度

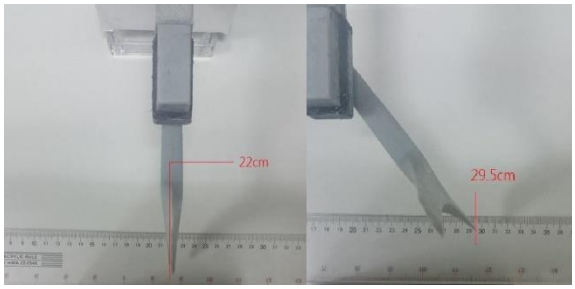


圖 21.擺動位移量之量測示意圖

表 6.理論與實際擺動角度之誤差測試

脈衝寬度(μs)	理論角度(°)	實際位移量(cm)	推算角度(°)	誤差(%)	平均誤差(%)
1800	33.16	7.5	34.29	3.4	4.43
		7.7	34.99	5.5	
		7.6	34.64	4.4	
1100	-33.16	-7.5	-34.29	3.4	3.73
		-7.5	-34.29	3.4	
		-7.6	-34.64	4.4	

3.1-3 週期與角度對游速之影響：

此測試是以 **1 公尺**的水道測試**定週期變角度**與**定角度變週期**探討其對魚身游速之影響。本次測試以探討固定週期於 150ms 胸鰭擺動角度 15、20、25、30、35、40 之影響；再以最佳推力之胸鰭擺動角度測試週期 100、150、200、250、300ms 之影響。

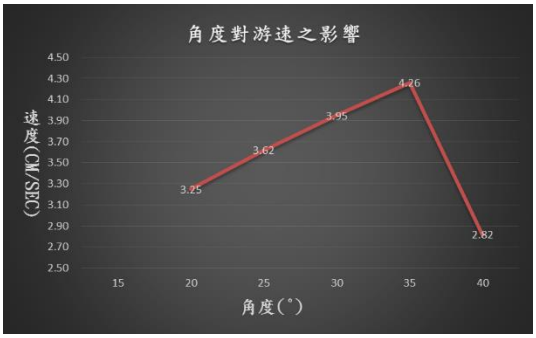


圖 22.角度對游速之影響

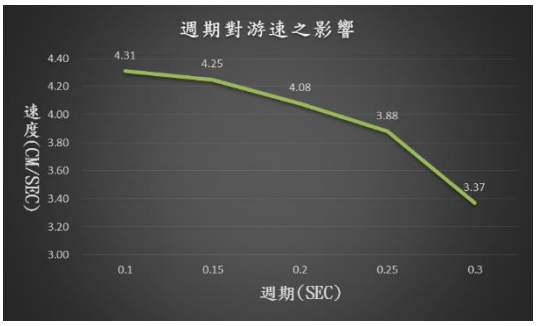


圖 23.週期對游速之影響

四、結論

經過本次的測試結果得到下列幾項結論：

1. 本專題由概念設計、次系統設計與製作一直到組裝測試完成整個仿生機械魚的製作流程。利用 3D 列印的魚體結構，電動機的選配，Arduino 遠端遙控與手機 APP 軟體的整合操作，已經呈現出初步的仿真成果。
2. 在 3D 列印機製作出的模型，其尺寸會比設計草圖上的原始尺寸來得大，故如要得到較高精度的模型可以選用其他加工方法製造或將草圖原始尺寸適當調整使之符合需求大小。
3. 因 Arduino 控制板的暫存器問題，導致手機傳輸之訊號只能依序完成指令動作，故無法在作動中插入另一訊號來改變或終止目前的動作。

4. 經過測試後，得知伺服馬達實際輸出角度與控制板所設定理論值的誤差約在 3~5%之間。
5. 透過角度對速度測試發現，胸鰭角度於 35 度時游動之推進力已達峰值，若再增加其擺角反而會產生游動阻力，影響魚體前進的速度。
6. 透過週期對速度測試得知，其週期越小所得到的推進力越大，而因週期為頻率之倒數關係，故測試結果與文獻數據相互吻合，但在週期 100ms 為伺服馬達之轉速極限，所以最後採用數值相近的 150ms 作為本次專題的胸鰭擺動週期。

五、未來展望

未來可能嘗試在魚體中加入 GPS 定位系統與各式感測器，使我們所製作的仿生機械魚能夠具有避障的功能，變成一具能自動收集與回傳數據，提供養殖業者完成遠端監控水溫水質溶氧量等因子，並且可以快速定位和找回在魚池裡所工作之自走仿生機械魚；而電源方面也可搭載太陽能板來作為機械魚的動力。

六、致謝

本次實務專題能順利完成，首先要感謝**苗志銘**教授，以及各實驗室學長們提供充足的實驗設備與細心又專業的指導，當我們實驗失敗或不知所措時，給予我們適當的建議與方向，並教導我們如何解決問題、查詢文獻、團隊溝通與分工的精神，雖然在過程中遇到許多挫折，但也因為這樣使我們從中學習到更多的經驗，最後在此向各位曾給予寶貴意見的老師、學長與同學，致上最高的謝意。

七、參考文獻

[1]Arduino 官方網站。參考網址：
http://www.arduino.cc/

[2]華藝線上圖書館-仿生擺振運動撓性翼之受力量測及分析。參考網址：
http://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=U0001-110220101021 3300

[3]APP inventor TW 中文學習網。參考網址：
http://www.appinventor.tw/ai2

[4]網昱多媒體。參考網址：
http://swf.com.tw/?p=759

[5]葉難 部落格。參考網址：
http://yehnan.blogspot.tw/search/label/Arduino

[6] Cooper Maa 部落格。參考網址：
http://coopermaa2nd.blogspot.tw/2011/05/arduino.html

[7]謝廣明、何宸光，2013，「自主仿生機器魚」，哈爾濱工程大學。

[8] 仿生魚之設計與製造。參考網址:
http://research.nkmu.edu.tw/%E5%90%84%E9%A0%85%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%B1%95/%E6%9C%AC%E6%A0%A1%E9%BC%93%E5%8B%B5%E6%95%99%E5%B8%AB%E5%8F%83%E8%88%87%E7%A0%94%E7%A9%B6%E8%A8%88%E7%95%AB%E7%B6%93%E8%B2%BB%E8%A3%9C%E5%8A%A9/98%E5%B9%B4/98%E5%B9%B4%E6%88%90%E6%9E%9C%E5%A0%B1%E5%91%8A/9-%E9%80%A0%E

8%88%B9%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E7%B3%BB-%E7%8E%8B%E6%B0%B8%E8%81%AF.pdf

八、附錄

附錄一（魚體程式碼）

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include<Servo.h>
#include <Wire.h>

SoftwareSerial BT(10,11);
Servo servoLeft;
Servo servoRight;
Servo servoDown;
char val;
int pos;
int pause=500;

void setup()
  {
  servoLeft.attach(9,500,2400);
  servoRight.attach(6,500,2400);
  servoDown.attach(7,500,2400);
  Serial.begin(9600);
  BT.begin(9600);
  }

void loop() {
     servoLeft.writeMicroseconds(1300);
     servoRight.writeMicroseconds(1600);
     servoDown.writeMicroseconds(1450);

  if (BT.available()>0) {
    val=BT.read();

 if(val=='a'){
   left();
  }

  if(val=='b'){
 right();
  }

  if(val=='c'){
 down();
  }

  if(val=='d'){
   tt();
   }
  }
}

void left() {
 for(int x=0; x<=4; x++) {
  for (int i=950;i<=1300;i+=100)
  servoLeft.writeMicroseconds(i);
  delay(200);
   servoDown.write(123);
  delay(50);
  for (int i=1300;i>=950;i-=100)
  servoLeft.writeMicroseconds(i);
  delay(200);
 servoDown.write(57);
  delay(50);
 }
}

void right() {
 for(int y=0; y<=4; y++) {
  for (int i=1600;i<=1950;i+=100)
  servoRight.writeMicroseconds(i);
  delay(200);
```

```
  servoDown.write(57);
  delay(50);
  for (int i=1950;i>=1600;i-=100)
  servoRight.writeMicroseconds(i);
  delay(200);
  servoDown.write(123);
  delay(50);
 }
}

void down(){
   for(int z=0; z<=5; z++) {
  for (int i=1100;i<=1800;i+=100)
  servoDown.writeMicroseconds(i);
  delay(250);
  for (int i=1800;i>=1100;i-=100)
  servoDown.writeMicroseconds(i);
  delay(250);
 }
}

void tt(){
  servoRight.writeMicroseconds(1600);
  delay(200);
  servoLeft.writeMicroseconds(1300);
  delay(200);
  servoDown.writeMicroseconds(1450);
}
```

附錄二（遠端控制 APP 程式碼）

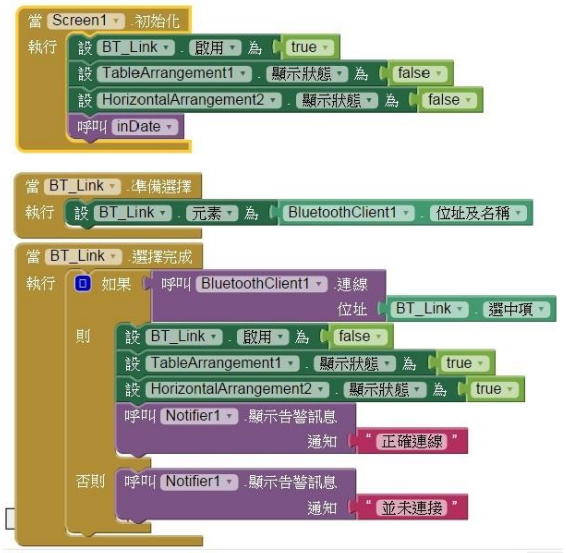


圖 24.APP 程式碼(a)

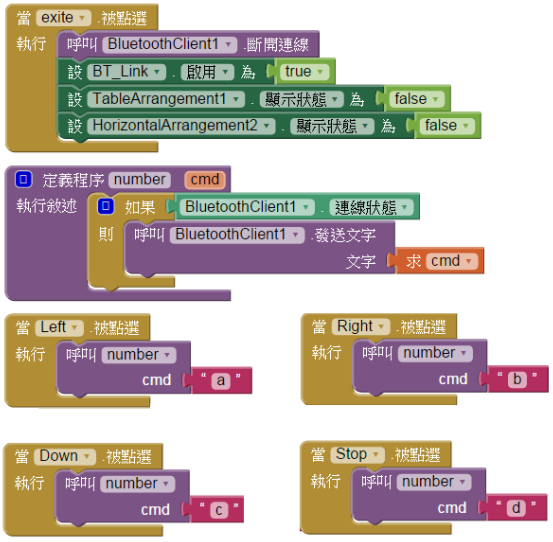


圖 25.APP 程式碼(b)

附錄三 其他



圖 26.PLA 線材



圖 27.測試跑道(1M)

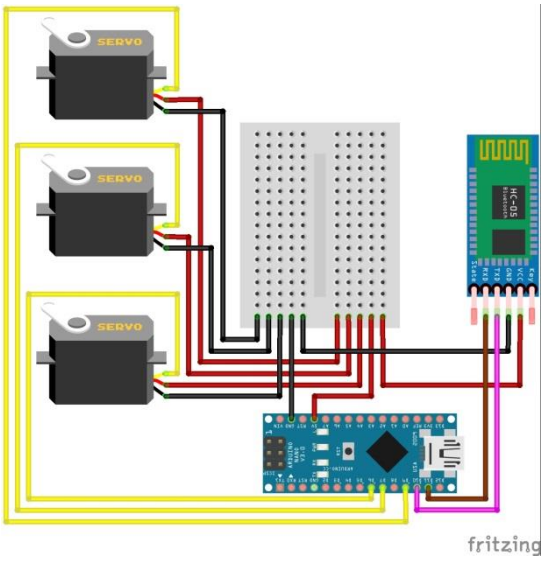


圖 28.電路配置圖

Development in Bionic machinery fish

Guo-Wei Huang
Yue-Xian Lin
Ming-Kai Qiu
Dr.Jr-Ming Miao

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This graduation project has succeeded in developing Bionic machinery fish to control the core of Arduino Nano and HC-05 Bluetooth modules on water by using smart phone applications. Smartphone signal transmits the signals to Arduino Nano via Bluetooth and follows by performing logical calculations so that it can drive motor to make Bionic machinery fish achieve the instructions. Through analyzing periodic hunting motion from Bionic machinery fish, we are able to measure the relationship among angles, frequency and speed.

探討不同光源對紅萵苣生長的影響

曾冠勳、蘇仁柏、蘇俊祺
指導老師：李經緯老師

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題旨在設計與製作一個小型植物生長箱，生長箱配備發光二極體(LED)進行補光、電源供應器、定時器、T5燈管、散熱風扇、溫濕度感測器；燈盤可配製成LED紅光640 nm(波長值)、藍光500 nm(波長值)及紫光400 nm(波長值)和T5燈管，我們使用不同LED燈條做不同的搭配，依據改變紅藍紫光比例調整光質，光暗週期設定為16小時/8小時。本生長箱無自動控制功能，主要以植物光源及散熱風扇控制生長箱內之溫度。本實驗使用紅萵苣(紅翠)作為對象進行栽培，生長環境條件之溫度23~27°C、濕度45~70%、EC值130~200 ms/m、pH值5.5~6.0。試驗分析何種LED補光比例對紅萵苣生長品質及轉色效率較佳，以及檢測紅萵苣之乾濕基含水率、葉綠素a；經葉菜分析發現所有光源比例搭配能使萵苣在生長過程中轉紅可進行收成，而紅紫光(4:1)搭配的轉色情形較為顯著。

關鍵詞：植物工廠、紅萵苣、LED

一.前言

1.1 研究動機與目的

由於氣候的變遷，造成全球暖化，使得許多作物不再像以往環境生長，而這樣的情況對人類有著直接性的影響，最主要的就是農業作物及糧食短缺的問題。當這樣的問題逐漸受到重視時，植物工廠也逐漸隨之而興起，當然大型的植物工廠是需要足夠大的空間去進行的，因此，我們此次的專題主要是讓每個家庭都能夠擁有一個能夠栽培作物亦能擺設至家裡觀賞的小型植物栽培箱。由於在室內所能控制的環境因子相較於室外會來的容易控制許多，所以我們可以儘可能的將環境控制在我們所希望的情況下，讓植物能在較能預期的狀況生長。

1.2 文獻回顧

紅皺葉萵苣屬不結球型萵苣，而萵苣發芽過程亦受制於紅光及紅外光之轉化，在紅光下可促進萵苣之種子發芽，而在紅外光下則有抑制效果。發芽適溫為 15～20℃。(高德錚，1996年)[1]。

植物工廠為採用室內生產，使作物獨立於外界環境的一種設施栽培模式，在監控作物的生長及環境狀態（如光照、溫度、濕度、二氧化碳濃度、養分及水）的同時，精密調控其環境條件，並預測生長趨勢，使週年生產得以落實(楊玉婷，2011 年)[4]。

LED 發光二極體(Light Emitting Diode)，是一種半導體固體發光器件，LED 相較於傳統燈泡，LED 壽命長、省電、較耐用、耐震、體積小、反應快，為短期內仍無法取代的照明設備。(蘇慧瑄，2007 年)[3]。

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。養液培養法的種類分為水耕法、礫耕法及砂耕法，而我們所使用的

是水耕法(高德錚，1988 年)[2]。

二、研究內容與方法

2.1 設計理念與概念

本次實驗最初的理念為自己想在家裡栽種蔬菜，不僅不用農藥的灑播，也不再需另外找地方來耕種，所以將這次的植物生長箱規劃成簡易、方便、多元化來做為這次的目標，適合喜歡體驗耕種的人。如要因應環境的氣溫來選擇蔬菜的話，內部可自行做調整即可。示意圖為下圖 1 所示。

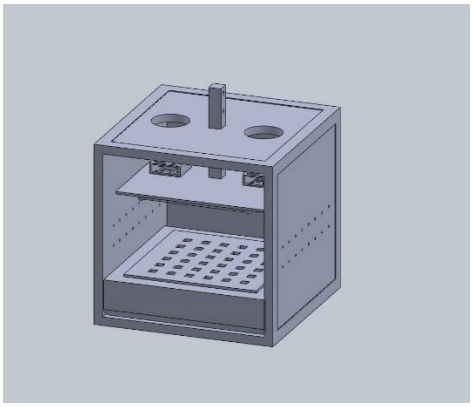


圖 1. 植物生長箱示意圖

2.2 植物生長箱的架構與組裝

利用角鐵和壓克力板來做為這次的主要構體，內部再擺放燈具、植栽槽，而尺寸可依需要的植物栽培床來設計訂製，內部也可自行拆卸或加裝，加工簡易。示意圖如圖二所示。材料如表一所示。

表一. 植物生長箱材料與器材

	規格	數量
角鐵	70cm 30mm	12
壓克力板	68cmx68cm 5mm	4
木板	68cmx68cm 4 分	3
電源供應器	12 伏特	1
T5 燈管	AC110V	4
開關	ON/OFF	1
LED 紅燈	12V 5050 燈條	12
LED 藍燈	12V 5050 燈條	12
LED 紫燈	12V 5050 燈條	12
定時器	24 小時制	2
植物栽培床	長 66 公分*寬 66 公分*高 14.5 公分	1
保麗龍板	長 60 公分*寬 60 公分*高 3.5 公分	1
油漆	白色	3

一開始我們先用工廠的電焊來組裝角鐵，做成基本的支架，再利用矽利康來貼黏三面壓克力板。最底層、最上層和中間隔板都用木板來放置，最上層擺放電源開關、安定器、風扇和電源供應器，最下層來放置植物栽培槽，中間隔板的上層為風扇和控制電路，而下層為自行配置的 5050 LED 燈條和 T5 燈管。本植物生長箱皆由 110 伏特來供電，只有 5050 燈條是由 12 伏特電源供應器來提供。



圖 2. 植物生長箱組裝

2.3 育苗方法選擇

水耕蔬菜皆是用泡棉來培育種苗，由泡棉來當幼苗的泥土讓幼苗能站立。而使用泡棉育苗有 4 種方法，這四種方法分別為移植、點播、灑播、點灑播。第一次我們先採用了點播法，而第二、三次我們選擇了點灑播法。育苗時所需的工具如表二。

表二. 育苗材料

	規格	數量
種子	紅萵苣(紅翠)	1

水耕海綿	25mm＊25mm＊25mm	16
鑷子		1
盆子		1
植物燈	紅:藍:白(2:1:1)	8

2.4 育苗流程步驟

1.點播法:

步驟一:先將種子夾入泡水海綿，放入暗房等待發芽，時間約三天。

步驟二:當在暗房有發芽時就可拿出，再放到太陽下日曬。

步驟三:在太陽下日曬到冒出幼葉 2~3 葉時即可放入植物生長箱去做培養。

2.點灑播法:

步驟一:首先我們先撒些許的種子在盆子裡，倒入些許 RO 水，到足以浸到種子就可，放置在陰涼處一天等待發芽。

步驟二:發芽後將芽放入已經泡好水的海綿裡，將整盆給植物燈照射如圖 5。

步驟三:照射一個禮拜後,幼苗有長出幼葉 2~3 葉後就可放入自製的植物生長箱裡如圖 6。植物光為一種強烈的紅光藍光白光所組合成的一長條燈管，配置比為 2:1:1(紅:藍:白)如圖 3 所示，光波長為如圖 4 所示。



圖 3.植物燈的配置比



圖 4.植物燈光波長



圖 5.植物燈

圖 6.幼苗

2.5 環境因素檢測

溫溼度計我們是放置於植物生長箱裡頭，作為每天測量。而 PH 值感測器和 EC 值感測器如圖 7 為三天測量一次，當發現水有異常現象時或水因燈源蒸發或根系吸水過多時，即可立即改善。光照度計、光譜儀如圖 8 和風速計為一開始就可測量數據。

圖 7.PH、EC 值感測器

圖 8.光譜儀

2.6 實驗階段性規劃

本次實驗預計進行二次種植在植物生長箱、一次種植在戶外的實驗。植物生長箱內種植的時間設定為 25 天可收成進行葉菜分析。而室外預計在第 25 天時同時進行收成進行葉菜分析。葉菜分析的數據包含株高、最長根細長、地上乾重、地上濕重、乾溼基含水率、葉綠素 a。株高、最長根細長測量方法就用尺測量即可，地上乾重則是先放在戶外讓他先曬一天，再放入烘箱如圖 10，時間為 1.5 小時，溫度設定在 105 度，而乾溼基含水率的算法如下

濕基含水率 Mw = W/(W+D)×100%

乾基含水率 Md = W/D×100%

乾濕基轉換 Md = Mw/(100-Mw)×100%

Mw:濕基含水率 Md:乾基含水率 W:水分重 D:乾物重

葉綠素的量測是使用 SPAD 502-PLUS 如圖 9 來做測量，主要是在一株萵苣當中選取 5 片葉子，在每片葉子中再個別選擇 3 個點進行測量，之後再將所有測量值進行平均已得到最終數據。而所需的器材如表三所示。

表三. 葉菜分析器材與材料

	規格	數量
烘箱	DOS-45	1
磅秤儀	秤量 1000g 最小表示 0.1g	1
葉綠素計	SPAD-502Plus	1



圖 9. SPAD-502PLUS



圖 10. 烘箱

三、實驗結果與討論

3.1 植物生長箱成品

研製的植物栽培箱分為三層，最下層為植物栽培床，中間層為燈源、補光和風扇，最上層則為所有電路系統的放置處，另外我們為了達到有效的空氣循環散熱，在除了外門之外的壓克力板做兩排風洞直徑為 10mm，讓空氣流通，以達到有效的散熱效果。成品如圖 11 所示，左圖為用木桿控制燈盤，右圖為螺桿控制燈盤。



圖 11. 植物生長箱

3.2.1 第一次試種實驗

第一次實驗在植物生長箱內種植，光照時數為 8 小時;燈光配置比是紅藍(4:1)為左箱，紫藍(4:1)為右箱的方式進行實驗，在實驗過程中的第 10 天發現莖有開始徒長現象，而之後越來越明顯，種植 25 天後收成。量測的數據包含株高(圖 12)、地上濕重(圖 13)、地上乾重(圖 14)、乾溼基含水率(圖 15)。

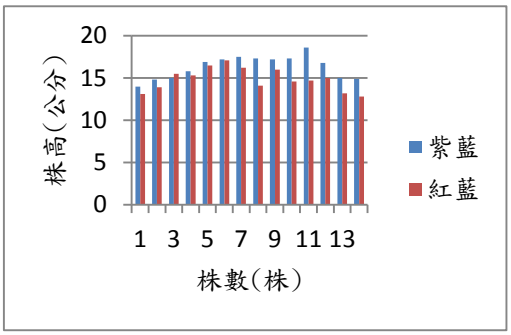


圖 12. 第一次實驗株高

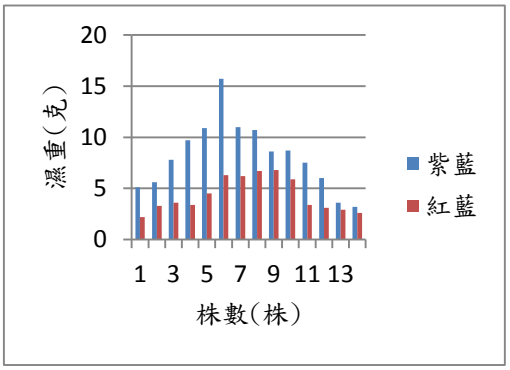


圖 13. 第一次實驗地上濕重

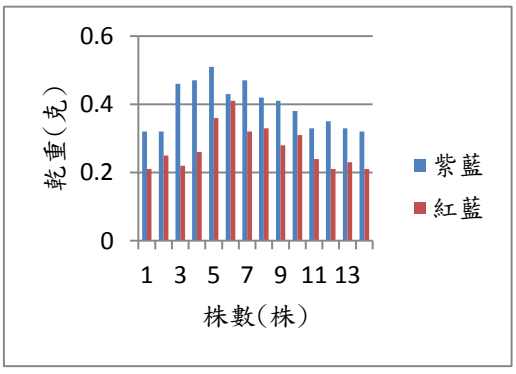


圖 14. 第一次實驗地上乾重

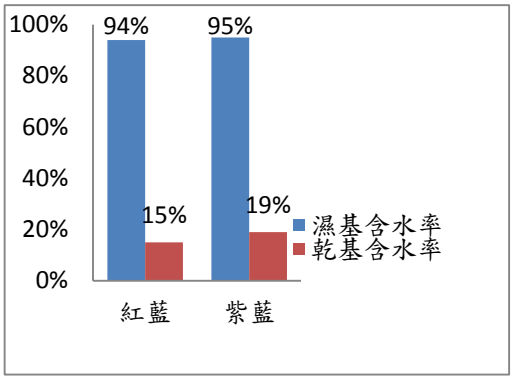


圖 15. 第一次實驗乾濕基含水率

3.2.2 第二次試種實驗

第二次實驗改變了日照時間的比例，光照時數由 8 小時改至 16 小時，而燈光配置比一樣是紅藍(4:1)為左箱，紫藍(4:1)為右箱。種植後的第 30 天收成。葉菜分析的數據包含株高(圖 16)、最長根細長(圖 17)、地上濕重(圖 18)、地上乾重(圖 19)、乾溼基含水率(圖 20)、葉綠素 a(圖 21)。

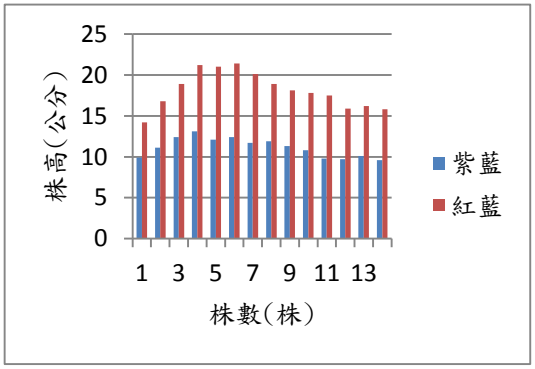


圖 16. 第二次實驗株高

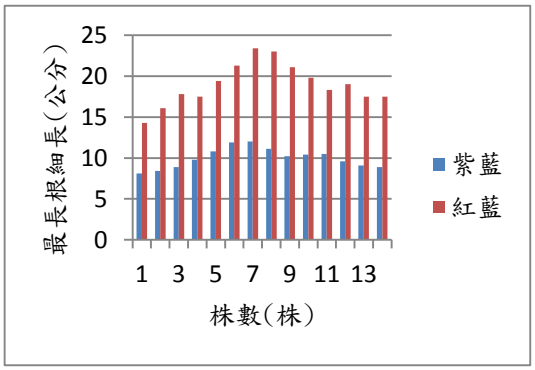


圖 17. 第二次實驗最長根系

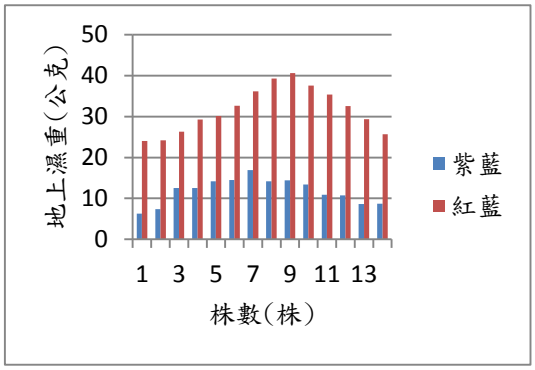


圖 18. 第二次實驗地上濕重

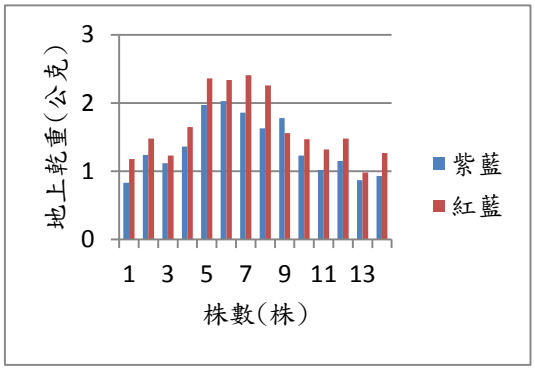


圖 19. 第二次實驗地上乾重

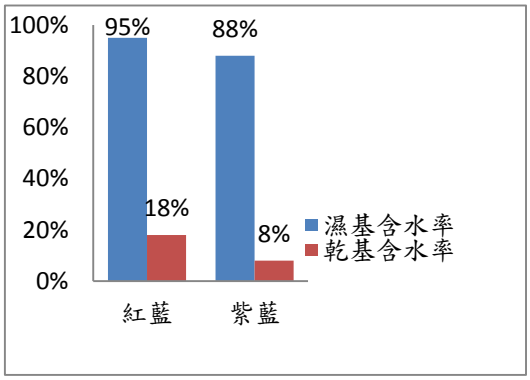


圖 20. 第二次實驗乾溼基含水率含水率

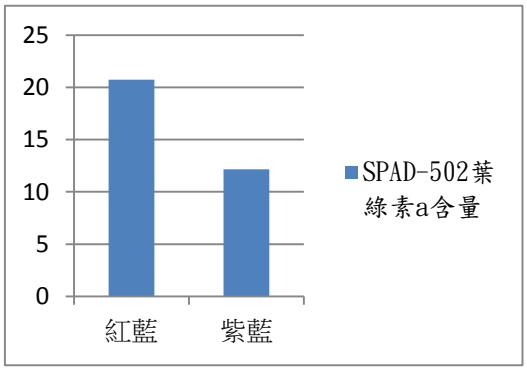


圖 21. 第二次實驗葉綠素 a 含量

3.2.3 第三次試種實驗

第三次實驗維持第二次實驗的光照時數16小時，而燈光配置比是藍紫(4:1)為左箱，紅紫(4:1)為右箱。種植後的第30天收成。葉菜分析的數據包含株高(圖22)、最長根細長(圖23)、地上乾重(圖24)、地上濕重(圖25)、乾溼基含水率(圖26)、葉綠素a(圖27)。

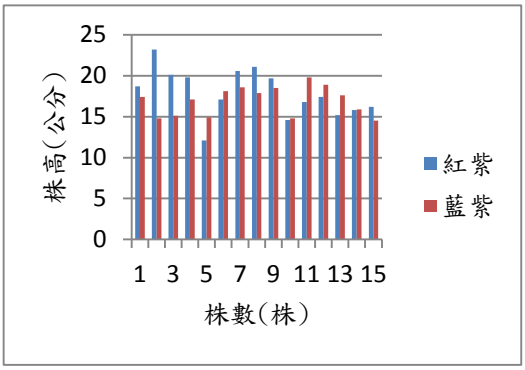


圖22. 第三次實驗株高

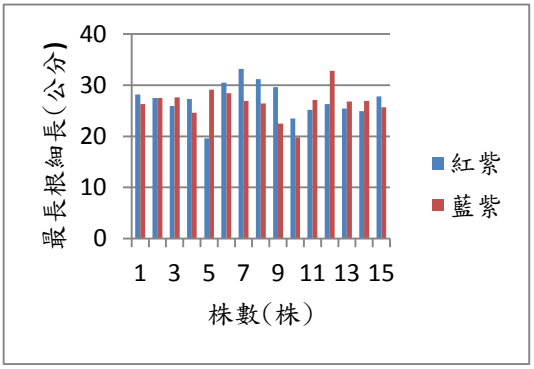


圖23. 第三次實驗最長根系長

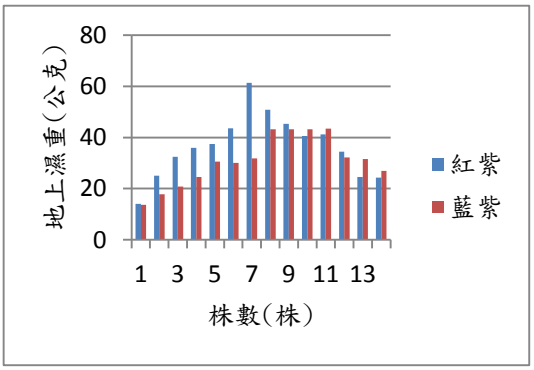


圖24. 第三次實驗地上濕重

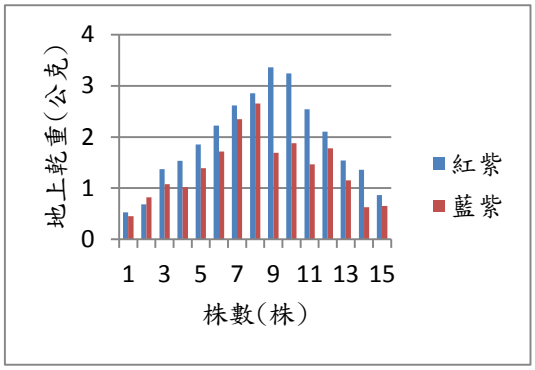


圖25. 第三次實驗乾重

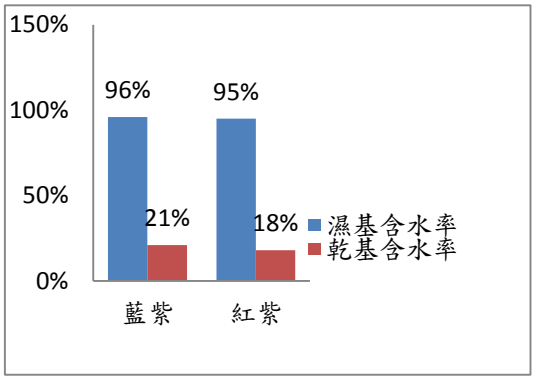


圖26. 第三次實驗乾濕基含水率

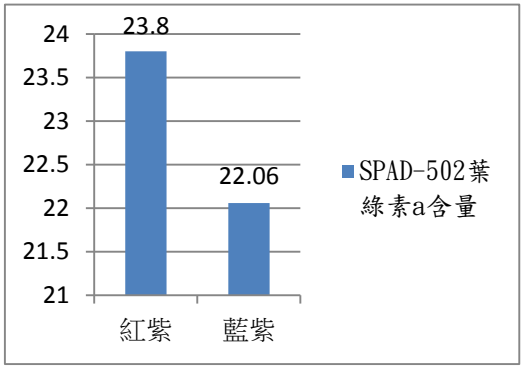


圖27. 第三次實驗葉綠素a含量

3.3 實驗結果

原本預計植物生長箱裡種植兩次，但第一次因風扇規格和日照時數的錯誤所以增加了第三次的實驗，總共進行了三次的植物生長箱種植實驗和一次的戶外種植實驗。

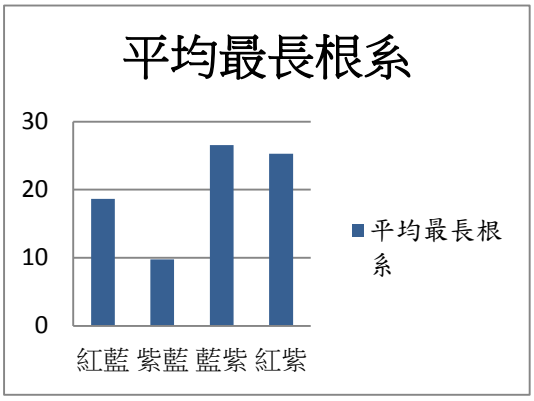


圖 28. 平均最長根系

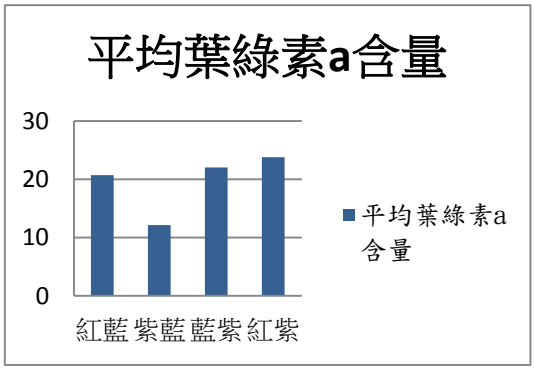


圖 29. 平均葉綠素 a 含量

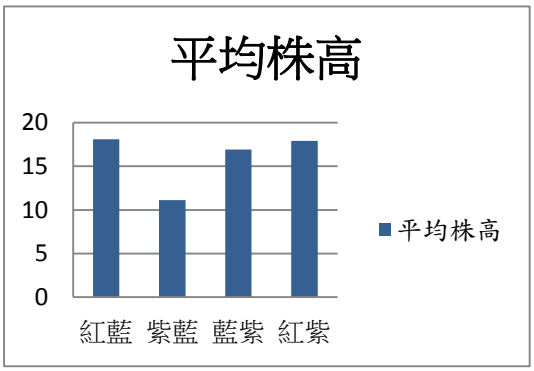


圖 30. 平均株高

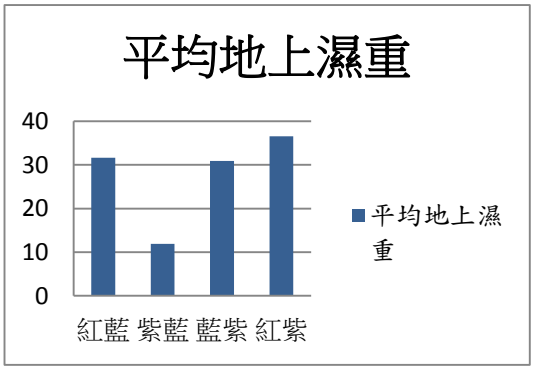


圖 31. 平均地上溼重

3.4 光源比較

在實驗當中有發現，在同一批植物生長箱內，所測量的株高、最長根細長、地上乾重、地上濕重皆有明顯性的差異，而我們所探討的首先要點就是光。植物生長影響主要原因為光亮度和光譜，所以我們利用光照度計和光譜儀測試這 15 個點，這 15 個點的標示如下圖 32. 所示。

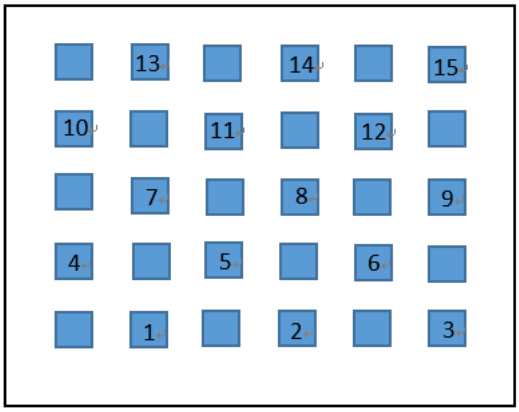
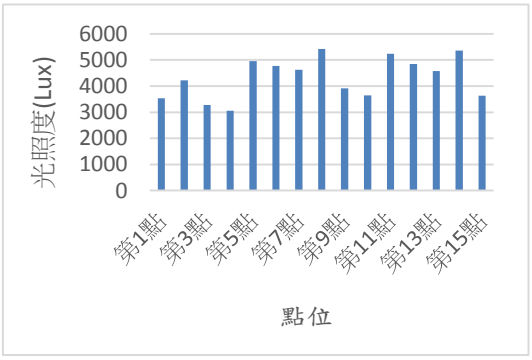


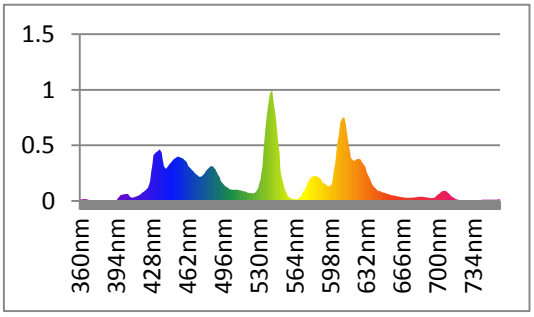
圖 32. 光源點配置圖

3.4.1 紅藍光比(4:1)

光照度分置圖

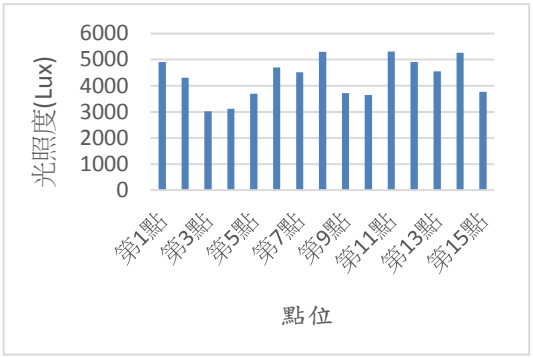


光譜分置圖

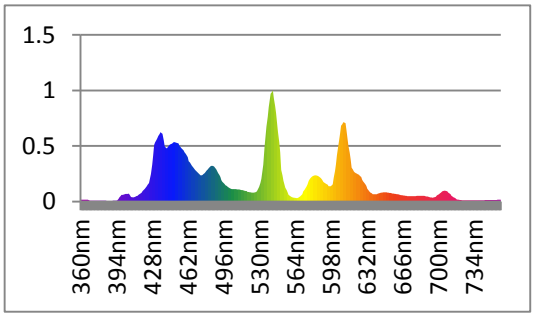


3.4.2 紫藍光比(4:1)

光照度分置圖

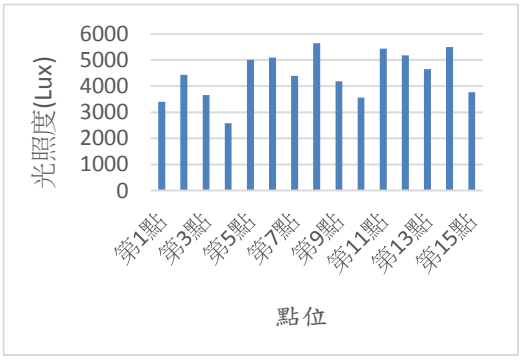


光譜分置圖

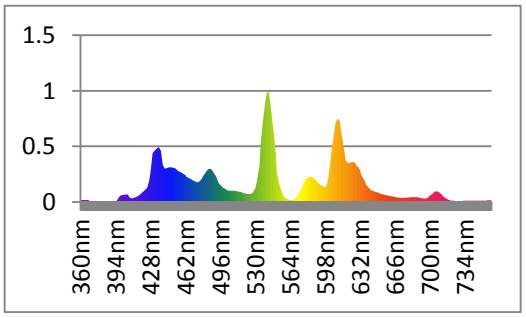


3.4.3 紅紫光比(4:1)

光照度分置圖

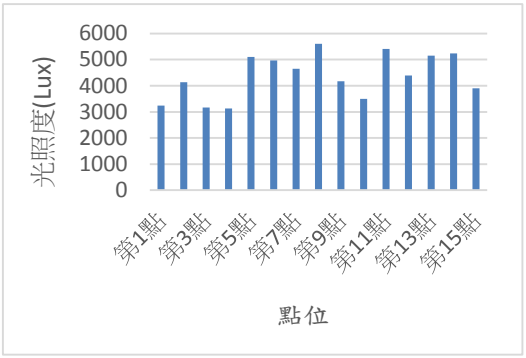


光譜分置圖

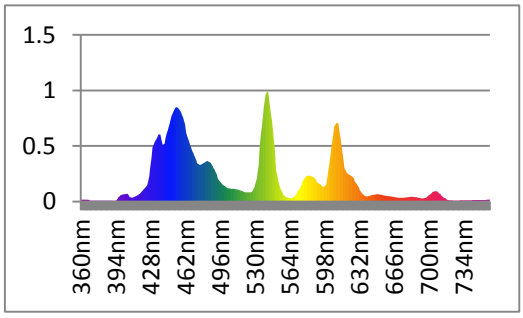


3.4.4 藍紫光比(4:1)

光照度分置圖



光譜分置圖



我們發現栽培床的邊緣位置通常具有較低光強度，導致其生長狀況大不如其他植株。(示意圖如下圖 33、圖 34)。

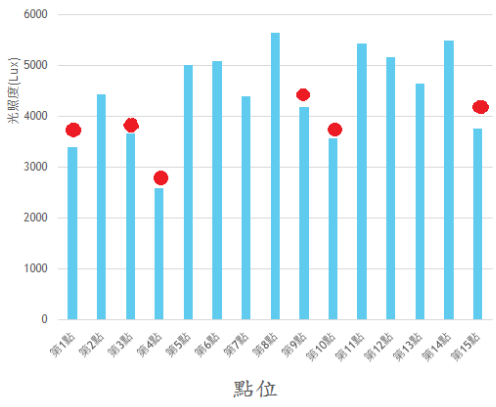


圖 33. 紅紫光的光強度

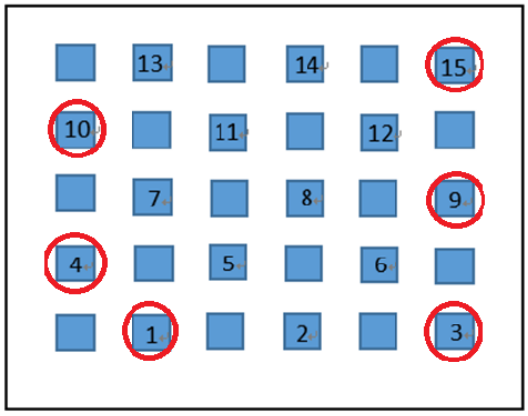


圖 34. 分布圖

四、結論

4.1 機構部分

第一次實驗後發現光照度和日照時數不足，以至移入栽培箱後 10 天導致莖徒長及白化現象日趨明顯。我們的改變方法則是將燈盤間隔距離縮短，而日照時數由 8 小時改成 16 小時，增加其光照度。

4.2 光源比較

在後兩次實驗中，搭配有紅光的補光組合下，其植物株高、葉綠素 a 含量及其他生長情形，都較優於藍光的補光組合。

主要是因為紅燈光是被葉綠素吸收最多的光線部分，並能促進葉綠素的形成，且有最大的光合活性。

4.3 育苗部分

第一次育苗時室外陽光較弱，導致徒長現象，因紅萵苣本身具有喜光性和冷涼性，加上其種子在紅光照射下有利於發芽情形，所以我們使用點灑播法搭配紅植物光育苗，其結果優於點播法，也有利於植物之後的生長情況。相較於點播與撒播方式。

4.4 種植實驗

第一次實驗左右兩栽培箱風扇規格不同導致我們不能比較兩者生長差異。

後兩次栽培箱內種植結果與戶外對照組比較(25 天時)，無論葉片數、葉寬或株高皆是室內較佳，在種植 30 天後種植在開放戶外的紅萵苣因為沒有保護的裝置，全部被菜蟲啃食精光，而室內栽培箱裡的紅萵苣生長情況良好，所有光源比例搭配能使萵苣在生長過程中轉紅可進行收成，而紅紫光(4:1)搭配的轉色情形較為顯著。

4.5 電路系統部分

第一次實驗左右栽培箱風扇規格不同，導致溫度差異，影響其發育情形。

後兩次實驗時，因夏天溫度箱內溫度過高，在風扇 16 小時運轉過程中，無法有效的排出燈源所散發的熱能，導致栽培箱內溫度容易受到外界溫度影響，無法將箱內溫度控制在最有利於植物生長範圍，若能搭配其他感測元件，配合排風孔的擴大，能只植物有更良好的生長環境。

五、 致謝

本專題可以如期順利完成，首要感謝我們李經緯老師在我們遇到瓶頸時指引我們專題進展方向，不管大大小小的問題都耐心的為我們解答，讓我們學到的不只書本上的知識，還有做實驗堅持不懈的態度，也特別感謝張仲良老師、李柏旻及苗志銘老師實驗室提供我們測量儀器設備還有各實驗室學長細心的指導，不斷的給予我們提點鼓勵，謝謝曾經幫助過我們的老師學長們，沒有你們一臂之力沒有今天的我們，在此至上最誠摯的謝意。

六、 參考文獻

[1]高德錚，1996 年，台中農業改良場-生菜萵苣知多少。

[2]高德錚，1988 年，水耕栽培實務手冊。
[3]蘇蕙萱，2007 年，台灣 LED 產業上中下游專利佈局之比較研究。
[4]楊玉婷，2011 年，全球立體農業與植物工廠發展趨勢。

附 錄

Inquire into the different light source to the influence that the red lettuce grows.

Guan-Syun Zeng, Ren-Bo Su, and , Jyun-Ci Su
Advisor: Jing-Wei Li

Department of Biomechatronics Engineering National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This special subject aim is in the design and manufacture a small scaled plant growth box, the growth box equipments give out light diode(LED) to carry on repairing light, power supply, in fixed time machine, T5 light tube, heat elimination fan and degree of humidity's sensor.

The light dish can prepare into LED red light 640 nms(wave-length value), blue light 500 nms(wave-length value) and purple light the 400 nms(wave-length value) and T5 light take care of, we use the different LED light to do dissimilarity of match, according to change red and blue and purple light the proportion adjust light quality, light the dark period set for 16 hours/8 hours.

This growth box without automatically control the function, mainly control the temperature in the growth box by the plant light source and the heat elimination fan.This experiment uses red lettuce(red Cui) as the object to carry on the cultivation and grow the temperature under environment condition 23~27 ° C, degree of humidity 45~70% and EC be worth the 130~200 mses/m, pH 5.5~6.0.Experiment analysis what LED repair light the proportion grow to the red lettuce.

顱內血腫模型製作與體積測量方法比較

學生姓名：黃柏源、鄭名志、王崢
指導老師：蔡循恒

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

腦出血體積量測多採用多田公式來估算，雖然其計算處理很快但是數值卻多不準確。本研究旨在利用電腦斷層掃描快速無創的掃描成像能力，對模擬材料進行掃描並計算體積數值以供給我們為開發程式的參考標準，設計出血腫體積測量程式。研究最後發現，被量測物體之外形影響X光的偏折導致影像成像會造成後續計算的誤差原因，儘管影像成像與實際物體不一，從數據結果觀察得出 CT 定量法由於其計算處理的方式,其準確度最高;多田氏公式法在實驗過程中，其計算簡單故運算速度最快；最後 PC 法由於其計算原理與 CT 一樣，我們在準確度與計算速度都將之完備，故效率最好。

關鍵字：
電腦斷層掃描；影像處理；CT 定量法；X光；腦出血

一、引言

由於腦內出血的體積已經證實是一個評估患者是否會死亡的一個標準[1]，因此對於顱內血腫的體積進行正確、嚴謹的評估具有重要意義。血腫體積估測過大或過低，都會影響醫師的初始決定和評估患者的轉歸，血腫體積的準確評估也是臨床和實驗模擬模型入選指標的一個參考[2]，不斷研究探索適合血腫體積的影像和適當的數學計算具有重要意義。

損傷性顱內血腫在臨床醫學和法醫臨床學中，佔有十分重要的地位[3]。不論是定量還是定性，目前準確判定血腫體積尚有難度,臨床上常用日本多田氏公式法計算顱內血腫體積的近似體積,應用原理是將血腫體積理想化為一個橢圓球體來進行體積計算[4]，由於多田氏公式法是由理想橢圓形進行血腫估算，而實際血腫形狀多為非橢圓狀，因此若以多田氏公式法估算，則會造成極大的誤差，誤差原因除了與選擇的計算方法有關之外，血腫形狀的多樣性是體積評估方法產生誤差的主要原因之一[8]。所以快速、準確、無創的測量顱內血腫體積，有助於臨床醫生預測病情發展、選擇治療方案和評價治療效果。

西元 2009 年劉敏、楊軍、胡玉蓬等人將檢驗室多餘的不用的血標本(臨床上均已經過抗凝處理)收集起來用量筒準確測量後倒入小塑膠袋密封，再將裝滿血液的小塑膠袋放入盛滿等滲鹽水的大塑膠袋並懸浮於等滲鹽水中，最後將其放在頭顱骨標本的顱腔內，製成腦內血腫模型，在 CT 下斷層掃描。[15]

西元 2010 年閔樂卡、劉懷軍、李劍頃等人用一個長方形的容器裝滿水和顯影劑的均勻混合物，CT 值 20-30HU，類比腦組織，用塑膠套裝上造影劑與水的混合物,攪拌均勻後 CT 掃描,確定其 CT 值在 50-70HU 模擬顱內血腫。按體積分為 5ml, 10ml, 15ml, 20ml, 25ml, 30ml, 35ml, 40ml, 45ml, 50ml, 共十組。每組接受十次 CT 掃描，每次掃描前改變塑膠套的外形，使模擬血腫的外形不規則且每次形態不一。再分別運用 CT 三維重建法及傳統的多田法對每次掃描的圖像體積進行 10 次測量，然後對兩組資料進行配對 t 檢驗最後對有統計差別的區間,再分為 5 組,每組差別 1ml 用上述同樣方法進行掃描、測量及統計分析[16]。

我們透過上述兩則文獻設計出實驗方式，藉由模擬模型的實驗來達到開發計算體積軟體的功效，以及建構一套實務操作的教學流程,應用在醫學影像處理,使學生能先一步透過模擬材料之影像數據進行模擬實習、估測等各項技術的驗證平台。

二、研究內容與方法

2.1 研究目的

本研究透過製作不同外形的腦出血血塊模型，用 CT 電腦斷層掃描機進行 X 光掃描，再運用不同的體積量測法進行量測，比較 CT 量測法以及多田公式法的特色與優點以及不同外型腦血塊對量測準確度的影響，最後歸納及分析各自的準確性、穩定性及量測效率，並提供醫院在日後量測患者腦出血血塊體積時，有更準確迅速的選擇。

2.2 理論分析

如圖1所示，X光會先從照射端射出穿透量測物，而從量測物出來的光線交由成像端收集，成像端會把收集到的光線轉換成影像讓日後醫療人員診斷及進行體積量測，電腦斷層掃瞄後的影像成像，會根據人體組織的密度（HU值）而呈現明暗變化，密度愈高則愈亮，反之則愈暗。本研究旨在模擬腦組織及腦血腫，腦組織與腦血腫於CT電腦斷層掃瞄後的影像成像密度呈現如圖2所示。其中腦組織相較於腦血腫的密度低

故其於圖2成像顯示為灰濁色區域；反之，腦血腫密度較高於腦組織，成像顯示較明亮，如圖2的紅圈區域。

而量測腦血腫的方法就是利用HU值的設定來進行量測，先把所有腦血塊圈起來，再輸入腦血塊的HU值，此時電腦會自動計算在圈圈內所有符合該HU值的體積，此量測方法是CT定量法和PC法的量測原理。

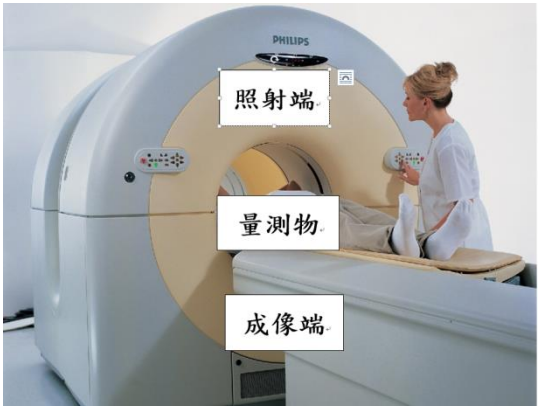


圖 1、CT 的照射端、量測物、成像端分佈

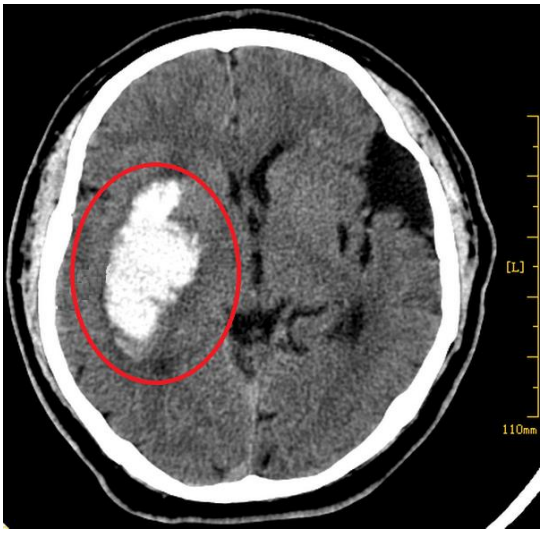


圖 2、顱內出血 CT 掃瞄後的影像成像

2.3 模型介紹

如圖 3 所示，紅圈區域為方形體模擬腦血腫，我們透過製作模擬腦組織模型，預留中間凹槽部份當作模擬腦血腫的方形體形狀；圖中黃圈區域為圓柱體模擬腦血腫，我們採用圓柱狀的針筒來行成模擬血腫。本研究設計方形體模型及圓柱體模型是要探討光對平面及弧形面各自的影響，先各自用 CT 掃瞄機掃描，在用不同量測軟體進行體積量測，收集兩種模型的數據進行長條圖比較。

顯影劑（Developing agent；Developer）使感光材料經曝光后產生的潛影顯現成可見影像的藥劑，產生影像的過程稱為顯影。黑白顯影是使曝光后產生的潛影銀顆粒還原成金屬銀影像。AgBr+顯影劑→Ag↓+顯影劑氧化物+Br^-而彩色顯影，除上述反應外，顯影劑氧化物並與乳劑層的成色劑作用生成有機染料。常用的黑白顯影劑是硫酸對甲氨基苯酚（米吐爾）、對苯二酚（幾奴尼）等。一般醫療使用中，顯影劑與保護劑、促進劑、抑製劑等配成顯影液使用。

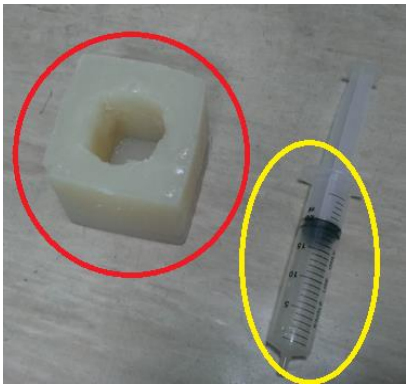


圖 3、左(紅圈)為方形體模型
右(黃圈)為圓柱體模型

本研究利用顯影劑高 HU 值的特性，進行稀釋調製成我們實驗需要的血腫密度以模擬血腫。由於顯影劑為液體狀，故我們採用圓柱狀的針筒進行模擬血腫，並製作模擬腦組織 HU 值的洋菜凍，透過凹槽的設計進行方形體的模擬血腫。

2.4 模型設計理念

本研究在實驗初期推測，由於一般光會因為光的特性在穿透到不同介質時，入射角的不同會影響出射角的差異，同理推論 X 光，儘管它是直接穿透物質，若入射角與出射角不一致，那麼在成像端收集到的影像將因角度的差異導致成像與實際體積不一致。

根據光學原理，假若模型表面是非平面，是凹面、凸面或是由數十個不同曲面所組成的粗造表面，當光穿透曲面時，會發生聚焦及發散現象(如圖 4 所示)，這時候光線照射量測物的形式及角度會和從量測物出來大為不同，由此可見掃描後進行體積量測時，所獲得的量測體積和實際體積會有很明顯的誤差。

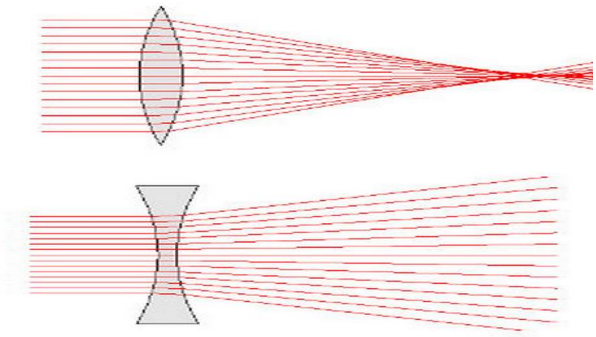


圖 4、光穿透內凹物體及外凸物體的光學變化[17]

藉由圖 4 可得知，假若模型選擇圓弧表面，不論是內凹還是外凸皆會影響光學聚焦及發散。因此由圖 5 同理根據，當 X 光穿透凸型物體則會發散，使得成像端蒐集到的影像比實際還大，當 X 光穿透凹型物體則會聚焦，使得成像端蒐集到的影像比實際還小。

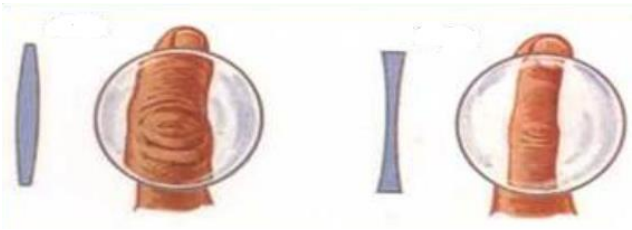


圖 5、光穿透內凹物體及外凸物體的光學變化[18]

假若選擇表面為平面的模型，當光穿透物體時不會產生聚焦或發散現象，而是平行出來，在成像端形成的影像與實際大小較為相近。如圖 6 所示，若光射進量測物的角度與光從量測物出來的角度相等，根據平行特性可知左右兩條用箭頭標的黑直線必定等長，若此量測物掃描後進行體積量測，所獲得的體積與實際體積誤差最小。

我們藉由不同外形的模型來進行 X 光掃描，再利用不同的體積量測法取得數據，觀察不同外型於不同量測法產生的誤差大小。

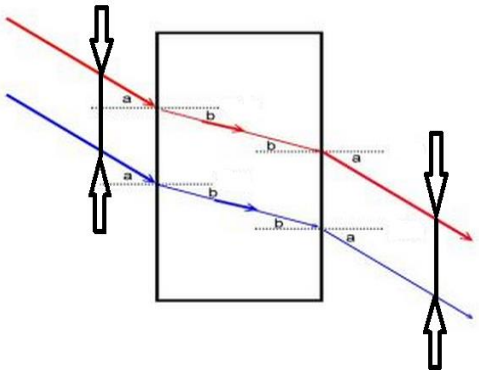


圖 6、光穿透表面平面物體的光學變化

2.5 量測體積方法介紹

2.5.1 多田氏公式法

1981年由日本的多田提出，是臨床粗略計算腦出血量的一種簡便方法。多田氏法的應用原理即是將血腫體積理想化爲一橢球體，從而公式表達爲(1)式。公式(1)式所示，a代表最大血腫面積層面的長徑，b代表最大血腫面積層面上與最長徑垂直的寬徑，c代表CT照片中出現出血的層面數，m代表層面厚度（單位為cm）。

$$V = \frac{1}{6}\pi \times a \times b \times c \times m \qquad (1)$$

2.5.2 CT定量法

CT面積測量計算法，爲普及型CT標準配置，用CT配備的計算軟體將每一切層（Slice）的血腫面積畫線包圍起來得到面積，再乘以層厚以得到每一切層血腫體積，再將之加總起來以得到血腫總體積。CT面積法使用軸位影像，層厚爲5mm層間距爲0mm。人工描劃血腫邊緣作爲感興趣區，電腦自動計算血腫面積。面積乘以層厚即得單層血腫體積，將多層血腫體積相加即得全血腫體積，有研究證明了此種方法對血腫的測量準確性最高。

本研究的實驗，採用廠SIEMENS 16列CT掃描機、型號SOMATOM EMOTION，腦部CT影像切層厚度（Slice Thickness）為5mm和0.75mm，掃描環境為130kV、285mAs，血腫模型形狀呈方形體和圓柱體。

2.5.3 PC量測法

所謂的 PC 法就是把 CT 掃描取得的 Dicom 成像檔案轉檔放入個人電腦，再以程式設計之軟體進行體積量測。

首先把Dicom圖像轉換成使用者設定之WindowCenter及WindowsWidth下的圖像，使得圖像中每一相對密度值有各至對應之灰階值(介於0~255之中)。設定待測物之相對密度值範圍(軟體會轉換成對應之灰階值)，接著圈選待測物程式會把符合相對密度值範圍內的像素進行累計，最後乘上切片厚度和單位換算得到量測體積值。

2.6研究流程

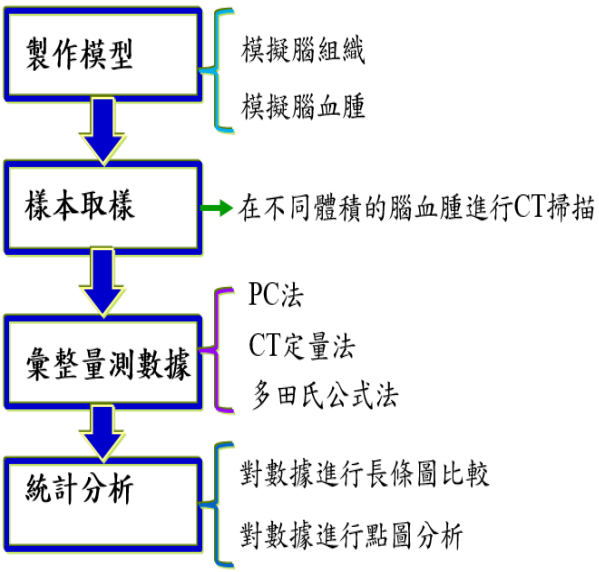


圖 7、研究流程圖

本研究旨在利用電腦斷層掃描（Computed Tomography，CT）快速且無創的掃描成像能力，對模擬材料進行掃描並計算體積數值，以供給我們觀察 CT 定量法、多田氏公式法與 PC 法三者的差異性。

其實驗設計理念有三，其一設法將腦組織模型以及腦血腫模型兩者結合；其二模擬材料的體積 CT 掃描成像；其三對三種測量法取得的體積數據進行長條圖比較與點圖分析。

三、結果與討論

本研究是藉由在不同腦血腫體積的狀態下進行量測，在腦組織外型的塑形過程中，發現模型表面的曲率、平行度及粗糙度皆會造成光學的折射與反射，所以在成像端接收到的光學影像會因此受到嚴重影響，使 CT 掃瞄後的影像成像於計算體積數據時會造成極大的誤差。

如圖 8 所示，顯示兩個不同的模型，一個是具有水平表面的模型（橙圈區塊中較明亮部分），另一個是具有圓弧表面的圖形（紫圈區塊最明亮部分），各自是實際體積為 20ml 的模擬血腫。而經過 CT 電腦軟體計算體積後，其結果如圖 9 所示，水平表面的模型（橙圈區塊）呈現 19.11ml，而圓弧表面的圖形（紫圈區塊）呈現 15.75ml。此結果可以很明顯的看出其中差異。

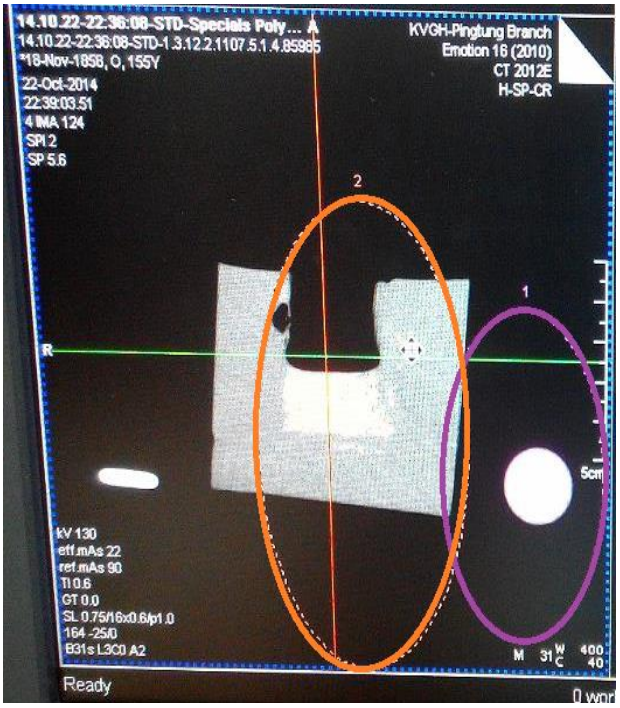


圖 8、左(橙圈)為方形體模型
右(紫圈)為圓柱體模型

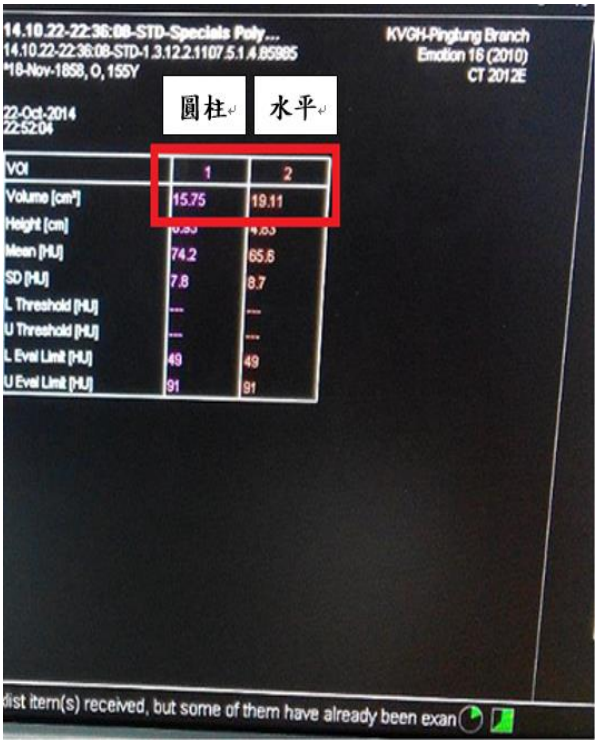


圖 9、CT 電腦軟體計算體積之結果呈現

本次研究參考文獻以稀釋顯影劑為模擬腦血腫型，洋菜粉製作凍狀組織粉，是由紅褐藻類提煉而來生洋菜白色半透明的市面上可買到狀、角條絲等不同型態。在食品加工的用途上，可做布丁、果凍茶咖啡等我們透過調整濃度來控制其 HU 值。在研究考量上，我們以製作花費時間少、成本低及可普性為目標次試驗發現未凝 結成凍狀固體的洋菜膠，有可塑性質在未來以將此研究更深入應用到腦血腫模型隨意改變其形狀。

本研究是藉由在不同腦血腫體積的狀態下進行量測，於頭顱是一種封閉空間當組織模型 完成後為封閉定型的狀態，因此於外部注入進腦組織內極困難。另一方面，在腦組 織外型 的塑形過程中，發現模表面的曲率、平行度及粗糙皆會造成光學的折射與反，所以在成像端接收到光學影會因此受嚴重響使 CT 電腦斷層掃瞄後的影像成於計算體積數據時會造成極大的誤差。

我們設計兩個程式流程圖以闡述本次研究的開發，其一為轉檔流程圖，轉檔過程中使用的窗寬、窗位是由 Dicom 內部取得；其二為體積運算流程圖，體積計算時的像素間距由 Dicom 內部取得。

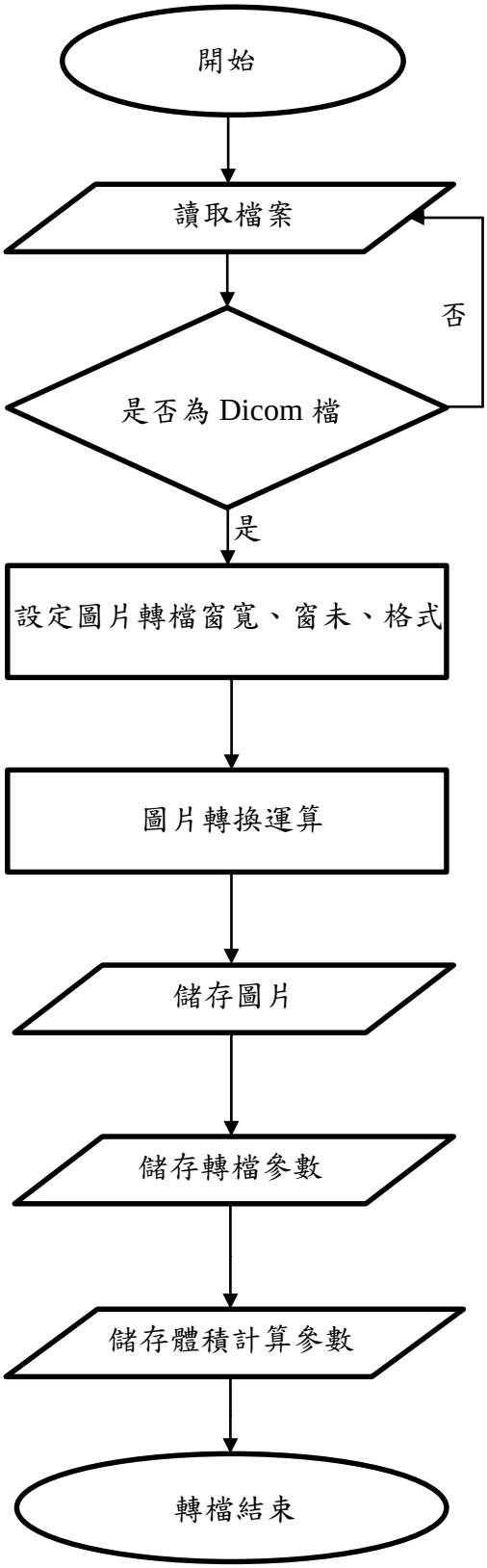


圖 10、轉檔流程圖

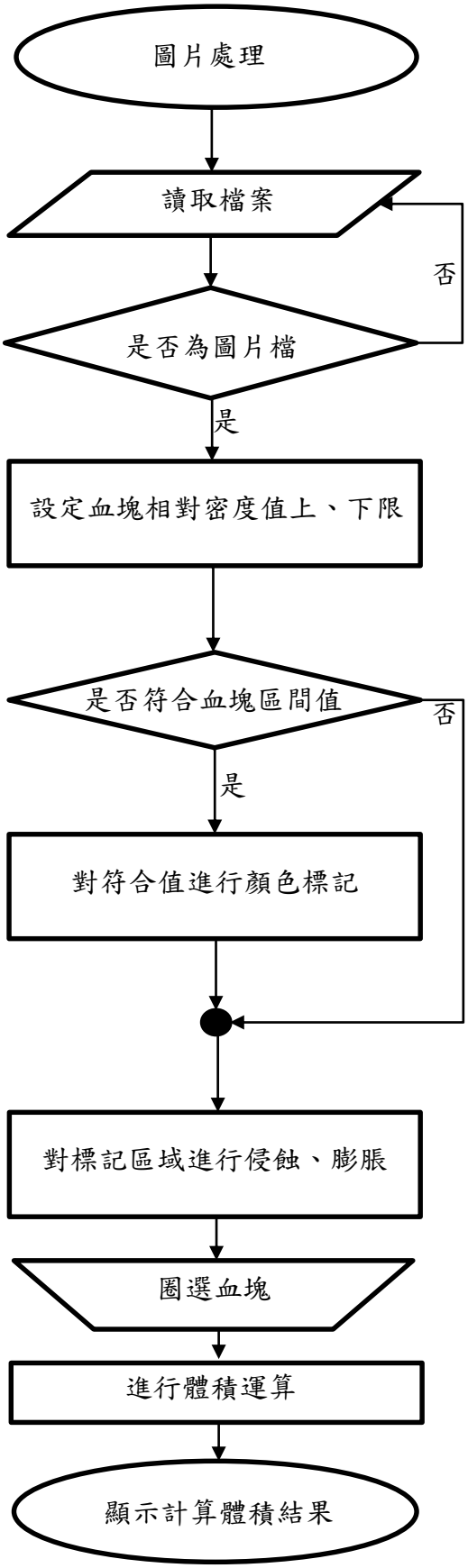


圖 11、體積計算流程圖

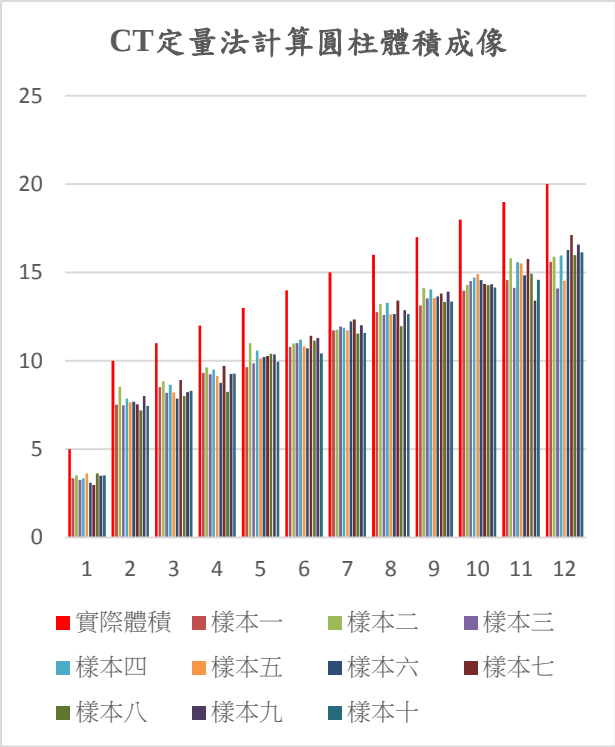


圖 12、CT 法對圓柱狀血腫量測

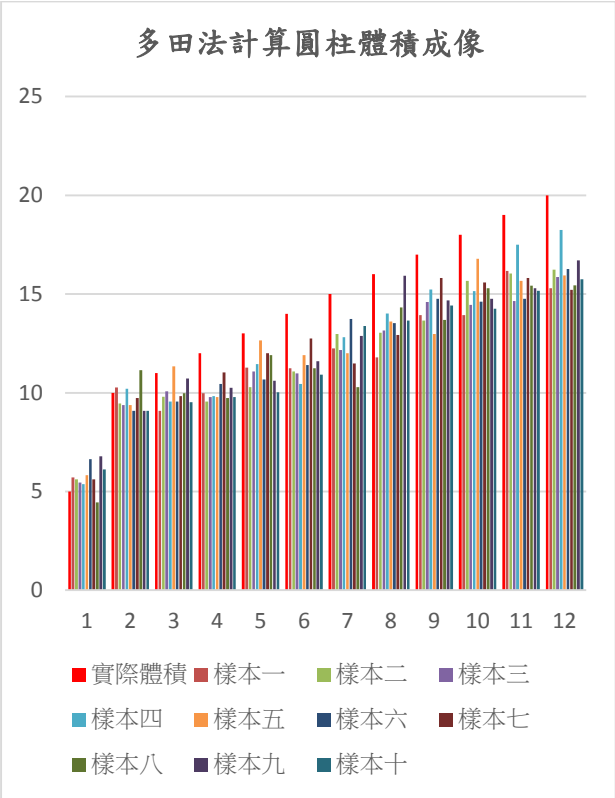


圖 13、多田法對圓柱狀血腫量測

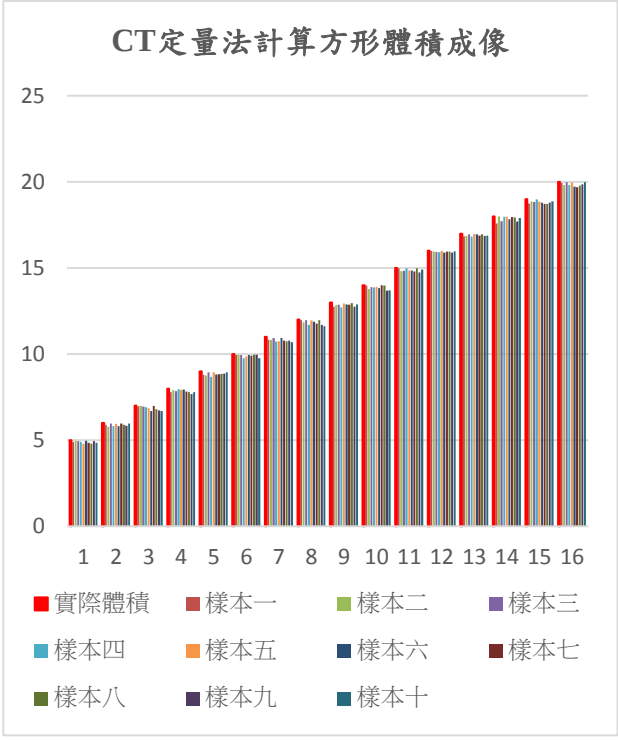


圖 14、CT 法對方形體血腫量測

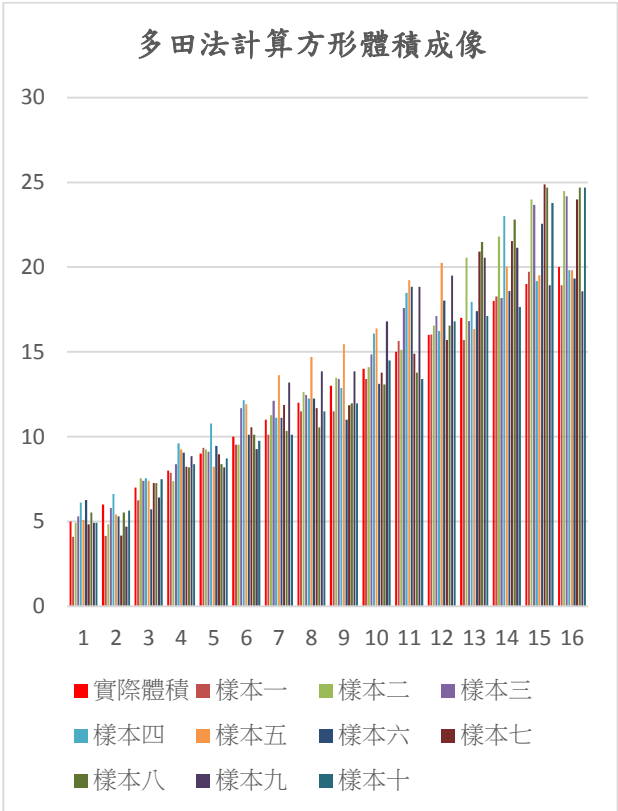


圖 15、多田法對方形體血腫量測

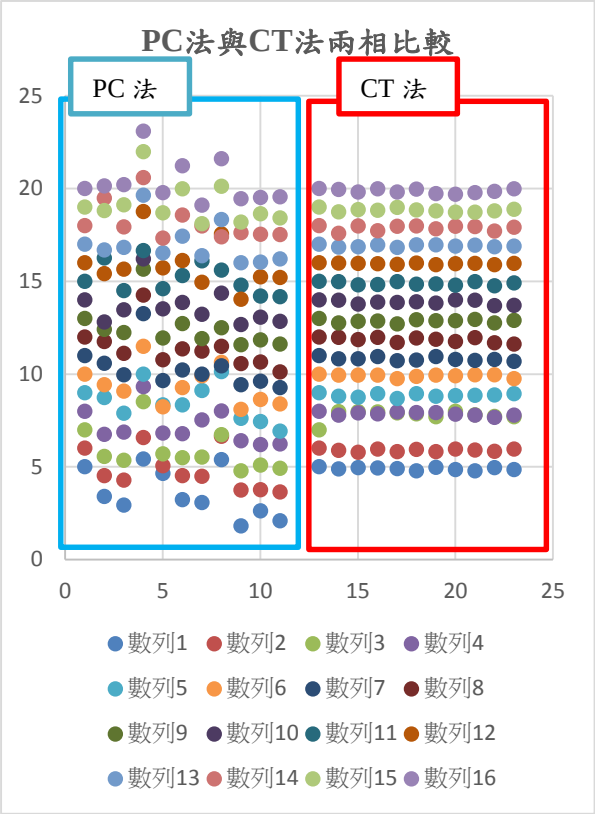


圖 16、PC 法與 CT 法之點狀圖

在兩次實驗中，我們使用不同體積範圍來進行統計圖表的呈現，原因是圓柱狀外形實驗在小體積範圍下所取得之數值均一致，於實驗數據上沒有參考價值，故圓柱體體積樣本採樣 12 組，而方形體樣本採樣 16 組。

如圖 12、圖 13 所示，X 軸代表總共 12 組體積實驗，分別代表 12 種不同體積，各自是 5ml,10ml,11ml,12ml,13ml,14ml,15ml,16ml,17ml,18ml,19ml,20ml。而每個長方體分別由 11 條 不同顏色的條狀線組成，其中每組體積最左邊就是實際積。圖 12 呈現之結果，可以很顯著的發現各個樣本所量測到的體積皆小於實際，我們於是推測模型外的曲率、水平度以及粗糙會影響光學成像，導致 CT 軟體計算產生負的誤差。

由圖 12、圖 13 我們可得知使用圓柱模型來量測不論是 CT 定量法或是多田氏公式法準確性皆不理想，但兩者相比下來我們可知 CT 定量法的數據較多田氏公式法穩定(參考附錄一)。我們發現在同一體積的不同樣本下，有很高幅度之差異變化，且實際體積普遍大於樣本體積，由於多田氏公式法是將任意形狀之血腫，當作理想橢圓柱狀進行估算，在統計結果呈現下，其數據誤差相比同外型之 CT 定量法略高一些，於是我們也進行了第二個外型的實驗。

如圖 14、圖 15 所示，X 軸同樣代表著本實驗總共有 16 組，分別代表 16 種不同體積，各自是 5ml,6ml,7ml,8ml,9ml,10ml,11ml,12ml,13ml,14ml,15ml,16ml,17ml,18ml,19ml,20ml。而每組分別由 11 條不同顏色的線組成，其中每組最左邊就是實際積。由圖 14、圖 15 我們可得知使用方型模型來量測 CT 定量法所獲得的數據較為理想，兩相比較下我們可知 CT 定量法的數據較多田氏公式法穩定(參考附錄二)。我們發現在同一體積的不同樣本下，多田法有很高幅度之差異變化，然而實際體積皆小於樣本體積。此實驗結果呈現出多田氏公式法由於其計算方式的問題，導致量測體積遠大於實際體積，在準確度上遠不如同一外型之 CT 定量法。

從圖 16 呈現之結果，可以發現點狀圖分為兩個區塊，左邊區塊之點圖數據為表 9 及表 10 的數據呈現，右邊區塊為表 7 及表 8 的數據呈現。(參考附錄三)

在前面的實驗中，我們發現在量測體的外形上，若是會影響 X 光折射的弧形面中，其成像量測會使影像數據誤差提高。反之，若是再影響 X 光折射最低的平面方形體中，其成像量測會使影像數據誤差降低。從前面的實驗可知，於方形體掃描量測中，我們可以得到 CT 掃描最準確的體積數據，因此我們以 CT 數據為比較標準進行圖 16 的點圖分析。

由圖 16 之結果呈現，我們發現在數據上雖然有誤差，但是討論其原因後得出，PC 法是由我們設計出來的於計算體積的方式上我們是利用像素與密度間的轉換計算而成。體積 $=\sum(\text{像素數目}\times\text{像素間距}^2\times\text{切片厚度})\times\frac{1\text{cm}^3}{1000\text{mm}^3}\times\frac{1\text{ml}}{1\text{cm}^3}$。與 CT 機相比，在影像處理上多有粗劣但是在使用上多了便利性、簡易操作性與資料保密性。

四、結論

研究中我們發現在光學成像中，物體的外形影響成向後的體積呈現，然而在文獻回顧中，我們都未找到有關在光學領域上的討論，推測其實驗方式皆是由液態顯影劑模擬血腫及腦組織導致而成，在量測過程中由於是液態的緣故，X 光射進物體所夾的角度趨近於零。我們從長條圖與點狀圖得知，使用圓柱模型來量測不論是 CT 定量法或是多田氏公式法準確性皆不理想，但兩者相比下來我們可以觀察到 CT 定量法的數據較多田氏公式法穩定。與此相對，使用方型模型來量測 CT 定量法所獲得的數據較為理想，兩相比較下我們更可以發現 CT 定量法的數據較多田氏公式法穩定。其中差異我們討論結論是，在計算方式上 CT 定量法較多田氏公式法更為完善，前者是對血腫進行切層分析，每一層的體積疊加後計算；後者只是對血腫進興最大長乘上最大寬再乘上相片出血的張數其中間的計算精確度究足夠有明顯對比。

於研究最後我們發現，由於光學的特性影響 X 光致使影像在成像時會有誤差，因此從實驗中我們證實由於實驗的模型為理想情況，同理推論在實際量測患者腦出血血腫體積時，由於血腫是不規則形狀那麼在數據上必定與實際體積有出入。從此情況可得知血腫的外形是不可控制的，因此要準確得到最實際的體積

我們認為要在影像處理方面著手，透過處理失真的影像在計算量測上一定能更加準確。

五、致謝

我們要感謝我們的指導教授蔡循恒教授，不辭辛勞的教導我們，讓我們的專題能夠順利完成，同時也感謝高雄榮民總醫院屏東分院提供我們實驗器材和實驗經費來完成本次研究，也要感謝放射科蔡豐吉放射師在我們研究遇到困境時，適時的給予我們協助，好讓我們的研究順利進行。

六、參考文獻

1.期刊：

[1]王忠誠.神經外科學[M].武漢:湖北科學技術出版,1998:330-40

[2]周志斌,王前友,朱榮志,等.微創顱內血腫清除術治療高血壓性腦出血的臨床研究[J].安徽醫藥,2003,7(2):121-2.

[3]葉前應,張景帆,蔣日勝,等.環鑽開顱術清除顱內血腫的臨床研究[J].中國臨床保健雜誌,2008,11(4):733-4.

2 書籍：

[4]葉前應,張景帆,蔣日勝,等.環鑽開顱術清除顱內血腫的臨床研究[J].中國臨床保健雜誌,2008,11(4):773-4.

[5]肖海鵬,臨床醫學導論, 2015/01/21

[6]周建宏,陸爻忠.196 例外傷性多發性顱內血腫的治療和預後分析[J].中國急救復甦與災害醫學雜誌,2007,2(4):216-8.

[7]陳佩璋.人體重傷鑒定標準釋義.北京：中國檢察出版社,1991,82-83.

[8]張逵.體視學法與尺量法測定顱內血腫體積的對比研究[J]. 川北醫學院學報,2001,16(2):9-10.

[9]劉永生,申明峰.高壓性小腦出血的外科治療[J].中國實用神經疾病雜誌,2008,11(2):59-60.

[10]莊克士,醫學影像物理學.合記圖書出版社.第十七章

[11]郭奕玲·沈慧君,科學的榮耀──諾貝爾物理學獎百年回顧.科技圖書.2002/11/25

[12]莊克士,醫學影像物理學.合記圖書出版社.第十七章

[13]姚學華,游離輻射防護 .五南文化事業 .2012/10/01

[14]鍾國亮,影像處理與電腦視覺導論 第二版 .東華書局

4.學位論文：

[15]周志斌,王前友,朱榮志,等.微創顱內血腫清除術治療高血壓性腦出血的臨床研究[J].安徽醫藥,2003,7(2):125-2.

[16]張逵.體視學法與尺量法測定顱內血腫體積的對比研究[J]. 川北醫學院學

[17]黃福坤.國立台灣師範大學理系物理教學示範實驗室.

[18]宜蘭縣國中自然與生活科技領域.八、九年級教學檔案.

Measurement of intracranial hematoma volume

Hsun-Heng Tsai, Bo-Yuan Huang, Ming-Chih Cheng, Jing Wang

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

There are great significances for intracranial hematoma volume measurement to the identification of the degree of traumatic brain injury. Over the years, the traditional algorithm of cerebral hemorrhage was calculated by Dotian formula method, but the error of this method is large. So we need to compare different methods of measuring intracranial hematoma and analyse their merit.

Keywords:
Computed tomography; image processing; CT quantitative method; X ray; cerebral hemorrhage

附錄一

實際體積	樣本一	樣本二	樣本三	樣本四	樣本五
5	5.72	5.62	5.46	5.38	5.82
10	10.26	9.46	9.37	10.21	9.37
11	9.08	9.79	10.07	9.55	11.34
12	9.97	9.55	9.78	9.83	9.78
13	11.28	10.29	11.08	11.45	12.65
14	11.24	11.08	10.98	10.44	11.90
15	12.25	12.97	12.17	12.81	12.00
16	11.79	13.04	13.16	14.01	13.60
17	13.93	13.66	14.60	15.23	12.97
18	13.93	15.67	14.45	15.14	16.78
19	16.17	16.04	14.65	17.50	15.67
20	15.29	16.23	15.86	18.24	15.94

表 1、多田法對圓柱狀血腫量測數據(1/2)

實際體積	樣本一	樣本二	樣本三	樣本四	樣本五
5	3.36	3.51	3.27	3.36	3.63
10	7.53	8.53	7.49	7.87	7.65
11	8.52	8.85	8.19	8.65	8.21
12	9.31	9.62	9.25	9.51	9.14
13	9.65	11.00	9.86	10.58	10.13
14	10.79	10.99	11.00	11.21	10.82
15	11.72	11.77	11.94	11.87	11.73
16	12.76	13.22	12.60	13.29	12.64
17	13.14	14.11	13.54	14.05	13.56
18	13.97	14.30	14.51	14.72	14.91
19	14.57	15.80	14.13	15.59	15.51
20	15.60	15.89	14.10	15.96	14.54

表 3、CT 法對圓柱狀血腫量測數據(1/2)

實際體積	樣本六	樣本七	樣本八	樣本九	樣本十
5	6.63	5.62	4.45	6.78	6.12
10	9.09	9.73	11.14	9.09	9.09
11	9.55	9.83	9.97	10.72	9.52
12	10.44	11.03	9.74	10.25	9.78
13	10.67	12.01	11.90	10.61	10.02
14	11.40	12.75	11.24	11.60	10.92
15	13.74	11.48	10.29	12.87	13.38
16	13.53	12.92	14.32	15.93	13.66
17	14.75	15.81	13.68	14.68	14.41
18	14.61	15.58	15.30	14.75	14.26
19	14.75	15.81	15.43	15.29	15.17
20	16.26	15.21	15.44	16.70	15.74

表 2、多田法對圓柱狀血腫量測數據(2/2)

實際體積	樣本六	樣本七	樣本八	樣本九	樣本十
5	3.11	2.98	3.63	3.58	3.51
10	7.69	7.55	7.20	8.01	7.45
11	7.86	8.92	8.01	8.23	8.31
12	8.75	9.72	8.24	9.26	9.28
13	10.23	10.28	10.40	10.36	9.95
14	10.72	11.41	11.14	11.29	10.42
15	12.24	12.34	11.55	12.02	11.59
16	12.65	13.41	11.96	12.87	12.65
17	13.64	13.81	13.34	13.91	13.36
18	14.57	14.36	14.29	14.33	14.16
19	14.84	15.77	14.93	13.42	14.59
20	16.27	17.12	15.99	16.59	16.15

表 4、CT 法對圓柱狀血腫量測數據(2/2)

附錄二

實際體積	樣本一	樣本二	樣本三	樣本四	樣本五
5	4.1	4.925	5.3	6.12	5.1
6	4.15	4.825	5.8	6.63	5.425
7	6.25	7.55	7.4	7.55	7.4
8	7.875	7.375	8.375	9.6	9.24
9	9.35	9.25	9.125	10.77	8.225
10	9.525	9.525	11.675	12.15	11.91
11	10.125	11.275	12.125	11.125	13.62
12	11.5	12.625	12.45	12.25	14.7
13	11.5	13.475	13.4	12.875	15.45
14	13.4	14.1	14.85	16.08	16.38
15	15.65	15.125	17.6	18.48	19.23
16	16.025	16.55	17.125	16.225	20.25
17	15.7	20.55	16.825	17.95	16.35
18	18.275	21.81	18.175	23.01	20.025
19	19.725	24	23.67	19.175	19.525
20	18.925	24.48	24.18	19.825	19.825

表 5、多田法對方形體血腫量測數據(1/2)

實際體積	樣本一	樣本二	樣本三	樣本四	樣本五
5	4.89	4.96	4.94	4.91	4.79
6	5.89	5.78	5.96	5.82	5.94
7	7.97	7.98	7.95	7.91	7.85
8	7.79	7.91	7.85	7.95	7.92
9	8.8	8.75	8.95	8.68	8.94
10	9.94	9.95	9.95	9.75	9.87
11	10.83	10.82	10.94	10.72	10.75
12	11.98	11.85	11.98	11.7	11.95
13	12.76	12.84	12.86	12.71	12.93
14	13.98	13.77	13.88	13.86	13.9
15	14.99	14.81	14.83	14.99	14.85
16	15.99	15.96	15.94	15.92	15.98
17	16.85	16.87	16.96	16.83	16.97
18	17.58	17.99	17.72	17.97	17.98
19	18.75	18.87	18.83	18.99	18.85
20	19.95	19.82	19.99	19.82	19.96

表 7、CT 法對方形體血腫量測數據(1/2)

實際體積	樣本六	樣本七	樣本八	樣本九	樣本十
5	6.27	4.825	5.525	4.925	4.925
6	5.3	4.18	5.525	4.7	5.65
7	5.72	7.275	7.275	6.425	7.5
8	9.06	8.225	8.2	8.85	8.375
9	9.45	8.975	8.375	8.2	8.725
10	10.125	10.55	10.125	9.26	9.75
11	11.125	11.875	10.35	13.2	10.125
12	12.25	11.675	10.55	13.86	11.5
13	11	11.85	11.975	13.86	11.975
14	13.125	13.775	13.075	16.8	14.5
15	18.84	14.9	13.775	18.84	13.4
16	18.025	15.7	16.55	19.5	16.8
17	17.4	20.91	21.48	20.55	17.125
18	18.6	21.54	22.8	21.15	17.65
19	22.55	24.87	24.69	18.925	23.79
20	19.325	24	24.69	18.575	24.69

表 6、多田法對方形體血腫量測數據(2/2)

實際體積	樣本六	樣本七	樣本八	樣本九	樣本十
5	4.97	4.85	4.79	4.95	4.85
6	5.82	5.96	5.9	5.83	5.96
7	7.7	7.99	7.8	7.72	7.7
8	7.93	7.83	7.78	7.67	7.79
9	8.81	8.83	8.85	8.87	8.95
10	9.95	9.9	9.96	9.96	9.75
11	10.94	10.78	10.74	10.79	10.68
12	11.87	11.76	11.97	11.69	11.62
13	12.88	12.87	12.95	12.76	12.89
14	13.83	13.99	13.98	13.69	13.71
15	14.86	14.8	14.98	14.75	14.91
16	15.9	15.95	15.96	15.9	15.97
17	16.96	16.89	16.95	16.86	16.89
18	17.83	17.96	17.95	17.7	17.91
19	18.8	18.73	18.72	18.79	18.88
20	19.72	19.69	19.78	19.85	19.98

表 8、CT 法對方形體血腫量測數據(2/2)

附錄三

實際體積	樣本一	樣本二	樣本三	樣本四	樣本五
5	3.402381	2.929828	5.421232	4.65202	3.226486
6	4.531257	4.276603	6.573736	5.066817	4.518131
7	5.552496	5.352974	8.513828	5.694262	5.484239
8	6.74963	6.875644	9.325043	6.820513	6.786384
9	8.734352	7.886382	10.00237	8.345809	8.335308
10	9.424804	9.073015	11.50404	8.232921	9.262036
11	10.57993	9.957739	13.25511	9.653205	10.21502
12	11.75869	11.11812	14.2606	10.76633	11.35702
13	12.41501	12.24437	15.64938	11.94771	12.71692
14	12.81143	13.46251	16.21381	13.50714	13.86418
15	16.25844	14.49687	16.65224	14.60976	15.30809
16	15.4131	15.65725	18.75247	15.72288	16.11405
17	16.69162	16.82026	19.6372	16.53673	17.43458
18	19.48231	17.93076	20.58493	17.33219	18.56345
19	18.81548	19.11476	21.98421	18.69997	19.98636
20	20.1465	20.20951	23.09996	19.77896	21.236

表 9、PC 法對方形體血腫量測數據(1/2)

實際體積	樣本六	樣本七	樣本八	樣本九	樣本十
5	3.068968	5.379227	1.814078	2.620043	2.094984
6	4.497128	6.644618	3.743669	3.762046	3.638657
7	5.520993	6.733878	4.791161	5.090445	4.922426
8	7.531968	8.007146	6.403091	6.200944	6.229822
9	9.122896	10.12838	7.605476	7.432207	6.917649
10	9.899983	10.63507	8.096406	8.626715	8.393064
11	9.986617	10.44867	9.419554	9.613826	9.272537
12	11.23888	11.49354	10.57206	10.65869	10.12051
13	11.91358	12.49115	11.5828	11.84008	11.61167
14	13.22361	14.35773	12.66179	13.06609	12.83506
15	16.10355	15.59425	14.78565	14.21072	14.16609
16	14.94842	17.54746	14.02694	15.24771	15.2057
17	16.38446	18.32193	15.99854	16.03792	16.20331
18	17.97801	17.40045	17.62885	17.53171	17.52121
19	18.10928	20.12025	18.18541	18.63434	18.40856
20	19.10426	21.60092	19.44293	19.51906	19.55581

表 10、PC 法對方形體血腫量測數據(2/2)

自動化無線環控系統

學生姓名：林詠傑、許瀚文
指導老師：蔡循恒

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題為網室環境控制系統，利用改變溫濕度來營造適合作物成長的環境。由於市面上常見的控制器普遍單價甚高且無儲存數據之功能，本論文希望以低成本且操作方便的環境控制系統，來達到自動化控制的目的。本論文採用單晶片作為主要電路控制器，其花費遠低於傳統溫室所用的 PLC 控制。

本系統提供自動控制功能，內建時間模組可定時控制各項設備，並藉由無線傳輸系統將資料傳送至電腦上，再將資料自動轉成文字檔來記錄，最後由 EXCEL 來開啟繪製環境變化的曲線圖。搭配單晶片對溫室進行自動化控制，並且加入遠端傳輸功能，達到監測之目的。

一、引言

1.問題之重要性

因應農業人口流失、老化及農業自給率下降、國人飲食習慣之改變，需要大量人力的傳統農業已不符現今台灣消費者之需求和國際趨勢，轉型為精緻化農業為迫在眉睫的議題〔1〕。

而許多精緻農產品並非台灣的原生種植物，對於其生長環境有一定的要求，因此需要環控系統來維持特定的溫度及濕度，並記錄其數據變化，以利往後種植時能改善作物生長狀況並達到更好的品質，因此環控系統在未來會越來越受到重視。

2.研究背景與動機

隨著精緻化農業之發展，台灣引進許多國外發展成熟的環控系統，如：荷蘭的 Priva，加拿大的 Argus，以色列的 Rotem 等。但在台灣，這些系統常被用在數據之紀錄與呈現，只有一小部分有發揮功能〔2〕；因此本專題打算將便宜、操作方便以及遠端監測作為本組織研究目的，並以此為基礎做出符合使用者需求之環控系統。

3.文獻探討

精緻化農業使用環控系統栽植高經濟價值之農產品，藉以提高產量及產品品質，如蝴蝶蘭等作物。其系統具有遠端監控技術、自動化等優點；可以說是環控系統中典型的模範，與本專題系統相比，可以學習他人之長，並凸顯本專題獨具之巧思。

如上述台糖公司蝴蝶蘭溫室環控系統採用 PLC 系統監控環境並使用 PC- Based CNC 驅動並控制周邊元件〔3〕；但為了達到降低成本的目的，本專題使用 arduino 來做為系統核心，在此專題中更加便宜、方便，亦能達到預期之功效，對於使用者來說不僅操作容易，也能因應作物所需，改變控制的參數。

環控系統除了要具有可靠的控制系統外，也應具備遠端資料傳輸之功能，以利操作者在他處亦能隨時掌握系統及作物之狀態；有鑑於此，本專題採用 XBee 無線傳輸模組，相對於藍芽傳輸有幾項差別〔4〕，消耗功率極低，且較為便宜，網絡最大可連結 255 個設備，在無障礙空間可傳輸 100 公尺，室內 30 公尺。

除了系統本身，設計者亦須考慮到操作者之需求和使用性等因素；當 ARDUINO 的資料輸出至電腦時，許多人會使用 LABVIEW 來操作〔5，6〕，其圖控系統的確簡單易學，但由於系統版權費用高昂，所以本專題改為使用 Tera Term 來將資料轉為 Excel 檔後儲存數據，再來加以統計分析，有利於使用者查閱資料，掌握環境因素，系統費用也不會成為過重之負擔。

環控系統是針對作物習性，營造出有利其生長之環境，而影響植物生長的因素主要有三種：溫度、濕度以及光度，溫度與植物的光合作用、呼吸作用、水分蒸散等息息相關；空氣中的濕度降低，則植物的需水量和需水頻率都會增加，直接的影響植物的生理狀態〔7〕。環境光線除了與光合作用相關外，對於植物的生長週期，如：發芽、生長、開花，也是重要的推手〔8〕；本專題為植物幼苗之培育箱，幼苗對於光線之需求相對較低〔9〕，因此採用遮光率高之遮蔭網來營造適合幼苗生長的環境。

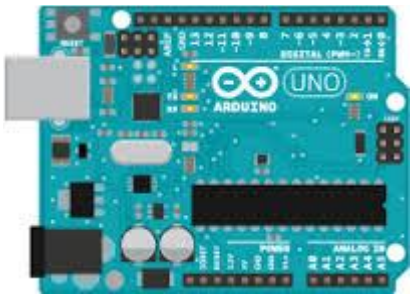
二、研究內容與方法

為了實現本專題核心三大目標：低成本、操作方便、遠端監控，下文列舉出本系統中在各方面發揮其功能之元件及其簡介。

1.設備介紹

(1)單晶片 Arduino UNO 介紹

單晶片 Arduino UNO 其優點為：成本低，正版約 800 元，比起 PLC 動輒上千元便宜許多。可跨平台，Arduino 可以在 Windows、Macintosh、OSX 和 Linux 上運行。操作方便，可以使用 C 語言、組合語言或 JAVA 來書寫程式。擁有 14 支數位 I/O 輸出入接腳及 6 個模擬輸出入接腳，能夠讀取為數眾多的開關、感測器等元件的訊號，並且可加裝擴展板，大大的提升其應用層面。



“圖 1 Aduino uno 單晶片”

(2) XBee 無線傳輸器

主要是以兩組 XBee 模組來達到設備與電腦間收發的功能。設備那組需連接擴展版，作為終端機(End device)的功能，終端機的數量依照連接設備的數量來決定。

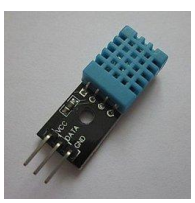


“圖 2 Xbee 傳輸器”

而連結電腦那組需加裝轉接板，其功能為協調者(Coordinator)負責接收所有終端機的訊號傳至電腦上。

(3)DHT11 溫濕度感測器

此感測器是一款以校準數字信號輸出的複合傳感器，傳感器包含一個電阻感濕元件和 NTC 測溫原件，並與一個高性能八位單晶片相接。擁有極低耗能及體積小的優點。



“圖 3 DHT11”

腳位	註釋
VDD	供電 3-5VDC
DATA	數據
NC	空腳
GND	接地，電源負極

“表 1 DHT11 腳位功能”

(4)光耦隔離繼電器模塊

此繼電器採用貼片光偶隔離，使其驅動能力強、性能穩定。設有常開及常閉接點以利控制，且有多組工作電壓(直流 5V~24V)可選擇，可用來以低電壓驅動高電壓(直流或交流 220V 以內)的設備。



“圖 4 繼電器”

腳位	註釋
IN	訊號輸入接點
DC+	供電 5VDC
DC-	接地，電源負極
COM	共點
NO	常開接點
NC	常閉接點

“表 2 繼電器腳位功能”

(5)單相 110V 交流馬達

型號(4RK25GN-AM)，原始轉速為 1500rpm，因轉速過快硬體設備無法負荷，所以加裝 1/50 的減速機使轉速降到 30rpm。



“圖 5 交流馬達”

(6)低壓霧化噴頭

因感測元件小且較為靈，敏所以出水量要限定以免輸出數值起伏過大，此噴頭可用於一般水龍頭，且不須安裝加壓器便能達到霧化的效果，出水量每分鐘約 100 毫升，使濕度能穩定上升，但輸出時間要加長。



“圖 6 霧化噴頭”

(7)RTC 時鐘模組 DS1307 時鐘

在使用 Arduino 時如果因為某些原因斷電，則系統的時間就會停滯在斷電的當下，再啟動時時間就會與現實有所誤差；解決方法就是加裝一個 RTC 時鐘模組，它外加水銀電池當作電源，因此能在系統斷電的情況下繼續正常計時，當我們的系統重新上線後所得到的時間就會是正確的。



“圖 7 DS1307 時鐘”

RTC 時鐘模組能顯示的時間資料除了年、月、日、星期、時、分、秒以外，還能夠根據月份調整天數，進行閏年的轉換等，本身的電路還具有自動切換主電源或電池電源的功能〔10〕。

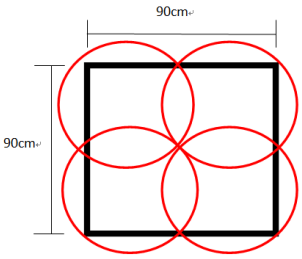
2. 硬體設備安裝

因初始結構不穩，加裝角鐵來加固，再安裝滑軌及馬達傳動系統，以齒輪帶動輪軸捲動鋼索來驅動遮蔭網，為使網子水平前進，來回各設置兩條鋼索來保持平衡，收回的鋼索以波浪狀穿過網子，使其收回時能層疊於一側。



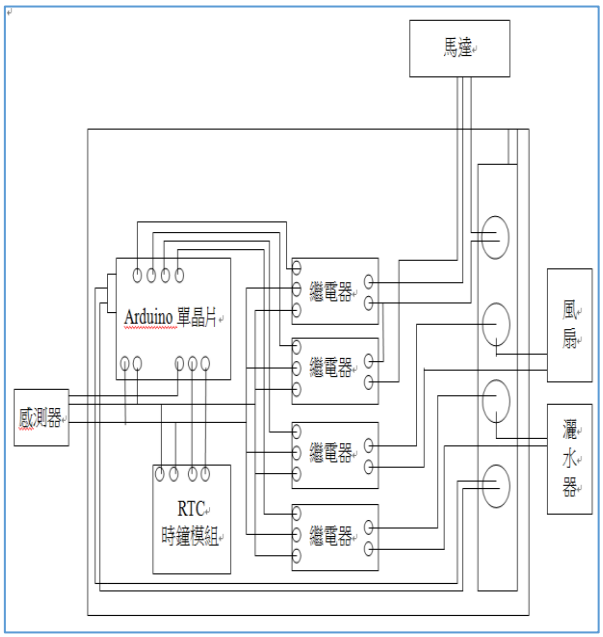
“圖 8 硬體設備”

其次安裝灑水系統，因鐵架面積為90cm*360cm，共安裝16顆噴頭，每顆噴頭噴灑約 50cm*50cm，部分範圍重疊使水霧能覆蓋所有面積。



“圖 9 灑水示意圖”

最後配置電路，以控制至馬達、風扇、灑水器，因設備在戶外，各項設備包覆防水膜來保護線路安全，再將程式輸入單晶片並測試其功能。



“圖 10 電路圖”

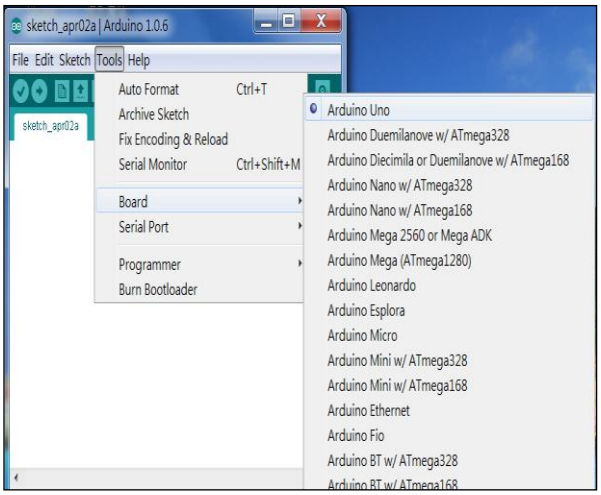
3. 軟體安裝及操作方法

(1)arduino 書寫器

此款軟體開放免費下載，只需到 arduino 的網頁，依照不同電腦的軟體及位元需求來下載驅動程式，而有些較特殊的 arduino 則要下載其他版本。

下載完驅動軟體後，用 USB 線將 arduino 單晶片與電腦連結，到電腦裡的工作管理員確認連接埠名稱。

開啟書寫器程式，先設定 tools 中 Board 的單晶片種類，以及 Serial Port 的連接埠名稱，將所需的程式輸入後，點擊打勾的符號確認程式的正確，再點擊箭頭的符號將程式傳送至單晶片中。如果有使用感測元件，可由 Serial Monitor 來監測。



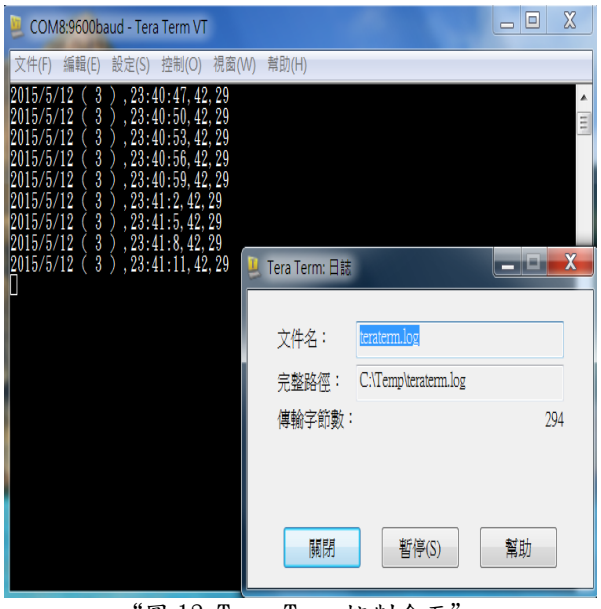
“圖 11 Arduino 書寫器”

(2)Tera Term

此款軟體開放免費下載，其功能是將 arduino 中的數值輸出成文字檔，以利儲存數據，還能自動疊加資料不會覆蓋，再由EXCEL來開啟並統整資料。啟動此介面，無需在 arduino 中插入程式，只要在 Tera Term 中設定其傳輸埠及檔案輸出位置，為求方便觀察，在輸出多加一個 Time 的指令用來顯示時間。

在開啟 Tera Term 程式後，只要第一次設定完資料，接下來再開啟就會自動掃描數據並記錄存檔。

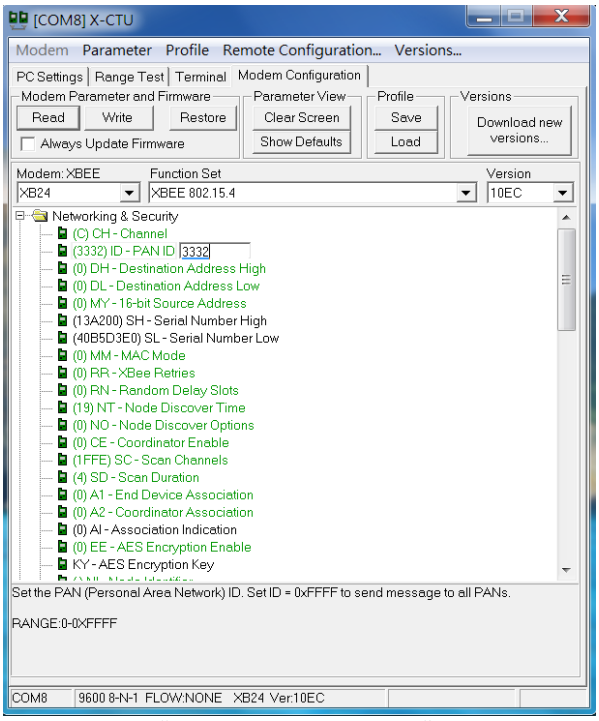
若要將數據加以統計分析，可使用 EXCEL 裡內建的程式繪製各種曲線圖以利觀察。



“圖 12 Tera Term 控制介面”

(3)X-CTU

此軟體可從網路上免費下載，主要功能是設定 XBee 的接收頻率，使兩台的天線能接收訊息，以達到無線收發的功能。



“圖 13 X-CTU 編輯介面”

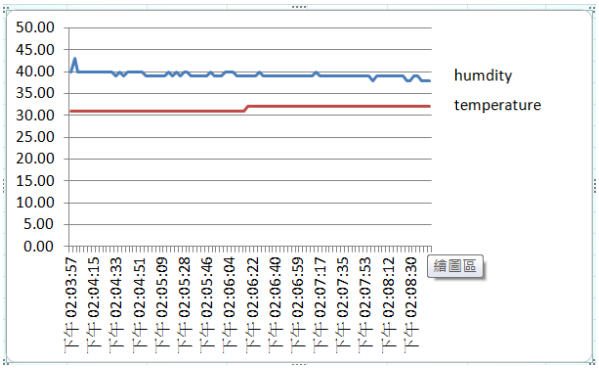
三、結果與討論

透過改變設定參數，可以觀測系統因應當時環境溫濕度數值並改變系統內溫濕度數值的能力。

為了避免環境溫濕度的小幅度瞬間變化導致機械頻繁作動增加損壞率，所以為數值設定了正負一的誤差容許。

第一階段

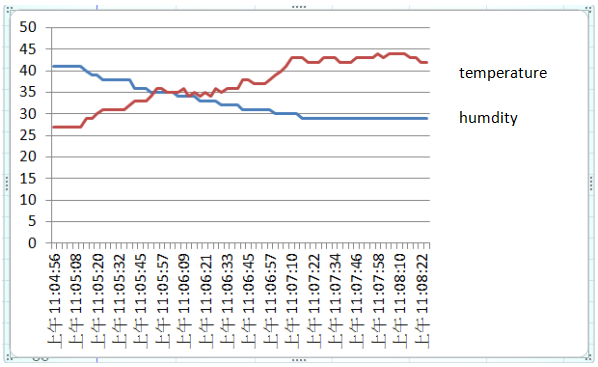
設定溫度 30±1 度，濕度 40±1%；因為與當時環境溫濕度接近，所以基本上設備沒有動作。



“圖 14 第一階段數據折線圖”

第二階段

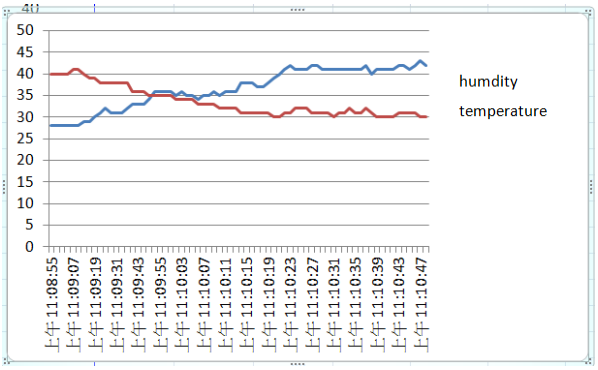
設定溫度 40±1 度，濕度 30±1%；因為溫度的控制主要依靠陽光來升溫，所以要是現場天氣而定；濕度過高所以啟動風扇將水氣吹散。



“圖 15 第二階段數據折線圖”

第三階段

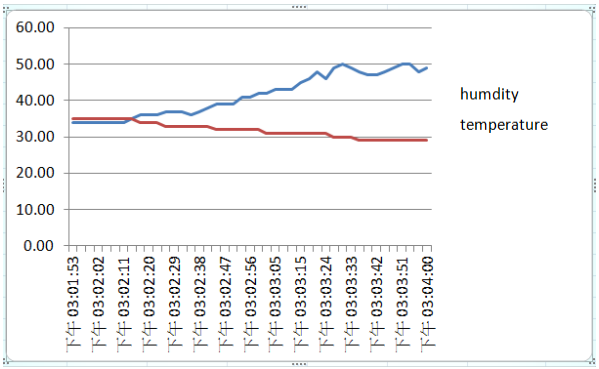
設定溫度 30±1 度，濕度 40±1%；當溫度過高時，啟動遮蔭網，隔絕陽光，並啟動灑水器及風扇來降溫；濕度不足啟動灑水器增加環境濕度。



“圖 16 第三階段 數據折線圖”

第四階段

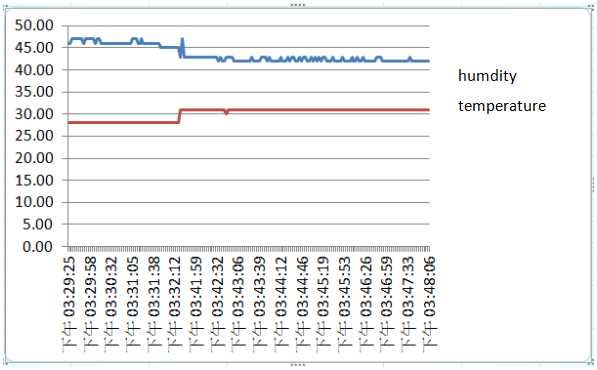
設定溫度 30±1 度，濕度 50±1%；再調高濕度設定值但溫度不變，溫度到達定值時，遮蔭網收回、風扇關閉；而灑水器持續動作直到濕度上升至定值。



“圖 17 第四階段 數據折線圖”

第五階段

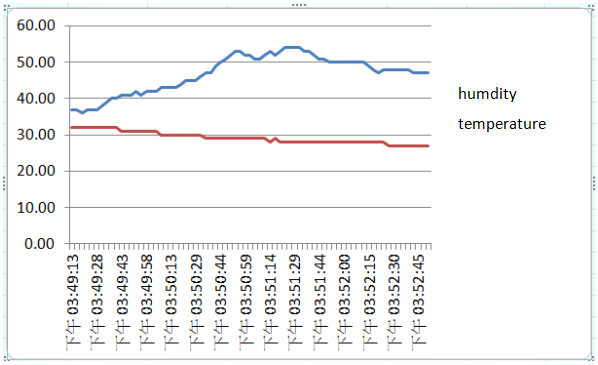
設定溫度 30±1 度，濕度 40±1%；因為排除水氣的主要手段依靠風扇，因此濕度下降速率受到限制，導致時間較長。



“圖 18 第五階段 數據折線圖”

第六階段

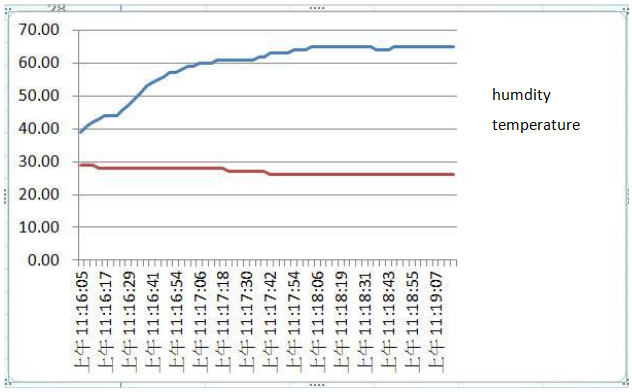
設定溫度 30±1 度，濕度 50±1%；再次提高濕度定值，溫度受到空間內濕度影響，略微下降，而濕度再次回升至 50%。



“圖 19 第六階段 數據折線圖”

第七階段

設定溫度 30±1 度，濕度 99%；測試其濕度能達到之最高值，到達 65%後便無法繼續上升，持續的灑水過程也造成溫度持續小幅度降低。

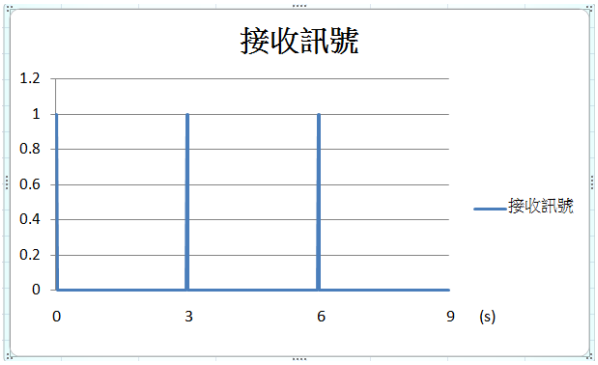


“圖 20 第七階段 數據折線圖”

由上述(一至七階段)之連續動作可以看到本系統能在短時間應對設定之數值，其中溫度主要受外在環境影響，所以其控制範圍有所限制，極限溫度比環境溫度高或低約 10 度左右。

而濕度下限受限於環境濕度，最大濕度透過灑水器可達到 65%；由於水氣容易附著於感測器上，所以蒸散速率較慢，空間內的濕度會比環境濕度稍高。

網室內之溫濕度仍然受環境之影響，溫濕度升降範圍有所限制，其主要原因為育苗箱並非封閉之系統。



“圖 21 XBee 訊號接收波形圖”

而在 XBee 無線傳輸方面，可由上圖得知其動作週期，在程式中設定每 3 秒發送一次訊號，接收時需耗費 0.015 秒，延遲時間極短，動作良好。

但在實驗過程中有發現幾項缺點：其一，在更改控制參數時需先關閉控制設備電源及拔除 XBee 天線，否則會干擾程式的傳輸，導致傳送中斷；其二，XBee 每秒傳輸量有限制，不可超過 250 字節。

四、結論

本專題之三大目標為：低成本、易於操作、遠端監控，在實驗中皆得以實踐。arduino 價格便宜，容易更改參數，此外 arduino 還能加裝擴展板，增加其輸出數目，未來可因應其他研究所需之因素，加裝其它感測元件，如紫外線強度、CO2 濃度等。

而透過 XBee 之應用達到無線傳輸的目標，搭配 Tera Term 將資料轉換為 Excel 檔，能清楚掌握溫濕度變化趨勢。

如能應用在封閉之溫室內，溫濕度的升降功能將大幅提升，相信更能發揮其優勢。

五、致謝

本專題之完成首先必須感謝蔡循恒教授的指導，讓我們能抓住專題的重點並時時提出我們所未注意到的盲點；感謝研究生李仁和學長的幫忙，他給予我們專題的研究方向；也感謝張仲良教授在馬達的電子零件方面的指導，以及洪辰雄教授及其研究室的研究生們，在購買相關硬體設備時給予了不少的助益；還有感謝謝清祿教授在二年級時教導我們

的 C 語言，讓當初所學在此專題得以實踐；本專題一路走來受到許多幫忙，點點滴滴對於本組都有著莫大的啟發及激盪，謹以此文獻予所有為本專題提供智慧及經驗的人們。

六、參考文獻

1. 一百年來台灣農業 的回顧與展望
http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC_INDEX/Journal/EJ0001/10001/10001-30.pdf

2. 農業資訊之內涵與應用
http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_601.htm

3. 台糖公司精農事業部蝴蝶蘭溫室環控系統簡介
http://www.stat.gov.tw/public/Data/8731222371.pdf

4. 吳紹銘、陳鼎中、楊士緯，淡江大學機械與機電工程學系畢業專題「Zigbee 無線馬達控制系統實作」
www.me.tku.edu.tw/files/student_paper/62_4d83f0fc.doc

5. 論文
張中愷、王韋淵、張尊皓、莊秉錡，2014，「多區域環境自動化無線感測系統」，學士論文，國立虎尾科技大學，雲林。

6. 論文：
郭義祥，2009，「花卉培植溫室環境控制系統之研製」，碩士論文，國立雲林科技大學，雲林。

7. 溫室環境控制工程影響
http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/hort/chap04.htm#section3_4

8. 設施內作物生長與生理
http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/hort/chap02.htm#section2_2

9. 遮蔭網透光率及選用考量
http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_81.htm

10. 樹屋魚主人計畫 5-rtc 時鐘模組
http://www.tabbymeow.com/%E6%A8%B9%E5%B1%8B%E9%AD%9A%E4%B8%BB%E4%BA%BA%E8%A8%88%E7%95%AB5-rtc%E6%99%82%E9%90%98%E6%A8%A1%E7%B5%84/

Automated and Wireless Environmental Control System

Author's Name：Lin.Y.J. 、Xu.H.W.
Advisors：Tsai.X.H.

Department of Biomechatronics Engineering National Pingtung University of Science and Technology

Summary

In this paper, the screen house changes temperature and humidity to create a suitable environment for the growth of crops by the environmental control system. Because price of controller unit in the common market is very expensive and there is no function of storing data, this paper hopes to reduce cost and ease of operation of the environmental control system to achieve the purpose of automatic control. This paper uses a single chip as the main circuit controller, which cost far lower than PLC system which using by traditional greenhouses.

The system offers automatic control functions. Inside the system, time module can control the timing of the devices action, and then transport data into the computer by the wireless transmission system, after that transfers data into text file before recording it, finally drawing the curves diagram of environment changing. Use single chip to control the screen house automatically, besides that we can achieve the purpose of monitor by

adding in remote transmission function.

室內造景之魚菜淨空循環系統

周伯鴻.林坤男.陳任傑
指導老師:苗志銘教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本設計主要是由魚菜共生的原理,加以運用在觀賞魚及淨化空氣的植物的共生。

不同之處在於水耕方面,我們是利用造霧器將水打成霧供給植物做養份,還有以往的魚菜共生是食用魚跟蔬菜的結合,而我們的設計是利用觀賞魚跟淨化空氣的植物做結合,但是桌子沒有多餘的空間可以同時擺放水族箱和盆栽,所以我們用節省空間並達到美化的概念去構想,設計出具有美觀及清淨空氣的循環系統。

一、引言

在古代,中國南方和泰國、印度尼西亞等東南亞國家就有稻田養魚的歷史,養殖的種類包括:鯉魚、鯽魚、泥鰍、黃鱔、田螺等。比如浙江麗水稻田養魚,距今 1200 多年歷史。

由於受困於乾旱缺水的氣候條件,1970 年代以來,澳大利亞的園藝愛好者們成爲魚菜共生早期的先行者,借助互聯網的開放性,在世界各地播下了火種。在知識和經驗分享的過程中,魚菜共生園藝得到快速發展,逐漸成爲一場全球性的活動愛好。

從 1997 年開始,維爾京群島大學的詹姆斯 Rakocy 博士和他的同事們研發出了一種基於深水栽培(deep water culture)的大型魚菜共生系統。之後,世界各國多個大學逐步開展相關技術研究,探索大規模魚菜共生農業生產的技術方法。

近幾年,規模化的魚菜共生系統逐步在世界各地建設投產,室內的魚菜共生工廠也開始出現。當前,整個魚菜共生家庭園藝和農業產業正在快速發展。[1]

現今科技進步使我們的生活更加便利,然而這些的進步也帶來了各種污染問題,首當其衝的是環境的問題,近年來人們開始注意 PM2.5 污染與健康問題之間的聯繫運作,許多研究已證實 PM2.5 會對人體的身體造成影響。

為了解決這個問題,本實驗以魚菜共生為基礎原理,結合改造成創意美觀的室內景觀,並以植物做清除空氣汙染達到淨化室內環境的功能,此外桌上型魚菜共生系統,也可以達到園藝心靈智育的功效。

室內植物的優點

a. 具有調節濕度的功能:

室內栽種植物因為需要澆水,以及在葉面噴水保濕,植物的根部吸水從葉片蒸發。您知道嗎?這些蒸散在空氣中的水分子其實是很重要性的,它對調節空氣濕度有著極大的效用,而過程中所釋放出的陰離子,對於我們身體也有正面的幫助。

b. 可調適心情:

其實在人工建築內活動的人們,心裡非常渴

望回到大自然的環境中。國外實驗結果，在有植物佈置的美麗環境中工作或生活，精神狀態叫好，頭腦較清楚、工作不易出錯、且能保持著愉悅的心情喔。

c. 具有修飾空間的功能:

運用植物來修飾您的辦公室、營業場所等，以居家的角度來看待這些冰冰冷冷的環境，讓植物在這些空間中扮演著活家具的角色，能營造出像家一般的舒適感。

d. 具有營造氣氛的功能:

藉由熱帶植物特殊的造型，讓空間具有像熱帶悠哉、自在、休閒的感受，走進熱帶植物佈置的空間中，就好像讓您到了渡假聖地般，如此的輕鬆愉快。[2]

依據克萊爾•賓森/著作 淨化空氣植物，有些植物具備清潔空氣的功效，能夠抵抗一些呼吸道疾病和過敏疾病和汙染物中毒。有鑑於此，本專題研製一套桌上型的魚菜共生裝置，以魚缸為主體，加配一個礫石耕的植栽區，與一個地球造型的噴霧耕淨化空氣植栽區，並測試其運作情形。[3]

二. 實驗材料

表 1. 循環系統

設備	規格
抽水幫浦	輸入 AC110 60Hz 輸出 400L/h
魚缸	300 * 225 * 240 mm
壓克力硝化槽	300 * 150 * 305 mm

表 2. 控制設備

設備	規格
定時器	輸入 AC110 60 Hz 最大負載 16 A/1760 w
變壓器 AC/DC	輸入: 100-240 VAC 輸出: 12VDC2000 mA
霧化片	輸出: 200 cc/h
風扇	輸入 DC12 V 0.23 A

表 3. 其他材料

設備	規格
發泡煉石	8~16 mm
石英陶瓷環	2 * 2cm
保麗龍地球床	直徑 25 cm

三. 設計概念與工作原理

系統流程圖如圖1所示，本設計一開始分為魚缸系統及地球植床系統。

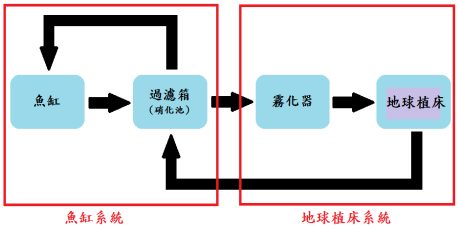


圖 1. 系統流程圖

我們以系統流程圖構想，設計出初想設計圖，如圖 2 所示。水的循環為魚缸魚的廢水經過幫浦抽取到過濾系統，過濾系統分為過濾層與淨水層，過濾層將魚的排泄物經過硝化作用，流至淨水層，以霧化器產生水霧提供乾淨而富養流的水質供給植物吸收，在植床內多餘的水再回流到缸，經由高低差的原理提高含氧量供應給魚池環境，形成一個循環系統。再用 SolidWork 軟體繪製 3D 系統設計圖，如圖 3 所示。

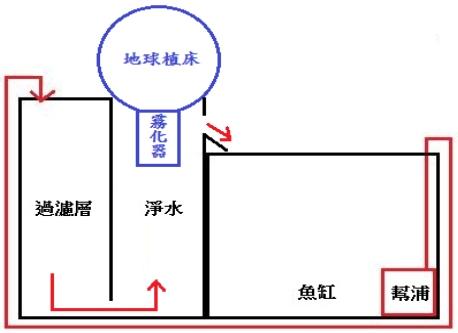


圖 2. 初想設計圖

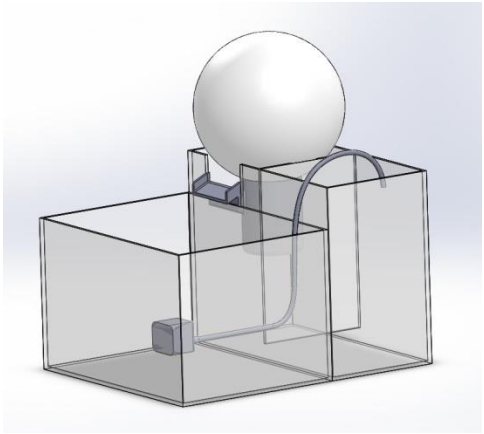


圖 3. 3D 系統設計圖

3.1 魚缸系統

魚缸系統包含魚缸及過濾箱。其中硝化菌在此循環系統中扮演著最重要的角色，所以要先進行養菌的步驟，讓硝化菌在過濾箱裡生長，才能進行魚菜共生系統。

3.1-1 魚缸養水

養菌的用意就是建造一個硝化系統，首先，先將魚放入魚缸，開始進行養殖作業，氨開始累積，過多的氨對魚是有害的，所以我們要控制魚池中氨的濃度以及含氧量。

3.1-2 魚菜共生（Aquaponics）

為達到能源自主的功能，本裝置基本上遵循魚菜共生的運作機制，如圖 4 所示，利用魚的排泄物，經由硝化作用的硝化菌，將有毒的元素(有機大分子狀)轉化為為營養小分子，以供給植物的水根吸收，輸至葉片經光合作用轉成胺基酸促使植物成長，同時也淨化了水質，再循環回魚池供給魚類健康的生長環境，這種利用水循環交換所需，使三種生物(魚、細菌、植物) 互利共同生長的方式，稱為魚菜共生，這也為一種節水農業技術。

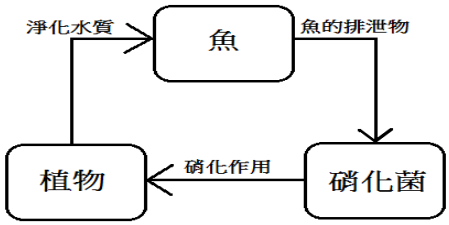


圖 4. 魚菜共生系統

3.1-3 硝化系統

硝化系統又可稱為「氮元素循環」。如圖 5 所示，硝化作用分為兩階段，分別為兩類硝化細菌完成，第一階段:銨鹽氧化為亞硝酸鹽(亞硝酸菌 Nitrosomons)和第二階段：亞硝酸鹽氧化為硝酸鹽（硝酸菌 Nitrobacter)，在水族箱的所有生物，包括魚類、無脊椎動物、真菌或細菌，都會有排出氮廢料，也就是排泄物。這些排泄物或動植物殘骸在分解後會釋放出一種叫「氨」(NH_3)的化合物，俗稱為「阿摩尼亞」，來自其英文 Ammonia，而氨溶於水後更會轉化為「銨」(NH_4^-)。對於水中的生物有強烈的毒性，過高時也有毒死生物的可能性。而轉化這些化合物正是硝化細菌的工作，硝化細菌會把 NH_3 轉化為「亞硝酸鹽」(NO_2^-)，相比 NH_3 和 NH_4 有較少毒性而濃度高時同樣會毒死生物，所以有另兩種菌作為轉化的工

作，就是硝化螺旋菌及硝酸菌，它們會把 NO_2^- 轉為「硝酸鹽」(NO_3^-)，同樣地，相比 NO_2^- 有較少的毒性，但濃度高時也會毒死生物，所以減低 NO_3^- 濃度的方法就是換水了。[5]

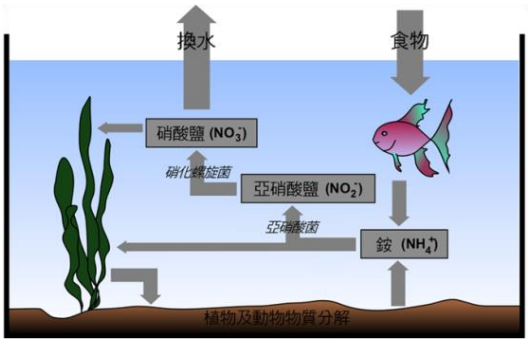


圖 5. 硝化系統

3.1-4 魚缸系統的設計製程

a. 過濾箱

如圖6所示，我們採用壓克力片利用壓克力黏著劑黏著成過濾箱，再塗上矽利康達到防漏水效果。



圖6.過濾箱

b. 滑水道

透過 SolidWork 軟體繪畫出來，然後轉成 STL 檔，透過 CURA 操作調整位置和密度，再利用3D 印表機可印出我們想要滑水道，如圖7所示。

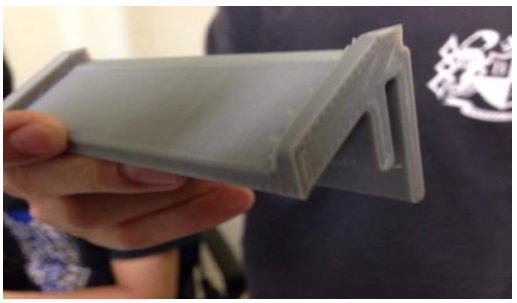


圖7.滑水道

如圖8所示，配合過濾系統，過濾系統的濾材是採用發泡煉石跟石英陶瓷環主要的功用是用來讓硝化菌附著繁殖用的，本身是經過高溫燒結，本身對水族箱裡的水質無害；但在硝化菌附著繁殖後，就可以淨化水質。我們將過濾完後的水利用我們設計的滑水道和水位關係一邊給霧化機水分，一邊自然回流方式流回水族箱繼續做魚菜循環。

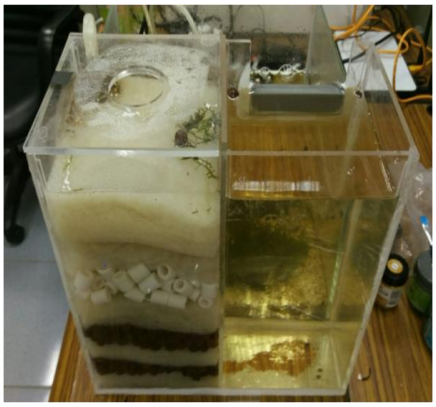


圖 8.過濾系統

c. 魚類選擇

神仙魚（圖9):

原產於亞馬遜河中心至秘魯、厄瓜多爾一帶水域，是現在許多人工改良種神仙魚的原種魚。神仙魚的飼養水溫一般是控制在24—28℃之間，在這以溫度範圍內，神仙魚的食慾旺盛，生長迅速。

它受外界氣溫變化影響，始終維持在一個相對穩定的狀態中。飼養七彩神仙魚須注意，不要幾隻魚就養於一缸，因為容易出現1-2 隻「霸道魚」，它們會佔有餌料，不讓其他魚接近，追咬其他魚等等。所以，七彩神仙魚還是比較適合十幾隻一起群養的。[6]



圖9. 神仙魚

雪花鬍子魚（圖10):

原產地為巴西， PH 值為6.0~7.6之間，偏向軟水性，水溫為24~28度之間，牠對於除藻效果良好，會去除附著缸壁或水草葉面的綠藻為主，也不會攻擊其他魚種，非常適合當清道夫角色。



圖 10. 雪花鬍子魚

d. 魚缸系統完成

建構完整的系統前，我們要先要先養水，首先培養硝化細菌，建立硝化系統。硝化細菌可以自然產生，也可以採用人工投放的方法。再來就可以放幾條魚，如果硝化系統能在1~3小時內把水中增加的氨轉化為硝酸（鹽），那麼就達到了第一階段的生態平衡。(最直接觀察完整的硝化系統是否形成，就是看水清徹無雜質白霧、魚排泄物很快(一天內)就會變的像脫水過一樣小小的，這樣就代表硝化系統已經形成。(圖11)



圖 11. 魚缸系統

3.2 地球植床系統

地球植床系統包含霧化器和地球植床。

霧化器是用來產生霧化，讓水分在地球植床內循環，如圖12所示，並供給水分給植物吸收，讓植物生長。

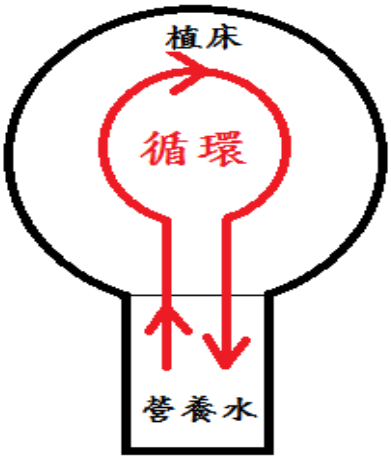


圖12. 地球植床循環圖

植物本身具有淨化空氣的功能，能降低有害氣體的濃度。

3.2-1 霧化器原理

如圖13所示，霧化器是利用陶瓷霧化片產生霧水，它屬於逆壓電效應，原理是當晶體自身通過電流，如果晶體上外加交變電場，則壓電晶體就會交替出現伸長和壓縮，從而發生機械振動。[7]

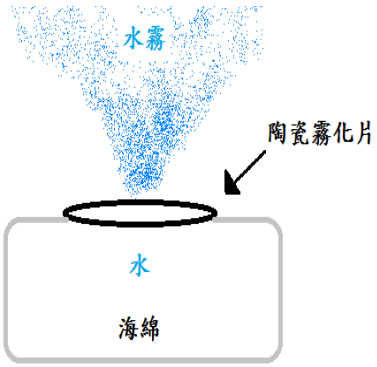


圖13. 霧化器原理圖

利用電子元件高頻振盪原理,通過中心高頻諧振，把液態的水結構性的振散成水霧狀，形成細小的水珠，在有高壓噴嘴給噴出來，形成霧狀。我們選用的陶瓷霧化片頻率在1.7MHz~~2.4MHz 之間，可以產生霧化顆粒平均為2μm 。

3.2-2 植物淨化空氣原理

植物淨化空氣的原理為葉片上蠟質膜有利於吸附碳氫化合物。植物的葉片表面上的蠟質膜含有醇、醛、酮和酯等有機化合物，有利於吸附環境中的碳氫化合物。有科學家用碳 14 同位素標記甲醛，讓吊蘭吸收，發現其通過代謝反應轉化成機酸、糖和胺基酸等成分，另一些試驗還證明甲醛不僅被轉化了，代謝物質還參與了體內的代謝和轉移。而苯、甲苯等芳香烴類污染物質，被葉片吸收後大多通過芳香烴斷裂的形式被氧化，苯和甲苯中的碳原子主要是被合成不可揮發的有機酸物質，其中有一部分碳以 CO2 的形式散失。

觀葉植物的淨化效果不僅靠植物本身，植物盆栽的基質如陶粒等也有一定吸附效果；甚至盆栽澆水潮濕後，水分也能提高吸附效率。基質中的微生物也發揮了降解甲醛等污染物質的功能，我們甚至分離到以甲醛作為唯一碳源的微生物。[8]

3.2-3 地球植床系統的設計製程

a. 霧化器

霧化器的使用，如圖14所示，先將霧化系統的底部浸泡在水裡面利用海綿吸水到霧化器，並將系統加裝定時器週期產生霧化。將水分子打散為，產生極細微的雲霧飄向植物根部，用此方法讓植物吸收經過硝化系統的水分，一個霧化器以每小時200cc，使用了三個霧化器才能達到平均讓植物根部潮濕的效果。



圖 14. 霧化器的使用

如圖15所示，我們測試霧化器的霧量，額定規格是一小時消耗200cc 的水產生水霧，代表三顆霧化器一小時消耗水量為600cc，經過測試實際消耗平均550cc。



圖 15. 霧化器霧量測試

因霧化器驅動電路通電作用容易產生熱，所以製作散熱盒(多孔洞)，如圖16所示，以及加裝小型風扇，達到降溫效果並兼具美觀。而霧化片跟風扇是採用並聯12伏特的電壓並接上定時器，所以霧化片跟風扇的作用是同步的，不會因為霧化片沒在作用而啟動風扇而浪費電。

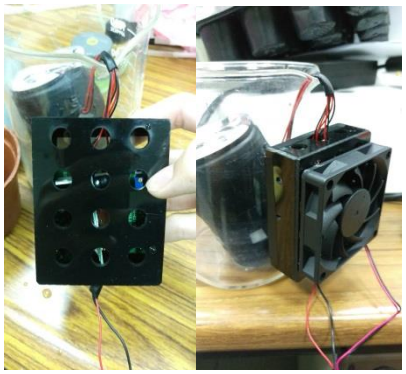


圖16. 霧化器電路的散熱處理

b. 地球植床

我們跳脫一般植床形式，如圖17所示，採用地球狀來當我們植床，地球床是利用電烙鐵熔化實心保麗龍球為空心並在表面塗上廣告顏料做美觀，在噴上水性噴漆防水的植床。



圖 17. 地球設計

c. 植物的選擇

如圖18所示，我們選用常春藤，因為常春藤，屬於室內外壁面垂直綠化材料，又是極好的地被植物，適宜讓其攀附建築物、圍牆、陡坡、岩壁及樹陰下地面等處。大部分房間裡都可以健康生長，因為它既可以承受直射光線也可以承受散射光線，並且能夠吸收有害的氣體，最好將植株放

置在室內，它可以有效吸收甲醛、苯(房間裡的常春藤考每天24小時吸收90%的苯)、甲苯、二甲苯、三氯乙烯，爲人體健康帶來極大的好處。[9]



圖 18. 常春藤

d. 地球植床完成

如圖19所示，我們結合了霧化器，做噴霧水耕濕潤植物根部並回流循環。這邊我們利用了魚菜共生魚缸所產生的水達到營養供應。



圖 19. 地球植床

3.3 桌上系統完成

如圖 20 所示，將魚缸系統和植床系統合在一起，就完成我們的成品。



圖20. 完整桌上系統

四、結果與討論

本專題利用不同以往的魚菜共生，融合了造霧系統與創新的地球型的植床，不僅可做為桌上的綠化，讓生活添加觀賞趣味，而且造霧系統除降溫之外可維持植物在一適當的保水狀態。就植物生理而言，此保水狀態可減緩植物本身的蒸散作用，提高植物的生產力和品質，在環境控制上亦可達到降溫的需求，且避免過濕。

4.1 植物光照問題

如圖 21 所示，因為此為桌上型室內的系統，由於室內光照強度弱，所以需求強光的植物(如嫩葉萵苣)就無法在此系統裡得到良好的生長，因此我們在選植物時必須考量到其對

光源、光質的需求性。下面是我們測試嫩葉萵苣在此系統的生長性，一週後的變化-產生缺乏鎂的葉白化現象就是俗稱的老化現象。葉白化現象在沒有光照的情況下退化形成，缺乏活化的色素，會使葉片呈現淡黃色。

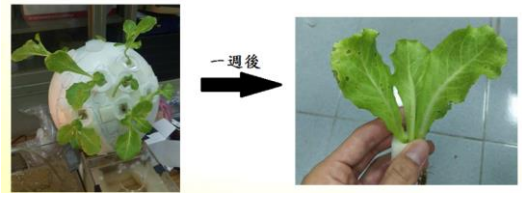


圖 21. 測試**嫩葉萵苣**在此系統的生長性

4.2 養魚水質問題

4.2-1 換水週期及安排

三台霧化器加裝定時器(定時設定為:一小時通電+半小時斷電循環)平均每三小時消耗 1100cc 的水量其中回收的水量大概 1050cc，每天會消耗的水大概 400cc(就是水霧會流失到空氣中水變少)，所以每兩天就要補水一次 800cc，才不會讓水質過酸性，影響魚的生長。

4.2-2 水的日常維護

水的維護很簡單了，定期清洗濾材，每次清洗濾材的數量不要超過濾材總量的 30 % 。

4.3 霧化器問題

4.3-1 為什麼霧化片在工作中霧化量很小?

霧化量的大小是根據霧化片自身的頻率型號來定的，一般情況下使用的功率越大，霧化量就會越大，比如說 2.4M 的諧振頻率，在 12V 工作電壓的時候，每小時霧化量會達到平均 200cc，如果只是用到 6V 的電壓，壓電頻率的振幅會明顯變慢，所以霧化量會變小。

4.3-2 為什麼霧化片不能乾燒?

霧化片最主要的功能就是把水變成霧化狀態，所以它只有在有水的情況下才能正常的工作，特別是陶瓷霧化片，在水全部霧化完之後，就要停止工作，否則在通電的情況下霧化片還是在正常的工作，因為高頻振蕩的原因，本身會發熱，最後就會燒掉。

五、結論與建議

5.1 討論系統改良

5.1-1 地球植床材質

材質為保麗龍球的地球植床容易受水潮解化或是撞擊破碎耐久性不高，且無法塗上油性防水漆，因為會造成保麗龍溶化。材質可以改用塑膠浮球，並且使用防水漆使它的壽命更長，如圖 22 所示。



圖 22. 塑膠浮球

5.1-2 地球儀結構

如圖 23 所示，為了改善植物光照射問題，並且可以增加一些趣味性，我們可以利用地球儀旋轉的原理，讓植床每個表面都可以均勻的

收到光照，因為本系統至於室內，所以其光照的程度並不強，如果可以加裝燈就可以提升植物的選擇性。

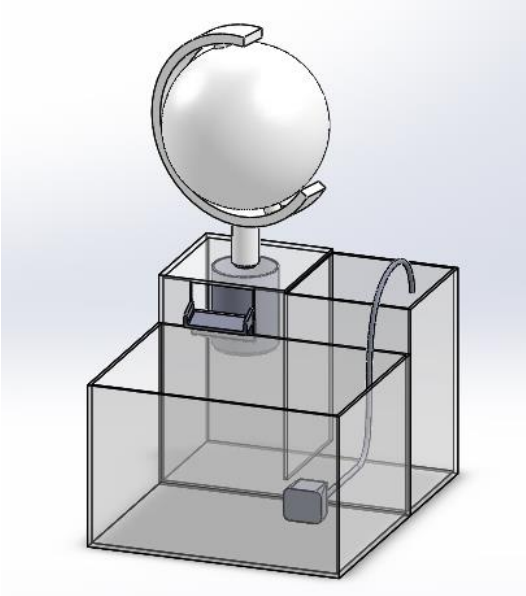


圖 23. 地球儀構造 3D 設計圖

5.1-3 植物多樣選擇

如圖 24.25 所示，在保麗龍上面打細微孔洞塞就可以種植青苔；適合用來點綴植床，較不需要擔心造成主植物的病蟲害。青苔所需的環境需求高濕度，通風，以及散射的日光種植青苔於盆缽中。青苔種類、形狀、顏色很多，如能使用形狀、高低、顏色不同的青苔置於植床上，能增進野趣，使盆面更富變化，可增加美觀。

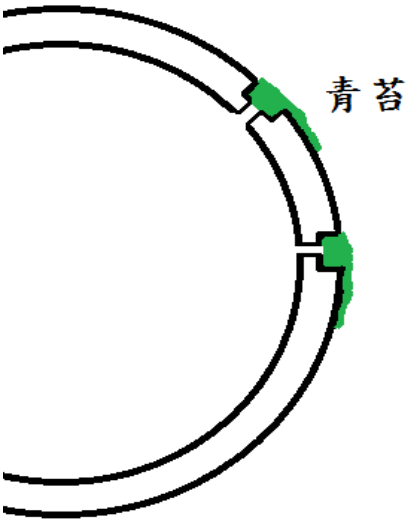


圖 24. 多樣化種植設計圖



圖 25. 青苔

六、致謝

首先誠摯的感謝指導教授苗志銘老師，老師細心的教導使我們了解魚菜共生領域的原理，不時的討論並指點我們正確的方向，使我在這段期間中獲益匪淺。老師對學問的嚴謹更是我們學習的典範。

專題的完成另外亦得感謝的組員們大力助。因為有你們的體諒及幫忙，使得專題能夠更完整而嚴謹。

這段日子裡，實驗室裡共同的生活點滴，學

術上的討論、閒扯，有時互相也會有爭吵，也感謝實驗室學長，總會時常的提供我們一些在養魚栽種的經驗，讓我們可以避免更多的失誤。

感謝不厭其煩的指出我們研究中的缺失，且總能在我迷惘時為我們解惑的老師、同學們，因為也你們的幫忙，我們才能順利的完成這次的專題。

七、參考文獻

[1] 魚菜共生-中文百科在線，資料來源：
http://www.zwbk.org/zh-tw/Lemma_Show/445400.aspx

[2] 室內景觀 Archives-普普風室內設計公司
http://www.interiordesigner.com.tw/?tag=%E5%AE%A4%E5%85%A7%E6%99%AF%E8%A7%80

[3] 克萊爾•賓森/著
淨化空氣植物-提高室內空氣質量

[4]柴富的魚缸建立硝化系統全過程
http://www.gogreen.tw/?p=637

[5]硝化作用
http://www.mbi.nsysu.edu.tw/vekin/novel/aquaculture/nitrification/nitro.htm

[6]神仙魚-台灣 Wiki
http://www.twwiki.com/wiki/%E7%A5%9E%E4%BB%99%E9%AD%9A

[7]霧化器原理
http://www.twwiki.com/wiki/%E9%9C%A7%E5%8C%96%E5%99%A8

[8]淨化空氣的最佳植物並講解其原理
http://www.360doc.com/content/13/0902/10/8005386_311548399.shtml

[9]蒲田花藝精品－常春藤
http://kent-garden.myweb.hinet.net/English%20ivy.htm

Aquaponics cleaner air of indoor plantscaping for cirulating system

Zhou,bo-Hong
Lin,Kun-nan
Chen,Ren-Jie
Dr.Jr-Ming Miao

Our design is inspired by Aquaponics that we use it for the commensalism of appreciate fish and plants which can purify the air.

In terms of Hydroponics, the difference is that we use the atomizer to make water into fine spray as fertilizer. Traditionally, Aquaponics combines eatable fish with vegetable, but we transform it into a system of appreciate fish and purifying plants. However, there isn't any space for an aquatic animals box and potted plant at the same time, so we use the space wisely and decorate it as well to reach our concept which is able to beautify our environment and create a circulating system of air purification.

咖啡因對人體心律變異度之分析

學生姓名:王慈惠 林真群
指導老師：蔡循恒 博士

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題主要探討咖啡因對於人體自律神經系統之交感神經與副交感神經之 SDNN、LF、HF 等數值，利用心電圖(Electrocardiography ，ECG)原理之心率變異度進行實驗分析，探討人體經由咖啡因影響所產生之神經反應。

關鍵字:自律神經系統、咖啡因、心率變異度

一、引言

1.1 緒論

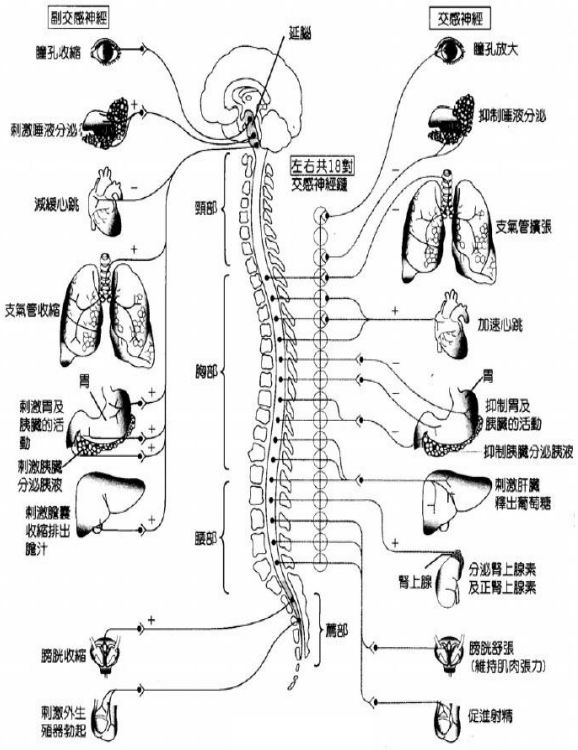
人體的自律神經系統(Autonomic Nervous System)是控制身體器官的重要神經系統之一，其中自律神經系統可分成三個部分:交感神經系統、副交感神經系統、腸胃神經系統。如果長時間處於壓力的環境之下自律神經系統便會失調，心跳速度上會出現差異，而自律神經系統活性指標如果越低，表示自律神經失調可能性越高。隨著科學的進步新的醫學檢測方式出現，我們可以利用心率變異度(Heart Rate Variability，HRV)加以分析我們的健康，心率變異度被廣泛應用於探討自律神經系統的調節作用，因此藉由心率變異度之分析可以判斷人體的自律神經健康狀態，對於目前人體自律神經之生理的狀況更加通曉。

1.2 背景

人體的生理訊號可以藉由心電圖儀器配合心率變異度分析獲得，其中包含可攜式心率變異分析儀。

人體的神經系統分成兩部分，中樞神經系統與周圍神經系統。其中中樞神經系統包括腦與脊髓，周圍神經系統是中樞神經系統以外的人體神經纖維。肉眼可見之神經包含神經膜形成之神經，而主要的功能是將所感受之感知傳遞給中樞神經系統下達肌肉收縮指令因此產生動作。而分佈在軀幹的稱為軀體神經系統，分佈在內臟的稱為自主神經系統(也稱自律神經系統)，分佈在腸間的稱為腸神經系統。

自律神經系統 Autonomic Nervous System，ANS)，會稱為自律神經是因為此神經未受訓練者是無法控制該神經的活動，像是心跳搏動、呼吸、消化、血壓以及新陳代謝。自律神經系統分成兩部分，交感神經系統與副交感神經系統，其中交感神經是主管人體的應激反應(緊張、壓力)，而副交感神經則主管休息與放鬆，交感神經與副交感神經之間有拮抗作用。此次專題我們將探討飲用豆漿咖啡因對於人體神經系統活性的影響。



▲圖 1，自律神經系統。

心臟的跳動經由電壓的輸出產生電壓訊號，感測器偵測後，所接受之電壓訊號，經由程式分析。所產生的資料可以做為醫生診斷疾病時的重要訊，這些生理訊號對於臨床醫學具備相當高的醫學價值。北美節律電氣生理學會(North American Society of Pacing and Electrophysiology)將心律變異度制定了統一範圍，其標準值以及測定方法，生理意義與臨床應用[2]。

神經系統會受睡眠、情緒與內分泌、食物、藥物……等因素影響，例如咖啡因就是其中影響神經系統反應的因素之一，食物藥品管理局訂定，非藥用的咖啡因用途限定於食品添加劑中飲料的調味劑，並且必須是源自材料中原料的天然成分而不是

以純咖啡因添加，規定其含量不得超過每千克 320 毫克（320ppm），否則視為藥用。中華民國行政院消費者保護委員會於2006年8月1日則推行咖啡因分級制度，推動按照紅色、黃色、綠色顏色差異標示來提醒消費者每杯咖啡的咖啡因含量。其中紅色為200－300 毫克或以上、黃色為 100－200 毫克、綠色為 100 毫克以下。所以本實驗依據其值分別以50mg、100mg、200mg之咖啡因含量來進行實驗研究。咖啡因對人體影響包括:

(1)促進脂肪代謝
(2)肌肉收縮強度增加
(3)刺激心血管
(4)刺激中樞神經系統
(5)其他:提高新陳代謝率、心跳率提高、血壓升高及促使血管擴張。

此次專題會採用豆漿做為飲料之基底，豆漿是高密度脂蛋白是脂蛋白中最細小的一種，因為細小使身體容易吸收乳糜粒，而乳糜粒是人體中脂蛋白中最大的一種(80~100nm)，主要成分為三酸甘脂，分子較大不容易吸收，乳糜粒太高容易造成心血管疾病或引起急性胰臟炎或原因不明的腹痛，因此本次專題實驗以豆漿當作傳導媒介，因其脂蛋白最細小易吸收的特性，因此藉由豆漿將咖啡因帶入人體內使咖啡因較易吸收。

1.3 文獻探討

Tverdal 等學者研究指出，因冠狀動脈心臟病死亡和每天飲用咖啡因杯數有關，因咖啡因會提升血液中膽固醇的濃度，進而間接提升冠狀動脈心臟病的患者死亡率[1]。

Kawada,Fushiki 等學者研究指出，給十位志願飲用含 240mg 咖啡或含有安慰劑(placebo)之料，含有咖啡因之飲料被分解到人體後，高頻區域面積發現瞬間的顯著增加，P<0.001，再經人體分解 30 鐘後，含有安慰劑之飲料，P<0.02，結果顯示含有咖啡因之飲料所產生的生理反應大於安慰劑之飲料，造成此不同之原因可能來自自律神經系統功能的上升。服用無咖啡因之飲料者之後在飲用含有咖啡因之飲品(2mg)，再高頻去域面積同樣發現瞬間的顯著增加，P<0.001，且顯著高於服用無咖啡因飲料之後沒有飲用含有咖啡恩之料者 P<0.02，因此咖啡因對於心律變異度有一定影響 [1] 。

Richardson 等學者研究指出，適度飲用咖啡因能改善自律神經系統，這現象在糖尿病患者身上觀察到，同樣也發生在健康的人生上。對於心律變異度異常者來說，適度的咖啡因能減少可能發生的心血管疾病[1]。

咖啡因能促使中樞神經系統(central nervous system, CNS)興奮，刺激大腦皮質及腦中樞， 會使人提高警覺、亢奮……等精神狀況，因此降低疲憊度[2]。

溶解在蜂蜜的安慰劑100mg或200mg的咖啡因，在攝取咖啡因或安慰劑後60~90分鐘，量測心律變異度，血壓有顯著的增加，並抑制副交感神經作用[2]。

黃豆具有改善血脂質的作用，攝取豆漿後血漿總膽固醇濃度有顯著降低(P < 0.05)，豆漿具有改善血漿總膽固醇濃度的效果，但停止攝取後，則血漿總膽固醇濃度又會恢復至原來之濃度，因此本實驗採用豆漿做為咖啡因之傳遞媒介[3]。

咖啡因在人體經腸胃吸收後，約15-45分鐘血中濃度可達最高峰，其半衰期(half-life)約3.5至7小時[2]。

LF(0.04-0.15)區域是反應交感神經與副交感神經相互調控，HF(0.15-0.40)區域通常反應自律神經之副交感神經的活性[1]，LF/HF比值反應交感神經與副交感神經調控情形，SDNN值代表反應自律神經系統的活性[4]。

二、研究內容與方法

本專題研究含有豆漿與不同劑量咖啡因對人體心率變異度之影響。經由引用不同咖啡因劑量之豆漿，產生之生理變化經由數據的分析與統計，測量咖啡因對於人底自律神經系統的變化。

2.1 研究對象

本研究受測者為大學生、碩士生，平均年齡為20(±5)歲。

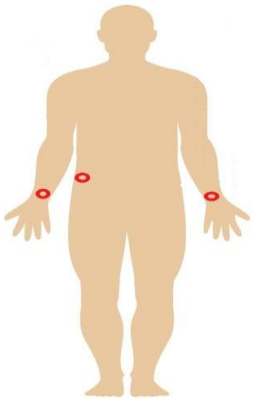
2.2 實驗方法

採用純度為 99.5%之咖啡因粉末，以電子天平量測不同劑量之咖啡因粉末，溶解於 150cc 之純豆漿中，實驗濃度分別為低咖啡因、中咖啡因、高咖啡因之咖啡因含量(50mg、100mg、200mg)，且每位受測者皆引用這三種不同劑量之咖啡因豆漿，依據引用豆漿咖啡後 20 分鐘與 60 分鐘分別測定心律變異度。

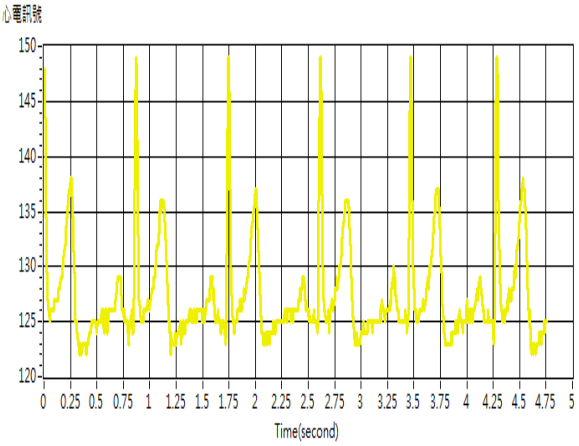
在一開始實驗時，每一位受測者皆配電極片，受試者先帶情緒平穩後，且精神狀態良好之下測量，一開始量測時，受試者皆為空腹狀態或進食2小時之後的時間(此時咖啡因含量0mg)，每次量測間期為為五分鐘，接著飲用不同劑量咖啡因(50mg、100mg、200mg)，分別在第20分鐘與第60分鐘時測量其心率變異度。(每種含量實驗次數:三次)

2.3 實驗設備與材料

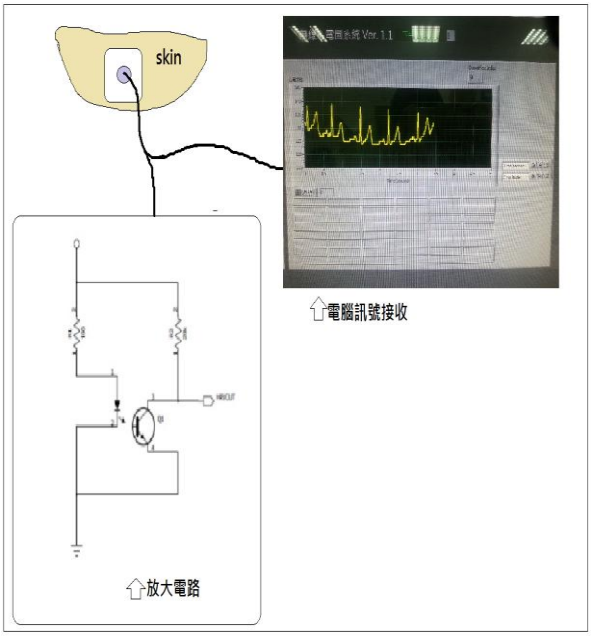
一. 咖啡因:純度 99.5%之食品級咖啡因粉末
二. 豆漿:採用天然非基因改造研磨豆漿
三. 量杯:500cc 透明塑膠刻度
四. 計時碼表
五. 電擊貼片:貼片為三片，分別貼至左側手臂前端與右側手臂前端及右方腰際皮膚上
六. 心率變異度儀
七. 電子天秤
八. 心率變異度軟體 MATLAB
九. 個人電腦
十. 無線網路傳輸系統



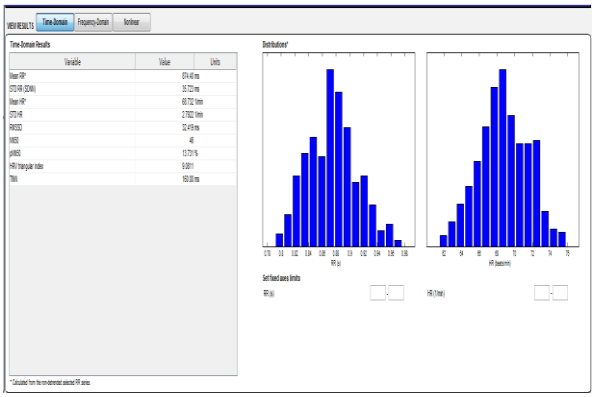
▲圖 2，電極貼片，貼片位置。



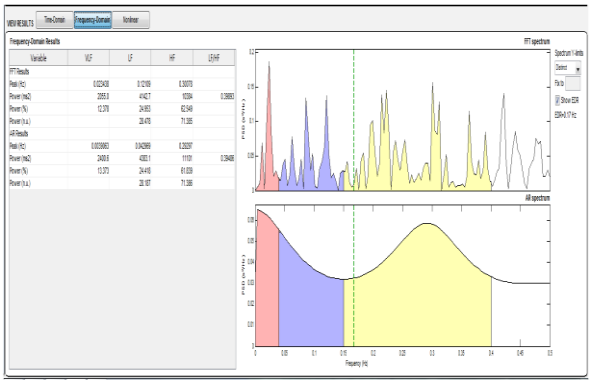
▲圖 3，心率變異度之心臟跳動節律圖。



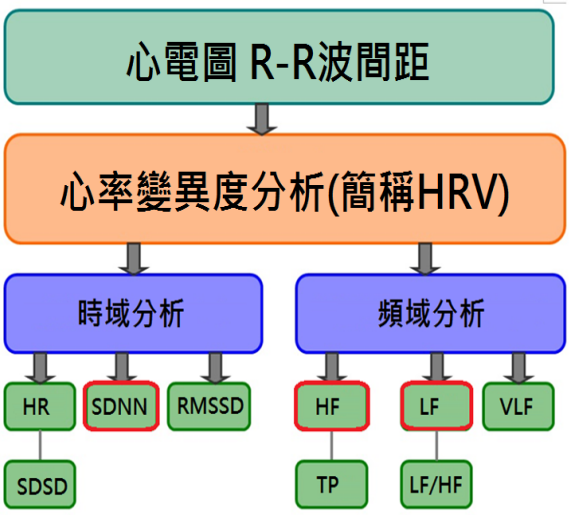
▲圖 4，收訊號與放大電路示意圖。將皮膚接收之電流訊號轉成電壓訊號。



▲圖 5，心率變異時域分析。



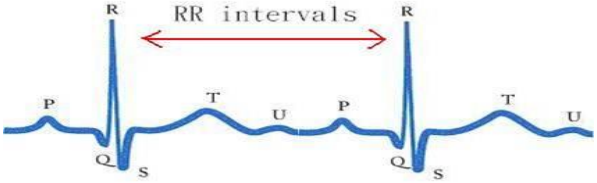
▲圖 6，心率變異頻域分析。



▲圖 7，分析架構圖。

2.4 心率變異

心率變異分析 HRV(Heart Rate Variability)，為量測連續心跳速率變化的方法。主要是藉由心電圖或脈搏量測所得到的心跳與心跳間隔的時間序列。此數據藉由時域分析與頻域分析加以探討神經反應。圖 8，為主要典型的心跳波動，



▲圖 8，心律變異度之波形，R-R 波。

2.5 時域分析

時域分析是以時間為基礎，計算心律間期的差值與標準差，產生各種指標數值，這些數值能用來評估人體生理狀況。數值分析有:平均值(Mean)、正常竇性心搏間期之標準差 SDNN (Standard Deviation of Normal to Normal R Wave)……等。

通常利用連續測量到的心電圖波形，直接計算相連之心跳與心跳間的相關生理數據。單位為 ms(微秒)，本研究以五分鐘為間期，先計算在這間期的標準差後再計算標準差之平均值，單位一樣為 ms(微秒)。心率是指心臟跳動的頻率，心臟每分鐘跳動的次數。正常人平靜時每分鐘 60 到 100 次，運動時心跳會加速，心肺功能較好的運動員通常心跳比正常人還要慢。

2.6 頻與分析

心率變異度中頻與分析是不可或缺的數據分析，當函數與信號進行相關分析時，此分析與頻率有相當大的關係。利用離散傅立葉(Fast Foruier Transformation)將心跳間隔的時間序列轉換為頻域，此分析法以功率頻譜密度 PSD(Power Spectral Density)或是頻譜分布 SD(Spectral Distribution)的方式表現。0.04Hz 以下稱為極低頻(Very Low Frequency，VLF)、0.04~0.15Hz 為低頻(Low Frequency,LF)、0.15~0.4Hz 為高頻(High Frequency，HF)、總功率(Total power，TP)。

2.8 分析運算方程式

SDNN 連續心跳標準差(R-R):自律神經系統活性高低

$$SDNN=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{(RRi-mean)^2}{n}}$$

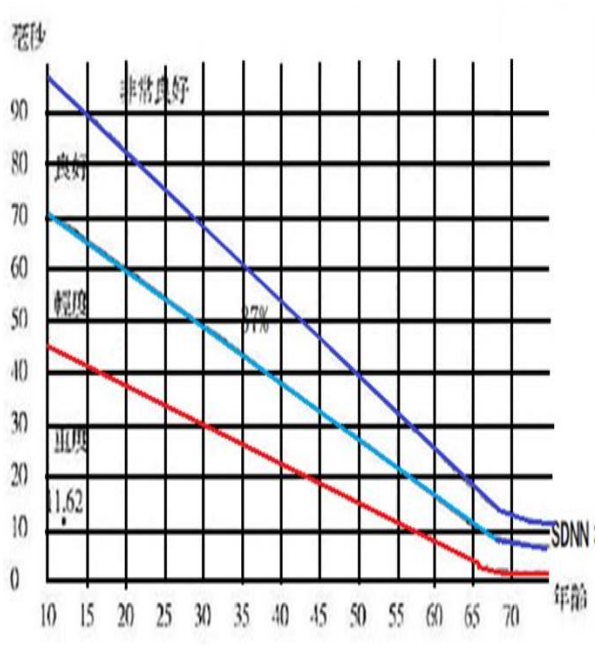
▲SDNN 方程式－(1)

Mean 平均值:可看出受測者心率狀態否穩定

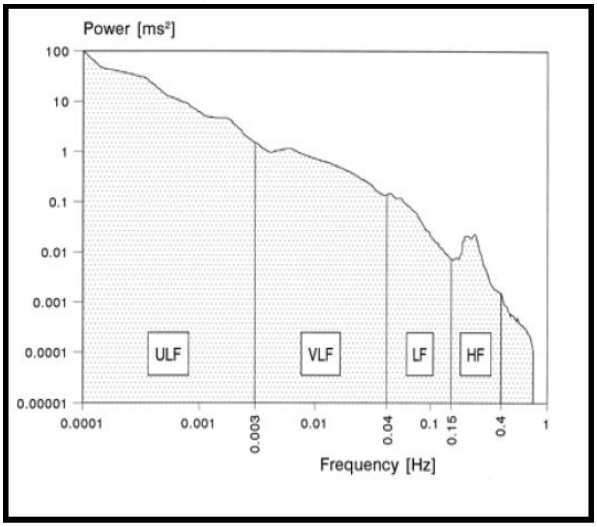
$$Mean=\frac{(\sum_{i=1}^{N}RRi)}{n}$$

▲Mean 方程式－(2)

圖 9 表示,SDNN 數值與年齡之間的關係,若 SDNN 在標準平均值之上位於藍線以上，代表自律神經系統良好，在藍線與紅線之間代表自律神經健康不錯，在標準平均值內；而在紅線以下 SDNN 比標準平均值低,代表可能有自律神經系統有病變的可能性。在青壯年時期時自律神經系統的活性相當良好，然而隨著年齡的上升自律神經的活性逐漸下降。自律神經系統活性顯示 SDNN 值之正常範圍介於 141 ± 39 之間。



▲圖 9，SDNN 與年齡之關係圖。



▲圖 10，美國心臟協會訂定各頻帶之標準[7]。

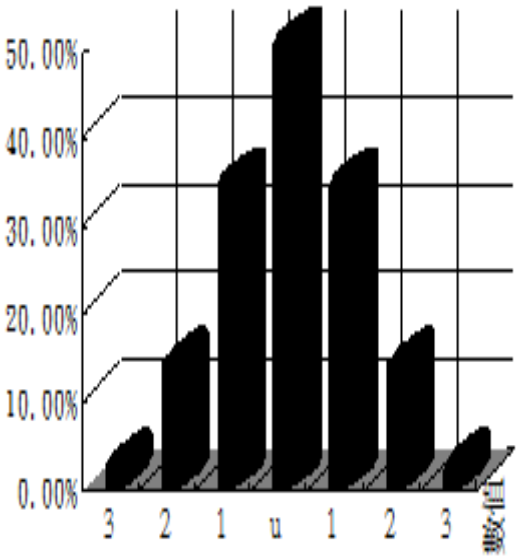
SDNN	LF	HF	LF/HF
141 ± 39	0.04-0.15	0.15-0.40Hz	1.5 - 2.0

▲表 2-1，心率變異度之數值分析指標[5][6]。

2.7 統計方法

本研究受限於對象物數目有限，因此使用常態分佈(高斯分佈)為統計方法，此統計法是將一連續變項之觀察值發生機率以圖形表現其分佈情形:

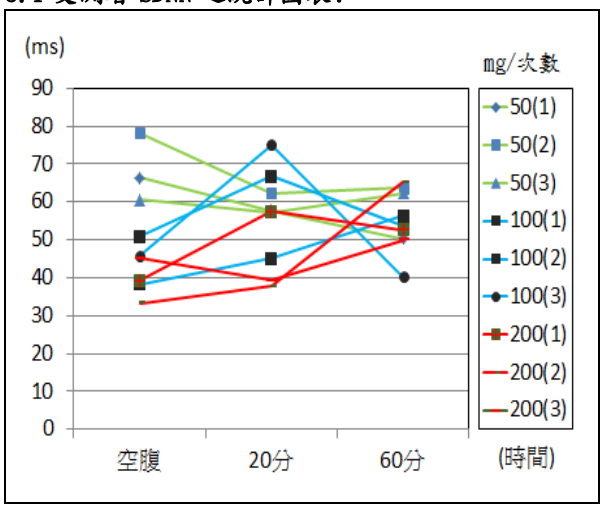
1. 以平均數為中線，構成左右對稱之單峰、鐘型曲線分布。
2. 觀察值之範圍為負無限大至證無限大之間。
3. 變相之平均數、中位數和眾數為同一數值。
4. 標準差:68.3%數值落在平均數±1 個標準差間，95.4%數值落在平均數±2 個標準差間，99.7%數值落在平均數±3 個標準差間



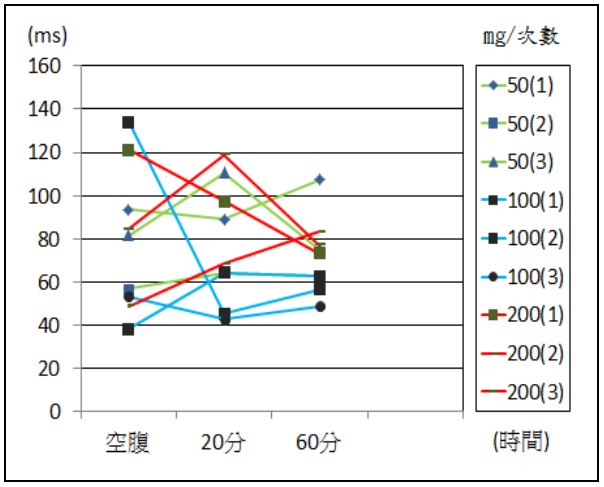
▲圖 11，常態分佈示意圖。

三、結果與討論

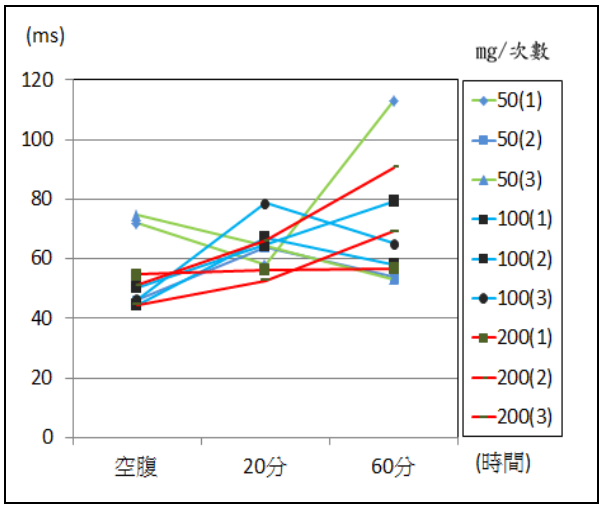
3.1 受測者 SDNN 之統計圖表:



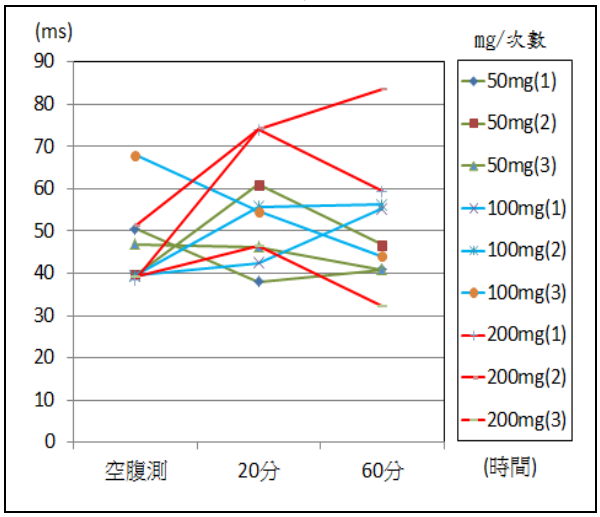
▲表 3-1-1，受測者 A 心率變異度之 SDNN 值。



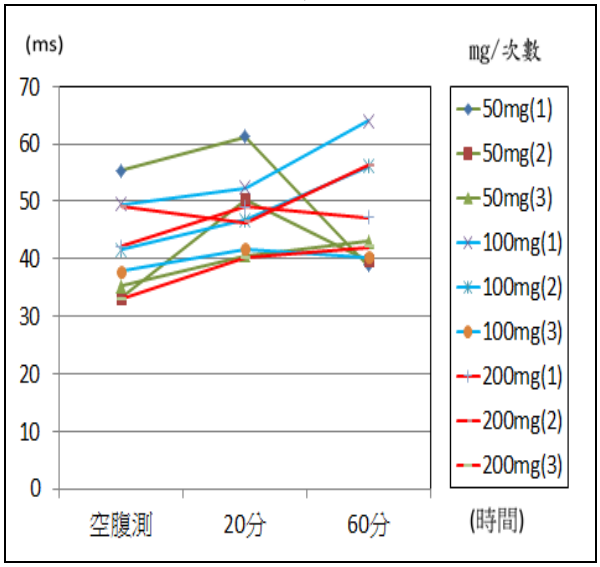
▲表 3-1-2，受測者 B 心率變異度之 SDNN 值。



▲表 3-1-3，受測者 C 心率變異度之 SDNN 值。



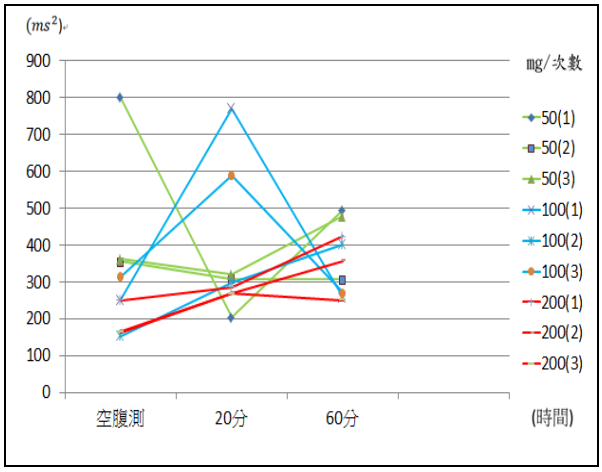
▲表 3-1-4，受測者 D 心率變異度之 SDNN 值。



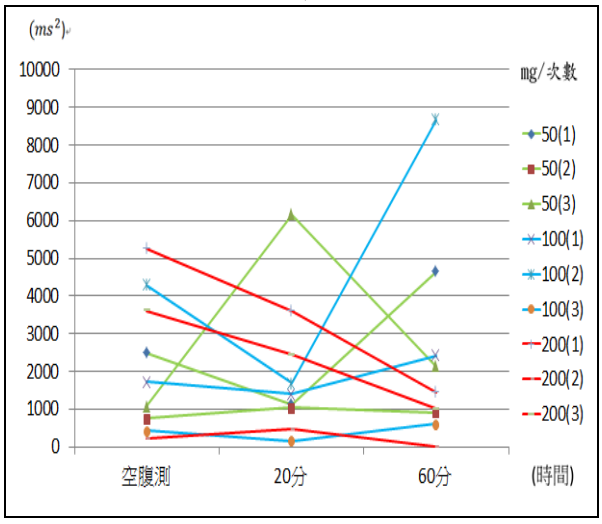
▲表 3-1-5，受測者 E 心率變異度之 SDNN 值。

再咖啡因的作用下 SDNN 值因為每位受測者的自律神經反應不同，所以交感神經作用活性不同，從圖中可以看出曲線的變化，表是交感神經活性正在作用，而副交感神星活性則降低。

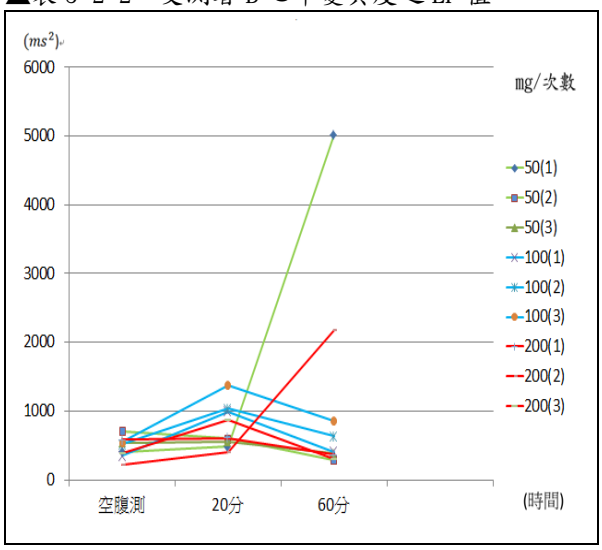
3.2 受測者之 LF 值:



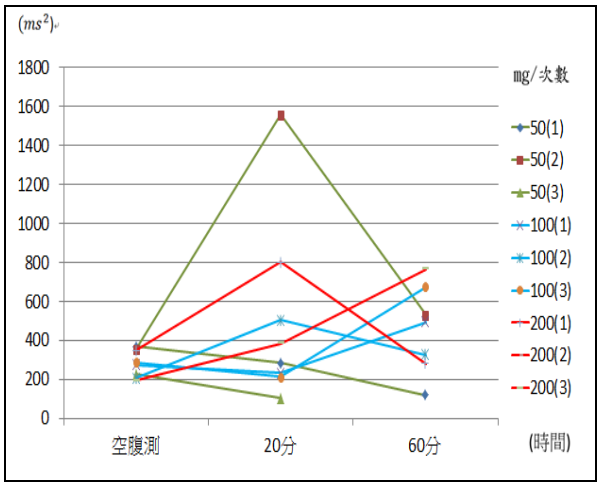
▲表 3-2-1，受測者 A 心率變異度之 LF 值。



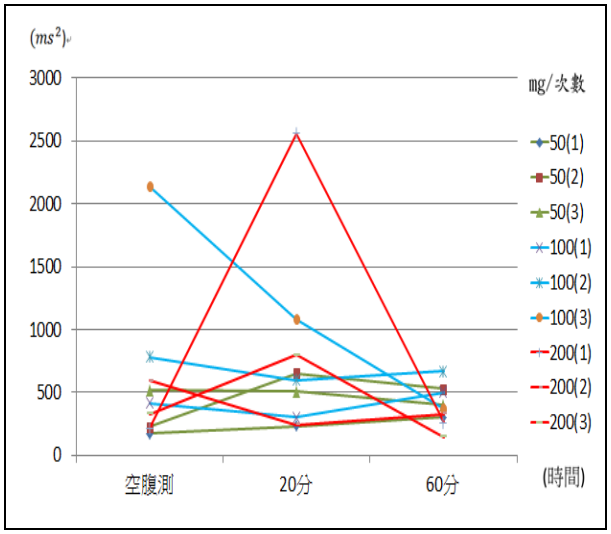
▲表 3-2-2，受測者 B 心率變異度之 LF 值。



▲表 3-2-3，受測者 C 心率變異度之 LF 值。

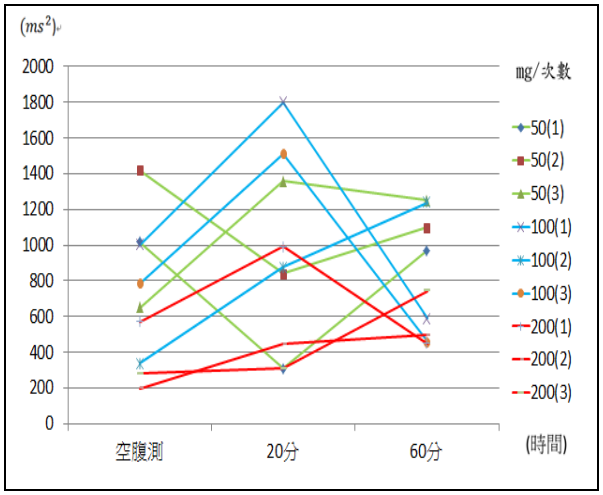


▲表 3-2-4，受測者 D 心率變異度之 LF 值。

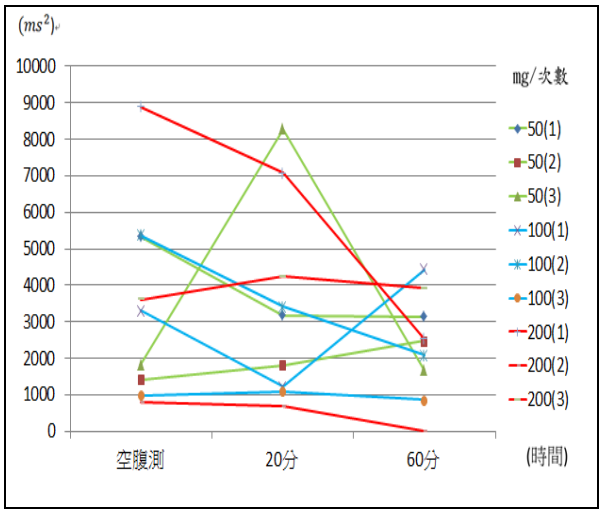


▲表 3-2-5，受測者 E 心率變異度之 LF 值。

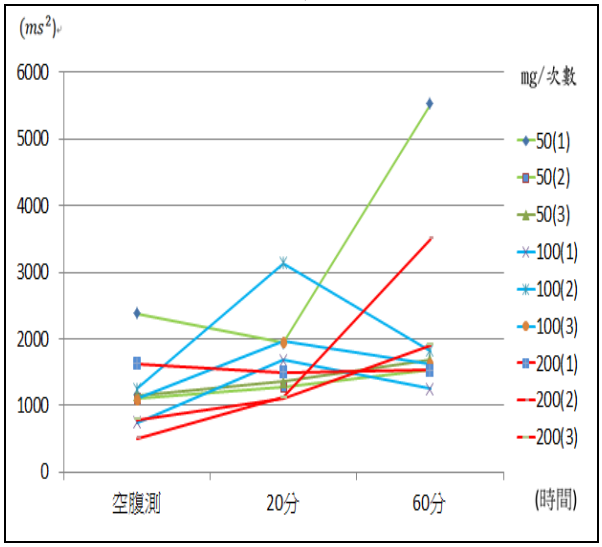
3.3 受測者之 HF 值:



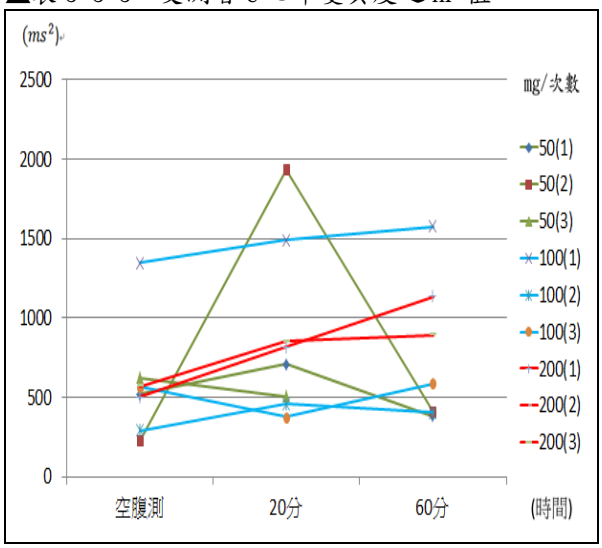
▲表 3-3-1，受測者 A 心率變異度之 HF 值。



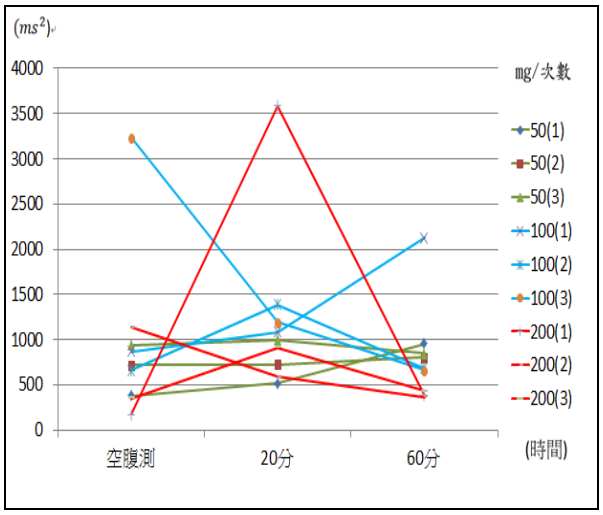
▲表 3-3-2，受測者 B 心率變異度之 HF 值。



▲表 3-3-3，受測者 C 心率變異度之 HF 值。

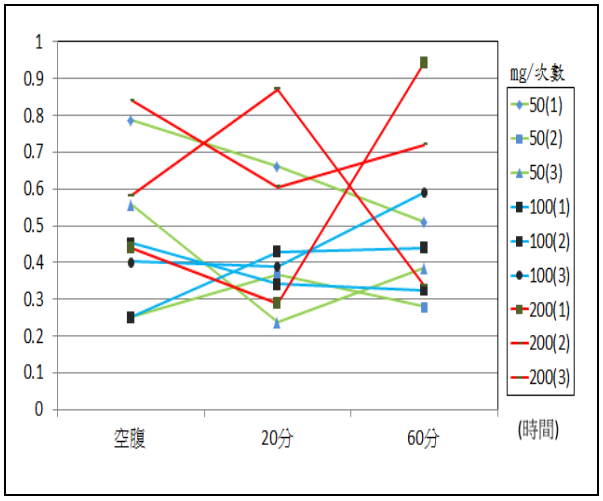


▲表 3-3-4，受測者 D 心率變異度之 HF 值。

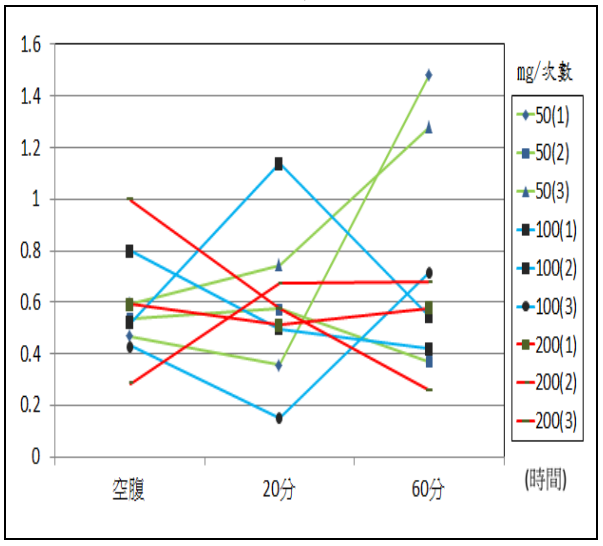


▲表 3-3-5，受測者 E 心率變異度之 HF 值。

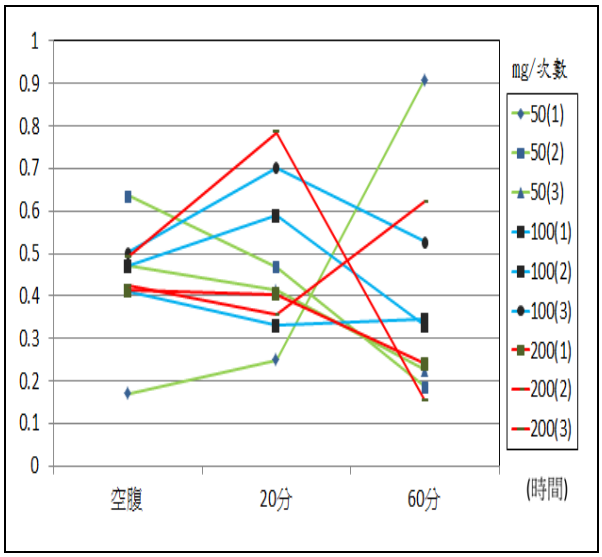
3.4 受測者之 LF/HF 值:



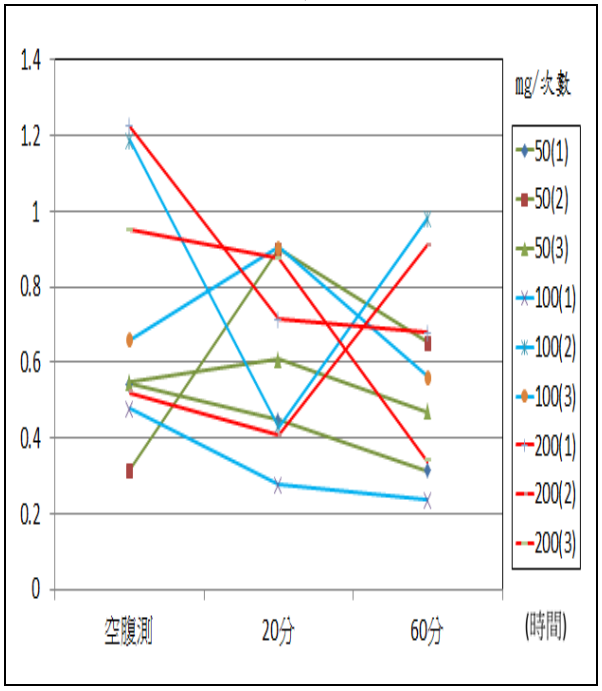
▲表 3-4-1，受測者 A 心率變異度之 LF/HF 值。



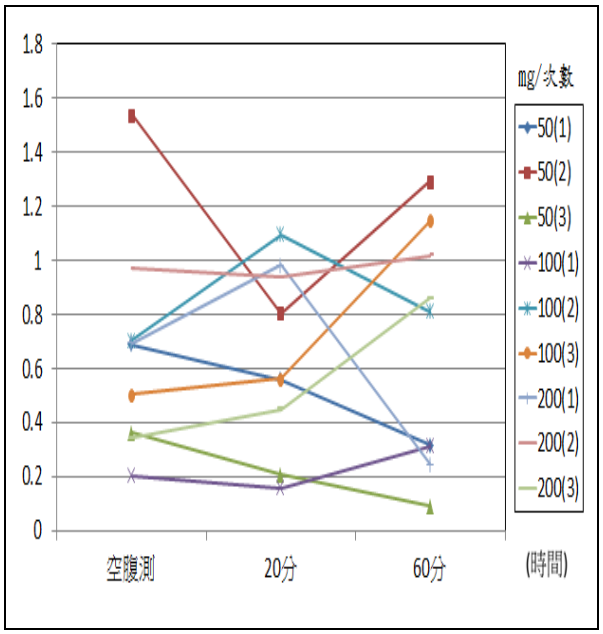
▲表 3-4-2，受測者 B 心率變異度之 LF/HF 值。



▲表 3-4-3，受測者 C 心率變異度之 LF/HF 值。



▲表 3-4-4，受測者 D 心率變異度之 LF/HF 值。



▲表 3-4-5，受測者 E 心率變異度之 LF/HF 值。

經由上述表格之 LF、HF、LF/ HF 值與時間變化關係，我們藉由統計數據常態分佈，統計出下列表格。

3.5 常態分析數值表:

(1)50mg 低咖啡因之常態分析數值:

50mg咖啡因	SDNN值	LF值	HF值	LF/HF比值
受測者A空腹前	61.1337	298.0415	714.0690	0.3121
受測者A喝完咖啡因20分鐘後	59.0966	224.3357	405.4086	0.2436
受測者A喝完咖啡因60分鐘後	58.8176	342.267	991.4004	0.2970
受測者B空腹前	62.1520	691.8627	1095.1044	0.4811
受測者B喝完咖啡因20分鐘後	69.0052	384.8024	1643.0231	0.3985
受測者B喝完咖啡因60分鐘後	62.7437	1018.337	1823.2001	0.5611
受測者C空腹前	51.3677	691.8627	960.1826	0.2328
受測者C喝完咖啡因20分鐘後	59.0485	384.8028	1226.8200	0.2840
受測者C喝完咖啡因60分鐘後	45.3346	1018.337	1068.1640	0.1090
受測者D空腹前	41.0726	427.9543	290.8363	0.3615
受測者D喝完咖啡因20分鐘後	38.9649	499.0727	417.8524	0.4642
受測者D喝完咖啡因60分鐘後	40.0855	-313.742	379.2500	0.3413
受測者E空腹前	31.3457	251.9075	445.9515	0.3675
受測者E喝完咖啡因20分鐘後	42.3116	0.8468	548.0346	0.2762
受測者E喝完咖啡因60分鐘後	38.7061	120.08	804.5609	0.0446

▲表 3-5-1，50mg 咖啡因之常態分析表。

(2)100mg 中咖啡因之常態分析數值:

100mg咖啡因	SDNN值	LF值	HF值	LF/HF比值
受測者A空腹前	39.885619	172.8455	431.6092	0.2830
受測者A喝完咖啡因20分鐘後	49.7454	359.2456	1011.1017	0.3510
受測者A喝完咖啡因60分鐘後	43.0901	245.8589	421.6960	0.3427
受測者B空腹前	-8.8407	540.9125	1432.6625	0.4269
受測者B喝完咖啡因20分鐘後	31.4508	421.2924	841.0242	0.1860
受測者B喝完咖啡因60分鐘後	44.8833	445.4176	968.1192	0.4380
受測者C空腹前	44.7144	382.4016	814.8749	0.4229
受測者C喝完咖啡因20分鐘後	64.1678	961.9794	1632.7910	0.3852
受測者C喝完咖啡因60分鐘後	58.6941	449.8438	1326.4500	0.3107
受測者D空腹前	35.5532	370.5644	288.2616	0.4740
受測者D喝完咖啡因20分鐘後	44.9725	337.2124	269.2114	0.2695
受測者D喝完咖啡因60分鐘後	46.3866	392.5886	340.5052	0.2882
受測者E空腹前	38.1594	220.2540	419.8939	0.2650
受測者E喝完咖啡因20分鐘後	42.6812	183.7318	1097.7440	0.2200
受測者E喝完咖啡因60分鐘後	43.6577	356.8629	471.9304	0.4159

▲表 3-5-2，100mg 咖啡因之常態分析表。

(3)200mg 中咖啡因之常態分析數值:

200mg咖啡因	SDNN值	LF值	HF值	LF/HF比值
受測者A空腹前	34.4671	153.2153	189.9520	0.4553
受測者A喝完咖啡因20分鐘後	35.9398	267.2228	287.1630	0.3502
受測者A喝完咖啡因60分鐘後	49.3612	272.5722	434.4092	0.4168
受測者B空腹前	55.2321	930.5607	1063.3760	0.3326
受測者B喝完咖啡因20分鐘後	74.1850	867.8225	1385.1736	0.5194
受測者B喝完咖啡因60分鐘後	73.8210	212.9976	526.9726	0.3242
受測者C空腹前	45.9135	241.8856	492.0003	0.4078
受測者C喝完咖啡因20分鐘後	52.7919	431.5406	1059.9470	0.3225
受測者C喝完咖啡因60分鐘後	58.1660	75.8599	1457.1520	0.1358
受測者D空腹前	37.0996	219.3688	500.7000	0.6089
受測者D喝完咖啡因20分鐘後	51.8802	210.3187	817.5900	0.4720
受測者D喝完咖啡因60分鐘後	37.3762	167.8255	891.4500	0.4087
受測者E空腹前	34.8158	194.6300	133.6145	0.4129
受測者E喝完咖啡因20分鐘後	41.4664	383.1400	352.0701	0.5474
受測者E喝完咖啡因60分鐘後	42.6414	279.4200	361.5764	0.3744

▲表 3-5-3，200mg 咖啡因之常態分析表。

在不同咖啡因的作用下，我們可以發現劑量越高之咖啡因，對於 SDNN 值有明顯改變，而在第一階段時間，自律神經反應越小，在第二階段自律神經系統之交感神經反應則較大，在空腹時之 SDNN 值則是明顯的較低，LF、HF 其值之比值則都在正常人體反應變化內 LF/HF1.5 – 2.0，表示人體的交感神經與副交感神經之作用在正常數值之範圍內。

四、結論

4.1 實驗結果

本研究藉由心率變異度分析探討咖啡因對於人體所產生之神經反應。發現低劑量(50mg)咖啡因作用下，各項數值變化小；而在中劑量(100mg)SDNN 其值變化明顯有上升趨勢，在低一階段(20 分)與第二階段(60 分)，發現在第二階段交感神經活性上升且高於第一階段很多，表示對於自律神經系統有影響;至於在高劑量(200mg)咖啡因在低一階段(20 分)作用，其 SDNN 值呈現上升的趨勢，HF 值、LF 值以及 LF/HF 比值雖然有變化但每個人神經活性的表現不同，而第二階段(60 分)過後 SDNN 值仍持續上升，表示整體神經活化更明顯且持續作用，HF 值、LF 值以及 LF/HF 比值雖有變化但每個人的神經活性表現仍不一致。

4.2 研究分析與結果

研究發現神經總體活性(SDNN 數據)在 100mg、200mg 的咖啡因作用下有明顯影響，其活性在喝完咖啡因後呈現增高的趨勢，而交感神經活性(LF 值)、副交感神經(HF 值)則無明顯變化。因此使用統計學的常態分析，發現仍然呈現同樣的結果。

4.3 討論需改進的缺點與建議

受限於實驗對象少，數據相對也較少，僅能知道人體的神經總體活性會增加，但無法明確判斷咖啡因是否能直接對交感神經的活性有直接影響。

本實驗可能受限於每個人的基因表現不同，再加上實驗對象較少，建議跨大對各年齡層、性別、種族等等的實驗對象來做採樣分析與結果，才能使實驗結論更為完善。

五、致謝

首先謝謝仁和學長和智宇的指導與協助，在我們有問題需要幫忙時你們總是在一旁默默協助，過程中歡笑多於面有難色，在此特別謝謝仁和學長協助我們測量，才能使此次專題更具完整性。同時我也很感謝我的同學佩瑩與雅筑，如果沒有他們這次實驗無法更進一步進行，對我倆來說協助我們此次實驗的每個人們都很重要，也謝謝我的指導老師蔡循恒老師，總是不厭其煩的告訴我們專題製作方法的方向，還有專題需要改進的地方，給了我們相當多的建議，使我們更加積極與進取，也感謝我的父母親讓我可以來學校就讀，給我舒適的環境可以學習與成長，也感謝我形同兄弟姊妹的專題夥伴，在此謝謝所有的參予的人、事、物。

六、參考文獻

[1] 江聰智，2007，「不同劑量咖啡因對青少年心率變異度之影響」，輔仁大學，新北市。
[2] 古宜驊，2008，「咖啡因對人體心臟自律神經及良導絡之急性影響」國立台灣體育大學，桃園。
[3] 劉世偉，2005「攝取豆漿對於輕度高膽固醇血症受試者血脂質之影響」，台北醫學大學，台北市。
[4] 陳建文，2011，「國小學童體育課後不同飲品介入對心率變異度影響之探討」，國立東華大學，花蓮縣。
[5] 陳怡瑜、蔡忠昌，2008，「應用心率變異分析於肥胖研究之探討」，國立彰化師範大學運動健康研究所，*大專體育第 97 期*，2008 年 8 月，第 3 頁。
[6] 鍾維勵，2007，「不同呼吸運動方式之血壓、感壓反射敏感度、心率變異度及血壓變異度的立即效應」，國立陽明大學，台北市。
[7]王久中，2007「新生兒痛覺哭聲與心率變異度」，國立陽明大學，台北市。

Analysis of human heart rate variability effected by caffeine

Student Name:LIN,CHEN-CHUN,WANG,TZU-HUI

Guidance professor:TSAI,HSUN-HENG

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This topic focuses on caffeine for the human autonomic nervous system. Autonomic nervous system consists of sympathetic and parasympathetic composition of its values are SDNN, LF, HF and other values. The use of the principle of the ECG heart rate variability analysis experiments to explore the neural response by the body to produce the effect of caffeine.

Keyword: Autonomic nervous system，Caffeine，Heart rate variability.

以 NeoFox 光學氧氣感測器應用魚菜共生系統

學生姓名: 賴峯諄
指導老師: 吳瑋特

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

使用光學光纖溶氧感測器來知道魚菜共生系統中氧氣的變化以及讓飼養者得知水中的含氧量是否足夠提供給魚和植物呼吸，不讓其死亡。本專題實驗是利用虹吸鐘的原理架構出魚菜共生系統，上層菜盆種菜，下層魚缸養魚，以沉水馬達抽水至上層，抽到一定水位產生虹吸現象，將水吸走沖至下層魚缸使水中溶氧增加，並架設感測器觀察。使用光學光纖溶氧感測器持續觀察一個多月以來溶氧變化的平均數值足夠讓水中的魚類呼吸，讓水耕的植物根部可以呼吸，使溶氧足夠不會因為溶氧不足而死亡。
關鍵字:溶氧、光學感測器、魚菜共生

一、引言

由於人類濫用自然資源，不善盡環保責任的後果，長期的侵害自然，人必定會受到大自然的反撲，而除了大自然的示警外，糧食危機更是首當其衝的問題。地球暖化的關係，環保意識變是現今社會的一大重點。

一般養殖魚缸充斥著含氮的有機汙物，例如魚糞便、殘餌等，這些有機物經過水解和細菌或真菌分解以後會在水中氧化形成氨氮（NH4-N），氨氮在水中以氨或銨離子的形態存在，實際上指的都是氨的氮化合物。氨氮是毒性頗強的物質，會損害魚的神經系統，導致魚隻呼吸困難，大量的氨氮甚至會造成水質優氧化而無法飼養魚類。所以有些養殖場每天必須換水 10-20%以避免魚中毒。這些汙染的水若未經處理隨意排放，對附近河川水道和生態可能造成嚴重的影響。

而魚菜共生是指把魚的糞便和水中的雜質分解過濾，主取氨（尿素）成份，再供應給魚缸上的蔬菜，同時蔬菜的根系會把魚缸內的水淨化，重新供給魚使用。結合水產養殖與水耕栽培的互利共生生態系統，互助互利，不必施肥，下面養魚，上面種菜的魚菜共生系統。

二、研究內容與方法

2.1 研究動機

因為環保的概念，現在在外面教導人家做魚菜共生系統的人越來越多，但是外面只有教如何製作出魚菜系統，而接下來的養殖及觀察都要自己摸索，養魚先養水，水對於魚類來說是非常重要的，溶氧量足夠魚類的生長就會比較好，魚在水中會消耗掉氧氣，沒有足夠的氧氣，魚就會死亡，那麼魚菜共生系統就會無法建立，而在白天，水耕植物進行光合作用（產生氧氣）及呼吸作用（消耗氧氣），因為產氧量較耗氧量多，溶氧值上升；當夜晚來臨植物光合作用停止但呼吸作用仍繼續耗氧，使得水的溶氧值驟減；而陰天也可能因日光減少使得表層溶氧值變低，所以為了讓魚跟菜可以長的好，讓魚菜共生系統可以建立才想到要用感測器來觀察溶氧量。

2.2 文獻與討論

2.2-1 溶氧文獻

溶氧（Dissolved oxygen, DO）是好氧性微生物繁殖時，呼吸作用所必須之要素。自然界的水由於與大氣接觸，皆會溶解氧氣，這些溶解在水中的氧氣稱為水中溶氧。影響氧氣在水中的溶解度包括：（1）大氣各種氣體分壓、（2）水純淨度、（3）水溫。大氣中氧之分壓較水中氧之分壓大，則溶入水中之氧氣會增加；另外，水中鹽分含量亦會影響氧之溶解度，一般鹽分愈高，則溶氧愈低；溫度愈高，溶氧愈低。以 20℃之純水為例，其飽和溶氧量為 9.07 ppm，但 20℃海水，飽和溶氧只有 7.33 ppm。

台灣現行之增加溶氧之方式不外乎攪水式或池底打氣式以增加溶入溶氧量。在水質監測方面，水中溶氧量對於水中生物是非常重要之因子，氧在水中的溶解度隨溫度與大氣中氧的分壓而改變。然而，水中之溶氧量會隨著水中溫度、鹽度、水面上之氣壓、有機物質分解及生物體消耗之影響而產生變化，遵循亨利定律(圖一)如下所示:

$$[O_2] = K_H \times P_{O_2}$$

圖一、亨利定律

其中O_2:水溶液中氧氣之平衡濃度

K_H:亨利常數

P_{O2}:氧氣之分壓

K_H隨著溫度而改變，當溫度較高時，K_H較低；溫度較低時，KH 較高。因此，在夏季時，水的溫度偏高，水中之溶氧量則偏低；在冬季時，水的溫度偏低，則水中之溶氧量偏高。某些魚類只能生存在溶氧量較高的高冷山區，當生存環境改變，移至平地時，這些魚類往往因水中溶氧量減少而死亡。此外在 1975[2] D. R. Raible 指出溶氧量過低之水質會使魚類的活動力減低，攝食量減小；相反的，溶氧量愈大，水中魚類的攝食量愈大。1976[3]B. A. Simco 指出溶氧量降至 3mg/l 時，水中魚類攝食量會減少，降至 2mg/l 時則會停止攝食，並只能維持魚類本身的循環系統與神經系統的運作。1997[4]徐崇仁指出為了維持魚類最佳生長，在溫水養殖系統中的溶氧值必須保持在 5 ppm 以上。此外，溶氧量豐富的水質亦可以提供氨及亞硝酸鹽之最大的分解效率，若低於 2 ppm 之溶氧量，則消化菌會停止消化作用。

溶氧量對魚的影響 1、魚類食慾下降:水中溶氧量低，魚兒食慾下降，甚至拒食，即使食入飼料，也會造成消化吸收率低下、生長速度減緩、飼料利用率降低的狀況。長期下去，就會引起發育不良和各種疾病。2、飼料最佳數據:魚類在溶氧 3.0 ppm 時的飼料利用率，要比 4.0 ppm 時減少一倍。魚類在水中溶氧量達到 4.5 ppm 以上時，魚的食慾增強極為明顯，達到 5 ppm 以上時，飼料利用率達到最佳數值。3、窒息死亡危險:當水中溶氧量從 7.6 ppm 下降到 3.1 ppm 時，飼料利用率降低 5.6 倍、生長速度降低9倍至10倍。熱帶魚要求水中溶解氧含量7 ppm以上。若水中溶解氧降到 5 ppm 時，熱帶魚就會「浮頭」，有被窒息死亡的危險。4、新陳代謝旺盛:魚單位體重的耗氧量隨魚體增大而減少，單個魚的耗氧量則隨魚體的增大而增加。隨水溫的增高，魚類新陳代謝旺盛，魚的耗氧量也高。魚的採食量越大，耗氧量也越高。為使魚迅速生長，保證水中高溶氧是極其重要的。5、易引起氣泡病:並不是水中溶氧量越高越好，當池水中溶氧量過飽和度達 150%上，溶氧量達 14.4 ppm 以上時，易引起魚類氣泡病。

2.2-2溶氧感測器文獻

在 1956[5]由 L. C. Clark 發展出最早的溶氧感測器，此感測方法通稱為 Clark 法。其方法為選用兩感測電極，並將兩電極置入液態電解質中，再利用一薄膜將液態電解質和電極與待測溶液分離，並將電極與薄膜接觸。薄膜的成份根據待測物質、液態電解質的性質而定。例如，欲測量溶氧濃度，薄膜的材質需選用氧氣可以通過，其它氣體不易通過之薄膜材料如聚乙烯、PTFE、PVC、天然橡膠或矽橡膠(Silicone rubber)等。其作用原理是當氧氣通過選擇性薄膜後，溶於液態電解質中並與工作電極發生化學反應，將濃度變化轉變成電流變化或是電壓變化後輸出。就一般而言，水中溶氧量的偵測，主要可以分為化學、電化學與光學等三大類，以下針對此三大類做一介紹。

2.2-2-1化學方法

1.Winkler Method:在1888年，由Winkler所提出來，故又稱為Winkler Method，Winkler Method為早期用來分析水中溶氧的方法之一。Winkler Method的原理是利用氧化還原的方式來檢測在鹼性環境中，二價錳離子(Mn_3^+)被水中氧分子氧化成三價錳離子(Mn_3^+)的量，進而分析水中之溶氧量。Winkler Method的優點為準確度高，但卻非常容易收到pH值之影響與碘離子濃度的影響，造成很大的誤差。

2.色度法:色度法是一種粗略估計的方法，其先決條件是待測樣品必須非常清澈，能見度高才行。在1955年，Buchoff等人提出Indigo-carmine測試法，用來計算水中之溶氧量。其方法為利用葡萄糖在鹼性環境下發生還原反應，使其變成淡綠色之Leuco試劑，再與含有溶氧之待測物樣品混合，試劑會被溶液中的氧所氧化，再根據不同的氧化程度而有不同的顏色變化，最後再與標準樣品做比較，進而推算樣品中的溶氧量。

2.2-2-2電化學(Electrochemistry)

利用電化學反應進行分析，根據控制方法的差別，可分為電位測定法(Potentiometry)與電流量測法(Amperometric Method)

1.電位測定法:電位測定法(Potentiometric Method)的原理是利用在平衡狀態下之溶液，電極表面與溶於水中之氧相接觸時，電極表面與水溶液之氧氣濃度產生濃度差，並根據能斯特方程式(圖二)可得水中溶氧與電位之關係：

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF}\ln\left[\frac{a(O_{2,aq})}{a(O^-_{ads})}\right]$$

圖二、能斯特方程式

其中，E_0:標準平衡電位

R:氣體常數

T:感測溫度

n:電子轉移常數

F:法拉帝常數

$a(O_{2,aq})$:水中溶氧之活性

$a(O^-_{ads})$: 吸附於電極表面之氧離子活性從能斯特方程式中得知，當吸附於電極表面之氧離子活

性固定時，水中溶氧活性對其自然對數與電位差成線性關係。

2.電流量測法:電流量測法(Amperometric Method)是伏安法(Voltammetric)的應用之一。反應中的反應電流通常會伴隨著施加在工作電極上的電位而改變，當電位施加到某一電位範圍時，反應則受限於反應物的質傳速率(Diffusion rate)，反應電流即趨近於一個極限值，也不再隨著電位的改變而有所變化，此電流稱為極限電流(Limiting current)。在此電位範圍中的極限電流與待測物濃度的關係可用如下方程式(圖三)表示：

$$I_{lim} = \frac{nFDC_a A}{L}$$

圖三、極限電流方程式

其中，I_{lim}:極限電流
D:待測物擴散系數
C_a:待測物濃度
A:電極活性面積
L:等效長度
n:反應電子轉移數
F:法拉第常數

2.2-2-3光學式溶氧感測器

光學式溶氧感測器的作用原理為當氣體或液體吸附在感測物體上時，不同的波長的光照在感測物上時，偵測反射的光強度來偵測不同的氣體或液體，能精準的量測氮與氧的濃度。此感測器之優點為可以長期使用，完全不需填充電解液。

2.2-2-4 NeoFox 光學氧氣感測器

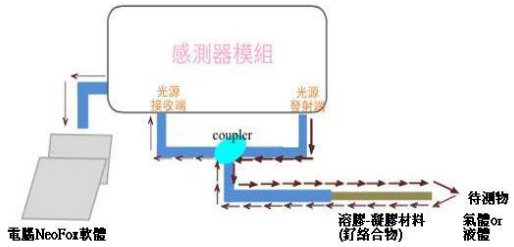
NeoFox 是一款便攜、掌上型的光學氧感測器，可用於測量在各種介質中的溶解氧及氣態氧分壓。該感測器使用內含氧含量指示劑的專有溶膠凝膠鍍膜，附著於氧含量傳感片和探頭上。氧含量傳感片用於測量產品包裝內或容器內頂空氣體的氧含量和其他參數。

NeoFox 螢光氧含量傳感系統由探頭或貼片的氧含量傳感附件及一台相位螢光計組成；該系統包含一個板載的具有低功耗 OLED 顯示屏的微處理器模組，一個感測模組和一個電源模組。感測模組可允許操作諸如設置單點或多點校準、顯示氧含量百分比、局部分壓、每公升摩爾數和其他參數等功能。回應時間範圍：從 1S(氣態氧檢測)到 30 秒(液態氧檢測)；在多數應用中，溶解氧檢測範圍為 0-100 %(1 大氣壓下氧含量百分比)。

NeoFox 感測器結合了最先進的材料學和相位螢光學。螢光傳感材料被收集或固定於溶膠凝膠鍍膜中，這種鍍膜塗在探頭或貼片的表面。當與具體分析樣品直接接觸時，這些感應材料的光學特性會發生變化，NeoFox 可以檢測到這種反應。不同於極譜法和電化學法氧含量檢測儀，此款光學氧含量傳感器不受環境中 pH 值，鹽度和離子濃度變化的影響。光學氧傳感器的其他優點包括無樣品消耗，不需要頻繁的校準，不受電磁干擾等。

2.2-2-5 NeoFox 工作原理

FOXY 光纖氧氣感測器(圖四)採用溶膠-凝膠法，使用釕絡合物的螢光來測量氧的分壓，脈衝藍色 LED 發射波長 0-475 nm，光纖傳輸光給 FOXY 探頭。



圖四、感測器示意圖

探頭尖端由耐水溶膠-凝膠材料製成的薄層組成，溶膠-凝膠基質可以固定和保護內部的釕合成物。在探測器的尖端，LED 光激發釕絡合物發出螢光，發射能量為 0-600 nm。如果被激發的釕絡合物遇到一個氧分子，通過非輻射轉化，把多餘的能量轉移給氧分子，減少或淬滅螢光信號。淬滅的程度與氧的濃度水平或薄膜中氧的分壓有關，在樣品中實現與氧的動力平衡。探測器收集能量，通過光纖傳輸給光譜儀。A/D 轉換器把模擬數據轉換成數字數據，通過軟體顯示這些數據。螢光淬滅:氧分子作為一種三重態分子能夠有效的淬滅熒光和其它某種發光體的磷光。這種影響被稱為“動力螢光淬滅”。在激勵狀態下，氧分子與熒光團碰撞導致非輻射能量轉換。螢光淬滅的程度與碰撞頻率有關，也與媒介含氧的濃度、壓力和溫度有關。

在氣體中校正 FOXY 系統然後在液體中使用 FOXY 系統是可能的。在理論上，FOXY 系統探測氧的分壓。為了轉換氧分壓為濃度，可以使用 Henry 定律。當溫度保持恆定時，液體溶解氧的重量與液面上氣體的壓力成比例。因此，在溶液上氣體的壓力與溶液中氣體的濃度成比例。如果知道絕對壓強，可以計算濃度(摩爾%)：

氧的摩爾分數=氧分壓/絕對壓力

既然 FOXY 系統可測定氧的分壓，氣體環境中的反應與與氣體均衡的液體環境類似。因此，如果利用 Henry 定律，在氣體中校正 FOXY 系統是可能的，然後在液體樣品上使用此系統。

2.3 實驗設備

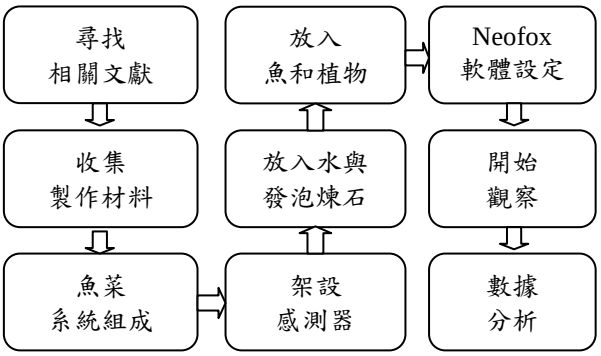
本實驗所使用之軟體及硬體設備如下面(表一)所示

使用材料			
項次	名稱	數量	單位
1	NeoFox 光學氧感測器	1	組
2	PVC 塑膠管	多	個
3	塑膠置物整理箱	2	個
4	三層鐵架	1	組
5	小金魚	10	隻
6	朱文錦	6	隻
7	沉水馬達	1	組
8	發泡煉石	1	袋
9	氮氣瓶	1	瓶

表一、使用設備與材料

2.4 實驗流程

實驗流程步驟，如下面(圖五)所表示，先找尋魚菜共生製作的資料，收集材料組裝後，加入感測器開始觀察至結果。



圖五、實驗流程圖

2.4-1 魚菜系統建立

首先在網路上找魚菜共生的相關資料，找到魚菜系統的製做方法後開始收集材料，本實驗的虹吸鐘是利用 PVC 塑膠管裁切組合而成，將虹吸鐘組好後將它組裝進植物盆中，接著一起組合魚盆，在魚盆的底部放入沉水馬達，最後要再將虹吸鐘的出水角度用成 45 度角，然後完成魚菜共生系統如下(圖六)所示。



圖六、組裝好的魚菜系統

2.4-2 感測器的架設

接下來將要用的感測器 NeoFox 光纖感測器與電腦連接，然後裁切一塊壓克力板將感測器的探棒置於上面，最後在架上相機腳架，完成感測器架設，在感測器外圍包上塑膠袋，防止因為水濺而影響感測器，如下(圖七)所示。



圖七、感測器架設

2.4-3 加入觀察物

放入會產生消化作用的發泡煉石，然後將植物種在發泡煉石上，第一次試種植物為羅曼萵苣 2 株、辣椒 1 株、鹿角萵苣 2 株，如下(圖八)所示。



圖八、放入發泡煉石及植物

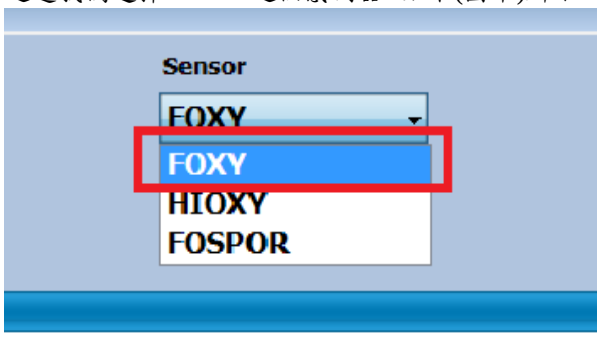
接著在魚盆加入小金魚 10 隻、朱文錦 6 隻，如下(圖九)所示。



圖九、放入魚類

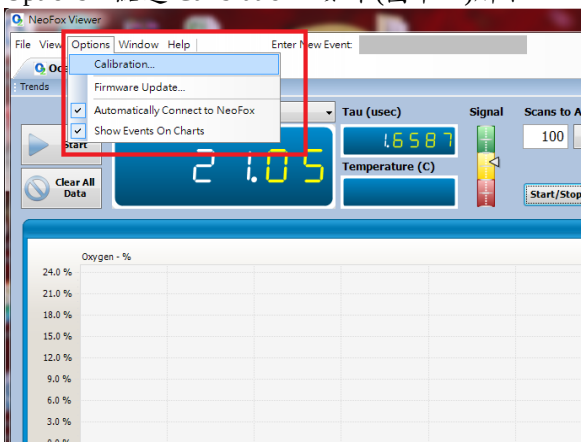
2.4-4NeoFox 感測器的選用與設定

開啟 NEOFOX 軟體，首先先選擇內建三種模式的感測器，這三種分別是 FOXY、FOSPOR、HIOXY，第一種 FOXY 是用在一般目的，量測氧(1 大氣壓力下)的範圍是 0-100%，溶氧範圍 0-40ppm，第二種 FOSPOR 是用在低 O2、低靈敏度，量測氧(1 大氣壓力下)的範圍是 0-10%，溶氧範圍在 0-4ppm，第三種 HIOXY 是用在碳氫化合物，量測氧(1 大氣壓力下)的範圍是 0-20.9%，溶氧範圍在 0-8ppm；在這邊我們選擇 FOXY 這個感測器，如下(圖十)所示。



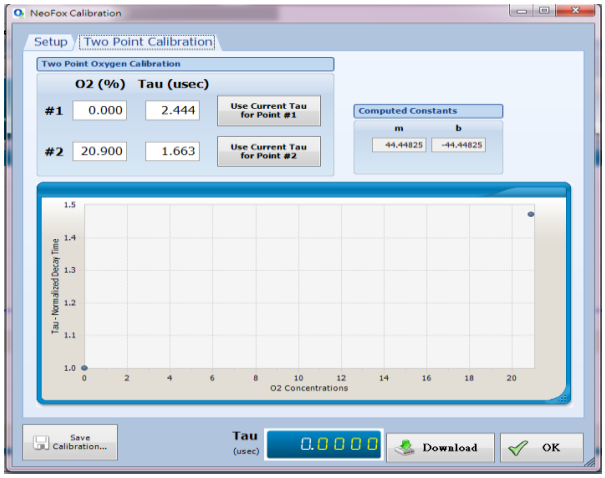
圖十、選擇感測器種類

接下來量測之前要先進行校正，在畫面上選擇 Options，點選 Calibration，如下(圖十一)所示。



圖十一、校正

選擇完後，會進入下面 NeoFox Calibration 這個畫面，然後選擇 Two Point Calibration，如下(圖十二)所示。

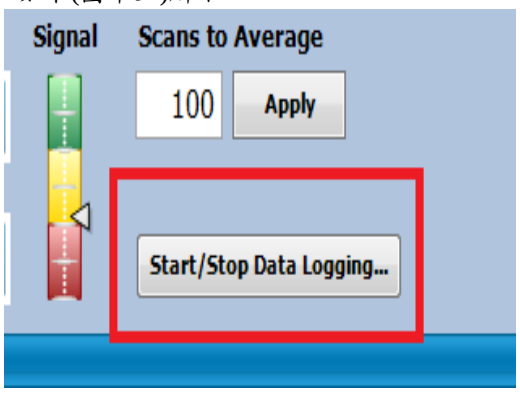


圖十二、兩點校正

在圖中#1 的地方是設定氧在 0.000 的時候的 Tau 值為多少，在#2 的地方是設定一般狀況下氧為 20.900 的時候 Tau 值；所以我們在設定時會先讓探棒在一般情況下按下 Use Current Tau for Point#2 的這個按鈕，讓它在氧 20.90 時，Tau 的值會是多少，接著再取氮氣(氧氣值為 0)，將探頭曝入在氮氣裡，按下 Use Current Tau for Point#1 的這個按鈕，讓在氧為 0 時的 Tau 值是多少，完成校正後按下 OK，在按 Download。

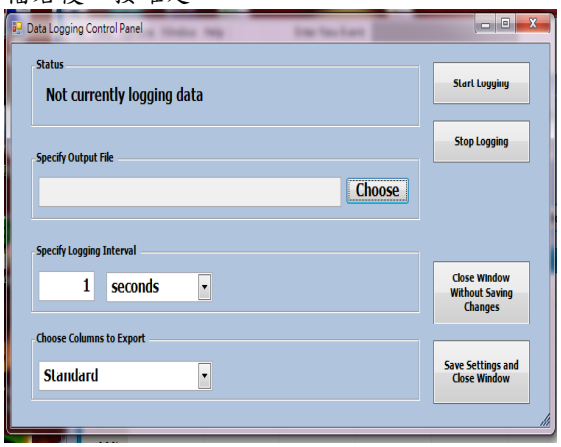
2.4-4-2 資料存取的設定

NeoFox 所量測到的數據可以把數據存到 Excel 中，只要將路徑設定好，每一次量測之前先照著下面的步驟做，首先在畫面上選擇 Start/Stop Data logging 鍵，如下(圖十三)所示。



圖十三、選擇設定路徑

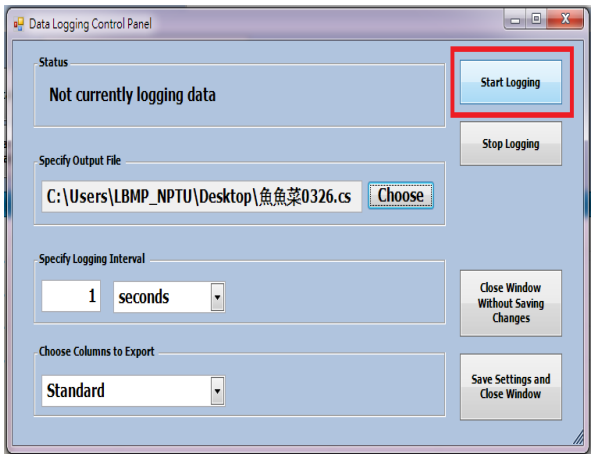
點選進來之後會出現下面圖(十四)的畫面，按取畫面上的 Choose，然後會跳出路徑選擇，打上要儲存的檔名後，按確定。



圖十四、路徑設定畫面

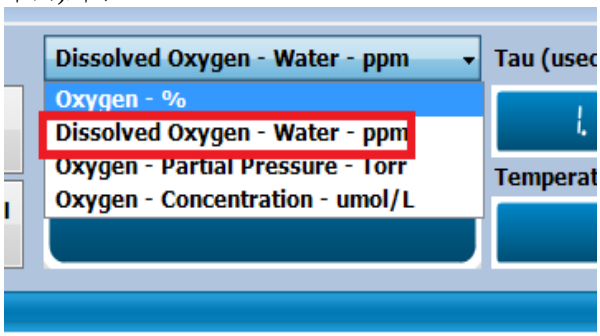
設定好儲存路徑後，在 Specify Output File 這邊會顯示設定儲存的路徑，在選擇 Start Logging，它才會開始儲存，都設定好之後選 Save Settings and Close Window 完成設定，如下圖(十五)所示。

在 NeoFox 的軟體中把每次所抓到的數據須設定儲存路徑後，會把數據存放在剛才所建立的 Excel 中。



圖十五、完成路徑設定

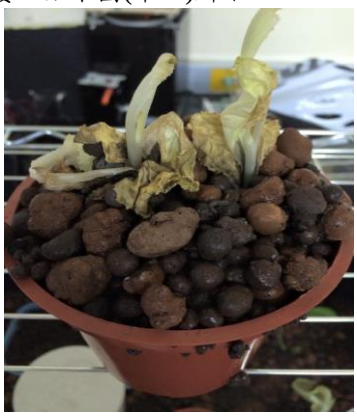
完成路徑設定後就可以開始量測所要量測的氣體或是液體了。設定選取抓取哪一種環境下的氧氣如(圖十六)所示。



圖十六、選擇要抓取哪個環境的氧

三、結果與討論

在 3 月 20 於室內裡面進行第一次觀察，種植的植物為羅曼萵苣 2 株、辣椒 1 株、鹿角萵苣 2 株，下面魚盆飼養 10 隻小金魚、6 隻朱文錦，在每天中午以及晚上餵食魚飼料；種植到 3 月 30 號時發現植物黃化枯萎，如下圖(十七)所示。



圖十七、黃化現象

對此現象懷疑是光照不足，而產生的葉綠素不夠，才會黃化；在 3 月 31 日第二次試種，植物為大陸妹 4 株、皇帝菜 2 株、韭菜一把、第一次時所種植的辣椒，如下圖(十八)所示。



圖十八、第二次種植

在 4 月 8 日可以看出植物的生長狀況非常良好，如下圖(十九)所示。



圖十九、4 月 8 日的生長狀況

在 4 月 13 日發現大陸妹黃化枯萎，而辣椒整個沉入泡在水裡而死掉，移除種植辣椒，為了解決黃化枯萎現象於是加入 LED 燈來照射植物，並試種一盆蘆薈，如下圖(二十)所示。



圖二十、4 月 13 日加入 LED 燈照射種植

種植到 4 月 30 日植物的生長狀況如圖(二十一)有持續的長大；下面魚類在這段期間沒有死亡，小金魚沒有明顯的變大，但是朱文錦就有很明顯的長大。(附錄附有朱文錦剛飼養時跟到 5 月 13 日的生長圖)



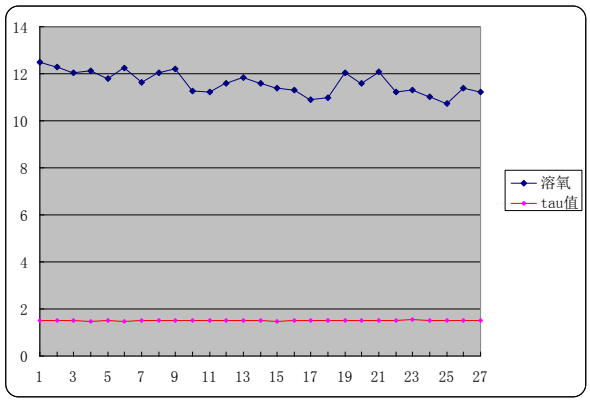
圖二十一、4 月 30 日生長狀況

以下是在這一個月以來，每天的溶氧量變化的平均值(表二)，每天測量之前須要重新校正，還要設定每天所儲存的 Excel 檔，下表跳過沒有儲存的日期是因為放假的關係，所以沒有紀錄儲存到。

日期	平均值		
	DO 溶氧	Tau 值	大氣壓力
104 年 3 月 20 日	12.49970	1.501489	100.9598
104 年 3 月 23 日	12.29917	1.510253	101.0020
104 年 3 月 24 日	12.05075	1.496165	100.7058
104 年 3 月 25 日	12.10946	1.486694	100.6241
104 年 3 月 26 日	11.81416	1.494368	100.3197
104 年 3 月 27 日	12.25903	1.460779	100.212
104 年 3 月 30 日	11.64872	1.516967	100.8052
104 年 3 月 31 日	12.03242	1.510174	100.9016
104 年 4 月 1 日	12.22135	1.501602	100.8224
104 年 4 月 7 日	11.25912	1.525163	100.8321
104 年 4 月 8 日	11.22689	1.526713	100.8182
104 年 4 月 9 日	11.60682	1.508406	100.7767
104 年 4 月 10 日	11.82400	1.498273	100.6960
104 年 4 月 13 日	11.57622	1.510157	100.9197
104 年 4 月 14 日	11.39506	1.489540	100.4826
104 年 4 月 15 日	11.31810	1.493208	100.3203
104 年 4 月 16 日	10.89594	1.513509	100.1942
104 年 4 月 17 日	10.98779	1.509121	100.2509
104 年 4 月 20 日	12.05143	1.509335	100.8199
104 年 4 月 21 日	11.59633	1.508916	100.8013
104 年 4 月 22 日	12.07026	1.508418	100.9357
104 年 4 月 23 日	11.23257	1.526489	100.9014
104 年 4 月 24 日	11.30925	1.533027	100.7293
104 年 4 月 27 日	11.02142	1.507332	100.3343
104 年 4 月 28 日	10.73938	1.521179	100.1872
104 年 4 月 29 日	11.38267	1.519137	100.8590
104 年 4 月 30 日	11.24123	1.525996	100.8058

表二、數據平均值

在這個月所觀察到的溶氧量 DO 溶氧值會跟 Tau 值成反比(Tau 值是感測器探頭的螢光信號透過光纖所測到的值)，從(圖二十二)看到平均值變化是蠻穩定的，最高的溶氧是在 12.4997，最低的在 10.73938，根據文獻溶氧在 14.4ppm 會讓魚產生氣泡病，在 7.6ppm 以下魚類的進食會下降，導致魚生長機能會開始下降。



圖二十二、溶氧平均值

在 5 月 13 日發現葉菜類植物也出現黃化枯萎的現象(圖二十三)，依照溶氧量足夠，魚類所產生的肥料也足夠，光照有 LED 燈照射也足夠，所以推斷是此系統的虹吸鐘製作的太大，水流量要足夠才足以產生虹吸現象使系統循環，平均 2 分鐘就會循環一次，查閱資料虹吸現象在一個小時內循環五到六次最為佳，而在這裡等於每 2 分鐘就會泡水，泡水時間太長導致植物根部太過潮濕而產生黃化現象，反觀耐水性比較好的植物(圖二十三)韭菜跟蘆薈的生長狀況就很良好，沒有葉菜類植物的黃化現象出現。



圖二十三、5 月 13 日植物生長狀況

四、結論

本實驗之魚菜共生系統在一個月內所產生的溶氧量與文獻之魚類生長所適合溶氧量範圍相符，溶氧量沒有過高或是過低的變化出現，但是因為虹吸鐘製作的太大(植物泡水時間太長)，所以種植葉菜類的植物都會發生黃化現象，反觀魚類的生長就很良好，水質因為水循環硝化的作用下不會太過於骯髒(魚缸內無飼養清潔魚缸的生物)；而此次實驗改進的方法可以在沉水馬達的插頭接一個繼電器，設定時

間開關，就可以控制水循環的時間，或是加大魚菜系統(魚缸及菜盆加大),在未來也可以將單晶片控制器、LED 燈、沉水馬達、感測器整合在一起可以達到同時控制與監控功能。

五、致謝

原本在休學之前就打算沒有要完成學業，而要直接去工作了，但是在辦理休學的時候跟吳瑋特老師聊過，老師他鼓勵我如果可以的話就回來完成，在當時的壓力很大，經濟、家裡的因素、感情等等。到了去當兵的時候，花了一年想了很多，直到退伍的時候決定要回來學校完成僅剩的這一學分，當回來屏科的時候什麼東西都要重新來過，搬家阿，跑學校辦復學，選課之類的讓我在中部跟學校兩邊跑，說真的還有點累，搬回來屏科之後，也因為老師的幫忙，讓我又回到軌道上，然後找工作邊做專題。謝謝這一年來吳瑋特老師對我的幫助及關心，還有謝謝陳柏均在我有鬆懈、遇到問題不懂的時候拉我一把，還有跟我一起喇賽，還有實驗室的其他人，謝謝你們。

六、參考文獻

[1]徐貴新著，水質分析實驗，六版修訂，高立圖書，中華民國94年

[2]D. R. Raible, “Survival and growth rate of channel catfish as a function of dissolved-oxygen concentration”, *Water resources research Center Publication*, No. 33, Uni. Ark. Fayetteville, 1975, pp. 35.

[3]B. A. Simco, “The reuse of water in commercial raising of catfish: phase two”, *Univ. Tenn. Water Res. Ctr. Res. Rep.* No. 52, 1976, pp. 66.

[4]徐崇仁, “自動化超集約循環水養鰻專輯”, 台灣省水產試驗所養殖漁業生產自動化技術服務團, 1997, pp. 33~35.

[5]L. C. Clark, “Monitor and control of blood and tissue oxygen tension”, *Trans. Am. Soc. Artificial Intern*, Vol. 2, 1956, pp. 41~49

[6]L. C. Clark, “Electrochemical device for chemical analysis”, *U.S. Patent*, No. 2913386, 1956.

[7]M. L. Hitchmam, “Measurement of Dissolved Oxygen”, *John Wiley & Sons*, Inc., New York, 1978.

[8]胡啟章, “電化學原理與方法”, 五南圖書出版, 2002.

[9]台灣大學，漁業科學研究所「池塘養殖與科技管理」課程，2003

附錄

下面(圖二十四)、(圖二十五)是朱文錦在 3 月 20 日取六隻到魚菜共生系統中飼養到 5 月 13 日的比較情形。



圖二十四、3 月 20 日朱文錦



圖二十五、5 月 13 日的朱文錦

Titles

NeoFox optical sensor applications aquaponics system

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Name:F. J. Lai
Instructor:W. T. WU

Abstract

Dissolved oxygen sensor using optical fiber to know change aquaponics system of oxygen and let keepers know whether the oxygen content in water is sufficient to provide for

fish and plant respiration, not his death. The topic is the use of principle experiment siphon bell architecture of aquaponics system, the upper Caipen vegetables, the lower aquarium fish, with submerged motor pump to the top, be able to get a certain level siphon phenomenon, the water sucked rushed to the lower tank produce oxygen so that the water has dissolved oxygen, and mounted sensor observation. The average value with changes in dissolved oxygen sensor is continuously observed since more than a month of enough water to fish breathe, let hydroponic plant roots can breathe, it will not be because of lack of sufficient dissolved oxygen dissolved oxygen and death.
Keywords: dissolved oxygen, optical sensors, aquaponics

側向式發光二極體燈具之光場均勻度與照度研究

學生姓名: 戴立淇、施和仲、林冠議、林發祥
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

中文摘要

本研究針對不同LED(light emitting diode)元件光場及燈罩側邊式LED元件分佈之影響進行模擬分析,設計高照度、低均勻度(照度變異係數)以及高能源利用率的人工光源,應用於植物光照上。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側邊燈光,並且配合不同模型構造做光場模擬,找出各種燈光擺放位置之光場照度與均勻度特性,透過不同燈罩之三維模型,並配合模型材料的介質關係,分析發光二極體燈條在不同的情況下光場分佈型態,使其達到良好的照度及均勻度,為日後LED 植物照明模組提供一個良好的設計參考。

一. 前言

發光二極體(light emitting diode，LED)。LED 是一種半導體發光元件，不同於一般白熾燈泡熱發光，LED 屬於冷發光，利用二極體內分離的 2 個載子(分別為負電的電子與正電的電洞)相互結合而產生光。具耗電量低、元件壽命長、無須暖燈時間、耐震動、適合量產、發熱量低(沒有熱幅射)、反應速度快(可在高頻操作)在低光度下能量轉換率，容易製成極小或陣列式元件，因 LED 使用的材料不同，其電子、電洞所佔能階的高低差影響而產生不同波長的光，如紅、橙、黃、綠、藍光或不可見光（紅外光、紫外光）等。其波長介於400-780nm 為可見光 LED，波長於 780-1550nm 為不可見光(包括紅外光及紫外光)。目前 LED 已普遍使用於資訊、通訊、交通號誌燈及消費性電子產品指示器與顯示裝置上，成為應用日趨廣泛之電子元件。光束經由燈罩各面的導光板材料產生反射，以及 LED 擺放位置的不同與不同的場形，分析如何達到良好的照度、均勻度及利用率；導光板的作用在於引導光的散射方向，確保分析面板亮度的均勻性。

二、文獻探討

傳統LED 的基本架構是由半導體材料所製成的發光元件，置於一個有引線的架子上，然後四周用環氧樹脂密封，起到保護內部芯線的作用，所以，LED 的抗震性能好[2]。

(一) LED 固態照明發展背景

1962年，Holonyak發明世界上第一顆紅光LED，當時發光效率僅約0.1lm/W，多用於儀器表上的指示燈。1970年，隨著固態照明工業的進步，對於紅光與綠光LED不斷改進其亮度、照度以及發光效率。但LED因缺乏藍光而無法實現白光的輸出，所以一直沒獲得良好的發展。直到1995年，日亞公司的中村修二(Shuji Nakamura）博士利用氮化鎵（GaN）材料做為緩衝層之關鍵技術應用於磊晶中，才成功地開發出藍光LED。此發明使得紅、綠、藍三元色備齊，才使白光固態光源變為可能，其中最為著名的發明就是在藍光晶片上塗佈YAG螢光粉，由於製程簡單，為目前最廣泛的白光LED

之設計。另一方面，藉由紅、綠、藍三色混合而製作之白光光源亦是研發的重點。

(二) LED 在導光元件之應用

早期LED多應用於指示燈號，例如:訊號指示燈。而隨著高功率LED的技術逐漸成熟和環保節能的趨勢下，LED固態照明也日漸蓬勃，人們開始研究如何將它應用於各項照明。於是，LED從低階產品開始進入照明市場，例如:手電筒，腳踏車頭燈、燈管等，直到目前產業將高功率LED應用於高階市場中，如汽車儀表背光源、交通號誌、道路指示板、廣告看板、手機背光源、汽車煞車燈、建築燈光、情境燈光等，門檻較高的技術層面。而在使用LED的技術同時，也必須同時討論相關LED產品的設計，分析關於光學的技術應用與出光特性，分析並整理出有利於LED側光式植物照明的設計資料。例如從封裝上著手的Side-emitiing LED，或是利用不同的導光元件來改變出不同的光學特性，以推廣LED之應用。

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陣列式 LED 燈具光源模組，模擬分析流程圖如圖 1 ：

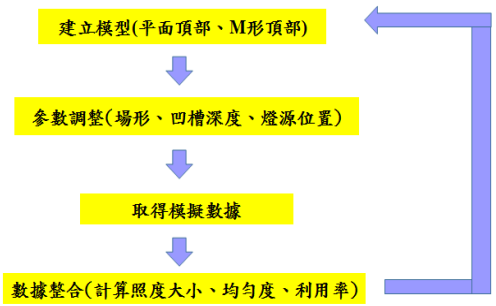


圖 1 模擬分析流程圖

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

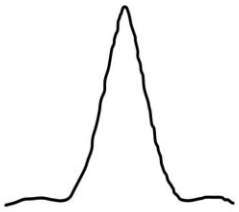


圖 3 Focusing 場形

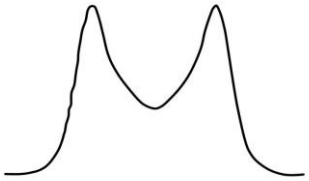


圖 4 Batwing 場形

專案一：平面頂部

	型式一	型式二	型式三
場型	Lambertian		
光源與分析面之距離	100(mm)		
LED單顆尺寸	5x5x1mm³(長x寬x高)		
模型尺寸	300x300x50mm³ (長x寬x高)		
燈罩材料折射率	1.5		
LED數量	每邊皆為28顆LED(共四排)		
個別流明數	100 lm		
總流明數	11200 lm		
個別光線數	30000		
總光線數	3360000		

圖 5

由圖 5 得知模擬模型與參數

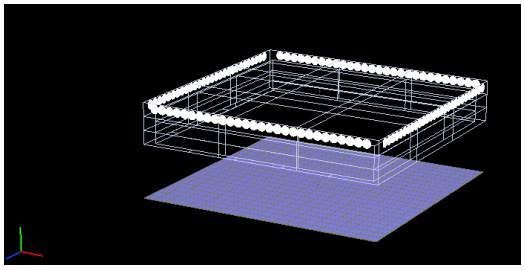


圖 6 型式一:光源置於最外側排放

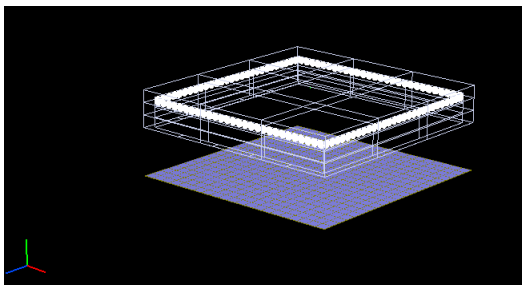


圖 7 型式二:光源置於最內側排放

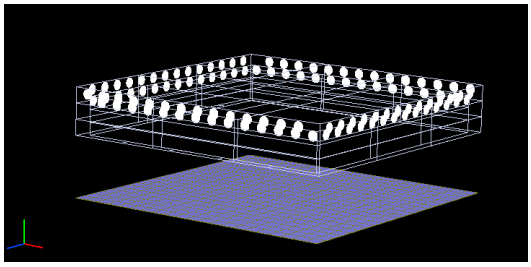


圖 8 型式三:光源置於內外側交錯排放

以型式二:光源置於最內側為例

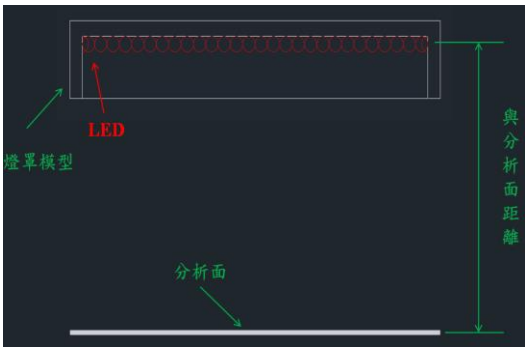


圖 9 光源位置、燈罩與分析示意圖(側視圖)

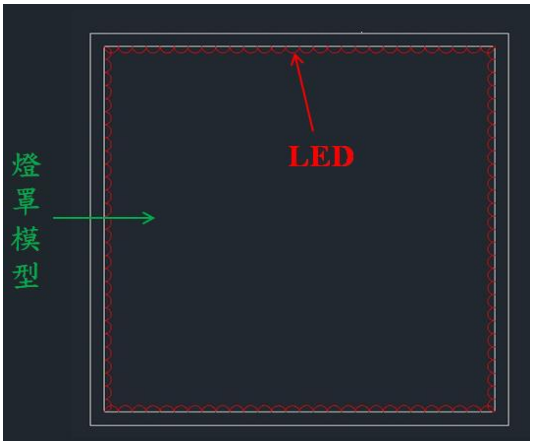


圖 10 光源位置、燈罩與分析示意圖(上視圖)

如圖 9~10 。

專案二:M 型頂部

*M型頂面型式一、型式二、型式三和型式四分別運用下列參數進行模擬			
場形	Lambertian	Focusing	Batwing
光源與分析面之距離	100(mm)		
模型尺寸	5x5x1mm3 (長x寬x高)		
燈照材料折射率	1.5		
LED數量	每邊皆為19顆LED(共兩排)		
個別流明數	100 lm		
總流明數	3800lm		
個別光線數	20000		
總光線數	760000		

圖 11

由圖 11 得知模擬模型與參數

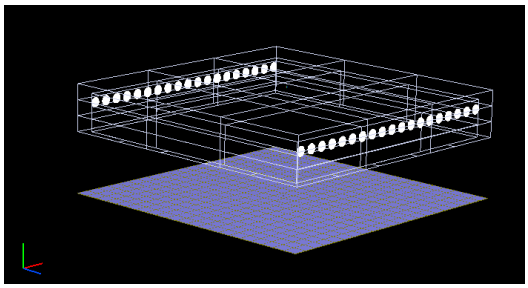


圖 12 型式一:凹槽深度 0mm

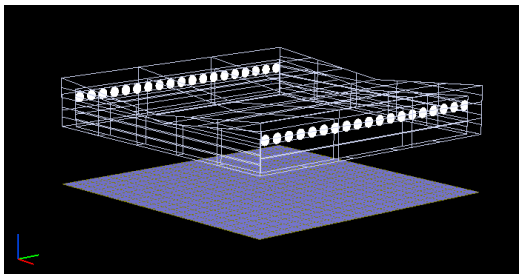


圖 13 型式二:凹槽深度 15mm

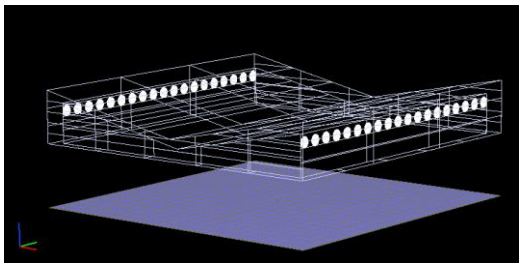


圖 14 型式三:凹槽深度 30mm

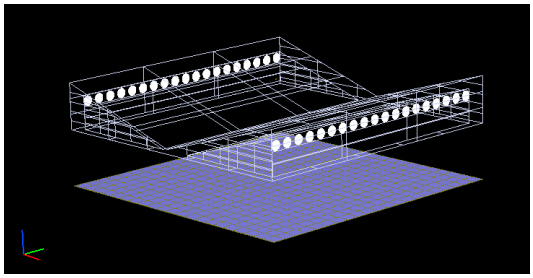


圖 15 型式四:凹槽深度 45mm

以型式三:凹槽深度 30mm 為例

如圖 16-17

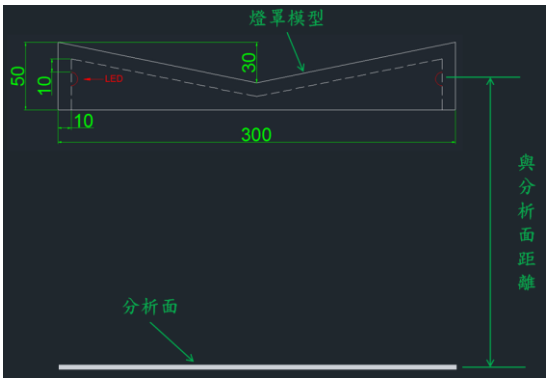


圖 16 燈罩凹槽深度與分析面示意圖(側視圖)

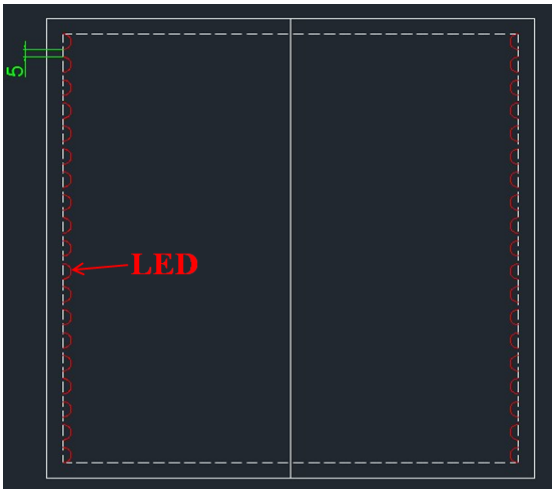


圖 17 燈罩凹槽深度與分析面示意圖(上視圖)

四、結果與討論

專案一：平面頂部

由圖 18、圖 19、圖 20 型式一、二、三的照度平均值都達到高照度 2 萬 lm/m^2、而本研究是探討高照度、低均勻度以及高能源利用率，所以型式二較為理想。

而圖 21、22 觀察得知，型式二其光源較為集中於中央且更均勻分布，整體上反而更適於本次模擬要求。



圖 18 平面頂部 平均照度比較

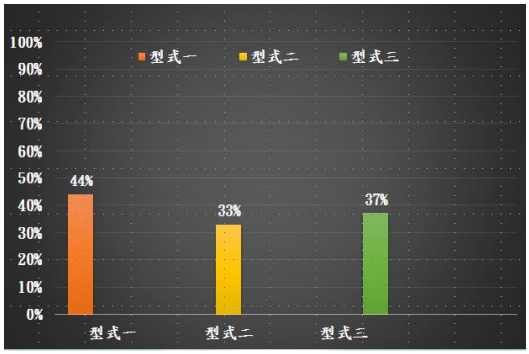


圖 19 平面頂部 均勻度比較

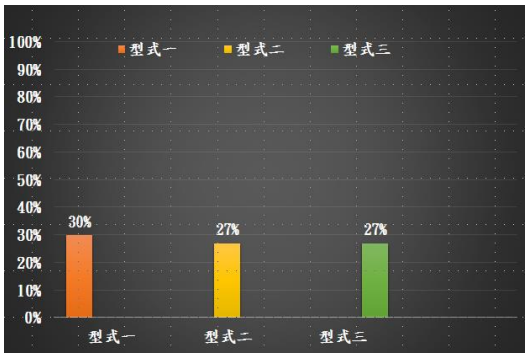


圖 20 平面頂部 利用率比較

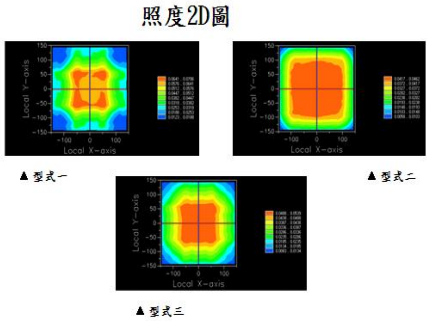


圖 21 平面頂部 2D 圖比較

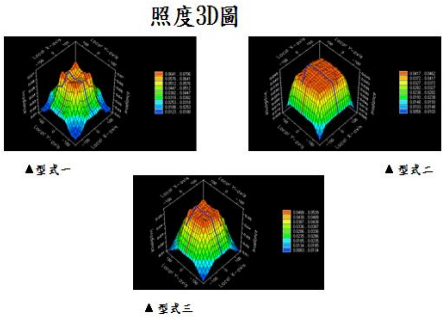


圖 22 平面頂部 3D 圖比較

詳細數據請參照附錄表 1

專案二：M 型頂部

參照圖 23、圖 24、圖 25 發現型式四(凹槽深度 45mm)數值遠較其他三種型式為佳，以下單以型式四作詳細討論。

平均照度部分：Lambertian 光場 33957 lm/m²、Focusing 光場 35699 lm/m²、Batwing 光場 33621 lm/m²，Focusing 光場平均照度略高於其他兩種光場。

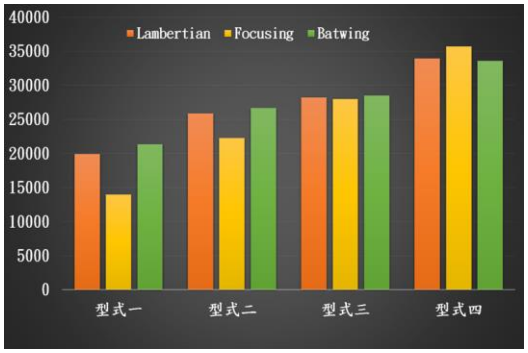


圖 23　M 型頂部 平均照度比較

均勻度部分：Lambertian 光場 27%、Focusing 光場 44%、 Batwing 光場 28%，此部分 Lambertian 光場與 Batwing 光場數值相差 1%非常接近，但以低均勻度來區分，則 Lambertian 光場為佳。

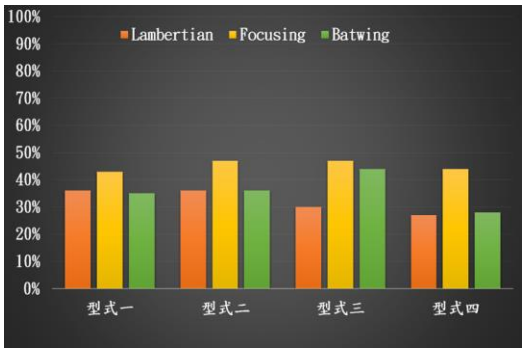


圖 24　M 型頂部 均勻度比較

利用率部分：Lambertian 光場 80%、Focusing 光場 84%、 Batwing 光場 79%，Focusing 光場利用率略高於其他兩種光場。

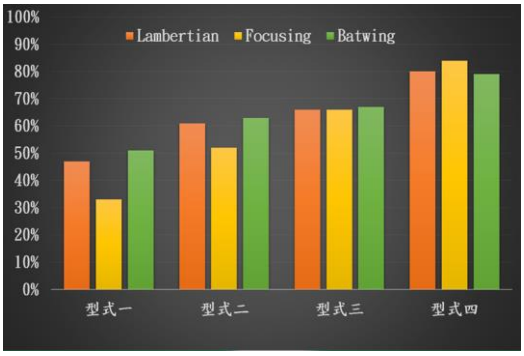


圖 25　M 型頂部 利用率比較

參照圖 26、圖 27、圖 28、圖 29 比較型式一、型式二、型式三、型式四照度 2D 圖間的差異。

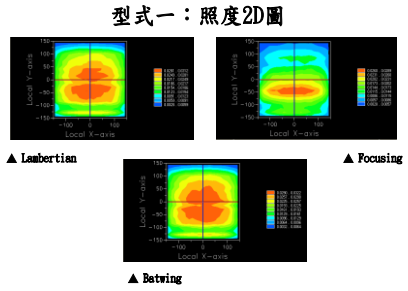


圖 26 M 型頂部 型式一 2D 圖

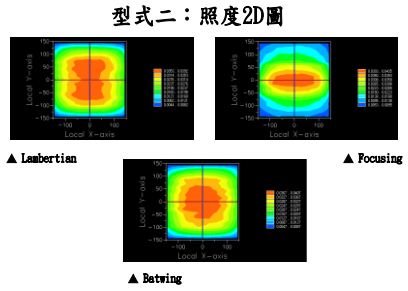


圖 27 M 型頂部 型式二 2D 圖

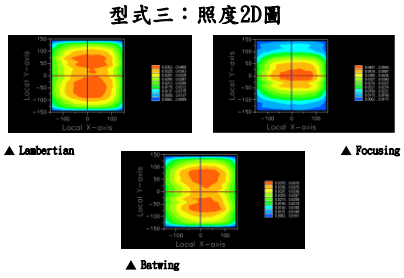


圖 28 M 型頂部 型式三 2D 圖

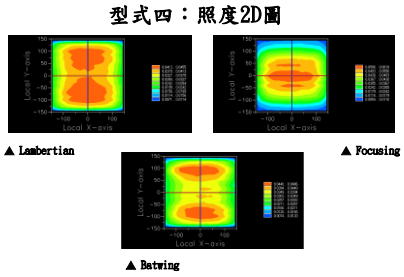


圖 29 M 型頂部 型式四 2D 圖

參照圖 30、圖 31、圖 32、圖 33 比較型式一、型式二、型式三、型式四照度 3D 圖間的差異。

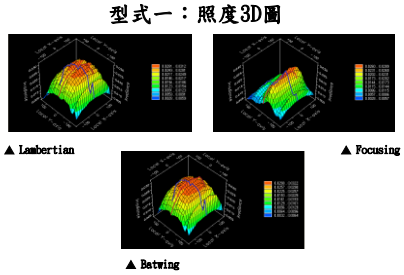


圖 30 M 型頂部 型式一 3D 圖

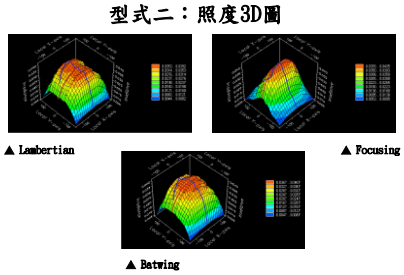


圖 31 M 型頂部 型式二 3D 圖

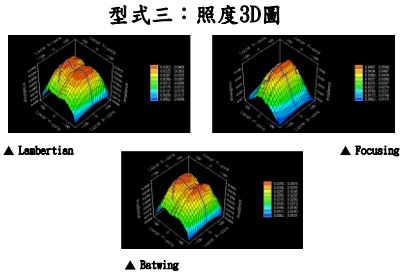


圖 32 M 型頂部 型式三 3D 圖

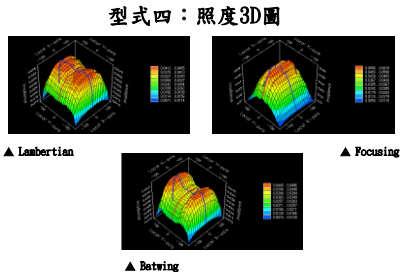


圖 33 M 型頂部 型式四 3D 圖

詳細數據請參照附錄表 2、表 3、表 4。

五、結論

利用率、平均照度、均勻度量測之結果，將凹槽深度距離 0~45mm 所得之功率計算為照度可得約 13980-35700 lm/m^2。均勻度為 27-47%，利用率為 33-84 %，有一定程度之差異。

由模擬結果都可看出，不論哪種場型，凹槽深度距離越大，平均照度越大，均勻度越小，利用率越大。

由照度平均值來看，最大者為場型 Focusing，其凹槽深度距離 45 mm，平均照度值可達 35699 lm/m^2。由均勻度來看最小者為場型 Lambertian，凹槽深度距離 45 mm，其均勻度為 27%。以利用率來看，最大者為場型 Focusing，凹槽深度距離 45 mm，其利用率為 84 %。

六、參考文獻

[1] 黃昱傑，2009，「高均勻度 LED 照明輔具設計與製作」，碩士論文，大同大學機械工程研究所。

[2]王文勳，2005，「手機 LED 閃光燈照度均勻設計與研究」，國立中央大學光電科學研究所。

[3]林育中，2007，「一種增強光源特性的發光二極體的簡易封裝技術」，碩士論文，國立中山大學光電工程研究所。

[4]許謙信，2012，「LED 照明對植物生長及發育之影響」，台中區農業改良場。

[5]陳嘉豪，2011，「LED 側光式彎曲導光條設計於車尾燈應用」，碩士論文，國立高雄第一科技大學。

七、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;再來感謝學長學姊，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，及燈罩型式、折射率與燈光排放位置的相關知識，更了解光的特性，受益良多。

附表一

模擬數據表

表 1 平面頂部各數值比較

	型式一	型式二	型式三
平均照度（lm/m^2）	38217	33762	34033
利用率（%）	30	27	27
均勻度（%）	44	33.6	37.5

表 2 M 型頂部(Lambertian)

型式 / 實驗結果	型式一	型式二	型式三	型式四
平均照度 (lm/m^2)	19945	25898	28206	33957
利用率(%)	47	61	66	80
均勻度(%)	36	36	30	27

表 3 M 型頂部(Batwing)

型式 / 實驗結果	型式一	型式二	型式三	型式四
平均照度 (lm/m^2)	21357	26663	28535	33621
利用率(%)	51	63	67	79
均勻度(%)	35	36	30	28

表 4　M 型頂部(Focusing)

型式 / 實驗結果	型式一	型式二	型式三	型式四
平均照度 (lm/m^2)	13980	22254	27976	35699
利用率(%)	33	52	66	84
均勻度(%)	43	47	47	44

附件 2

模擬數據之平均照度圖

平面頂部：

模組：

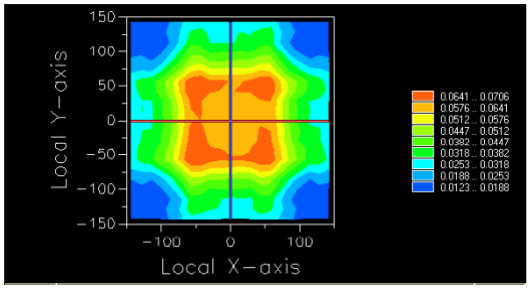


圖 34 型式一

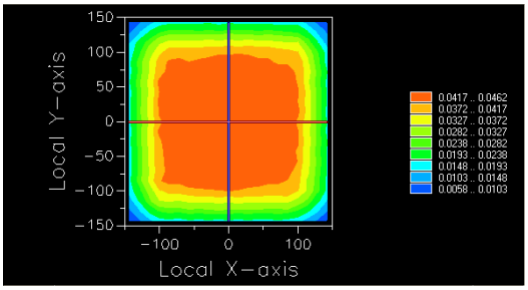


圖 35 型式二

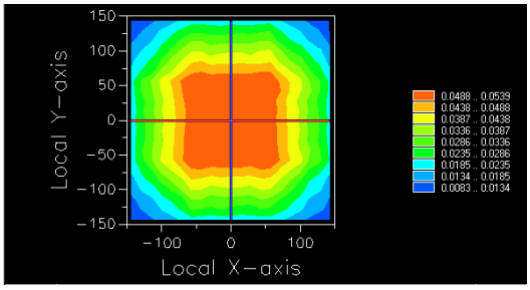


圖 36 型式三

M 型頂部(Lambertian)：

模組：

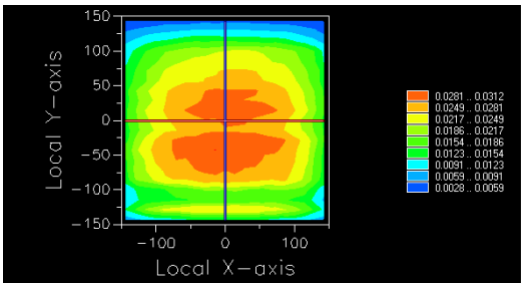


圖 37 型式一

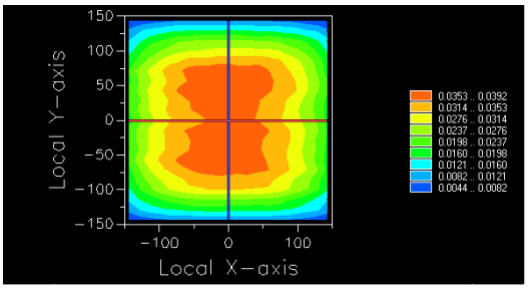


圖 38 型式二

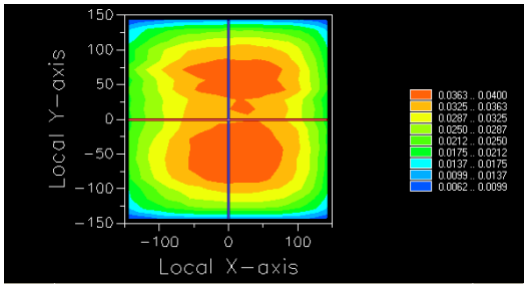


圖 39 型式三

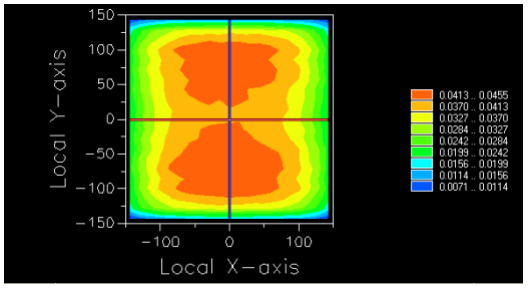


圖 40 型式四

M 型頂部(Batwing)：

模組：

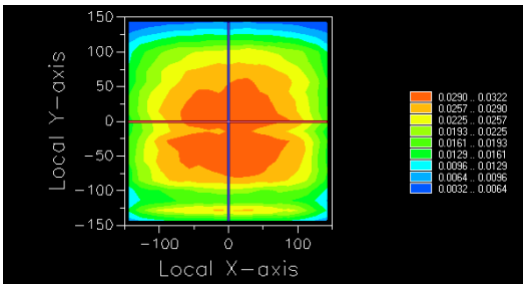


圖 41 型式一

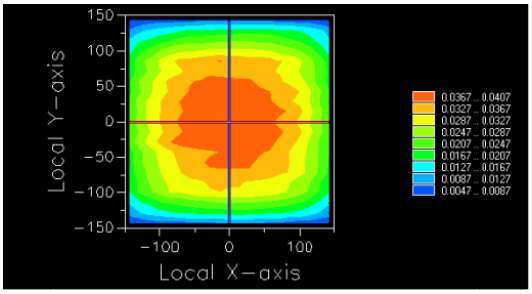


圖 42 型式二

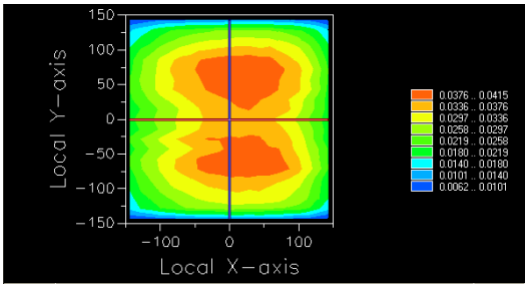


圖 43 型式三

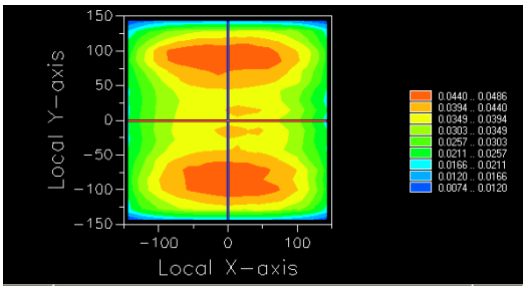


圖 44 型式四

M 型頂部(Focusing)：

模組：

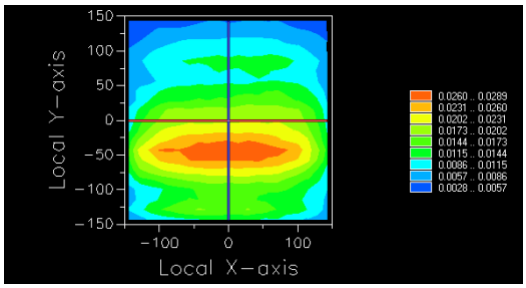


圖 45 型式一

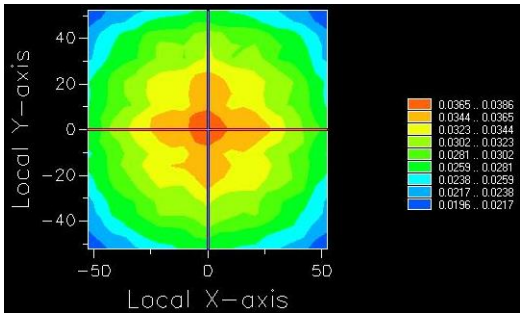


圖 46 型式二

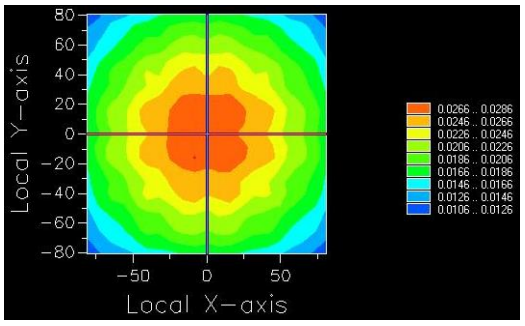


圖 47 型式三

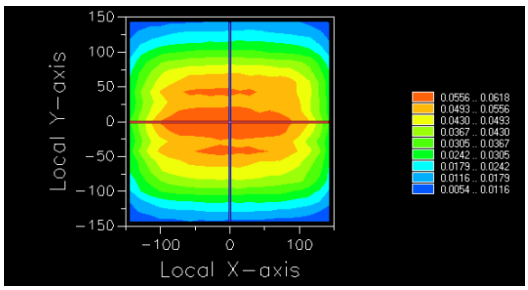


圖 48 型式四

附件 3

The study of illumination uniformity and intensity of side-directional light emitting diode lighting module

英文摘要

The study demonstrates the numerical analysis of matrix light emitting diode (LED) light module with different light distribution and reflector type. The optical model is constructed by software FRED with different LED light distribution, and reflecting angle. The average intensity and uniformity of light field is simulated. The results show a good trend between the factors and the light field then provides the designer a guide line for reference.

八、老師提問與答覆

一. 有無任何實際上的運用？
Ans:普遍運用於汽機車晝行燈、室內裝潢設計。

二.植物生長是否光照均勻度越佳越好？
Ans：當植物周遭的光線強度不同時，植物莖的前端會朝向光較強的一方，為向光性。當植物生長朝向光線較強的方向時，其生長激素會集中在植物背光的一側，使背光的一側生長較快；也就是說，當向性產生的時候，生長激素會集中在和生長方向相反的一方，而有激素的一側生長較快。

三.平均照度是以平均面積來計算？
Ans:平均照度=維護率乘照明率乘光源流明數乘光源數量除以照明面積。

四.場型是指？
Ans：取決於 LED 封裝方式，不同的封裝方式會形成不同的場型，影響其發光強度的角度分布。

五.同樣的深度，哪種場型佳？
Ans：觀察圖 37-圖 48，Lambertian 場型表現較為穩定且均勻。

六.M 型的結論、理論和實際？
Ans：係利用光線的反射性，將光線反射至所需照度面積上，以提升光線照明面積，經由觀察照度圖以凹槽深度 45mm Lambertian 光源最佳。

七.M 型凹槽深度為何越深，光照面積越廣？
Ans：利用光線的反射特性，然而光線是以輻射性散發光束，故凹槽深度越深則受反射之光束越多，其光照面積越廣。

八.均勻度越低越好，越平均?
Ans：均勻度為照度變異係數，其數值越低代表均勻度越好，越平均。均勻度公式為：標準差/平均照度 x 100% 。

太陽能充電器的製作

學生:林運桀、郭濬鋐

指導教授:陳志堅副教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

隨著各種電子產品的普及化以及高性能化，對電池的需求量日益高漲，相對的充電器已成為無法欠缺的關鍵性附屬配備，因此製作可攜式太陽能電池充電器是本次專題的目標。當人類發現太陽能傳送到地球大氣層以後，有一部分會被地表接收，並達到地面平均每平方公尺 180 瓦特能量，所以對於太陽能的利用，已經多了將它轉換成電能，來進一步開發利用。然而當我們利用太陽能轉換成電能，便能開發出環保的新產品，雖然在目前市面上還不會掀起流行趨勢，但這是為未來所做的準備，我們要愛護地球的環境，是每一個在地球上生活的生物，所應盡的責任。

一. 前言

目前台灣地區之電力來源主要依賴燃煤、燃氣與核能發電，這些能源雖然具有很高的發電效率，但卻會造成環境污染與公共安全問題，加上這些能源主要由國外進口，容易因為戰亂與產量的減少等因素，而降低能源供給的穩定性，因此世界上主要的工業國家均不遺餘力的投入安全、環保無污染與穩定的綠色能源開發。

1-1 太陽能充電原理

太陽能電池的發電能源來自太陽光，而太陽輻射的光譜主要是以可見光為中心，波長從 0.3 微米的紫外光到數微米的紅外光是主要的分布範圍。如果換算成光子的能量，則大約在 0.3 到 4 電子伏特之間。因此能隙大小在這個範圍內的材料，像矽材，會具有比較好的光電轉換效率。利用電位差發電，無電磁波產生太陽電池(solar cell)是以半導體製程的製作方式做成的，其發電原理是將太陽光照射在太陽電池上，使太陽電池吸收太陽光能，透過 p-型半導體及 n-型半導體，使其產生電子(負極)及電洞(正極)，同時分離電子與電洞而形成電壓降，再經由導線傳輸至負載。簡單的說，太陽光電的發電原理，是利用太陽電池吸收 0.2μm～0.4μm 波長的太陽光，將光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式。由於太陽電池產生的電是直流電，因此若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝直/交流轉換器，將直流電轉換成交流電，才能供電至家庭用電或工業用電。

1-2 研究目的

由於世界上的能源日益減少，再加上綠能環保意識的抬頭，我們必須找出一種替代性的能源，其中尤以「太陽能」發電對於日照充足之台灣較為穩定可行。太陽能是一種取之不竭、用之不盡的天然能源，所產生的電力可以經由電力系統轉換成直流與交流型式之電能應用於各種發電系統上，本研究之太陽能電池充電器，其充電器之設計可以妥善的利用太陽能電板之輸出能量，對蓄電池組進行充電。

太陽能除了可以用曝曬、集光點燃等方法直接利用外，也可以把它轉換成熱能和電能進一步利用。例如利用太陽能板把光能轉換為電

能，最近這幾年太陽能源發展的趨勢則是利用太陽能電池實現太陽能源的開發。台灣位處亞熱帶，太陽能資源豐富，也因此帶給大家一個深切期望：太陽能未來可以替代大部份能源需求，就像美國科學家預計在美國西部建造一座太陽能發電廠，到了 2050 年可望替代美國69%的電力！然而，在台灣這一期望必須長期苦心經營才可能達成。

太陽能電池係一種利用太陽光直接發電的光電半導體薄片，其將高純度的半導體材料加入一些不純物使其呈現不同的性質，如加入硼可形成 P 型半導體，加入磷可形成 N 型半導體，PN 兩型半導體相結合後，當太陽光入射時，產生電子與電洞，有電流通過時，則產生電力。我們使用的是非結晶矽太陽電池，非晶矽乃是指矽原子的排列非常紊亂，沒有規則可循。一般非晶矽是以電漿式化學氣相沈積法，在玻璃等基板上成長厚度約一微米左右的非晶矽薄膜。因為非晶矽對光的吸收性比矽強約 500 倍，所以只需要薄薄的一層就可以把光子的能量有效地吸收，且不需要使用昂貴的結晶矽基板，而用較便宜的玻璃、陶瓷或金屬等。對於太陽電池來說最重要的參數是轉換效率，目前太陽能電池中的單晶矽電池的最高轉換效率（實驗室）為 29%，多晶矽電池為 24%，非晶矽為 17%。

二、電池與材料介紹

2.1 鎳鎘、鎳氫電池相關介紹(如圖 1)



圖 1 鎳氫電池種類圖

鎳鎘、鎳氫電池適用於大放電系數之電動工具、電動機車、腳踏車、玩具等等，單棵 Cell 容量從數百到 10000mA/H 不等，每一 Cell 電壓 1.2V，最大可充到 1.4 或 1.5V(鎳鎘可更高)，重量較鋰電池重，如長期沒有完全使用完就充電，會產生記憶效應(鎳鎘更為嚴重)，減低電池效能，充電時最好先行放電至每一 Cell 1.0V 再充電，如產生記憶效，可用大電流充放數次，可減少記憶效應。(如圖 2，3)

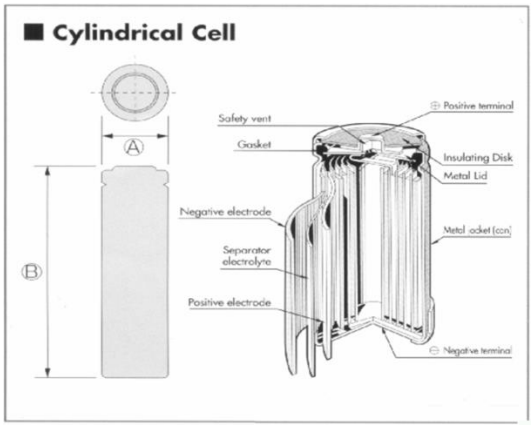


圖 2 鎳鎘、鎳氫電池之構造:圓型

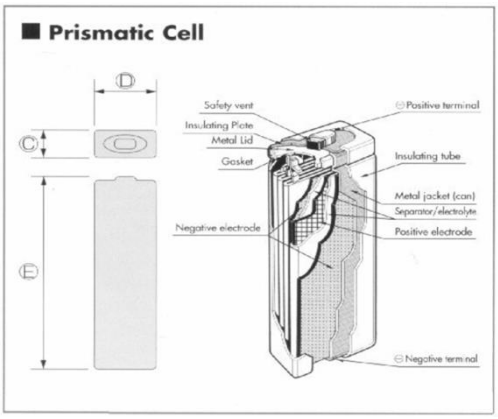


圖 3 鎳鎘、鎳氫電池之構造:方型

2.2 IC 介紹

2.2.1 LM317

LM317 是美國國家半導體公司的三端可調正穩壓器集成電路，輸出電壓範圍是 1.2V 至 37V，負載電流最大為 1.5A。它的使用非常簡單，僅需兩個外接電阻來設置輸出電壓，此外它的線性調整率和負載調整率也比標準的固定穩壓器好。LM317 能夠有許多特殊的用

法。比如把調整端懸浮到一個較高的電壓上，可以用來調節高達數百伏的電壓，只要輸入輸出壓差不超過 LM317 的極限就行。當然還要避免輸出端短路。還可以把調整端接到一個可編程電壓上，實現可編程的電源輸出。(如圖 4)

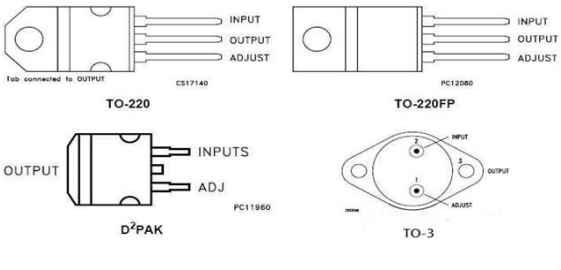


圖 4　LM317 種類與接腳圖

2.2.2　LM393

工作電源電壓範圍寬，單電源、雙電源均可工作，單電源：2～36V，雙電源:±1～±18V；消耗電流 Icc=0.8mA；輸入失調電壓 VIO=±2mV；共模輸入電壓範圍寬，Vic=0～Vcc-1.5V。(如圖 5)

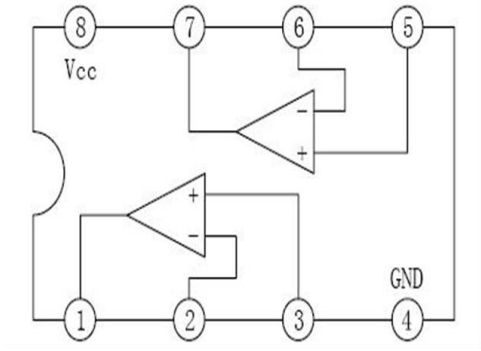


圖 5　LM393 接腳構造圖

2.2.3 稽納二極體

一般二極體順向導通時電壓可維持在 0.7V，可提供穩定的電壓，但如果我們需要更大的電壓時，則需串聯很多的二極體，實用上不是很方便。如果二極體逆向偏壓很大時，會發生崩潰現象，此現象和順向導通時情況類似，都有穩壓穩流的特性，所以利用這個特性發明了這種特殊的二極體——稽納二極體。(如陀 6，7)



圖 6 稽納二極體電路圖

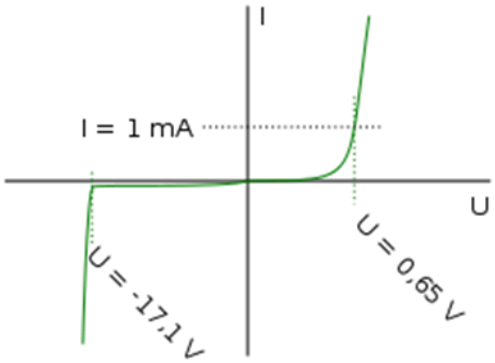


圖 7 稽納二極體電流電壓關係圖

在此顯示崩潰電壓為 17 伏特。在此須注意的是，順向偏壓（正方向）與逆向偏壓（負方向）電壓數值的比例大小。通常可承受的順向偏壓為 0.65 ～ 0.7 伏特；當電流約為 1 毫安培時，電壓為約為 0.65 伏特。

2.2.4　材料表

代號	數值	名稱
BT1	電池盒 4*1	Battery
C1	104	電容
D1	GRN	發光二極體
D2	4001	二極體
D3	LED	發光二極體
D4	4001	二極體
D5	4001	二極體
D6	RED	發光二極體
R1	1K	電阻
R10	470K	電阻
R11	100	電阻

R12	1	電阻
R2	1.5K	電阻
R3	220	電阻
R4	5.6	電阻
R5	1.5K	電阻
R6	2.2K	電阻
R7	2.2K	電阻
R8	470	電阻
R9	1.5K	電阻
SVR1	1K SVR	半固定電阻
SVR2	10K SVR	半固定電阻
T1	DC12V 電源變壓器	紅外線接收
U1	太陽能板	紅外線接收
U2	LM317	電壓控制 IC
U3	LM317	電壓控制 IC
U4	DC CON	DC 插座
U5	LM393	比較器
ZD1	6V	基納二極體

三、電子與電路

3.1 狀態圖 (如圖 8)

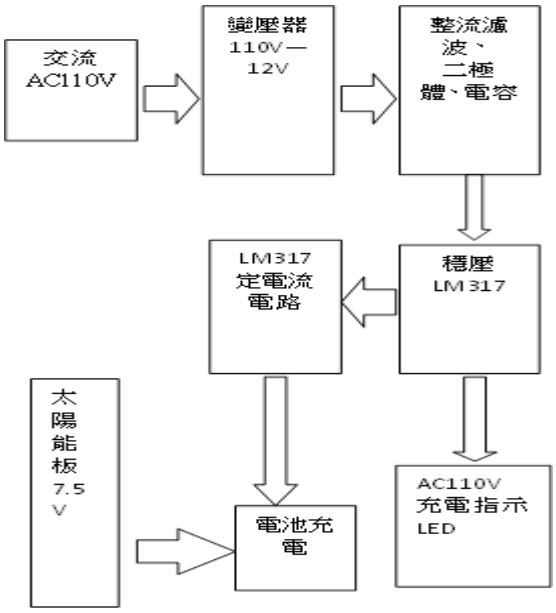


圖 8 充電系統狀態圖

上圖的電路流程圖是我們簡略的作動流程，太陽能板直接對電池進行充電，經由太陽光照到太陽能板產生有變數的電壓電流，這電壓大約都在 1.2V 到 6.0V 左右，電流約在 20mA 到 120mA。AC110V 經過定電流定電壓到電池中進行充電，途中會經過一個充電指示功能的一個系統。

3.2 線路圖部分與總圖

3.2.1 電路總圖 (如圖 9)

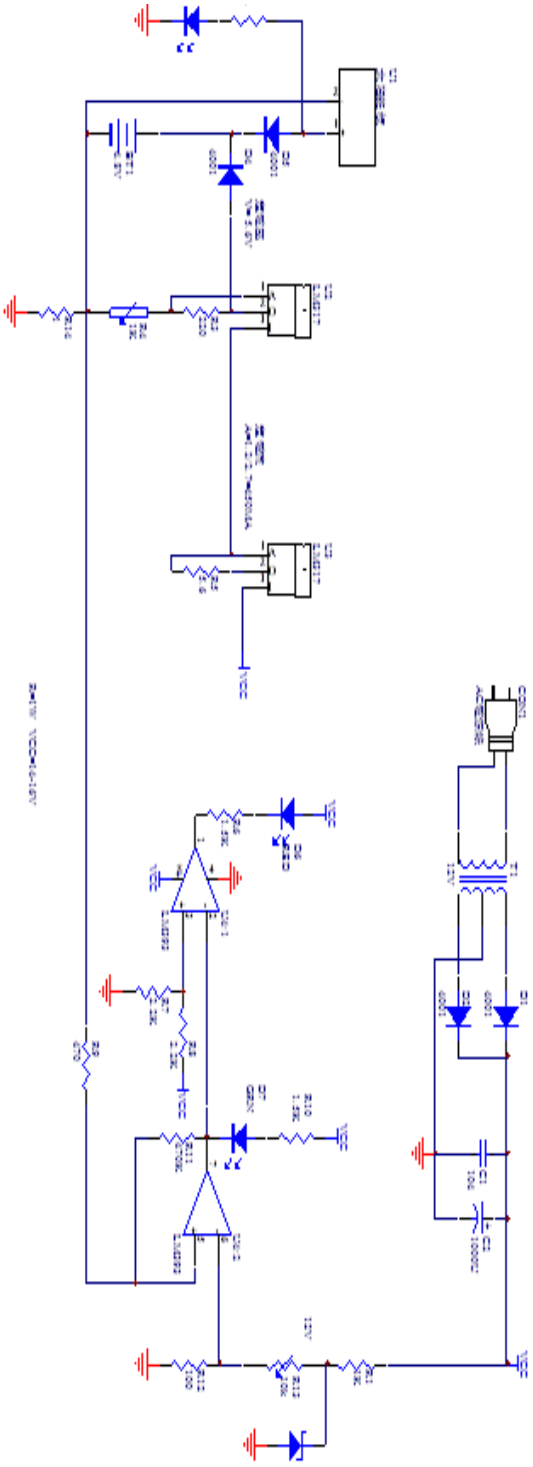


圖 9 太陽能電路總圖

3.2.2AC110V 部分圖 (如圖 10)

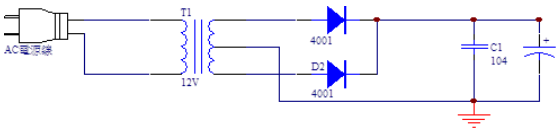


圖 10 AC110V 電源轉 DC12V 部分電路圖

AC110V 經變壓器轉為 AC12V，經 2 個二極體組成的半波整流轉為直流，再經濾波電容濾波，得到√2*12=16V 直流電，供電路板使用。

3.2.3 燈號顯示部分圖 (如圖 11)

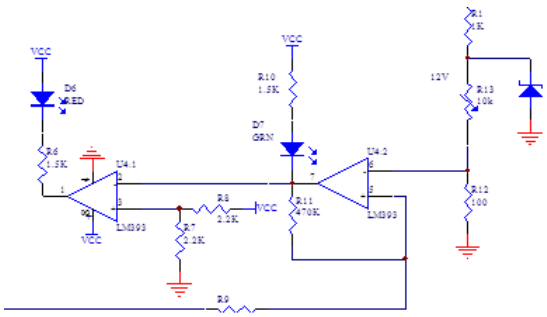


圖 11 燈號顯示電路圖

R1、6V 齊納二極體，將電壓固定在 6V，R12、R13 組成分壓，調電壓 0.12V，輸入比較器 LM393，當電池充電電流小於 120mA 時，比較器 PIN 7 輸出 LOW，點亮綠 LED，同時輸入 LM393 PIN 2，使 PIN2 LOW，PIN3 =3V，輸出 HI，紅 LED 暗。

3.2.4 定電流定電壓部分圖(如圖 12)

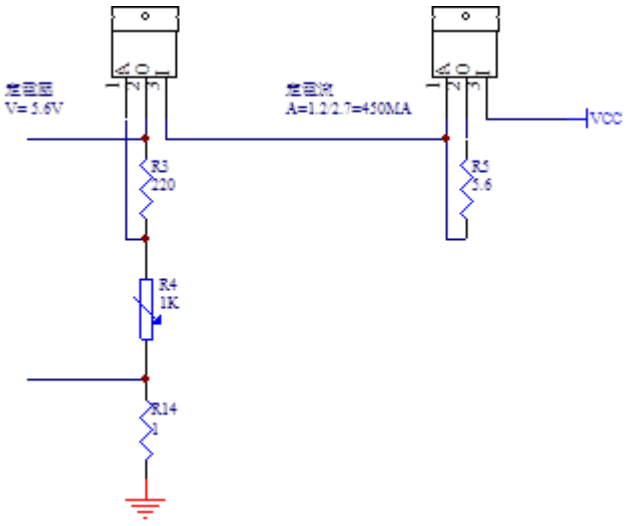


圖 12 定電流電壓的電路圖

U2 317 為定電流線路，無論負載如何變化，定電流線路最大只能輸出約 210 MA。U1 317 為定電壓線路，將電壓固定在 5.6V(由 R4 可變電阻調整)，對電池充電。

3.2.5 太陽能板部分圖(如圖 13)

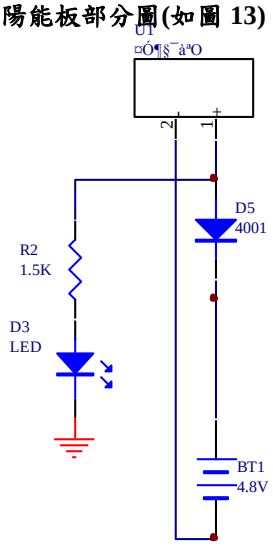


圖 13 太陽能板燈號顯示充電電路圖

太陽能板經二極體對電池充電，由 LED 可顯示電流產生。

四、測試數據：

4.1 燈泡測試 (如圖 14，15)

鹵素燈泡瓦數	太陽能板面積	產生不同電壓	充電時數
10 瓦	60*65*5.2mm	1.7V	2hr
20 瓦	60*65*5.2mm	2.3V	2hr
40 瓦	60*65*5.2mm	2.5V	2hr
60 瓦	60*65*5.2mm	3.0V	2hr
100 瓦	60*65*5.2mm	5.0V	2hr

圖 14 使用鹵素燈泡光源實驗太陽光照射充電能量時間表

日光燈瓦數	太陽能板面積	產生不同電壓	充電時數
10 瓦	60*65*5.2mm	1.3V	2hr
20 瓦	60*65*5.2mm	1.7V	2hr
30 瓦	60*65*5.2mm	2.1V	2hr
40 瓦	60*65*5.2mm	2.5V	2hr
80 瓦	60*65*5.2mm	3.5V	2hr

圖 15 使用日光燈光源實驗太陽光照射充電能量時間表

4.2 使用電源器所測電壓 (如圖 16)

鹵素燈泡瓦數	電源供應器	太陽能板面積	產生的電壓	產生的電流	充電時數
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.01V	210mA	2hr
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.05V	180mA	4hr
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.06V	180mA	6hr
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.07V	180mA	8hr
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.02V	150mA	10hr
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.04V	140mA	12hr
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.05V	130mA	14hr
10W	110V電源器	60*65*5.2mm	6.02V	110mA	16hr

圖 16 為 110V 電源充電與太陽能板充電測試圖

這是用鹵素燈泡與 110V 電源器一起充電的結果，電壓方面一直處於穩定值，但電流會因為電池塊充飽而下降，。

電源 110V 單一充電 (如圖 17)

使用 110V 電源器所測電壓	使用電源器所測電流	所測之時間
5.4V	120mA	2hr
5.2V	120mA	4hr
5.2V	120mA	6hr
5.6V	120mA	8hr[1]

圖 17 為單用 110V 電源充電電路所測之測量圖

上圖量測電壓電流都穩定值內，電壓一值維持在 5.4V 左右

4.3 戶外實測 (如圖 18，19)

天氣	太陽能板面積	產生不同電壓	充電時數	產生不同電流
出太陽	60*65*5.2mm	6.0V	2hr	140mA
出太陽	60*65*5.2mm	6.0V	4hr	140mA
出太陽	60*65*5.2mm	6.0V	6hr	140mA
出太陽	60*65*5.2mm	5.6V	8hr	130mA
出太陽	60*65*5.2mm	5.6V	10hr	130mA
出太陽	60*65*5.2mm	5.2V	12hr	120mA

圖 18 為出太陽時測量之數據

單用太陽能板，要充飽電需要約 23 小時，一顆電池約 700mAh*4=2800mAh 以 140mA 去充電約要 20 小時

天氣	太陽能板面積	產生不同電壓	充電時數	產生不同電流
陰天	60*65*5.2mm	1.2V	2hr	28mA
陰天	60*65*5.2mm	1.2V	4hr	28mA
陰天	60*65*5.2mm	1.2V	6hr	28mA
陰天	60*65*5.2mm	1.4V	8hr	32mA
陰天	60*65*5.2mm	1.4V	10hr	32mA

圖 19　為陰天時所測量之數據

因出太陽時光線較大可見光與不可見光較多所以出太陽時的電壓與電流都比陰天時的大。

五、成品完成圖 (如圖 20)

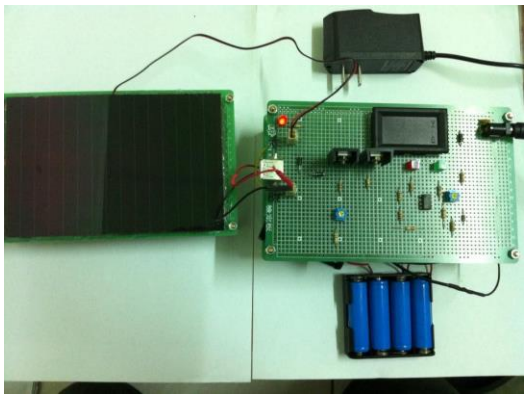


圖 20 是我們成品的完整圖

六、總結

自從溫室氣體減量成為各國追求目標後，各國政府投資偏重在生質能的開發與生產。美國在農民和國會議員施壓下，新增經費大部分用在生質酒精和生質柴油的實用化，但生質燃料的使用雖還不到二、三%，卻已影響全球食物的生產和價格。專家估計其他再生能源如風能、地熱能、海浪能等區域性太大，很難成為主流能源。儲藏深海中的碳水化合物燃料冰，就是證實存在且成功大量開採，也會排放二氧化碳，對溫室氣體減量沒有幫助。另二氧化碳的回收與儲藏技術，至少要二、三十年才有實用可能。民眾和專家都看好太陽能，以往政府卻誤以為太陽能發電科技早已成熟，而價格的降低和效率的提高應屬業界責任，因而未重視其研發，造成業界不敢冒險設廠，不過近況已有改善。太陽能電池產業發展至今，仍僅處於起步階段，原料幾乎全賴進口，需求量亦未展開，市場狹小，政府目前並未對生產廠商獎勵，亦未對消費者的購買有所補助，故短期內並不看好國內市場。 由於太陽能發電系統生產成本高，在技術方面電池轉換效率之提昇、薄膜化的研究及輸配電網路的聯繫技術，仍有待發展。整體而言，應從擴大需求著手，增加太陽能電池的應用範圍，如此產業才有長期發展的基礎。

從 AC110V 經過變壓到 12V，經過整流與定電流電路到定電壓電路產生 120mA 進行充電，太陽能板 7.5V 經過燈號顯示與穩壓的電路，產生 120mA 同時與 AC110V 進行充電，測試燈泡與日光燈測試的數據中，在相同的瓦數比較下，鹵素燈泡效果比較好。矽基板的太陽能板，對長波長的光波比較敏感。因此像是鹵素燈或是鎢絲燈泡，除了發出大量的光外，還會有很強的紅外線，當這些燈泡照射於矽太陽能板時，就可以產生較大的電流電壓。相對的日光燈的光譜中，比較偏向短波長所以當日光燈的光線照射於矽太陽能板時，所能夠轉換出來的電能就比較少，其實也不是所有的太陽能板都是如此，也有對短波長比較敏感的太陽能板。而在另個測試中出太陽時電流電壓較大反觀陰天電壓電流極低。太陽能板也會隨遮光亮的高度與亮度，來產生高電壓高電流或低電壓低電流。

七、致謝

本次的專題製作非常感謝，李坤擇學長的提攜，還有陳志堅老師的建言與指導，讓本次專題能夠順利完成，另外感謝高雄應用科技

大學的電子科學長，教我們如何排列電子材料與焊接材料。因此在本次專題製作中經過許多老師與學長，的細心教導讓我們受益良多，也獲得了許多經驗與技術，讓我們在求學途中，增進知識，謹致謝忱。

八、參考文獻

太陽能的優缺點
http://www2.hkedcity.net/sch_files/a/kws/kws-solar/public_ html/solar_advantage.htm
太陽能資訊網
http://solarpv.itri.org.tw/aboutus/yes/energy.asp
http://www.838dz.com/danyuan/dianyuan/202.html
電子天下
http://www.dz3w.com/info/commonIC/941.html
http://www.dz3w.com/info/commonIC/0083193.html
科技產業資訊室
http://cdnet.stpi.org.tw/techroom.htm
電子工程專輯
http://www.eettaiwan.com/
太陽能發電技術與應用
林瓊輝，92 年 8 月，國內太陽電池產業發展契機與系統應用機能，電力電子技術月刊，P6-19。
吳財福、何佩怡，93 年 8 月，太陽能與市電併聯單獨運轉現象探討，電力電子技術月刊，P54-64 。
歐宏麟，88 年 6 月，太陽電池供電系統控制器之研製，電力電子技術月刊，P35-60。
施純協，台北市，基礎電子實習，知行有限公司，94 年 2 月。
陳政傳、盧明 ，台北市，感測器原理與應用實習，台科大圖書股份有限公司，94 年 2 月。
電池組與能源系統、徐氏基金會出版、張桐生著。
太陽能工程、太陽電池篇、全華科技出版，莊嘉探著。
太陽能之運用與理論、協志工業叢書、黃文雄著。
太陽能供電及照明系統總論、全華科技出版，吳財富、張健軒、陳裕愷等著。
250 種電子電路實驗、無線電雜誌社，黃華宏著。
光電元件應用要訣、建興出版，陳連春著 。
電子套件製作專輯、無線電雜誌社，黃華宏著。

The Fabrication of Solar Battery Charger

Keyword:Can carry the way、Electronic、Battery、Charger、Solar energy。

Yun Jie Lin and Jun Hong Guo

Guide Teacher: Jyh-Jian Chen Doctor

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

With a variety of portable electronic products, as well as the popularity of high performance, making the growing demand for batteries, the charger has become unable relative lack of critical affiliated with, thus making the battery charger is the goal of this topic . When humans discovered solar energy is transferred to the Earth's atmosphere after a portion of the surface it will be received, and reached an average of 180 watts of energy per square meter ground, so the use of solar energy, has more to convert it into electrical energy to further exploitation. However, when we use solar

energy into electrical energy, we will be able to develop new environmentally friendly products, although in the current market will not set off a trend, but this is done in preparation for the future, we have to care for the Earth's environment, every living creature on Earth, the duty.

連桿式水平升降櫃

學生姓名：洪慶龍、林家麒
指導老師：吳瑋特　　老師

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題之研究目的是設計一個能平穩從高處往低處拉取的櫃子，使櫃子於移動時不會有翻覆或傾斜等情況發生。首先使用機構設計模擬軟體(SAM)繪製機構簡圖，設計出最佳桿件長度，並分析桿件位置、速度、加速度，使機構簡圖達到預期之水平移動方式。運用繪圖軟體(SolidWorks)設計出內外櫃尺寸，並搭配桿件進行作動模擬，確保兩者組裝後可正確作動，再使用其模擬分析進行應力、應變、位移及安全系數分析以了解可承受最大負載力。最後使用不鏽鋼材、複合板及門弓器，製作出一個不需電力的連桿式水平升降櫃。

關鍵詞：櫃子、連桿機構

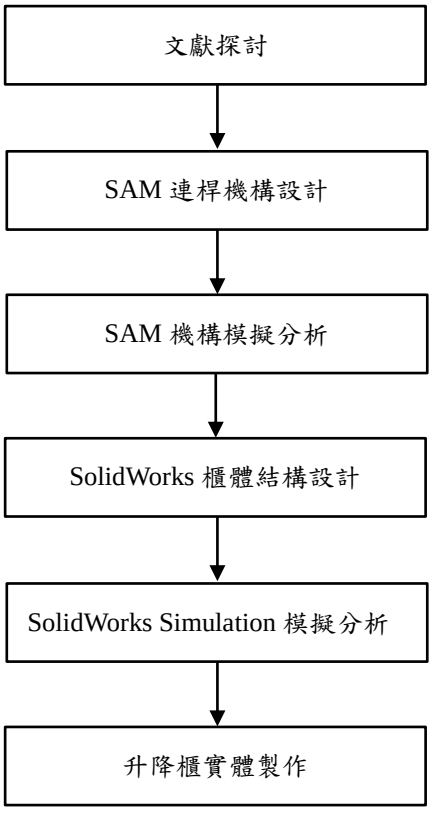
一、 前言

櫃子擺放的位置繁多，其中以吊櫃之擺放位置較高，因高度而不便直接拿取其內部之物品與產生潛在之危險，而逐漸將櫃子電動化，電動化的櫃子需要電力驅動，然而電動化的櫃子價格高且正下方受作動行程之影響，所以正下方不能放置其他物品。使用水平翻轉機構，設計出不需要電力也能使櫃子有其升降效果。

本專題先使用 SAM 軟體與 SolidWorks 來模擬與設計並用壓克力製作原始模型，成品之櫃體使用組合板，桿件則是使用不鏽鋼製成，為了使櫃體有效減少移動至停止點時所產生之衝擊力，因此加裝門弓器達到減少衝擊力之目的，製造出結構簡單、不需電力的連桿式水平升降櫃。

二、 研究內容與方法

2.1　製作流程圖



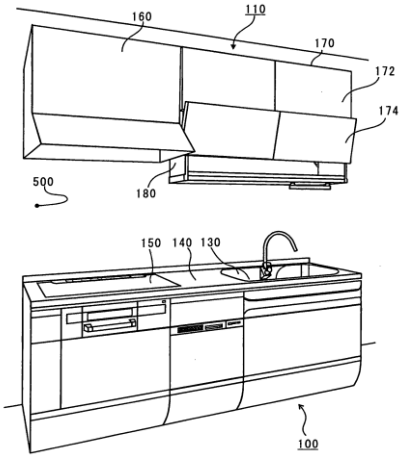
圖一 製作流程圖

2.2 文獻探討

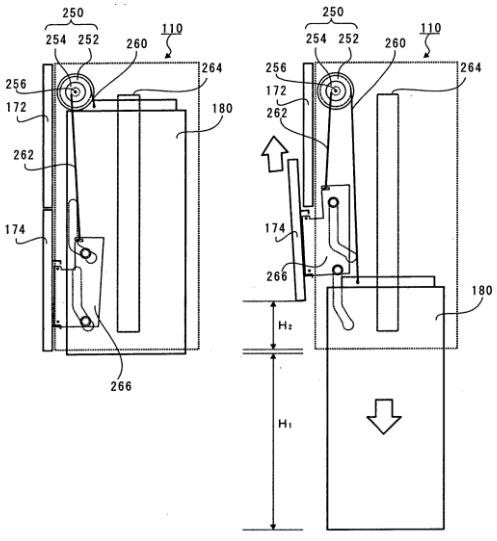
本文之參考專利來自中華民國專利系統，其探討專利如下:

2.2-1 專利號: I457093，專利名稱:昇降式吊櫃[4]

此專利具備：底面與前面為開放的廚櫃(170)與可相對於廚櫃(170)升降地被支承的升降架(180)，且設置在廚具之上方的升降式吊櫃，其特徵為：具備：配置在廚櫃(170)之前面且上方的上門片(172)、和配置在廚櫃(170)之前面且下方的下門片(174)，下門片會轉入到上門片的下端，以沿著其表面的方式上升。



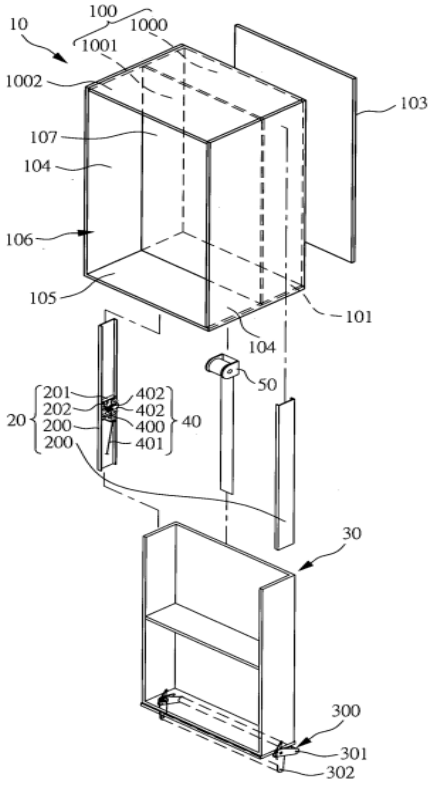
圖二 (a) I457093 第 1 圖



圖二 (b) I457093 第 3 圖

2.2-2 專利號: M475215，專利名稱:升降式懸吊櫃[5]

此專利包括一主櫃體、滑動單元、升降載體、煞車單元、以及覆位件，該升降載體活動係設置於主櫃體內，並藉由滑動單元使該升降載體可活動於該主體櫃內外，並藉由該煞車單元以及該覆位件來達到升降載體無段定位及覆位之功效。

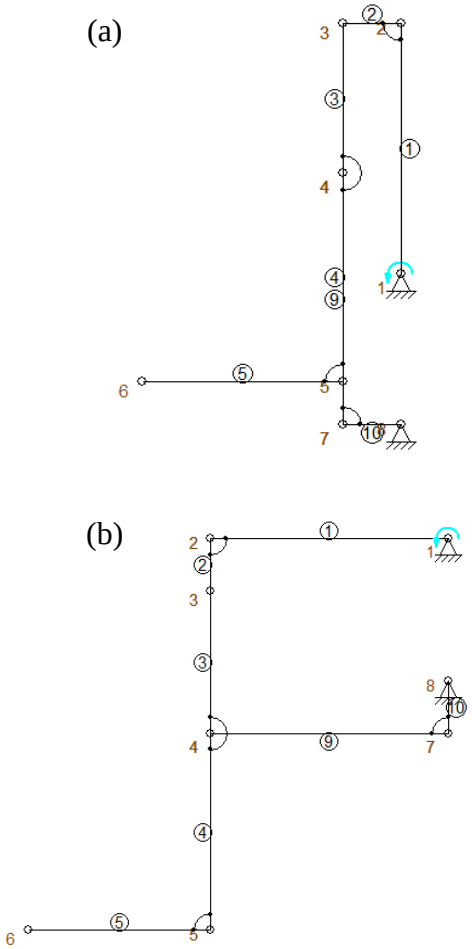


圖三 M475215 第 1 圖

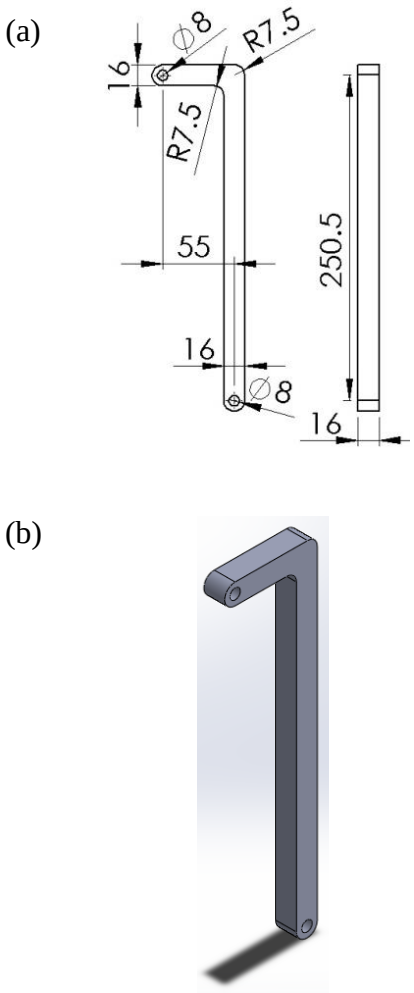
2.3 成品設計

2.3-1 連桿機構設計

本文藉由連桿機構設計最佳化模擬軟體 SAM (Synthesis and Analysis of Mechanisms)，並參考論文[1]進行連桿機構設計。首先繪製出機構簡圖(如圖四)，節點 1 與節點 8 為固定點，為了便於成品製作，首先將各桿件間之夾角定為直角，因此需對各桿件限制相對夾角，其輸入桿為桿件 1，輸出桿為桿件 5，最後分析桿件 1、桿件 5 及桿件 10 之位置、速度及加速度，以確定桿件 5 實現預期之水平移動。



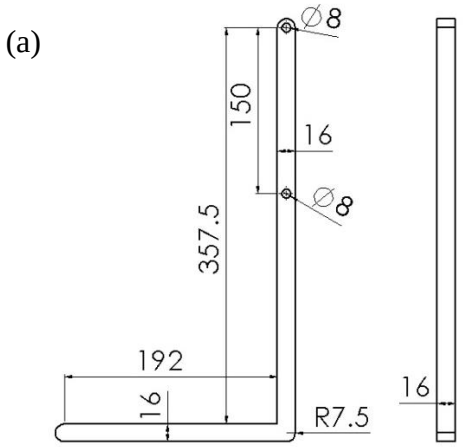
圖四 (a) SAM 機構設計展開前 (b) SAM 機構設計展開後



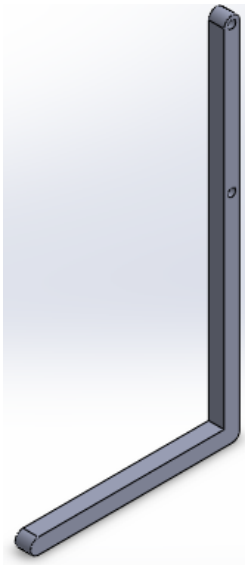
圖五 (a) 連桿 1 之前視圖與右側視圖 (b) 連桿 1 之立體圖

2.3-2 櫃體結構設計

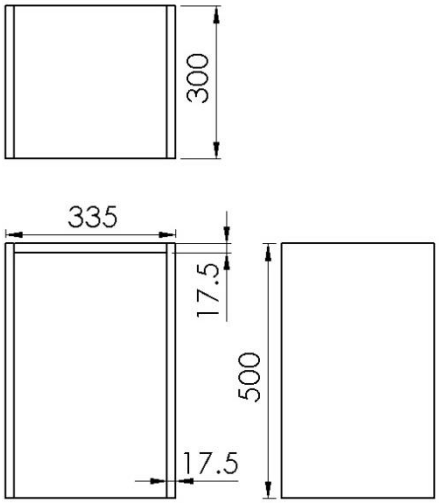
本文藉由 SolidWorks 進行櫃體結構設計，其單位皆為 mm。結構設計主要分為機構、櫃體及螺絲座；機構部分有連桿 1(如圖五)與連桿 2(如圖六)；櫃體部份可分為內櫃(如圖七)與外櫃(如圖八) ；螺絲座之部分為了使連桿 1 與連桿 2 固定於外櫃內側，因而設計出專用螺絲座(如圖九)。為了避免干涉，將桿件分層進行組裝。



(b)

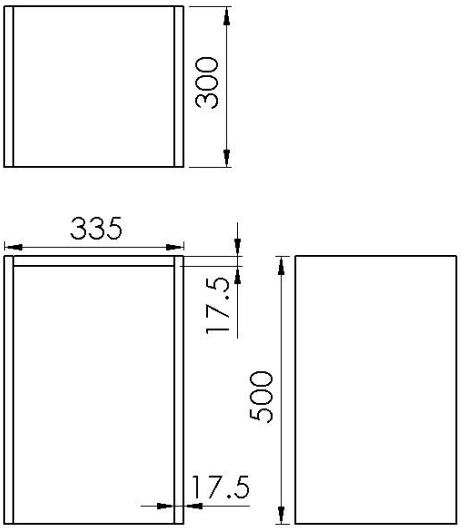


(a)

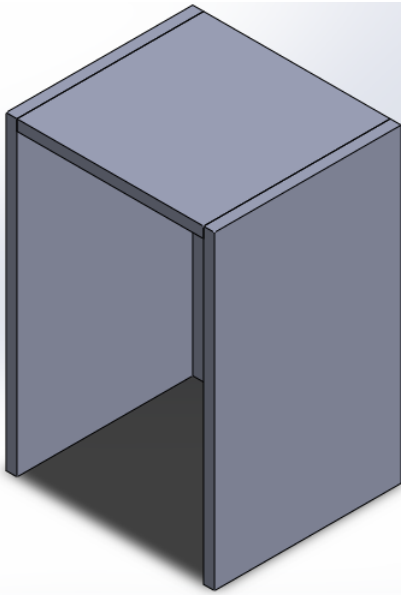


圖六 (a) 連桿 2 之前視圖與右側視圖 (b) 連桿 2 之立體圖

(a)

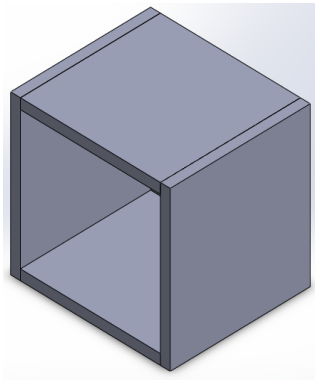


(b)



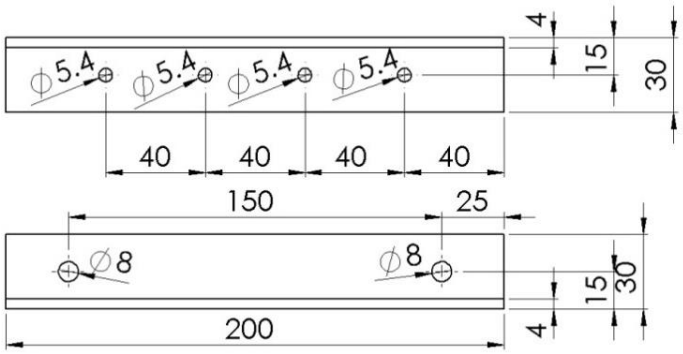
圖八 (a) 外櫃之三視圖 (b) 外櫃之立體圖

(b)

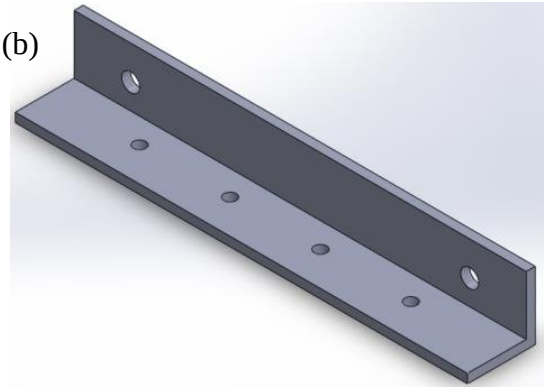


圖七 (a) 內櫃之三視圖 (b) 內櫃之立體圖

(a)



(b)

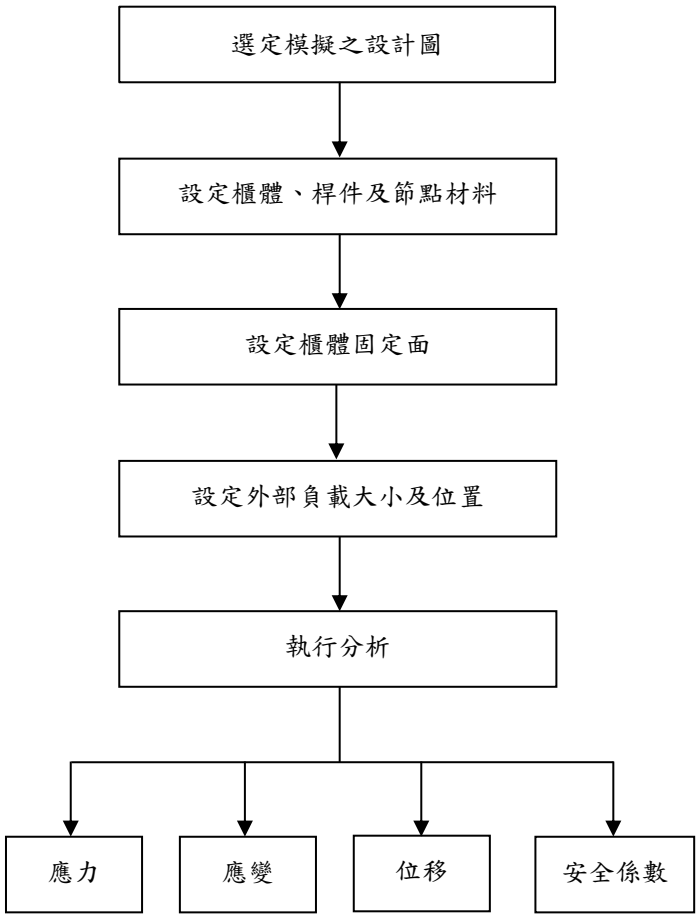


圖九 (a) 螺絲座之三視圖 (b) 螺絲座之立體圖

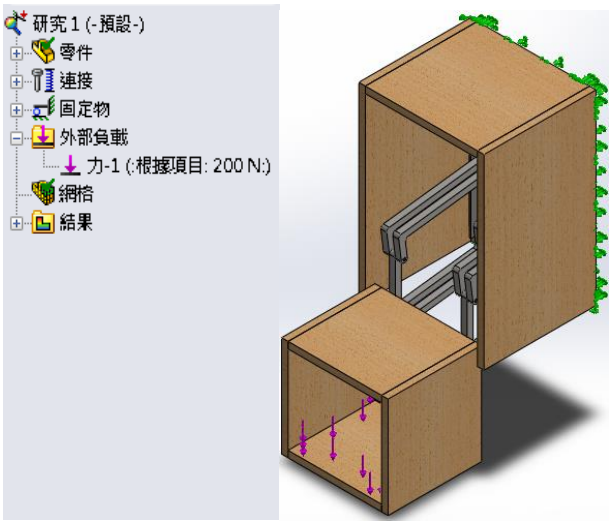
2.3-3 動態模擬分析

本文以 SolidWorks Simulation 進行分析，其設定流程如圖十，成品櫃體使用複合板，礙於軟體材料沒有預設複合板材，因此使用軟體預設之輕木(Balsa)來替換複合板進行模擬，圖十一為完成設定之圖示，以下為本文使用之分析設定:

- 桿件材料:AISI 304 不鏽鋼
- 櫃體材料:輕木
- 螺絲座:SAE 1023 碳鋼板 角鋼
- 節點材料:灰鑄鐵螺絲
- 櫃體固定面:外櫃背面
- 外部負載:內櫃底板



圖十 SolidWorks Simulation 設定流程圖



圖十一 SolidWorks Simulation 設定完成圖

2.4 材料與設備

1. 不鏽鋼材

鋼號:AISI 304

尺寸:16 × 16 × 3000 mm

加工方式:折床



圖十二 不鏽鋼

2. 複合板

板厚(T):17.5 mm

加工方式:桌鋸



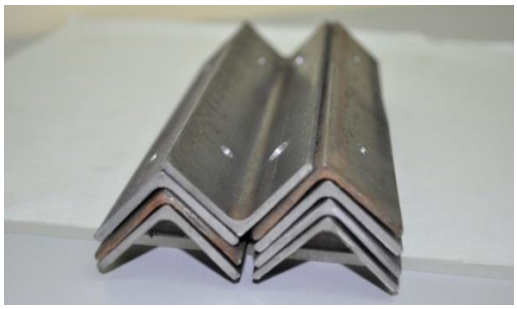
圖十三 複合板

3. 角鋼

材質: 1023 碳鋼板

尺寸:30 × 30 × 4mm

加工方式: 角鋼裁切機、鑽床



圖十四 角鋼

4. LUCKY 牌門弓器

止動方式:內止動

載重:15~30 KG



圖十五 LUCKY 牌門弓器

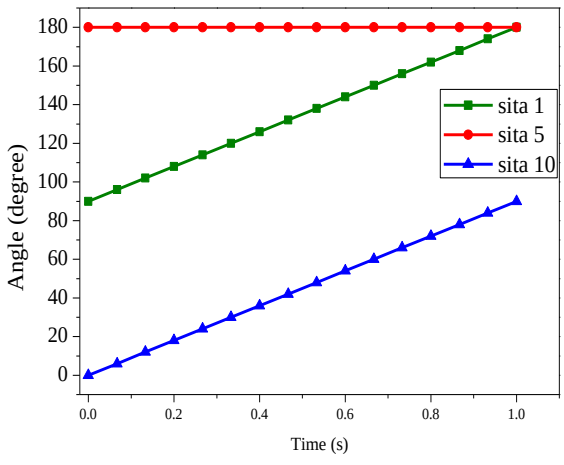
三、 結果與討論

3.1 SAM 模擬分析

使用 SAM 軟體對欲分析之桿件進行位置、速度與加速度進行分析，分析之桿件以桿件 1、桿件 5 與桿件 10。

3.1.1 位置分析

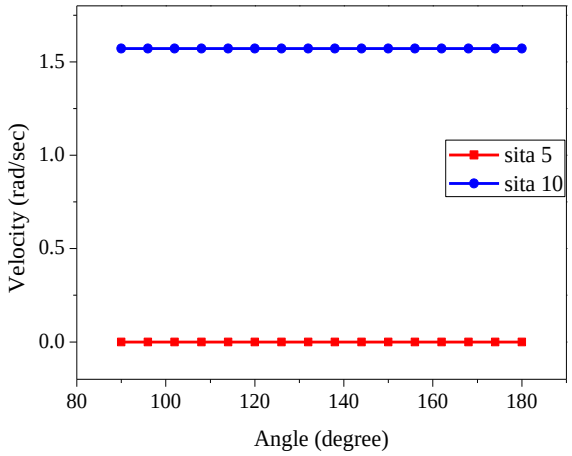
以桿件 1 為輸入桿，桿件 5 與桿件 10 為輸出桿，進行三個桿件之位置分析。由位置分析可得知本專題設計之連桿機構桿件5之角度未發生改變(如圖十六)，故於作動時可達到水平運動而不會產生傾斜之結果。



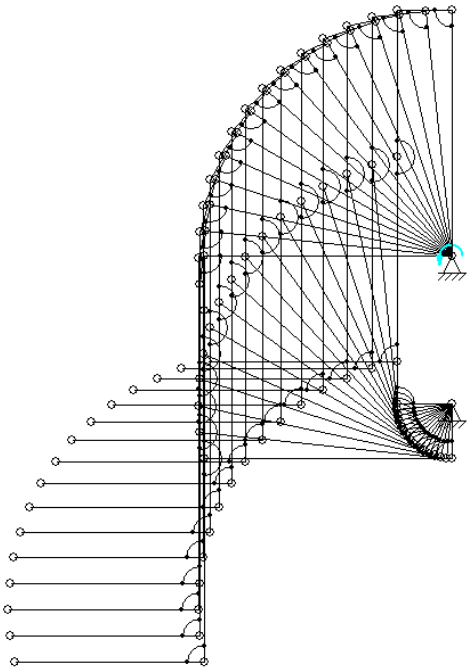
圖十六 位置分析

3.1.2 速度分析

以桿件 1 為輸入桿，桿件 5 與桿件 10 為輸出桿，當桿件 1 作動時，桿件 5 與桿件 10 必隨之作動，因此速度分析主要分析桿件 5 與桿件 10 間內的角度變化。



圖十七 速度分析

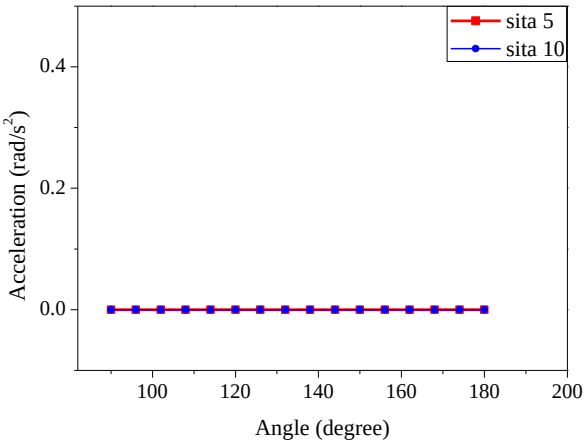


圖十九 機構作動軌跡圖

由速度分析得知(如圖十七)，桿件 5 與桿件 10 之速度均皆等速，所以擁有穩定升降之效果。

3.1.3 加速度分析

加速度分析主要分析桿件 5 與桿件 10 之加速度變化，以桿件 1 為輸入桿，桿件 5 與桿件 10 為輸出桿，經由加速度分析得知(如圖十八)，桿件 5 與桿件 10 之速度均無加速度。



圖十八 加速度分析

3.2 SolidWorks Simulation 分析

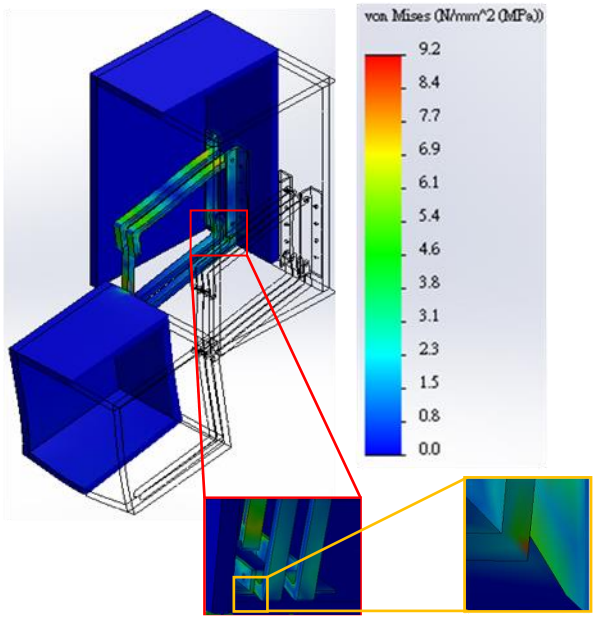
本章節使用 SolidWorks Simulation 進行模擬分析，其分析是為判斷其機構之安全性，而進行應力、應變、位移及安全係數之分析，執行結果如下:

- 應力分析：

應力(stress)定義為單位面積所承受的力，是機械材料受力之後的一種狀態，材料受力的大小、形式不同，應力狀態也都會有差異，其公式如下

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

其中 P 為承受之負載力，A 為單位面積。應力分析結果(如圖二十)，應力大多集中於桿件部分，應力大小約為 3.1~8.4 MPa，然而最大應力集中於螺絲座上，其應力大小為 9.2 MPa。由於機構作動至展開停止點時會立即停止作動，但負載仍然持續施加於內櫃底板，且內櫃底板與桿件已固定，故應力傳遞至桿件後，因無法運動而集中在桿件上。



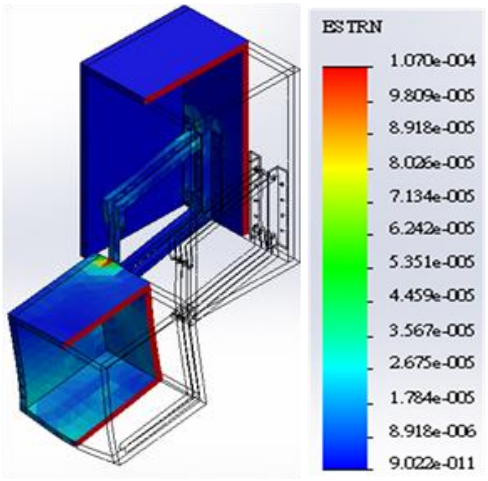
圖二十 應力分析結果圖

- 應變分析：

應變是指，當材料在外力作用下不能產生位移時，它的幾何形狀和尺寸將發生變化，這種變形就稱為應變(Strain)。其公式如下：

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

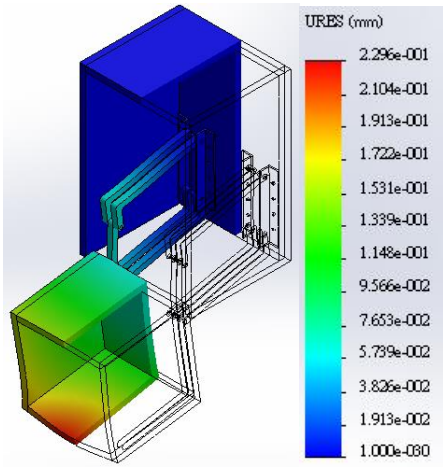
其中 δ 為材料受力後之伸長或縮短量，L 為材料受力前之原始長度。應變分析主要分析應力是否會讓材料產生變形，從圖二十一可得知最大應變發生於內櫃後側與連桿 2 之連桿上，大約為 1.07×10^{-4} 。



圖二十一 應變分析結果圖

- 位移分析：

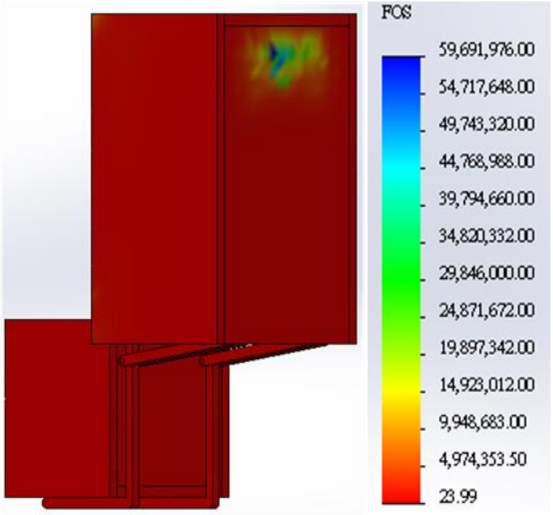
位移分析主要分析材料受應力作用時，所產生之位移量，從圖二十二可得出最大位移在內櫃底板部分，其位移量大約為 2.30×10^{-1}mm，底板前端相較於底板後端所產生之位移量較大，其原因為底前端與桿件之固定點距離較遠，且下方又無支撐物故發生於此。



圖二十二 位移分析結果圖

- 安全係數分析：

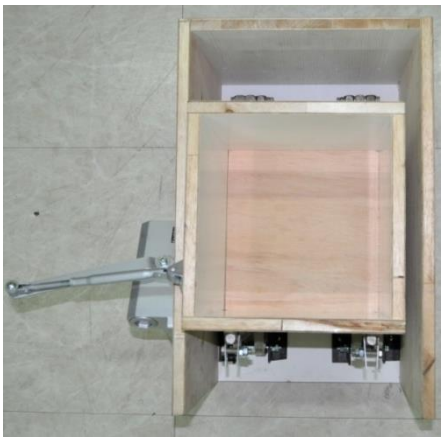
安全係數是指，破壞應力除以最大負載應力之值，當安全係數大於等於 1 時，則表示結構或機械的安全度越高，但安全係數越高也意味著成本將相對提高。安全係數分析主要分析材料受應力施加時，是否安全，從圖二十三可得出最小安全係數為 23.99。



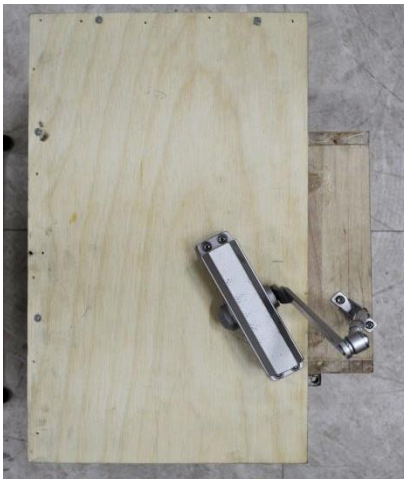
圖二十三 安全係數分析結果圖

3.3 專題實體

圖二十四為成品完成圖，左側為門弓器、機構則安裝於內櫃與外櫃之預留空間。體積大小約為 56 × 40 × 52cm，門弓器因為安裝於外櫃外側導致突出櫃體約 7cm，門弓器載重約為 15kg，內櫃與機構約為 11kg，理論內櫃能放置之負載為 4kg。經由前面模擬機構理應可承受負載為 20kg 之預設載重。



圖二十四 成品完成圖



圖二十五 成品實體側面(展開前)



圖二十六 成品實體側面(展開後)

四、 結論

本專題利用水平機構，組合板、門弓器、不鏽鋼連桿，製作出連桿式水平升降櫃，並得出以下結論：

1. 水平升降櫃因其水平作動，故櫃體正下方的空間可以放置其他物品而不需移開。
2. 由於只考慮主體之強度，因而造成連桿與螺絲座總重量約為 9kg，故為了改善其過重問題，往後可先使用 SolidWorks 進行多方選擇連桿與螺絲座之材料進行模擬。
3. 由於門弓器作動行程過短，故需將門弓器安裝在櫃體外部，導致空間不足，為了解決空間不足的問題未來可由可調式油壓撐桿替代。
4. 發生最大應變之應力約為 6.9MPa，連桿之楊氏係數為 190GPa，經由應力比應變之楊氏係數得知桿件與櫃體能承受 20kg 之負載預設值。

五、 致謝

感謝吳瑋特老師與實驗室所有的學長，在使用模擬分析軟體的時候，不知道模擬出來的結果正不正確，感謝學長給予協助，讓我們可以知道結果是正確的，在實務專題期間要自己主動去學習雖然辛苦，但完成專題時，覺得辛苦是有價值的。

六、 參考文獻

〔1〕 黃彥澤，2014，「連桿式健步機之設計」，碩士論文，國立中山大學，高雄。

〔2〕 黃亭淵，2009，「一種摺疊式桌椅組之設計分析與最佳化尺度合成」，碩士論文，國立台灣科技大學，台北。

〔3〕 何耀庭，2012，「收納型家俱之摺疊方法與摺疊關節之設計與分析」，碩士論文，國立高雄應用科技大學，高雄。

〔4〕 林文章，2014，「升降式吊櫃」，中華民國專利系統，I457093。

〔5〕 林文章，2014，「升降式懸吊櫃」，中華民國專利系統，M475215。

〔6〕 The StubyBed model range http://www.studybed.co.uk/

〔7〕 《Lucky》幸福牌垂直型關門器(門弓) http://www.pcstore.com.tw/easytake/M07672284.htm

Connect bar type level rise and fall cabinet

Students:Qing-Long Hong, Lin Jia-Qi

Advisor: Dr. Wei-Te Wu

Department of Biomechatronics Engineering

National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

The research purpose of this special subject is to design an ability steady go toward the low cupboard that pulls to take from the eminence, the cupboard will not have been already turned over to reply or tilt to one side while moving etc. condition occurrence. Use the organization design to imitate the software(SAM) to design an organization sketch plan first, design the best bar length, and analyze bar position, speed and acceleration, make the organization sketch plan reach the level of expectation to move the way. The usage paints the software(SolidWorks) to design inside the outside cabinet size, and matches the bar to carry on making the emulation, correct make after ensuring their construction, again use its emulation analysis to carry on to move, transform quantity and safe department to count the analysis in response to the power and can bear the biggest load power by understanding. The end uses stainless steel material and compound plank to manufacture connect bar and cabinet body, however for reach the effect of buffer, use a bow machine in the door to carry on the buffer.

探討添加多孔性介質竹炭、椰殼炭作為平菇太空包栽培基質之影響

學生姓名：梁家凱
指導老師：李柏旻 老師

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

近年永續發展議題受到重視，木屑產量減少及成本上升問題亦受到關注，為了環保及降低成本，尋找木屑的替代品成為一重要課題。而多孔性介質是一種由相互貫通或封閉的孔洞構成網路結構的材料，多孔性介質擁有保持通氣性、維持太空包形狀等木屑基本特性，低成本且有可回收利用不易產生廢棄物的優點。本實驗以常見的多孔性介質竹炭、椰殼炭替代傳統太空包木屑的角色且探討該介質在太空包栽培上的利用價值，比較與木屑作為主要介質時的成分差異，最終判斷標準主要著重於走菌是否可完整走菌、走菌是否均勻等。

實驗結果顯示竹炭實驗區及椰殼炭實驗區均可完整走菌，確認了多孔性介質在蕈類太空包栽培產業上的利用價值，但因含碳量有異，不宜直接延用以木屑為主要介質的配方表。

關鍵字:多孔性介質、太空包、平菇、竹炭、椰殼炭

一、前言

經行政院農業委員會調查，每年大約使用 30 萬公噸木屑作為蕈類太空包產業的栽培介質，平菇類台灣栽培每年約使用3萬噸木屑。為了環保及降低成本，尋找木屑的替代品成為一重要課題。而多孔性介質擁有保持通氣性、維持太空包形狀等木屑基本特性，低成本且有可回收利用不易產生廢棄物的優點[6]。本實驗藉由以多孔性介質完全替代傳統木屑，以改善木材濫伐問題和達到降低成本作用。選用的常見多孔性介質為竹炭及椰殼炭。竹炭的主要用途為煮飯、防潮等。2000 年台灣林業統計，台灣竹林總面積約 149,516 公頃[1]。而椰殼炭的主要用途為除味、過濾飲用水等。椰子主要種植地為印尼、巴布亞新幾內亞，種植面積超過 100 萬公頃[7]。廢棄後的竹炭大多被埋在農田作為土質改良材料，但椰殼炭廢棄後幾乎沒有用途，造成大量浪費。本實驗希望藉著替代介質檢測出菇成果探討替代介質的利用價值，期望可得到有實用性之木屑替代物質，進而達到分擔全球木屑消耗之效果。

二、文獻回顧

2.1 材料特性

2.1.1 竹炭

竹材為一重要的森林資源，竹材因生長快速、生育期短，且纖維密度高、質地堅牢強韌，採伐輕便、生產量大、產量穩定且處理簡單，是產業加工優良的材料，亦是林產業務中較具經濟效益的可再生天然資源。世界上竹林總面積約 2,200 萬公頃，85%分布在亞洲。作為炭材使用之竹材以四年生較為適當[1]。

2.1.2 椰殼炭

椰子果實結構組織可分外果皮、中果皮(纖維)及內果皮(硬殼部分)三部分，因為椰子為經濟果樹，主要是取用椰子水與椰肉，剩下空殼不加以利用，近年為解決農業殘留物對環境造成的汙染問題，廢棄的椰子殼因多纖維組織被應用在地毯、床墊，還有製成椰殼炭出口[2]。

2.1.3 平菇(*Pleurotus ostreatus*)

平菇是擔子菌門下傘菌目側耳科一種類，是種相當常見的灰色食用菇。由菌絲體(營養器官)和子實體(繁殖器官)兩部分組成。菌絲體很細，很多單根菌絲體聚集在一起才成為白色的菌絲體。子實體菌蓋呈扇形或殼形，菌蓋初發時為黑灰色，以後變灰色，孢子印白色[3]。台灣主要平菇產地為台中、彰化、南投，每年產量 4500 公噸[8]。

2.2 碳氮比

太空包介質的碳氮與此栽培成功與否有直接關聯，碳源是平菇的主要營養來源，不僅是合成碳水化合物，同時也合成胺基酸等構成細胞壁主要材料，氮源是合成蛋白質和核酸所需的原料，氮源過高的話菌絲會很旺盛卻不容易型成子實體。一般太空包碳氮比(C/N)為 30-40:1[3]。

三、實驗材料與方法

3.1 實驗材料

3.1.1 平菇菌種

菌種自屏科大農園生產系 AG 2042 實驗室分離後以固態培養基-馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基（Potato Dextrose Agar, PDA）每週繼代一次，避光培養於 25℃恆溫恆溼培養箱中。

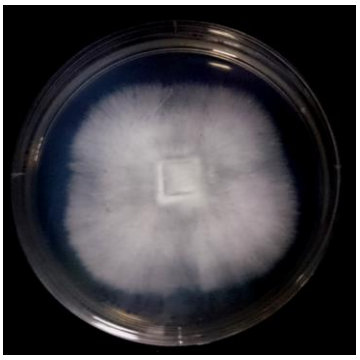


圖 1 使用固態培養基平板培養之平菇菌體

3.1.2 平菇培養基組成

3.1.2.1 PDA 固態培養基

馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基(Potato Dextrose Agar, PDA)可提供菌種生存所需的營養源及適合生長的環境，成分如表 1 所示。

表 1 PDA 培養基成分

成分	含量 (g/L)
馬鈴薯	200
葡萄糖	20
瓊脂	20

3.1.2.2 擴大培養

依照彭金騰於 1997 提出之配方，將小麥浸水 4-6 小時，煮沸至無白心後瀝乾，添加 1%之碳酸鈣混合均勻，以高溫高壓滅菌 1 小時，冷卻至室溫後，將前述 PDA 培養基上之菌種接種於小麥培養基，於 28℃恆溫培養箱中進行擴大培養。

表 2 麥粒瓶擴大培養使用培養基成分比例

成分	比例(%)
紅小麥	99
碳酸鈣	1

3.1.3 太空包介質

3.1.3.1 竹炭

本實驗採孟宗竹(*Phyllostachys edulis*)竹炭。孟宗竹又稱毛竹，主要特徵為圓筒形稈散生高大，稈環不隆起，稈上部每節有二分枝；披針形葉子，葉鞘上部略有細毛。根系集中稠密，竹稈生長快，生長量大。



圖 2 主要替代木屑之多孔性介質－竹炭

3.1.3.2 椰殼炭

常見的椰殼碳呈顆粒狀和柱狀兩種，本實驗選用顆粒狀椰殼炭。椰殼炭具有空隙多、吸附性好等優點。主要用途為除味、過濾飲用水等。

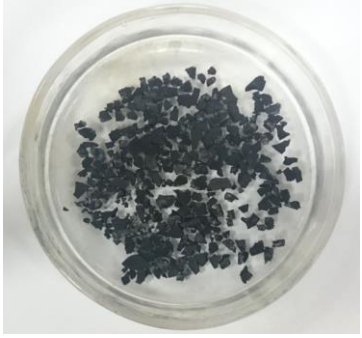


圖 3 主要替代木屑之多孔性介質－椰殼炭

3.2 實驗設計與方法

主要目的為以多孔性介質為主要介質完全取代傳統太空包主要介質木屑。不同材料分成兩個實驗區，太空包中添加主要替代介質及米糠等輔料與蒸餾水檢測接菌前碳氮比，經過走菌及出菇過程後檢測子實體生物學效率，探討替代介質實用性。

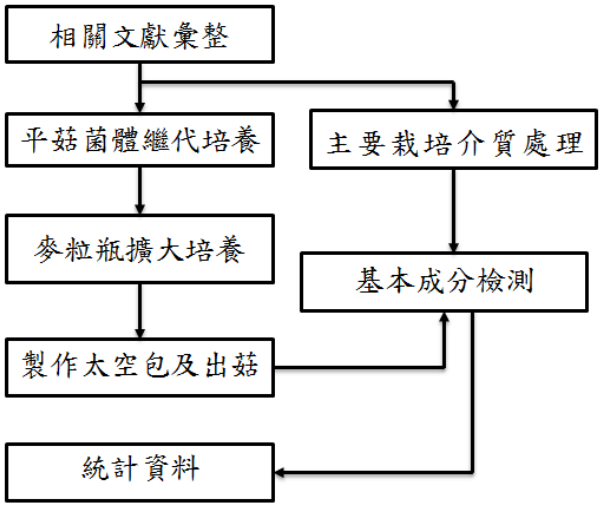


圖 4 探討添加多孔性介質作為平菇栽培主要基質之影響實驗流程圖

3.3 主要介質處理

太空包內碎塊大小必須製成不妨礙菌絲生長且不會破壞太空包塑膠袋本身的大小。處理方法為把竹炭和椰殼碳等主要介質以橡膠槌等工具粉碎，以 3 mm 及 5 mm 之篩網過篩後浸漬蒸餾水中使其吸水。

3.4 太空包製作

主要介質實驗區分為竹炭區和椰殼炭區，以廖志仁於 1988 年提出之方法混合材料，裝入聚丙烯塑膠袋裝上聚丙烯塑膠瓶頸壓製成形，並在中央打洞以利之後接種，在洞上塞入棉塞。以 121 ℃，1.2 kg/cm^2 高溫高壓滅菌 2 小時，取出後放置無菌操作台並等待降至室溫。接入菌種培養於 28 ℃恆溫恆濕培養箱中進行走菌。走菌完成後即可進行出菇，拔開棉塞移入出菇室，溫度設定 28 ℃、相對空氣濕度 85-95%，採收判斷標準一般為菌蓋成白色，邊緣稍內捲，此時擔孢子尚未大量釋放，為採收平菇最佳時機[3]。

表 3 添加多孔性介質栽培平菇太空包材料比例

主要添加物	主要添加物比例	米糠	粉頭	蔗糖	蒸餾水
竹炭	31.2%	8%	0.4%	0.4%	60%
椰殼炭	31.2%	8%	0.4%	0.4%	60%

3.5 各項檢測

3.5.1 含水率檢測：

含水率是指物質含有的水分百分比，分為重量基準與體積基準，本實驗採重量基準含水率。

含水率測定公式：

$$U(\%) = \frac{\text{樣本原重} - \text{樣本絕乾重}}{\text{樣本絕乾重}} \times 100$$

3.5.2 碳氮比檢測

有機物中碳的總含量與氮的總含量的比例為碳氮比。一般用“C/N”表示。適當的碳氮比例，有助於微生物發酵分解。本實驗以總碳滴定法及凱氏測氮法分別檢測總碳及總氮。

3.5.2.1 總有機物檢測

有機物計算公式：

$$\text{有機物}(\%) = 10 \times (1 - \frac{S}{B}) \times \frac{0.67}{w}$$

S:樣本滴定 mL 數
B:空白組滴定 mL 數
w:樣本重(g)
0.67:本法之回收率

總碳計算公式：

$$\text{總碳素}(\%) = \frac{\text{有機物}(\%)}{1.72}$$

1.72:有機碳與有機物之轉換係數(Van Bemmelen factor)

3.6.2.2 總氮檢測

總氮檢測公式:

$$\text{總氮素}(\%) = \frac{N \times (V_1 - V_2) \times 0.014 \times F}{w} \times 100\%$$

N:標準鹽酸當量濃度(N)
V_1:樣本滴定數(ml)
V_2:空白組滴定數(ml)
F:標準鹽酸溶液之力價
w:樣本重(g)

3.6.3 生物學效率

生物學效率是指食用蕈鮮重與所用的培養料乾重之比，常用百分比表示。

生物學效率計算公式:

$$BE(\%) = \frac{FWM}{DWC} \times 100\%$$

FWM:子實體鮮重
DWC:培養基質乾重

四、結果與討論

實驗結果顯示竹炭與椰殼炭雖含碳量高,但微生物可做為營養源之有機碳含量，兩者皆不到 10%，太空包成分比例與黃勤中等人在 2014 年所做出的木屑太空包成分作比較(表 5)，有機碳含量太小造成總氮素比例過高，總氮素比例過高時將影響子實體形成。走菌部分竹炭走菌較椰殼炭均勻，而兩者均可完整走菌。

表 4 主要添加介質成分檢測結果

材料名稱	含水率	總有機碳
竹炭	8.77%	4.97%
椰殼炭	8.97%	8.05%

表 5 多孔性介質太空包成分檢測結果及與木屑之比較

主要添加物	總有機碳	總氮素	碳氮比
竹炭	22.10%	2.26%	9.77 : 1
椰殼炭	27.61%	2.70%	10.22 : 1
木屑	56.75%	1.75%	32.43 : 1

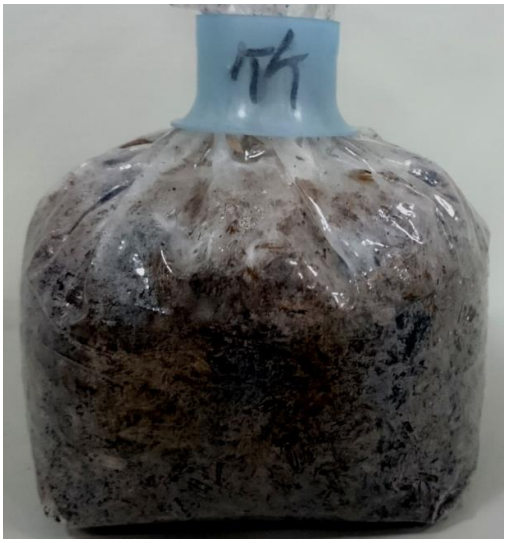


圖 5 添加多孔性介質栽培平菇太空包走菌－竹炭



圖 6 添加多孔性介質栽培平菇太空包走菌－椰殼炭

五、結論

由本實驗歸納出以下結論：

1. 竹炭實驗區及椰殼炭實驗區均可完整走菌，但無法出菇，原因為炭類的有機碳含量太少造成碳氮比中的氮元素比例過多所導致。
2. 藉由走菌確認了多孔性介質在蕈類太空包栽培產業的利用價值，但不宜直接延用以木屑為主要介質時的配方表。
3. 如果重新調整碳氮比製作多孔性介質專用配方表預期結果將可大幅改善。

六、致謝

這一年來老師和學長學姊們給我很多的幫助，包含實驗上的指導及專題撰寫上需注意的各種事項，如果未來我的實驗也能像那樣幫上學弟妹任何一點忙的話那將會是本人至上的光榮。

七、參考文獻

1. 洪崇彬，2009，應用於食用之木竹炭材料製作與發展，*食用級竹炭研製及應用論壇*。
2. 林德財，2011，木質纖維原料製炭時之熱解特性與碳性質，博士論文，國立屏東科技大學，生物資源研究所。
3. 廖志仁，1988，*平菇、滑菇、草菇栽培法*，台北：五洲出版社。
4. 劉秀美，蔡馥嚀，2010，「農業廢棄物生產木質分解酵素之研究」，*農業生技產業季刊*，第二十四期 。
5. 彭金騰，1997，不同樹種來源單獨與混合木屑對杏鮑菇瓶栽生產影響之研究，*中華農業研究*，第46卷第1期。
6. 山下市二、森健、飯野久栄、柳井昭二，1983，ヒラタケ栽培におけるハトムギ殻, 落花生殻, 芝草, 多孔質石の利用，*日本食品工業学会誌*，第30巻 第12号。
7. 山本由德，2010，地域から世界に向けたバイオ燃料戦略，*熱帯農業研究*，第3弾。
8. 陳錦桐、石信德、陳繹年、安寶貞，2011，*「菇類產業發展」研討會專刊*，行政院農業委員會農業試驗所。
9. 李瑋崧、呂昀陞、陳美杏，2012，稻草在秀珍菇栽培之應用，*台灣農業研究*，第61卷第2期。
10. 邱瓊雅，2011，金針菇及秀珍菇最適生長條件及其抑制人類癌細胞增生，碩士論文，國立高雄海洋科技大學，水產食品科學研究所。
11. 彭金騰，1996，杏鮑菇木房塑膠包栽培之初步研究，*中華農業研究*，第 45 卷 第 4 期。
12. 椎尾剛，2011，食用きのこ栽培の効率化と醸造技術，*日本醸造協會雜誌*，第 71 卷第 6 号。
13. 小島孝之、松崎勝一，1994，多孔質セラミックスを用いた新栽培システムの開発，農業機械学会，第 53 回大会。
14. 繆冶煉、堀部和雄、法貴誠、岩井静子、青木勝平、加藤元保，2010，籾殻くん炭の処理および利用，*農業機械学会誌*，第 62 卷。
15. 張瑋珈、朱祐賢、林信輝，2012，菇類廢棄木屑堆肥混和不同濃度 CMC 之種子發芽試驗研究，*水土保持學報*，第 44 卷第 2 期。
16. 黃勤中、蔡進成、楊居翰，2014，利用香蕉假莖替代太空包中之木屑成分 — 以珊瑚菇進行實際栽種，屏東科技大學，生物機電工程系

Use of Pleurotus ostreatus of PP Bag Porous Material Medium Cultivate - With Bamboo Charcoal, Coconut shell Charcoal Demonstration

Keyword: Porous material、PP Bag、Pleurotus ostreatus、Bamboo Charcoal、Coconut shell Charcoal

Jia-kai Liang

Po-min Li

Abstract

Mushroom cultivation in Taiwan is using approximately 30,000 tons of sawdust per year, on the other hand, wood production decrease and as thr result the price of wood increase year by year. Moreover sustainable issues related to wood production become the main issues in recent years. Effort to find material for substituting wood or sawdust, to reduce cost and to protect enveronment is nedeed. The material should be porous, be able to keep air space in the bag, low cost, and recyclable as well as have charasteristics similar to wood's characteristics. This experiment will use the common porous medium charcoal, coconut shell charcoal and wood chips. The experimental results showed that coconut shell charcoal can grow mushroom, confirming the value in use of porous media pack cultivation space. Because of different carbon content, the substitute material can not replace sawdust as the main medium.

開發 Android 輪胎庫存管理應用程式

學生姓名:尤昶閔、趙俊雄、黃聖翔
指導老師:謝清祿 老師

屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

輪胎的選用對汽車的正常駕駛是很重要的，因為輪胎型號不對，汽車的表速就會有所誤差。本次研究對象為輪胎行業者，此研究主要目的為提供業者使用該程式，去製作商品銷售數量紀錄，並且發現商品數量低於某些數量的同時，可以做通知的動作，並且結合通訊系統，可直接撥打電話，也能夠傳送電子郵件；另外也可以做特定車廠生產之車型規定搭配之輪胎型號的查詢。

一、前言

手機的發展從傳統手機到現在的智慧型手機可以說是一個跨世代的改變。

雖然智慧型手機早已推出許久，隨著智慧型手機電腦化功能的提升，及處理速度的加速，才逐漸地進入實用的階段；從高畫素的相機、行事曆及應用程式的整合甚至 GPS 及衛星導航的應用等，不難看出它的優勢。

其中 Android 系統開放的介面，能夠讓人自行寫出自己喜歡的程式，並輕易得放上手機做動。

本研究主要開發的動機則是因為組員有在從事關於輪胎的工作，在工作中會遇到一些困難，像是哪些車子該裝什麼樣型號的輪胎，我們也整理出了這些資料，以供老闆做參考；或是輪胎的庫存量還有多少，很多的負責人都還是利用筆記的方式做紀錄，我們則是希望利用簡單的介面，整合這方面的資訊，以讓負責人可以做庫存記錄，並在需要叫貨時可以快速連絡大盤商送貨。

存貨的目的是支援生產、生產相關活動及滿足客戶需求時所需要用到的料件[1]。

Fogarty(1991)[2]認為，存貨的目的在於彌補「需求」與「供給」在時間與數量上不確定性的措施。

Davis et al. (1998)[3]為企業持有存貨主要有以下優點:

1. 滿足預測的需求
2. 降低訂購成本
3. 減少缺貨
4. 維持作業獨立性
5. 使得生產作業更為平穩與彈性
6. 原物料價格上漲時，可得到一定的保護

存貨控制[4]（Inventory control）的作用在保證企業生產、經營需求的前提下，使庫存量保持在合理的水平上，若能夠精準的掌握庫存量動態，在適當的時間提出適量的訂貨，避免存貨呆滯或缺貨，減少庫存空間的占用，降低庫存的總費用與風險。若庫存量過大，將增加倉庫面積和庫存管理費用，提高產品成本；庫

存管理過小，將造成服務水準下降，影響銷售利潤和企業誠信，造成生產系統原物料或材料的不足，影響生產過程，使其訂貨(生產)成本提高。

林則孟(2012)[5] 認為存貨是指物料的儲存，物料的形態可能是原物料、零組件、半成品、成品、間接物料等，亦即從生產到銷售過程中企業所擁有的各種物料或商品，目的就是適當的存貨可以因應需求的波動，包挎生產及需求的變動，因此庫存量應該加以控制，在滿足特定服務水準要求下，使整體存貨成本達到最低。換句話說，存貨管理就是避免存貨不足，造成停工待料、交貨延期、顧客抱怨等或存貨過多導致資金積壓，增加管理成本影響整體生產力的問題發生。

此次發表的軟體比較類似是一般百貨業者在使用的倉庫管理系統，用於做商品的種類、數量的紀錄，但是百貨業通常都是利用桌上型電腦連結伺服器來做記錄，數量較大且種類繁多，且此種可以記錄大量商品類別的系統，其維護及使用費用通常也都不便宜，比較適合百貨業這種行業使用；而此次開發之軟體則是只屬於一般的輪胎行使用，只專攻單一產品(輪胎)，並且整合手機通訊及簡易記錄，使用上介面較為簡單，能夠為大眾所接受。

為達成研究目的，就必須了解如何讓手機程式進行記錄，此需要利用 SQL 跟 SQLite。

SQL（Structured Query Language）為結構化查詢語言，是一種特殊目的之程式語言，用於資料庫中的標準資料查詢語言，IBM 公司最早使用在其開發的資料庫系統，不同資料庫系統之間的 SQL 不能完全相互通用[6]。

SQLite 是關聯式資料庫管理系統，它是由 SQL 延伸出來的。

SQLite 不像常見的客戶端/伺服器結構範例，SQLite 不是個程式與之通訊的獨立行程，而是連結到程式中成為它的一個主要部分。整個資料庫（定義、表、索引和資料本身）都儲存在單一個檔案中。此種簡潔的設計是透過寫入時鎖定整個資料檔案而完成的。為開放原始碼的資料庫引擎,Android 內建了 SQLite 功能，讓 App 可以方便得利用其儲存資料[7]。

SQLite 支援關聯式資料庫的查詢語言 SQL 大部分的語法。

Android 內建的 SQLite 為 3.0 版本(SQLite3)

Android SDK 提供的類別庫已簡化使用 SQLite 資料庫的操作，使用時只需要用到一些基本的語法。

在目前的智慧型手機界中，最常見的作業系統，主要是 Android 跟 iOS 兩大系統，但 iOS 跟 Android 比起來,是相對的封閉的多,論開發，Android 的開放式系統更能讓開發者輕鬆且自由得來編寫程式，Android 也提供了多種開發軟體，而該程式則是利用 ADT(Android Developer Tools，安卓開發工具)[8]，裡面有許多的工具程式及程式資料庫[9][10][11]可以使用。

在現代生活中手機已然成為了生活中不可或缺的一部分，許多資訊、知識、作業股掌間便得以完成，這多虧了許多手機應用程式開發者的努力，將我們許多需求在 app 中整合起來並完美的解決了這些事情。

在 SQLite 於手機的應用部分，大多數功能皆集中在資料庫統整，如庫存管理或明細整理之類相關功能，而這類 app 大多會透過外部的一個條碼掃瞄器來加快資料統整的速度，如在庫存-快速盤點[12]app 中便是透過快速掃描條碼，並透過運算將詳細資料統整起來，且為資料建立出圓餅圖使資訊更一目了然。而在其他方面的應用，根據藥學雜誌 113 期中[13]，醫藥方面還有電子處方簽的應用，使醫療人員得

以透過手機迅速的得知各藥品的資訊，從而提高工作效率。

綜合上述，本研究的主要目的為:

1.架構一個簡易的存貨管理系統模型。

2. 利用安卓開發工具(ADT)，開發手機程式並具有以下功能:

1)能迅速得知小客車(TOYOTA Camry)原廠及可替換安裝的輪胎型號

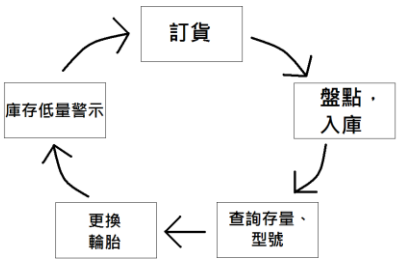
2)希望能在 APP 中設計出能夠連絡輪胎大盤商的訂貨功能

3)能透過手機顯示並更新庫存的功能

二、研究材料與方法

2-1 輪胎庫存管理系統模型

在輪胎更換作業中，作業流程如圖一，分別為訂貨、盤點入庫、查詢存量型號、更換輪胎、庫存低量警示，本研究依據此針對各個流程設計出相應功能之 Android 應用程式介面與功能，使輪胎廠作業人員及庫存管理人員能得到方便、迅速的工作效率。



圖一、輪胎庫存管理系統模型

2-2 安卓開發工具(ADT，Android Developer Tools)

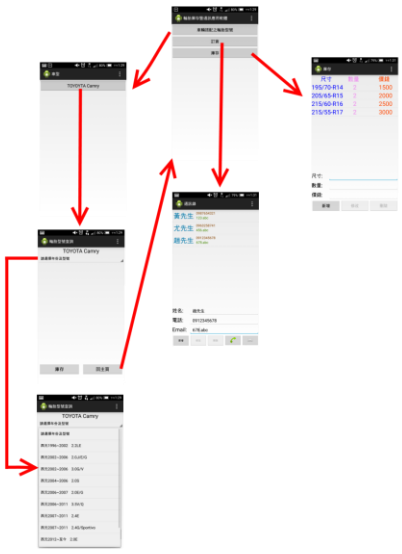
Android Developer Tool(簡稱 ADT)為一種開發 Android 手機應用程式的軟體，Java 中有許多不同的整合開發環境，例如 IntelliJIDEA、NetBeans、Eclipse 等，其中以 Eclipse 最為常用且支援許多 Android 軟體開發套件(Android SDK)提供的工具，因此一般為了方便大都以 Eclipse 為 Android 應用程式的整合開發環境。為此Google 在 2012 年發布 Android SDK4.2 時，同時推出了新整合的開發工具 ADT Bundle(Android Development Tools Bundle)，與先為使用者將 Eclipse、Android SDK、ADT 以及其他開發 Android 應用程式需要的所有檔案包裝壓縮再一起，可以視同專門為開發 Android 而打造的 Eclipse。[14]依據 Android Developer 網站 (http://developer.android.com/)sdk/index.html)說明，ADT Bundle 包含以下內容:已經外掛 ADT 的 Eclipse、Android SDK 工具、Android 平台工具、最新版 Android 平台、模擬器最新版的 Android 系統映像檔(Android system image)。

關於 ADT(Android Developer Tools)，它是一種利用圖形跟 Java 語言配合，使其產生相對作動的應用程式，其中將視覺元件放到一個頁面上，並在相對頁面輸入程式碼，使其產生作用；常用的元件包括 Button(按鈕)，ListView(顯示清單)，EditText(輸入文字)，Spinner(下拉式選單)，TextView(文字)等。除了上述功能之外，最重要的功能就是資料庫，資料庫簡單來說就是程式記憶的部分，如果沒有撰寫資料庫，當使用者在程式裡面輸入資料後，當使用者退出應用程式之後，程式會完全重置，也就是輸入的資料會消失，所以需要資料庫。

2-3 程式單元功能設計

為了滿足輪胎庫存管理系統模型中各個作業流程的需求，我們為此手機應用程式設計了如圖二的 app 架構，主要構想是將功能分為訂貨、輪胎庫存管理與輪胎型號查詢；在主頁面上分

別擺上三個按鈕分別連結三種不同的功能，在輪胎查詢部分，為了更方便快速的進行查詢，我們進一步的將頁面以各種廠牌車型做分類，且為了能快速的將在作業時消耗的輪胎從庫存量中減去，我們設置了與庫存頁面連結的按鈕，並在頁面中增添了一個回至主頁的頁面，使 app 能快速的進行其他的工作。



圖二、app 架構圖

在查詢車輛搭配之輪胎型號的部分，使用了 ADT 的 Spinner(下拉式選單)的功能，選擇選單內中的車輛型的其中一項可以顯示一個 TextView(文字)，以做到查詢的動作。

訂貨的部分，利用 Button(按鈕)跟 ListView(顯示清單)以及 EditText(輸入文字)搭配，並搭配可以打電話及傳送電子郵件功能的按鈕。

庫存的部分，是管理輪胎型號及其數量以及顯示各個輪胎型號的價錢，並可以做增加以及刪除或是修改的動作

2-4 現場試驗規劃

在現場實驗規劃的部分，我們將程式拿到現場去給輪胎行的負責人使用，瞭解其使用感想與改善建議。

三、結果與討論

1. 輪胎庫存管理系統模型

此輪胎管理系統模型針對作業流程，我們將它分為 3 個架構

- 查詢車輛搭配之輪胎型號---可以查詢各代 Camry 原廠搭配之輪胎型號。
- 訂貨---當貨品不足時，可以利用建立的通訊錄，除了可以直接撥打電話之外，亦可以傳送電子郵件或簡訊。
- 庫存---當訂貨完成時，廠商送來的貨品可以做數量增加，或是當客人需要更換輪胎時，可以統計數量減少的作用

庫存管理部分是透過 Android 行動裝置進入至我們所開發的應用程式中透過讀取、寫入手機中建立的 SQLite 資料庫來達成庫存管理的功能。



圖三、庫存管理系統簡圖

2 程式單元功能設計

本研究根據 Android 系統架構一個便於輪胎行快速查詢各車型相應的輪胎型號的系統，且根據廠商需求新增了庫存管理以及訂貨等相關功能。

設計這款 app 其中的用意在於希望能夠幫助到輪胎業者在進行作業時不需強記各種車型所能安裝的輪胎型號，只要透過事先統整好資料的 app 來確認，來提升作業的效率。

接下來開始介紹 app 主要的設計、架構與功能，圖一為整體 app 的架構圖，主要分為主介面、輪胎型號查詢、訂貨及庫存等，以下分別介紹。

圖四為 app 的主介面，在此能看到輪胎型號查詢、訂貨功能及庫存，三個按鈕分別對應不同功能，首先點入輪胎型號查詢按鈕後會顯示各廠牌的車型，在此也是以按鈕的型式方便使用者操作，我們是以 TOYOTA CAMRY 來做初步的開發設計。



圖四、app 主頁面

```
public class MainActivity extends Activity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
    }

    public void order(View v) {
        Intent it = new Intent(this, Three.class);
        startActivity(it);
    }
    public void check(View v) {
        Intent it = new Intent(this, One.class);
        startActivity(it);
    }


    public void goods(View v) {
        Intent it = new Intent(this, Five.class);
        startActivity(it);
    }

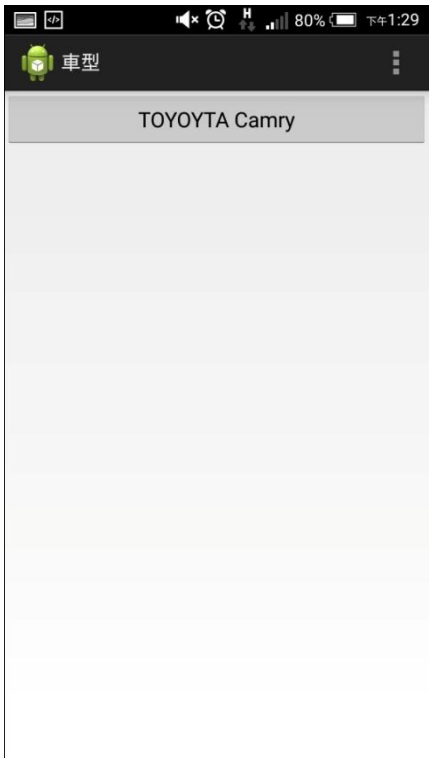
    @Override
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {

        // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is present.
        getMenuInflater().inflate(R.menu.main, menu);
        return true;
    }

}
```

圖五、主頁面程式碼

圖五為主頁面程式碼的部分，在此我們設置了三個點及一下的 onClick 方法，分別為:order、check 與 goods 分別對應車輛輪胎型號查詢、訂貨與庫存這三個按鈕並讓三個方法能夠進入到個別的頁面去。



圖六、車輛型號選擇

```
One.java
package com.example.app2;

import android.app.Activity;

public class One extends Activity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_one);
    }

    public void camry(View v) {
        Intent it = new Intent(this, Two.class);
        startActivity(it);
    }

    @Override
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {

        // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is present.
        getMenuInflater().inflate(R.menu.one, menu);
        return true;
        }
    }
```

圖七、車輛型號選擇頁面程式碼

圖七為車輛型號選擇頁面的程式法，在此頁面與主頁面的配置相似，目前我們只針對一款車型－TOYOYA CAMRY 進行研究，所以只先設置了一個 camry 的 onClick 方法來對應按鈕，此按鈕功能亦為進入到對應的頁面。

接著選擇並點入 TOYOTA CAMRY，點入下拉式選單後，便會顯示如圖八的頁面，會顯示出

TOYOTA CAMRY 中不同年代、不同版本的各種車型所對應的輪胎型號，如圖九。



圖八、各年代、版本之車型



圖九、各車型對應之輪胎型號圖



```
public class Two extends Activity implements OnItemSelectedListener {

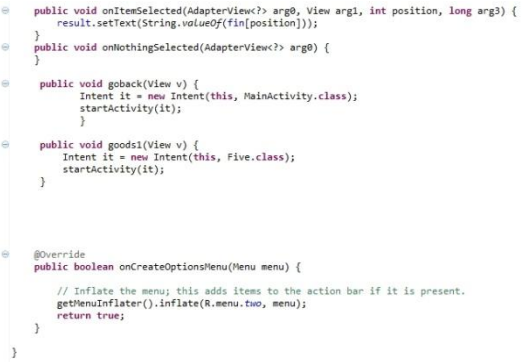
    String [] fin={" " , "195/70-R14", "205/65-R15"," 215/55-R17", "215/55-R17", "215/60-R16", "215/55-R17",
                   "215/60-R16", "215/55-R17", "215/60-R16", "215/60-R16", "215/55-R17"};
    TextView result;
    Spinner TypeAndYear;
    Button goods1;
    Button goback;


    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_two);

    result=(TextView) findViewById(R.id.result);
    TypeAndYear=(Spinner) findViewById(R.id.TypeAndYear);
    TypeAndYear.setOnItemSelectedListener(this);


    }
```

圖十、輪胎型號查詢程式碼



```
    public void onItemSelected(AdapterView<?> arg0, View arg1, int position, long arg3) {
        result.setText(String.valueOf(fin[position]));
    }
    public void onNothingSelected(AdapterView<?> arg0) {
    }

    public void goback(View v) {
            Intent it = new Intent(this, MainActivity.class);
            startActivity(it);
            }

    public void goods1(View v) {
        Intent it = new Intent(this, Five.class);
        startActivity(it);
    }



    @Override
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {

        // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is present.
        getMenuInflater().inflate(R.menu.two, menu);
        return true;
    }
}
```

圖十一、回主頁與進入庫存頁面程式碼

圖十為輪胎型號查訊的程式碼，在此我們以一個下拉式選單 Spinner 來統整所有 TOYOTA CAMRY 各年代的型號所對應的輪胎型號，並將其顯示在頁面當中。

圖十一則為回至主頁面與進入輪胎庫存管理頁面的程式碼，與前面按鈕的方法相同，設置了 goback 與 goods1 兩個 onClick 方法來實現回至主頁與進入庫存頁面。



圖十二、輪胎庫存管面

知道型號後可直接點擊庫存頁面前往更改，在此頁面可看見所有輪胎型號數量及價錢，並可做修改的動作，如圖十二。

```
public class Five extends Activity implements AdapterView.OnItemClickListener {
    static final String DB_NAME="Tyrelist";
    static final String TB_NAME="Tlist";
    static final int MAX=10000;
    static final String[] FROM=new String[] {"size","number","price"};
    SQLiteDatabase db1;
    Cursor cur1;
    SimpleCursorAdapter adapter1;
    EditText etSize,etNumber,etPrice;
    Button Insert, Update, Delete;
    ListView lv1;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_five);

    etSize=(EditText)findViewById(R.id.etSize);
    etNumber=(EditText)findViewById(R.id.etNumber);
    etPrice=(EditText)findViewById(R.id.etPrice);
    Insert =(Button)findViewById(R.id.Insert);
    Update =(Button)findViewById(R.id.Update);
    Delete =(Button)findViewById(R.id.Delete);

    db1 = openOrCreateDatabase(DB_NAME,  Context.MODE_PRIVATE, null);

    String createTable="CREATE TABLE IF NOT EXISTS " + TB_NAME +
                "(_id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT, " +
                "size VARCHAR(32), " +
                "number INTEGER, " +
                "price VARCHAR(64))";
    db1.execSQL(createTable);

    cur1=db1.rawQuery("SELECT * FROM "+ TB_NAME, null);

    if(cur1.getCount()==0) {
        addData("195/70-R14","2","1500");
        addData("205/65-R15","2","2000");
        addData("215/60-R16","2","2500");
        addData("215/55-R17","2","3000");

    }

    adapter1=new SimpleCursorAdapter(this,
            R.layout.item, cur1,
            FROM,
            new int[] {R.id.size,R.id.number,R.id.price}, 0);

    lv1=(ListView)findViewById(R.id.lv1);
    lv1.setAdapter(adapter1);
    lv1.setOnItemClickListener(this);
    requery();
    }

    private void addData(String size, String number, String price) {
        ContentValues cv=new ContentValues(3);
        cv.put(FROM[0], size);
        cv.put(FROM[1], number);
        cv.put(FROM[2], price);

        db1.insert(TB_NAME, null, cv);
    }
```

圖十三、輪胎庫存資料庫程式碼

圖十三為輪胎資料庫的建立，在此先建立好資料庫、資料表與查詢結果的 Cursor 物件。

```
private void addData(String size, String number, String price) {
    ContentValues cv=new ContentValues(3);
    cv.put(FROM[0], size);
    cv.put(FROM[1], number);
    cv.put(FROM[2], price);

    db1.insert(TB_NAME, null, cv);
}

private void update(String size, String number, String price, int id) {
    ContentValues cv=new ContentValues(3);
    cv.put(FROM[0], size);
    cv.put(FROM[1], number);
    cv.put(FROM[2], price);

    db1.update(TB_NAME, cv, "_id="+id, null);
}

private void requery() {
    cur1=db1.rawQuery("SELECT * FROM "+TB_NAME, null);
    adapter1.changeCursor(cur1);
    if(cur1.getCount()==MAX)
        Insert.setEnabled(false);
    else
    Insert.setEnabled(true);
    Update.setEnabled(false);
    Delete.setEnabled(false);
}

@Override
public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
    // Inflate the menu; this adds items to the action bar if it is present.
    getMenuInflater().inflate(R.menu.five, menu);
    return true;
}
```

圖十四、新增、更新、重新查詢程式碼

圖十四為新增資料、修改資料與重新查詢的方法定義好。需要特別注意的是我們在 update 方法中定義了一個 id 的參數，並且在底下的 db.update()以"_id"+id 來指定資料表中的相

對應資料來進行資料更新修改的動作。

```
@Override
public void onItemClick(AdapterView<?> parent, View v, int position, long id) {
    cur1.moveToPosition(position);
    etSize.setText(cur1.getString(
            cur1.getColumnIndex(FROM[0])));
    etNumber.setText(cur1.getString(
            cur1.getColumnIndex(FROM[1])));
    etPrice.setText(cur1.getString(
            cur1.getColumnIndex(FROM[2])));

    Update.setEnabled(true);
    Delete.setEnabled(true);
}

public void onInsertUpdate(View v){
    String sizeStr=etSize.getText().toString().trim();
    String numberStr=etNumber.getText().toString().trim();
    String priceStr=etPrice.getText().toString().trim();
    if(sizeStr.length()==0 ||
            numberStr.length()==0 ||
            priceStr.length()==0) return;

    if(v.getId()==R.id.Update)
        update(sizeStr, numberStr, priceStr, cur1.getInt(0));
    else
        addData(sizeStr, numberStr, priceStr);

    requery();
}

public void onDelete(View v){
    db1.delete(TB_NAME, "_id="+cur1.getInt(0),null);
    requery();
}
```

圖十五、資料點選與新增、修改、刪除程式碼

圖十五中 onItemClick 為選取指定的項目並將其中資料顯示在畫面上，下面的程式碼則為新增、修改與刪除；此處修改是以上面的 update 來進行修改動作，其中最後一個 int 參數以 cur.getInt(0)來取得資料中的 ID 並修改此 ID 的資料。

在主頁面點選訂貨功能的按鈕後，便會來到一個電話簿的頁面，在此可以新增、修改輪胎大盤商的電話與資料，若發現庫存不足時只需要點擊畫面右下角的話筒按鈕就能夠撥打電話來與廠商訂貨，而不必再退出 app 選擇電話簿，在電話資料中找尋訂貨的電話。如圖十六



圖十六、訂貨功能

```
public class Three extends Activity implements AdapterView.OnItemClickListener {
    static final String DB_NAME="HotlineDB";
    static final String TB_NAME="hotlist";
    static final int MAX=100;
    static final String[] FROM=new String[] {"name","phone","email"};
    SQLiteDatabase db;
    Cursor cur;
    SimpleCursorAdapter adapter;
    EditText etName,etPhone,etEmail;
    Button btInsert, btUpdate, btDelete;
    ListView lv;
    final String tag=MainActivity.class.getSimpleName();
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_three);

        etName=(EditText)findViewById(R.id.etName);
        etPhone=(EditText)findViewById(R.id.etPhone);
        etEmail=(EditText)findViewById(R.id.etEmail);
        btInsert =(Button)findViewById(R.id.btInsert);
        btUpdate =(Button)findViewById(R.id.btUpdate);
        btDelete =(Button)findViewById(R.id.btDelete);


        db = openOrCreateDatabase(DB_NAME,  Context.MODE_PRIVATE, null);


        String createTable="CREATE TABLE IF NOT EXISTS " + TB_NAME +
                           "(_id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT, " +
                           "name VARCHAR(32), " +
                           "phone VARCHAR(16), " +
                           "email VARCHAR(64))";
        db.execSQL(createTable);

        cur=db.rawQuery("SELECT * FROM "+ TB_NAME, null);

        if(cur.getCount()==0) {
            addData("Bridgestone","0983276352","khps63@yahoo.com.tw");
            addData("KingsTyres","0983366385","q_alex_chao_q@yahoo.com.tw");
            addData("Maxxis","0938766911","t7751263@gmail.com");
            addData("Dunlop","0981683326","E10144006@mail.npust.edu.tw");
        }



        adapter=new SimpleCursorAdapter(this,
                R.layout.call, cur,
                FROM,
                new int[] {R.id.TextView1,R.id.phone,R.id.email}, 0);

        lv=(ListView)findViewById(R.id.lv);
        lv.setAdapter(adapter);
        lv.setOnItemClickListener(this);
        requery();
    }
```

圖十七、電話資料庫建立

圖十七為電話資料的資料庫建立，此處與輪胎資料庫大致相同，差別在於此處建立的資料庫、資料表名稱與各資料欄的名稱有所不同。

```
private void addData(String name, String phone, String email) {
    ContentValues cv=new ContentValues(3);
    cv.put(FROM[0], name);
    cv.put(FROM[1], phone);
    cv.put(FROM[2], email);
    db.insert(TB_NAME, null, cv);
}

private void update(String name, String phone, String email, int id) {
    ContentValues cv=new ContentValues(3);
    cv.put(FROM[0], name);
    cv.put(FROM[1], phone);
    cv.put(FROM[2], email);

    db.update(TB_NAME, cv, "_id="+id, null);
}

private void requery() {
    cur=db.rawQuery("SELECT * FROM "+TB_NAME, null);
    adapter.changeCursor(cur);
    if(cur.getCount()==MAX)
        btInsert.setEnabled(false);
    else
        btInsert.setEnabled(true);
    btUpdate.setEnabled(false);
    btDelete.setEnabled(false);
}
```

圖十八、新增、更新、重新查詢程式碼

圖十八的程式碼也與輪胎新增、更新、重新查詢的程式碼相同，同樣是以 id 來指定所要更新的資料。

```
public void onInsert(View v){
    String nameStr=etName.getText().toString().trim();
    String phoneStr=etPhone.getText().toString().trim();
    String emailStr=etEmail.getText().toString().trim();
    if(nameStr.length()==0 ||
            phoneStr.length()==0 ||
            emailStr.length()==0) return;

        addData(nameStr, phoneStr, emailStr);

    requery();
}

public void onUpdate(View v){
    String nameStr=etName.getText().toString().trim();
    String phoneStr=etPhone.getText().toString().trim();
    String emailStr=etEmail.getText().toString().trim();
    if(nameStr.length()==0 ||
            phoneStr.length()==0 ||
            emailStr.length()==0) return;
        update(nameStr, phoneStr, emailStr, cur.getInt(0));
    requery();

}


public void onDelete(View v){
    db.delete(TB_NAME, "_id="+cur.getInt(0),null);
    requery();
}

public void call(View v){
    String uri="tel:" + cur.getString(
            cur.getColumnIndex(FROM[1]));
    Intent it = new Intent(Intent.ACTION_CALL,Uri.parse(uri));
    startActivity(it);
}

public void mail(View v) {
    String uri="mailto:"+cur.getString(
            cur.getColumnIndex(FROM[2]));
    Intent it = new Intent(Intent.ACTION_SENDTO, Uri.parse(uri));
    startActivity(it);
}
```

圖十九、新增、修改、刪除、撥號及簡訊功能程式碼

圖十九與輪胎新增修改的功能類似，一樣是以 onItemClick 指定顯示在畫面上的資料，差別在於多了撥打電話的 call 與傳送 Email 或簡訊的 mail 方法。

完成了上述功能之 app 後我們實際將成品拿去給現場人員使用，且與相關人員討論是否哪些東西可以做改正，或是增加其他功能，獲得的建議有如希望能夠加入庫存低量警示的功能，因為有時候公司規模大、販賣輪胎規格多，負責人希望有個頁面，可以整合某型號輪胎庫存低於幾條的頁面，這樣就不需在總庫存頁面中一一查找，可以省下不少時間，且經過多次操作後，發覺在操作直覺度上仍可再進一步的改善，如在庫存管理方面若能以手勢或者以小視窗方式來進行增加或減去，並將其功能併入至 app 中輪胎查詢時的頁面，減少再多一步點擊庫存按鈕的步驟，能夠大大的提高現場的作業效率。

四、結論與建議

這次專題研究在手機應用程式功能方面仍不夠完善，僅能滿足初步的輪胎資料查詢，以及簡單的庫存管理，並且配合撥打電話以及寄信，在各方面皆有再改進的空間，若未來能針對此專題進行進一步的開發及研究，相信能使輪胎業者有著更為方便且高效率的作業流程。

在這次的專題製作中，因為時間的緣故，我們只先針對了一款車型進行研究開發，若未來有時間，可針對各廠牌車型統整出完整的輪胎型號資料，使更具完整功能的手機 app 能實質上讓作業技師更為方便的使用。而我們在這應用程式上，製作出了數量記錄的動作，但似乎少了一點直覺性，例如如果可以將查詢車型搭配之輪胎型號的頁面，當查詢到的時候，可以直接在該頁面做修改的動作，而不是還要點入庫存頁面，再找到該尺寸的輪胎做增減；另外，作減少輪胎數量的部份，或許能夠做出如長按該型號的輪胎之後，出現一個視窗，輸入例如 4 條，就可以直接在總庫存的地方，讓 APP 自行做刪減，而不用靠人計算，這樣可以減少計數上的錯誤，減少損失的機率，而在輪胎型態的部分，或許能放上該型號之圖片，使消費者對於輪胎胎紋之型態有疑慮時，作業員能以此手機 app 迅速的為消費者解惑。

五、誌謝

在此專題完成之際，首先衷心感謝我們的指導老師 謝清祿 副教授，在決定專題指導老師的一學年以來，從文獻的探討、研究方向之選擇、觀念架構之建立等，給予我們許多建議與指導，才能夠完成此專題研究，讓我們在這段學習過程中讓我這段學習過程中受益良多，僅此致最深之謝忱，提攜勉勵之情，畢生永難忘懷。
在開發過程中，還要感謝南州嘉吉輪胎行的負責人-溫錦章先生，建議我們程式中可再添加些許功能，也要感謝我們的指導老師在我們遇到程式 Bug 無法排除之際，與我們一同研究程式碼中何處需要略微增減，最後也成功排除。
最後，如果沒有溫錦章先生和指導老師的指導建議與打氣，這份專題研究肯定是無法完成的。
再次衷心感謝他們無所求的付出。

六、參考文獻

[1] 林韋志，2005，實施供應商管理庫存最適策略之研究，國立中山大學企業管理研究所碩士論文
[2] Fogarty,et al.(1991), Production and inventory managemwnt, South-Western.
[3] Matthew, A.W.,Eric,J.andDavis,T.(1999), Vendor-managed inventory in the retail supply chain, Journal of Business Logistics, 20, 183-195
[4] 林寬洲，2014，Android 行動存貨盤點管理系統-以燦坤 3C 為例，義守大學工業管理學系碩士論文
[5] 林則孟(2012)，生產計劃與管理，台北：華泰文化。
[6] SQL-維基百科 http://zh.wikipedia.org/wiki/SQL
[7] SQLite-維基百科 http://zh.wikipedia.org/wiki/SQLite
[8] 施威銘，2014，Android App 程式設計教本之無痛起步，旗標出版
[9] 陳俊宇、姚巧玫、羊先民、胡百敬，2009，SQL Server 2008 T-SQL 資料庫設計，越織文化發行
[10] 陳輝祥，2010，觀念圖解 SQL Server2008 資料庫設計與應用，博碩文化出版
[11] 劉超群，2013，Google Android SDK 程式開發應用實務，松崗資產管理股份有限公司出版
[12] 庫存-快速盤點 app，https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aadhk.inventory
[13]鄭幸宜、趙仲良，2012，應用 Android 平台的電子處方集，藥學雜誌電子報 113 期，http://www.taiwan-pharma.org.tw/JTP/113/032-037.html
[14]劉超群，2013，Google Android SDK 程式開發應用實務，松崗出版社，台北，第 1-15~1-16 頁

Develop an Android Application Program for Tire Inventory

Advisor: Ching-Lu Hsieh
Students:Sheng-Xiang Huang、Chun-Hsiung Zhao、Chang Min Yu

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Selection of tire model is crucial for safe drive. When we replace improper tire mode

on car, it will cause errors on speed meter. The study focuses on the tire replace industry. The main purpose of this study is to provide the industry with a smart-phone program to show and update tire records. Message will be alarmed when a certain number of tires are reached. If the minimum number is reached, a dial phone activity will show and an email can be send. Meanwhile, production models of tire can be inquired.

Arduino 循跡自走車之製作

學生姓名：藍主昌、曾唐宗
指導教授：陳志堅博士

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題設計製作一個循跡自走車系統，以 C 語言撰寫 Arduino 微處理器版，配合處理器與感測器、致動器間之電路，使之與各類感測器和致動器能夠妥善工作，並以三個感測器作為訊號輸入，藉由 Arduino UNO R3 微處理器傳遞命令至致動器達成循跡之功能。自走車為達成自走的能力，最基本的必需具備循跡感測能力，本專題採市售 45~70 元之紅外線感測器為之，使之可在無人為引導的方式下完成自動行進之能力，同時亦達到感測及其反應控制之目的。本專題已研製一模組化車體，其具有行進驅動、轉向驅動基本行為功能，可為未來再進一步的研究提供最佳的參考。

關鍵字:Arduino、感測器、循跡、制動器

一、 引言

1.1 構想

在現今科技發達，任何事情都要講求效率，強調自動化，許多工作正被自動化的機器所取代，自動化其目地當然是希望機器能取代人力，達成所希望的任務。機器的廣泛運用於各個層面，使得我們行事更加便利，更進一步地人們則積極發展更具有智慧的機器，來替代人力的需求，相信未來機器自動化的普及是可見的。

循跡自走車意指整合自動控制、感測、導引導航、電子電力、通信介面及機械之智慧型循跡自動行進車輛，其最終目的在於取代人力，可以自動進行各項任務。然而事實上，無人自走車的定義應只是不需人為操控而達成移動任務之自動車輛，在此定義之下，無人自走車的相關研究蓬勃發展，功能性自走車的應用也日新月異，如太空無人探索車、農業機器人、無人搬運車等。

2013 年，林忠杰[1]表示自走車修正車體於路徑上位置、轉彎時可以利用轉速差達成此目標。2011 年，林星僥[2]等人表示自走車利用轉速差轉彎是可行的方法，並且成功研製一台利用左右馬達轉速的不同而達到轉彎目的之自走車。孫駿榮[3]等人表示紅外線反射式模組可用於尋跡偵測路線的變化，利用內部紅外線 LED 持續發送訊號，另一則嘗試接收，透過接收訊號可決定是否來觸發動作，但是至少要 3 顆(含)以上的 CNY70 光感測器才夠，而排列的距離也會影響尋跡的解析精確度。2013 年，廖子瑩[4]等人設計一台利用 Arduino、CNY70 光感測器、74LS04 反向器作為感應系統之尋跡自走車，其中包含 Motoduino 控制板、藍芽模組、光敏電阻、積體電路零件、電晶體電路。

1.2 認識 Arduino

“Arduino”源自 11 世紀北義大利一位國王的名字，2005 年冬天，Arduino 的核心開發團隊為了設計出便宜又好用的微處理器開

發板，在三天內就完成了程式碼與電路板，而這塊電路板就命名為 Arduino。Arduino 是一塊基於開放原始碼的 I/O 介面板，使用者也可以 Arduino 為基礎，擴展各自需求的硬體，目前已發展出許多不同版本供使用者自行選擇。Arduino 有高開發性、低入門門檻、價格便宜等優勢，目前已累積不少忠實使用者。許多使用者基於開放原始碼的概念，在網路上成立部落格分享所學、心得與作品，讓初學者可在網路上尋找到許多資料，很快就能上手。在網站上搜尋 Arduino 關鍵字，便可發現許多玩家加上自己創意後，利用 Arduino 創作出各式各樣新奇好玩的作品。Arduino 的微處理器使用類似 Java 的 C 語言的開發環境，使用者可以在 Arduino 開發板上外接各種電子元件，如 LED、喇叭、馬達、開關、溫濕度感測器、紅外線發射與接收器、LCD 顯示裝置等，並且可以外接 WiFi、XBee、Bluetooth、RFID 和 GPS 等各種通訊模組。Arduino 的特色條列如下：(1) Arduino 不僅軟體是開放原始碼，硬體也是開放的。開發軟體 IDE(Integrated Development Environment)可由網路免費下載，Arduino 的電路設計圖也可以從網路上下載。(2) Arduino 入門門檻低，非相關科系背景的使用者，也可以很容易學習使用 Arduino。基於 Arduino 開放性的精神，許多互動設計者都樂於在網路上分享他們的作品。(3) Arduino 開發板可簡單地與感測器、各式各樣的電子元件連接。(4) Arduino 開發板使用 USB 介面與電腦作傳輸，不需外接電源。

二、 實驗裝置與方法

2.1 實驗裝置

2.1.1 車身結構

a.車台:

壓克力板，長 16.7cm、寬 8.4cm、厚 0.5cm。

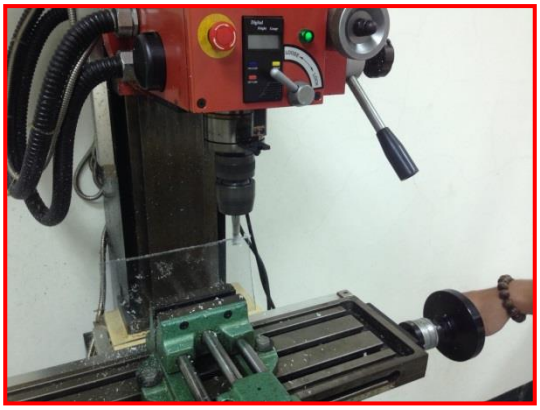


圖 2.1【車台加工】

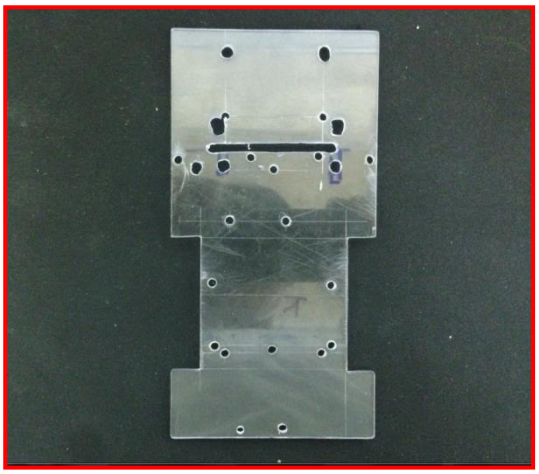


圖 2.2【車台架構壓克力板】

2.1.2 供電系統

9V 電池(3 顆)。

2.1.3 Arduino 系統

a. Arduino 單晶片:

Arduino 為開放原始碼的單晶片微電腦，它使用 Atmel AVR 單片機，採用開放原始碼的軟硬體平台，構建於開放原始碼 simple I/O 介面板，並具有使用類似 Java，C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。

Arduino 能使用 Arduino 語言與 Macromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 和 Super Collider 等軟體，結合電子元件，如開關或感測器或其他控制器件、LED、步進馬達或其他輸出裝置，做出互動作品。Arduino 也可以獨立運作，成為一個可以跟軟體溝通的

介面。Digital I/O 數位式輸入/輸出端 1~13(其中有六個輸出端可作為 PWN 輸出)。Analog I/O 類比式輸入/輸出端 A0~A5。支援 USB 接頭傳輸資料及供電(不需額外電源)。

b.實際照片:

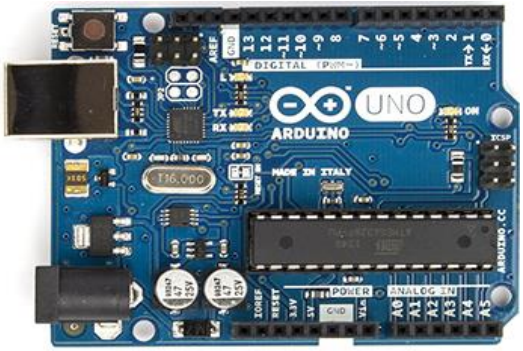


圖 2.3【Arduino 實體圖】

2.1.4 感應系統

a. 感應器:

CNY70 光感測器其內部構造為：

a-1. 紅外線發光二極體：類似發光二極體(LED)的功能，當 PN 二端加上順向偏壓時即可作用，+5V 經由限流電阻 150Ω 防止電流過大損壞紅外線發射器，進而供應光 LED 穩定電流，可穩定且持續發出波長為 800nm 的紅外線不可見光。

a-2. 光電晶體：一個對紅外線波長具敏感反應的光偵測元件，當光電晶體受紅外線光照射時為低阻抗，而未受光時呈現高阻抗。

a-3. 光濾波器：僅讓波長為紅外線附近光譜通過的濾光透鏡，可用來加強光電晶體的抗雜訊能力（紅外線以外不可見與可見光的干擾）。

其動作為當光遇到普通地面，則反射到感測元件。循跡自走車使用了三顆光感測器，其目的在於偵測黑色膠帶的路徑，提供感測狀態給與 Arduino 微處理器版做判斷。

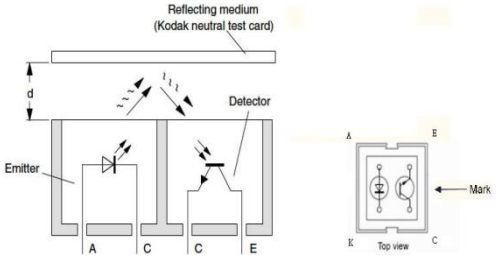


圖 2.4【CNY70 示意圖】

b. 反向器:

7404 TTL 晶片有 14 個引腳，其中兩個引腳為 Vcc 與 GND，另外 12 個引腳為 6 組反相器的積體電路，當輸入大於 1.5V 時，便會輸出 0V;輸入小於 1.3V 時,輸出為 5V。其作用方式為:

b-1. CNY70 前放置一反射物,LED 所發射的不可見光經由反射物反射至光電晶體接收，此時光電晶體以達飽和，Ve 接近+5V，再經由 74LS04 反向器處理後,接觸 Vo 接近 0V，LED 不亮。

b-2. CNY70 前未放置任反射物或吸收光之物體,則紅外線 LED 所發射的不可見光無法有效反射至電晶體，因此光電晶體截止呈現高阻抗，使 Ve 接近 0V，再經由 74LS04 反向器處理後，輸出 Vo 等於 5V，LED 亮。

c. 實際電路:

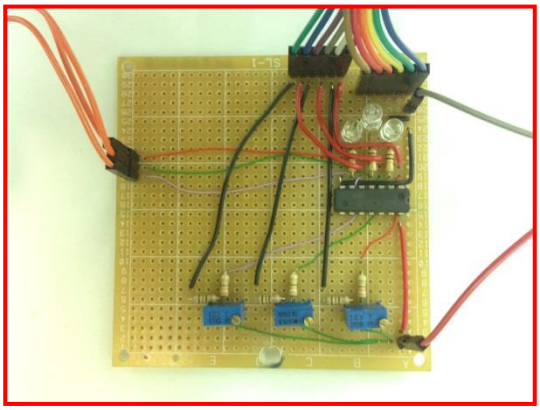


圖 2.5【感測器實際接線圖】

d. 行為燈號:

感測器由左到右 1~3。

全速前進:

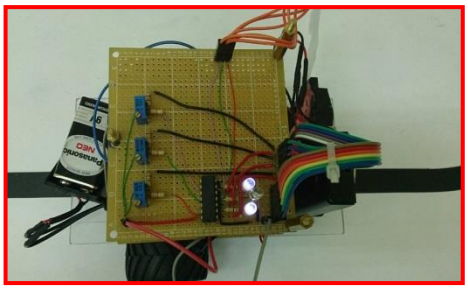


圖 2. 6【中間燈號不亮】

向左修正:

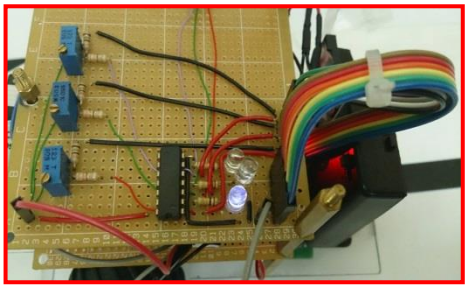


圖 2.7【左、中燈號不亮】

向左轉彎:

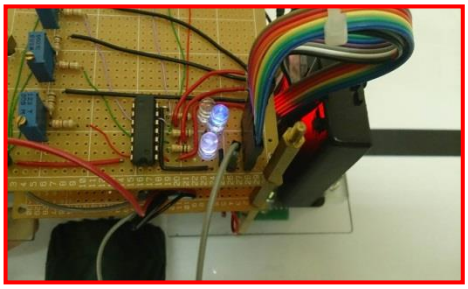


圖 2.8【左燈號不亮】

向右修正:

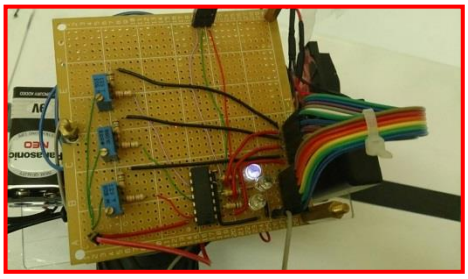


圖 2.9【中、右燈號不亮】

向右轉彎:

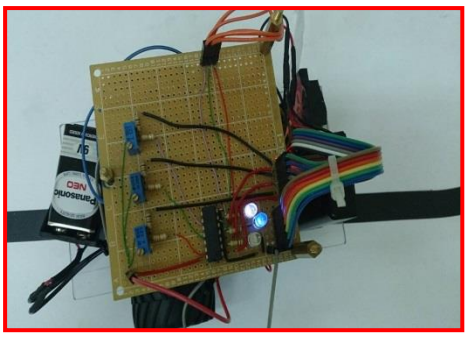


圖 2.10【右燈號不亮】

e.電路設計:

如圖 2.11，+5V 電壓經限流電阻輸入 CNY70，再經由反向器 74LS04 後輸出感測器接腳。

電路圖:

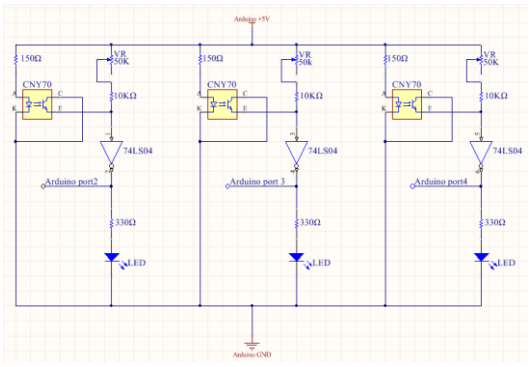


圖 2.11【感測器電路圖】

2.1.5 動力驅動系統

a. 驅動馬達:

使用兩個直流馬達作為動力輸出。

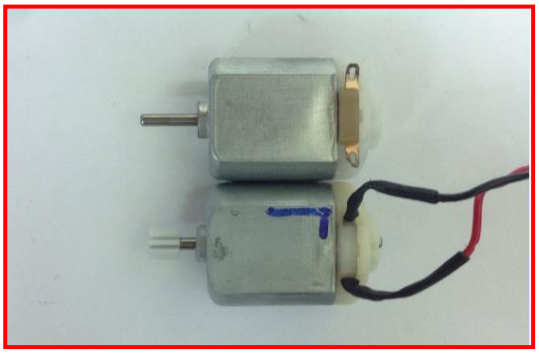


圖 2.12【直流馬達】

b. 田宮馬達雙減速齒輪組:

田宮雙減速齒輪組:傳動軸、小齒輪 8T、冠狀齒輪 34T/12T、二階齒輪 36T/12T、終傳齒輪 36T、直流馬達。

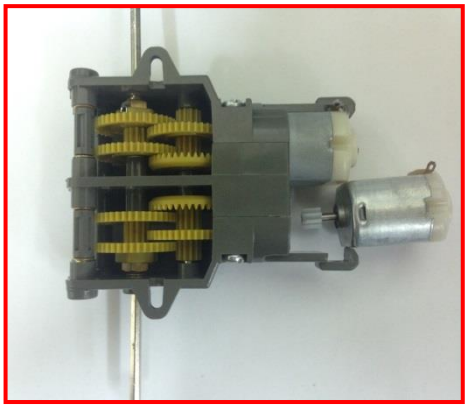


圖 2.13【田宮馬達減速齒輪組】

c. 馬達搭配實際電路:

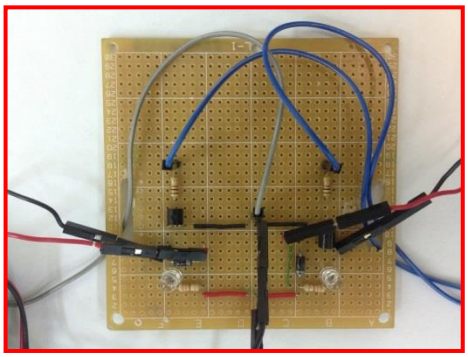


圖 2.14【馬達搭配之實際電路】

d. 電路設計:

如圖 2.15，一 9V 電源提供直流馬達、LED 燈、二極體，經過電晶體將訊號放大。基極則為馬達接腳。

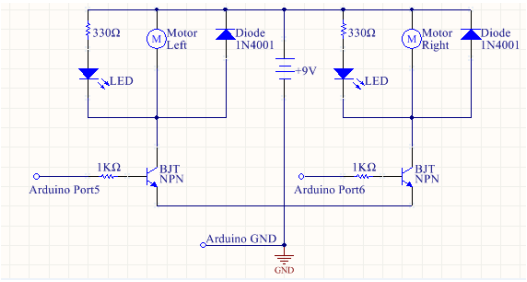


圖 2.15【左右馬達電路圖】

e. 控制原理:

此專題馬達控制方式利用 Arduino 的 PWM 輸出，電壓是 0~5V，在程式 AnalogWrite 內值為 0~255，每增加 1，電壓增加 0.019607843V 之功能，使 CNY70 感測器傳回讀取訊號至微控制器版再輸出至馬達達到全速、半速及停止功能，轉彎則是利用電壓差進行轉彎，壓差值由程式 AnalogWrite 寫入的電壓而定，無退後功能。

感測器狀態 腳位2,3,4	自走車狀況	動作	左輪	右輪
OXO	中間感測器正好在黑線上	前進	全速	全速
OXX	車身稍偏黑線的左邊	向右修正	全速	半速
OOX	車身太偏黑線的左邊	向右轉彎	全速	停止
XXO	車身稍偏黑線的右邊	向左修正	半速	全速
XOO	車身太偏黑線的右邊	向左轉彎	停止	全速
OOO	車子到達目的地	停止	停止	停止

X為感測到黑色膠帶路徑
O為正常接收到反射之紅外線光

表 2.1【感測器狀態表格】

	左馬達	右馬達
直走	4.99V	4.99V
向右修正	4.99V	2.49V
向右轉	4.99V	0V
右左修正	2.49V	4.99V
向左轉	0V	4.49V
停止	0V	0V

表 2.2【利用電壓差轉彎之表格】

2.1.6 各電路訊號關係

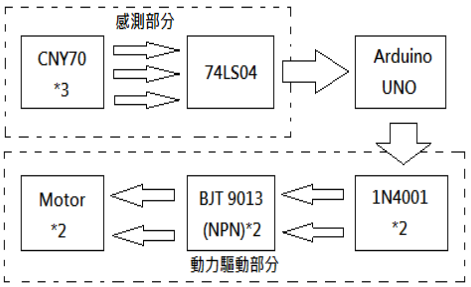


圖 2.16【電路訊號關係圖】

a.前進:

當 CNY70 之 2 號感測器感應到黑線時，訊號經由 74LS04 反向器輸入 Arduino 單晶片，

訊號由程式運算判斷後，輸出至 1N4001 作為整流，將電壓放大，再輸出至兩個直流馬達，此時左右馬達以全速正轉，車體前進。

b.向右修正:

當 CNY70 之 2、3 號感測器感應到黑線時，此時左馬達全速正轉，右馬達半速正轉，車體向右修正轉彎。

c.向右轉彎:

當 CNY70 之 3 號感測器感應到黑線時，此時左馬達全速正轉，右馬達為停止狀態，車體向右轉彎。

d.向左修正:

當 CNY70 之 1、2 號感測器感應到黑線時，此時左馬達半速正轉，右馬達全速正轉，車體向左修正轉彎。

e.向左轉彎:

當 CNY70 之 1 號感測器感應到黑線時，此時左馬達為停止狀態，右馬達全速正轉，車體向左轉彎。

f.停止狀態:

當 CNY70 之感測器沒有感應到黑線時，沒有訊號輸入至 Arduino 微處理器，因此左右兩個馬達皆為停止狀態，車體停駐不動作。

三、結果與討論

3.1 自走車角度轉彎測試結果:

a.測試目的：測試自走車遇到非圓弧路徑時轉彎最大角度。

b.測試場地：全開白色壁報、黑色膠帶。

c.測試結果與討論：由與路徑夾角 10 度開始測試，每 5 度往上遞增，測試到了 45 度時發現車體轉彎會有不穩的狀態以及感測器可能超出測試線路的問題，故角度轉彎最大為 40 度。

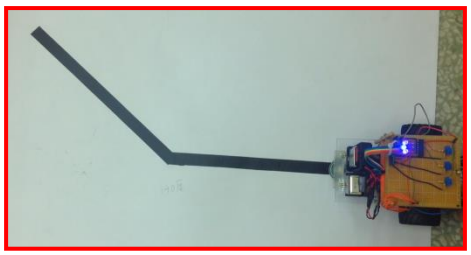


圖 3.1【40 度轉彎之場地】

3.2 自走車凸出障礙物測試

a.測試目的：循走的路線中也許會出現障礙物，因此自走車也要有越過障礙物的功能。

b.測試場地：壓克力板、黑色膠帶、壓克力 3mm、5mm、7mm。

c.測試結果與討論：此測試是因為路面並不是完全都平的，而是有一些凹凸不平，所以決定測試有關越過障礙物的測試。從厚度 3mm 開始，每次遞增 2mm，到 5mm 的障礙物來行走，車子都能很順利的通過，但再往上疊增到 7mm 時，因車體前面的萬向輪外殼會先碰觸到障礙物，而使車體卡住無法前進，所以我們實驗的結果為厚度大於 5mm 之障礙物車體過不去。測試結果最大為 5mm。

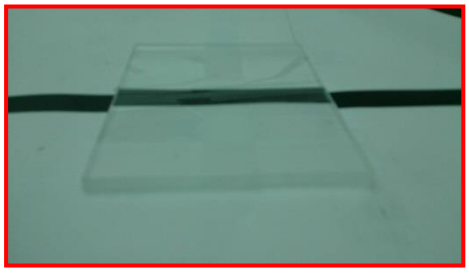


圖 3.2【圖為厚度 5mm 之障礙物】

3.3 自走車爬坡角度測試結果:

a.測試目的：為了測試車體與馬達本身的上坡能力，最高能爬上多少角度。

b.測試角度與場地：壓克力板、壓克力支架、螺絲螺帽、黑色膠帶。

c.測試結果與討論：從設計的場地與討論結果，我們決定從 20 度角開始測試，每 10 度往上遞增，測試到 30 度時，都還能順利的向

上爬，但是到了 40 度之後，因車體設計、地心引力關係而向後傾倒，故此下修角度至 35 度測試，自走車能順利爬坡，但因斜坡跑道接水平跑道時會有角度、車體底盤設計關係，而導致車子底部會有觸底的現象，因此 30 度角為此自走車最大的上坡角度。



圖 3.3【上坡角度 20 度之場地】

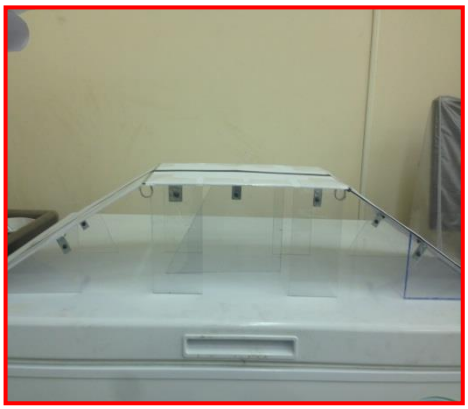


圖 3.4【上坡角度 30 度之場地】

3.4 自走車的轉彎測試:

a.測試目的：為了達到不同的轉彎需求，因此測試 U 型、S 型、O 型與直角之路徑。

b.測試角度與場地：全開白色壁報紙、黑色膠帶。

c.測試結果與討論：場地設計為不同的曲線、彎度來做為測試，在實際生活中可能會有的一些轉彎角度，最後決定測試 U 型、S 型、O 型與直角，因為這些測試可以包括所有的轉彎角度與自走車會不會因為轉彎角度過大而超出路線有關。U 型跑道中，加入了半徑 10 公分和 15 公分的轉彎，實驗結果顯示至少要半徑 15 公分之彎道才能使車體順暢行走、低於 15 公分則會有超出跑道之可能。S 型跑道中，也是加入了半徑 10 公分、15 公分及 20 公分的轉彎，測試結果顯示至少要半徑 15 公分之彎道才能使車體順暢行走、低於 15 公分則會有超出跑道之可能。O 型則為內徑半徑 5 公分的封閉圓形開始下去做測試，測試結果顯示至少要半徑 8 公分之圓才可順暢行走。因為本專題只使用三個感測器，故圓弧、角度跑道會被感測範圍所局限住。

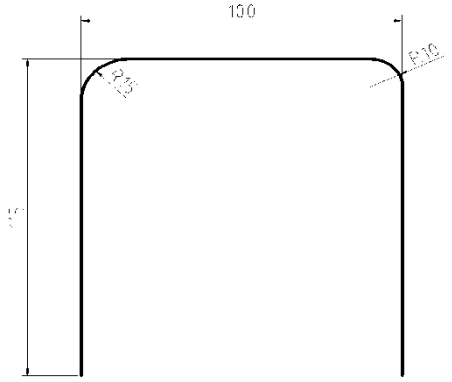


圖 3.5【圖為 U 型測試跑道】

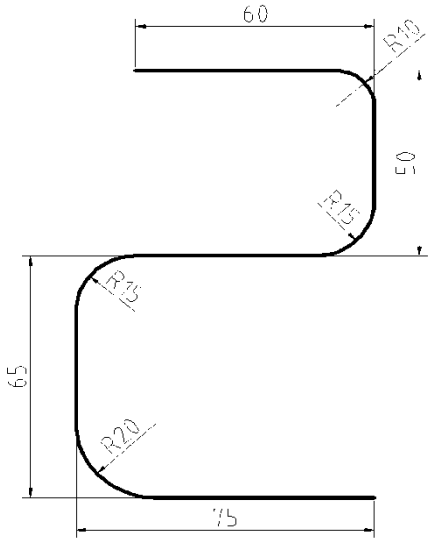


圖 3.6【圖為 S 型測試跑道】

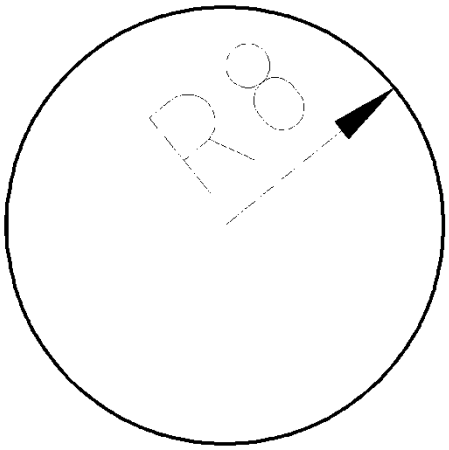


圖 3.7【圖為 O 型測試跑道】

3.5 自走車不規則循線測試

a.測試目的：為了在不同需求的情況下必須要考量是否自走車能夠在崎嶇不規則的路線上能夠循線以及正常行走。

b.測試角度與場地：全開白色壁報紙、黑色膠帶。

c.測試結果與討論：測試內徑 15 公分、20 公分、25 公分之圓弧、直線、20 度坡度、30 度坡度所構成的不規則場地做測試，自走車在圓弧、斜坡上能夠照著循線徑行，30 度以上會因為車體底盤設計關係而觸底爬不上去。使用不規則的路線作為測試是因為有些地方會有高低差而產生坡度，那如果坡度上面不是只有直走，而是多了些彎曲的道路，那麼自走車應該也可以在斜坡上進行轉彎。

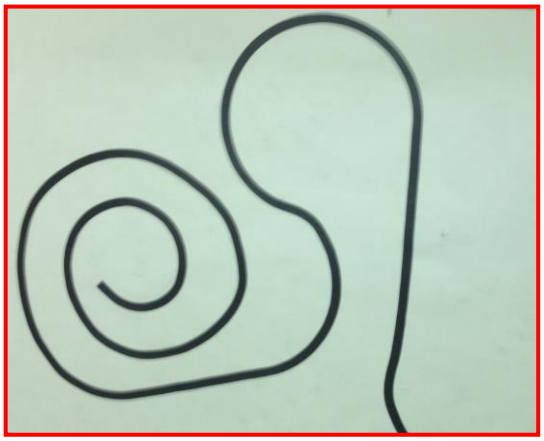


圖 3.8【不規則路線】

3.6 整合所有測試

經過圓弧轉彎測試、角度轉彎測試、障礙物測試、爬坡測試以及不規則路線的測試，整合上述之測試，設計製作出一套完整的路線包含直線、斜坡上坡、下坡、圓弧轉彎、角度轉彎、障礙物凸出、S 型彎道、漸縮圓繞圈，讓自走車再一次接受種種阻礙的測試，測試結果自走車能夠突破障礙順利向前行走，實際路徑尺寸圖於【附錄 1】、【附錄 2】顯示。

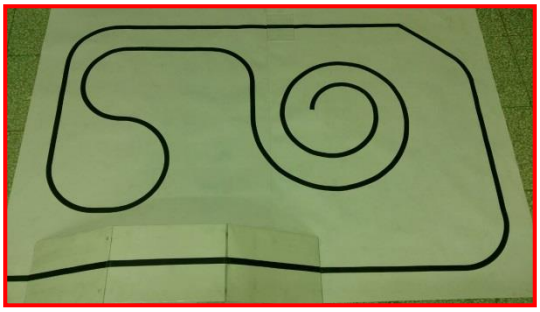


圖 3.9【完整路徑圖】

四、結論

本專題的構想是本組與指導教授討論出來的，從一開始的程式語言初階練習，到開始焊接電路，組合零件到完成成品並且做測試，在這過程中我們遇到了很多挫折與打擊，當完成了程式和車體後，感測器部分卻成了最大的瓶頸，使得我們的進度一直處於僵持的狀態，其中我們用麵包板接上電路時，感測器的動作都很正常，但是焊接上電路板時，所有的感測器都沒有動作，隨後經過多次測試發現感測器無法承受焊接時的高溫，再與指導老師討論過後，決定感測器部分利用小塊的電路板搭配排針母座、排針的方式裝置於車體下方，再將線路拉上去與感測電路板相接，這樣感測器就不需要焊接在電路板上，而是直接將感測器腳位與牌針母座進行配合，可以避免焊接時高溫燒毀感測元件，並能方便拆卸。另外下方 CNY70 感測器電路板固定方式是使用螺絲與螺母方式固定，使用此方式可以隨時調整感測器距離

地面的距離。最後結合所有原件和車子同時動作，並且依照我們測試各種路線後所規劃之路徑行走，讓我們很有成就感。

由於我們製作的自走車體積偏小，故不能達到承載的功能，但是小型的自走車當然也有其功能，例如作為監視、勘查等等。

關於上坡角度的測試，因為大於30度後，車體要再往上爬會顯得更困難、且角度越大坡度越陡，所以在爬坡接平面時田宮減速齒輪組會觸底導致車子卡住而僵持住，我們希望改善的方法就是加裝類似避震的系統，讓車子能有緩衝的效果，或加大輪圈直徑，以改善觸底的問題。實驗最終目的是要讓車子能夠有巡視、勘查的功能。以減少人力，並且能夠上坡甚至跨越障礙，以達到我們理想結果。若之後時間允許，我們希望能夠朝著我們的下一個目標前進。

五、致謝

本專題除了課堂上吸收老師們的教導外，最重要的是要感謝陳志堅老師對我們很用心的教導，每一次的會議都能讓我們有學習跟前進的方向，從最基礎的開始摸索學習、找尋相關資料、討論、組裝、最後測試及改善的方法，使我們在籌備這次的專題中，從完全的懵懵懂懂到自己完成這個專題，學到了無數的寶貴經驗及知識。除了感謝研究室的研究生們，也要感謝其他實驗室的學長們，在忙碌的時間裡，還是很熱忱很用心的解除我們的疑惑，也教導我們設備的使用與元件的應用原理，最後也要感謝一路互相扶持的專題夥伴，互相幫助互相找尋問題的答案，使專題能夠製作完成。

六、參考文獻

[1]林忠杰，自走車專題研究，臺北城市科技大學，2013 年。

[2]林星僥、黃文慶、徐新泉，Arduino 自走車，明新資工，2011 年。

[3]孫駿榮、吳明展、盧聰勇，最簡單的互動設計 Arduino 一試就上手，2012 年。

[4]廖子瑩、張哲琦、廖帝瑋，智慧型手機遙控 Boe-Bot 尋跡自走車，2013 年。

The design and integration of the Arduino tracking self-propelled vehicle

Lan Zhu Chang and Zeng Tang Zong

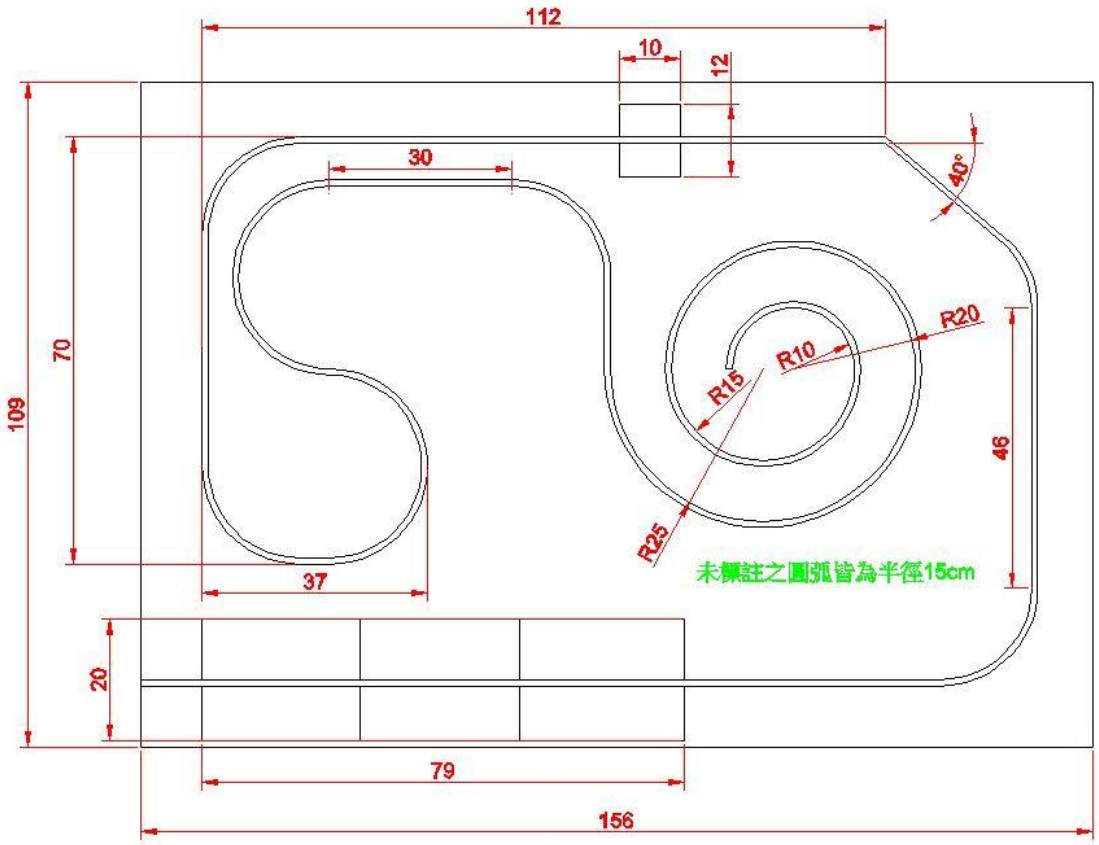
Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

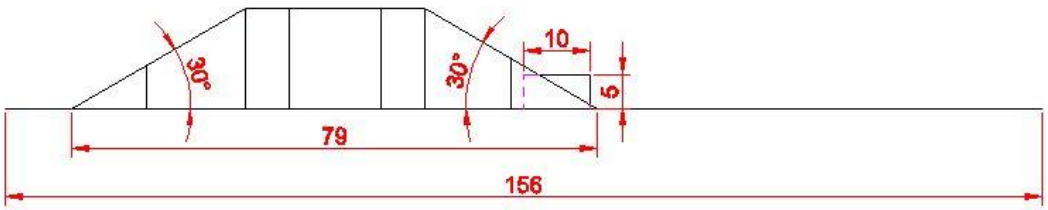
The thematic design - self-propelled vehicle tracking system, written in C language version Arduino microprocessor, with the processors and sensors, causing the circuit between the actuator, so that with a variety of sensors and actuators possible proper job, and three sensors as a signal input, with Arduino UNO R3 microprocessor transfer command to the actuator to achieve tracking function. The ability to self-propelled vehicle for achieving self-propelled, the minimum required sensing capability with tracking, infrared sensors pick whom the topic, so that capacity can be accomplished in the absence of automatically advancing to guide the way. So it can reduce hardware costs but also achieve the purpose of sensing and response control. This topic has developed a modular vehicle, which has a travel drive, steering driving basic behavioral functions, for future further research to provide the best reference.

Keywords: Self-propelled, microprocessor, infrared.

【附錄 1】自走車循跡路徑設計-上視圖



【附錄 2】自走車循跡路徑設計-前視圖



應用 Arduino 開發聲控自走車

學生姓名:許佳鴻、李宗駿、林子聖
指導老師： 謝清祿

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

由於工業化的社會成熟、勞動人力的缺乏，以致許多工業朝向自動化發展，許多粗重或者危險的搬運工作，皆可以倚靠機械代替人力，以節省體力或降低職災發生機率。如今，許多農業相關產業也開始仰賴自動化，因為農業的使用，單一且範圍廣大，田間作業配合機械自動化的能力便可以節省人力。以往的農村社會需要仰賴大量的人力，因此我們研究的聲控自走車，便是考量到農業上需要噴藥會危及人類的健康、提高田間作業的方便性，所以採用聲控來控制自走車幫助田間作業，噴藥或搬運...等，只需要別上一只麥克風即可實行。

這次研究，我們採用了 Pololu 自走車作為基礎，應用 Arduino 來配合接收訊號，透過 JAVA 程式語言撰寫，整合兩個系統，使自走車能接收聲音訊號而移動。以麥克風做訊號的接收源，用聲音作為動作指令控制自走車的行走，以達到遠距離噴灑藥劑的目的。藉由聲音控制機器搬運貨物，空下的雙手還能執行其他作業。身心障礙族群更能只使用語音便能達成機器的作動，輔助他們達到生活上的便利。

此次研究，我們成功的使用聲音控制自走車的作動，可以將此技術轉移至大型的機具，達成遠距離聲控田間作業機械，使得機械能在田野間，做出前、後、左右轉作，讓我們只需要發出聲音，便能使自走車移動。

關鍵詞:Arduino、聲控、自走車

一、前言

現今科技化的社會環境中，有許多家電用品與生活用品已經逐漸朝向自動化之趨勢，許多人力正在被自動化的機器所取代，田間農業產業機械的作業也朝向自動化，最主要的目的就是以機器取代人力，完成所賦予的任務。這可以節省人們許多時間與體力，避免重複性的工作，以降低人為因素所產生的問題與危險，並提高工作效率及生活品質。

近年來，隨著3C產品不斷進步，為了讓使用方便，改用人本身具有的語音以及觸碰來取代機械式按鍵。而因為語音是最簡單溝通的方法，隨著科技產品的進步，使得人們可以像跟人說話一樣跟機器說話，這也讓人們在使用機器上更為方便，而可以像在跟人說話一樣，與機器溝通。可以運用於農作噴藥…等，對人體有害的作業，若能使用語音以拉長人與機械的作業距離，相信對人類也是一大利多。

在機器逐漸走向自動化的趨勢中，所展現的是不同系統的結合，如機構設計、電機控制、軟體設計與其他不同的領域...等，可以辨識人類的聲音，相信往後的研究一定會有所突破與貢獻，也將會是個趨勢。

這些概念，在設計出一部語音控制的自走車，使用者不需要手動操作，只要能夠發出聲音即可做到控制。倘若能夠實現於生活中，將帶來很多便利。對於只能發聲的殘障人士們而言，更是帶來極大的幫助與便利性。

人類的聽覺器官就是雙耳，可分成外耳、中耳、內耳三個部分。在我們研究的範圍內，機器也須有接收訊號、辨識訊號、執行指令，與人類耳朵有所相似。[1]

機器人在日常生活的使用越來越廣泛。尤其是家庭中會出現的吸塵器機器人或者電子寵物機器狗，現代科技已經出現端茶機器人 ROBONOVA-i 以及 HONDA 公司的電池驅動式機器人 ASIMO...等，都漸漸的提高和我們生活的關聯性。[2]

自主載具的移動可分為兩種:被動和主動式，被動式在於已有一固定的路經規劃，主動式則利用載具車輛上有的偵測元件，尋找可以前進的路徑在倉庫管理，最常使用的就是循跡式的移動方式，就是在地面上固定某種特殊訊號發射器，或不同於地面的色彩線條，讓自走車可以沿這些訊號移動。[3]

由於數位訊號處理快速發展，語音辨識的技術日益接近實用化的階段。以語音辨識的對象可分為特定語者(Speaker Dependent)、不特定語者(Speaker Independent)；就語音的形成可分為獨立音(Isolated Word)、連續音(Continuous Word)。而一套好的語音辨識系統必須達到人性化的要求，也就是說可以讓使用者任意地講出他們想要講的句子，所以系統必須能將使用者所講的整段話中的關鍵詞萃取出來，而較常見的應用包含了數字辨認(Digit Recognition)、語者識別(Speaker Identification)、句子萃取(Sentence Spotting)等等。[4]

語音信號處理就是要設法找出其週期性。利用分割同時加窗的方法，將一段連續聲音訊號切成數個音框，再從這些音框中進行截取。常用漢明窗短時距 : 將一段語音訊號分成若干短時距(長度約100 到 300)並且假設短時距內的語音訊號其特徵值是不變的。[5]

現今世界上有很多語音控制設備的研究發展與應用，例如語音家電，可以降低使用不當所產生的危險；聲控機器人，能夠替代人力工作等。大部份的控制系統都是手動操作，對於只能發聲的殘障人士們而言，就不能享有自走車所帶來的便利性。[6]

現在許多設備都是在數位系統中處理訊號，所以類比訊號要經過一個類比到數位轉換器，轉換成數位訊號，才能在數位系統中儲存或是讓電腦處理。

將類比訊號轉換成數位訊號的過程，就叫做類比到數位的轉換。它須經過兩個步驟，取樣與量化。

所謂取樣就是以固定的時間間隔，將類比訊號的振幅記錄下來。從數學上看，就是將類比訊號乘上一個周期性的脈衝訊號，其脈衝大小就是在該取樣的時間點上類比訊號的震幅。[7]

目前室外的導航工具非 GPS 莫屬，能提供一個穩定、位置及時回報系統。在室內就需要室內定位、紅外線、超音波等來輔助車輛的位置感應何避障。

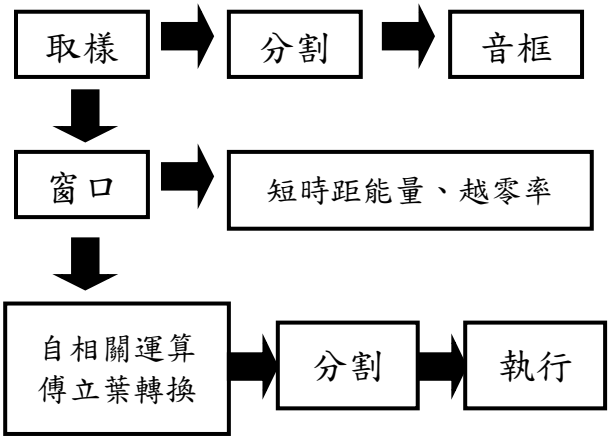
最常使用的就是循跡式的移動方式，就是在地面上固定某種特殊訊號發射器，或不同於地面的色彩線條，讓自走車可以沿這些訊號移動。[8]

另外電晶體是最基本的驅動介面，微處理器只需要送出的訊號，必能控制外部的裝置。電晶體有三隻腳，分別為 B(基極)，C(集極)，E(射極)，其作用是集極代表收集電流，射極代表射出電流，基極代表主控台。

訊號控制端(B 極) 只要一點點電流，就能在輸出端(E 極)得到大量輸出，因此電晶體也是一種訊號放大器。[9]

無庸置疑的，現今電腦的影響層面不限於科學及工程，社會也不例外。當大家都了解電腦所帶來的正面影響時，有一些身障者正為了電腦時代的到來所苦，因為他們無法和大部分使用電腦的人相同，享受電腦帶來的種種便利。以手障礙者而言，由於身體上的缺陷，利用滑鼠和鍵盤與電腦做溝通，是相當困難的一件事，也因為如此使用語音語聲控即將成為趨勢，當然，此技術亦可被採用在其他的受控程式以及原件上。[10]

常見的聲音辨識系統用在門禁管制及電腦語音輸入，亦有用於以語音下指令給自動化機械或高速戰鬥機以得到更便利的操作方式的。信號最基本有兩種形式:類比和數位，如傳統的音樂唱片，它是以類比信號的方式來儲存，轉換音樂資訊。聲音信號處理其內容多彩多姿，基本上為聲音分析的技術。其應用有電碼化、語音辨識、合成等。常見的聲音辨識技術流程圖如下圖一 ：



圖一 ： 聲音辨識流程圖。

Arduino 為開放式的互動裝置，控制簡單易上手、功能方便的特點讓許多人開始使用。Arduino 應用廣泛，可控制 LED、開關控制、距離感測…等。

Pololu 自走車與 Arduino 的腳位位置吻合可直接接上，讓操作者可以更快速、更簡單的撰寫程式以控制自走車的作動。Pololu 自走車可利用紅外線反射陣列感知器，做出循跡自走的功能。

綜合上述，本研究的的目的為：

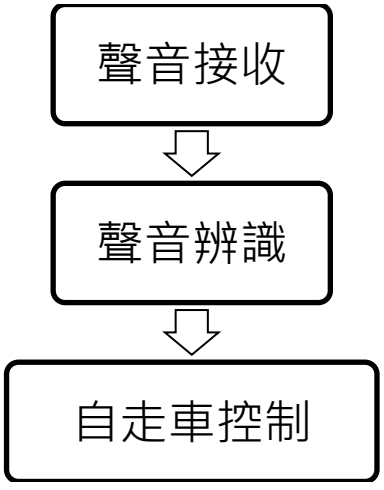
(1)用聲音控制 Pololu 自走車定速前進、後退、停止

(2)用聲音控制 Pololu 自走車左右轉

(3)到室外模擬田野間的行走測試。

二、研究材料與方法

1.本組的研究方法流程分為 3 個步驟，系統架構，如下圖二:



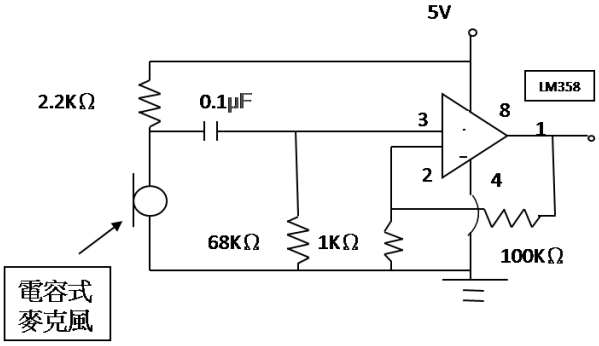
圖二:系統架構流程圖。

聲音接收 ： 操作者發出聲音指令，藉由麥克風偵測聲音，傳遞電壓訊號，經過麥克風控制模組將

訊號傳遞至 Arduino 控制板。
聲音辨識 :Arduino 控制板以 USB 連接電腦撰寫聲音辨識程式，操作者以拍手兩次作為指令，Arduino 根據間隔時間長短、聲音強度辨識聲音指令。
自走車控制 :經過 Arduino 辨識指令後，控制 POLOLU 自走車進行前進、後退，以及控制左右轉之動作。聲音接收單元 :
(1) 麥克風模組介紹 :
使用材料 :如表一
表一：使用材料表。

電容式麥克風	1 個
LM358	1 個
電阻(2.2KΩ、1KΩ、68KΩ、100KΩ)	各 1 個
電容 104(0.1μF)	1 個

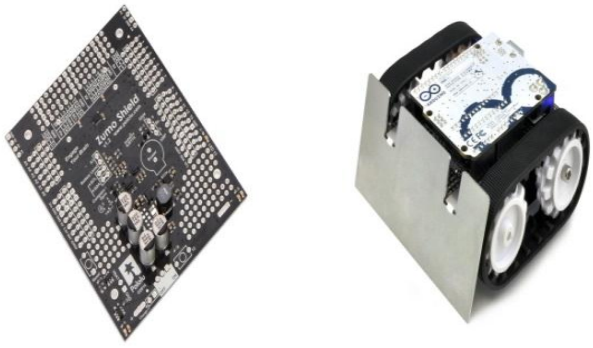
電容式麥克風模組電路圖，如下圖三:



圖三:電容式麥克風模組電路圖。

腳位 1 為輸出端，一條接到 Arduino 控制板的類比輸入腳位 A0，另一條接 100K 電阻後接到 LM358 的腳位 2；腳位 2（反向輸入）接 1K 電阻後接地；腳位 4 為接地；腳位 8 接 5V 正電源。

2、自走車介紹 :
(1)Zumo 擴充板與 Pololu 連接 Arduino 之實體圖，如下圖四:



圖四:Zumo 擴充版(左)、Pololu 自走車接上 Arduino(右)。

這個擴充板可以很容易地控制 Arduino Pololu 自走車。擴充板支架上的組裝的 Zumo 底盤直接連接到機箱的電池端子和馬達，然後 Arduino 控制板面朝下插入擴充板。這種擴充板包括雙馬達驅動器、蜂鳴器、一個按鈕、和一個 3 軸加速度計，指南針，陀螺儀。擴充板提升電池電壓驅動 Arduino，Arduino 的 I / O 線、復位按鈕、LED 發光二極體，方便使用和容納感知器像障礙和邊緣檢測傳感器。
(2) Pololu 自走車外觀
①本體
②Pololu 自走車的組裝有底盤和不鏽鋼的葉片。
③完全組裝的 Pololu 自走車，有安裝 75:1HP 馬達和紅外線反射陣列傳感器。

(3)Zumo 擴充板本身帶有以下組件:
直角滑動開關、2 個按鈕、蜂鳴器、兩個引腳電池充電頭、三條跨接線、分離式公接頭 1*40、4 個短路塊、2 個 5/16 #2-56 螺釘、2 片黑色壓克力隔板。
(4) Pololu 自走車除了擴充板和硬體，還包括下列組件
Zumo 底盤套件包括：
Zumo 底盤主體、1/16“黑色亞克力板、兩個驅動鏈輪、兩個惰輪、兩個 22 齒的皮帶、兩個束肩螺栓與墊圈和 M3 螺母、四個 1/4“＃2-56 螺釘和螺母、電池端子
自走車聲控
控制語法的組合 :
我們將兩次拍手的聲音組合以間隔時間之長、中、短，及拍手聲音的大、小(強度)的組合做為控制自走車控制語法以做動 5 種動作，為前進、後退、停止、左轉、右轉。以下為控制語法之組合表。如下表二

表二：控制語法的組合

間隔長短 / 聲音強度	長	短
大	前進	左轉
小	後退	右轉

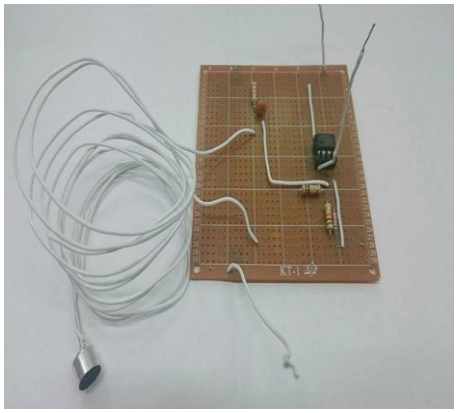
2.模擬田間測試 :
為了測試聲控自走車之行走狀況，規劃了室外三種不同路面材質，以模擬田間路面。分別為草地、泥土地以及附蓋沙土的水泥地，進行測試與比對。自走車因為車底較小、底盤較低，以至於在草地無法行走，出現輪胎履帶懸空。在泥土行走如遇石頭會造成車體卡住的狀況。相較於前兩種材質，覆蓋沙土的水泥地行走狀況比較良好，但速度太快會出現打滑的現象。模擬田間的測試起伏較大，也可能出現砂礫、塵土...等，造成較多行走路徑不穩定之因素。但為了將聲控自走車未來實際應用在產業中，這將是我們需要克服的狀況。

三、結果與討論

1. 聲音接收單元製作 :
語法控制方式組合表如下:表三。
表三: 語法控制方式組合表。

數位後數值 \ 間隔時間	1-2 秒	0.3-1 秒
強度	長	短
>700 大	前進	左轉
500~700 小	後退	右轉

電容式麥克風模組實拍圖，如下圖五。



圖五: 電容式麥克風模組。

2. 自走車的性能測試 :以下是 Pololu 自走車設定三段速度，參數分別為 50、150、250，行走距離為一公尺。量測三組偏移量。
以下為自走車的性能測試 :如表四
(1) 電池電壓 1.47V
表四: 電池電壓 1.47V 偏移量測試結果。

設定速度參數	設定秒數	偏移量(cm)	平均值(cm)	標準差(cm)
50	8.8	9.5，10.1，1.5	10.3	4.8
150	2.6	9.4，10.2，11.4	10.3	1.0
250	1.5	0.5，3.7，1.5	1.9	1.6

電池電壓較低的情況下，中、低速行走偏移量之平均值 10.3cm 與標準差 5.2cm 剛好相同，相較之下高速行走偏移量較低，平均值 1.9cm、標準差 1.6cm。

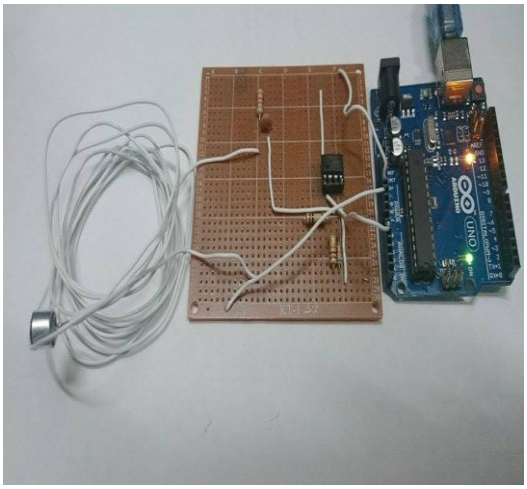
(2)電池電壓 1.66V
表四: 電池電壓 1.66V 偏移量測試結果。

設定速度參數	設定秒數	偏移量(cm)	平均值(cm)	標準差(cm)
50	8.6	11.2，12.2，13.0	12.1	0.9
150	2.4	8.9，9.0，9.4	9.1	0.2
250	1.4	0.3，1.5，2.0	1.3	0.8

電池電壓為全新、電壓為 1.66 伏特，在三段速度行走時間上都有縮短的趨勢。低速行走之偏移量平均值與標準差有增大的情形，中、低速行走偏移量則減少，行走狀況較為穩定。

我們發現自走車出現偏移的原因有三 :
①履帶打滑 : 自行車履帶為橡膠材質防滑係數雖然不差,但可能因為自走車起步的瞬間加速度較快,又或者地板塵灰多...等等的因素，造成打滑的狀況。
②馬達出力誤差 : 程式碼的誤寫、電池的電壓過低都可能造成馬達出力的誤差。若要排除這個問題，必須在實測前確認程式碼是否正確及用三用電表量測自走車內的電池電壓。
③組裝上的瑕疵 : 自走車原廠組裝的製程出現瑕疵或機體老舊可能造成行走偏移的狀況，但這個原因出現的機率較低，在判斷原偏移原因時較不考慮。

3. 聲音辨識之測試 :
(1)要測試麥克風模組與 Arduino 控制板連接後，是否可以正常接收聲音之作用，先以一個簡單的程式作為測試之用。以拍手聲音之強度，設定強度參數大於 500，即控制 LED 燈之明滅。程式碼請參閱附錄一 。測試實拍圖，如下圖六:



圖六:電容麥克風模組連接 Arduino。

(2)模擬田間測試 ：
為了模擬田間地形的行走狀況，我們將自走車放至草地、泥土地與沙土較多的水泥地測試行走狀況。自走車於草地行走時，履帶與輪胎出現懸空的現象。因此無法行走。測試如下圖七:

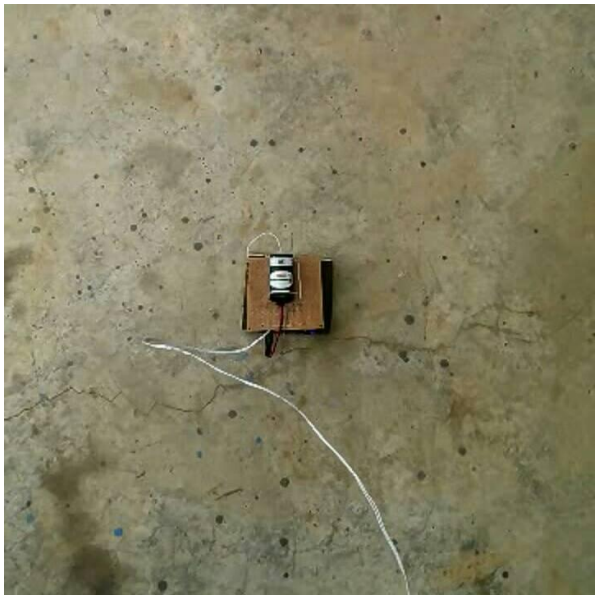


圖七:自走車於草地行走測試。

自走車於泥土地測試因為路面凹凸不平，造成檔板與打盤卡住的現象，如下圖八:

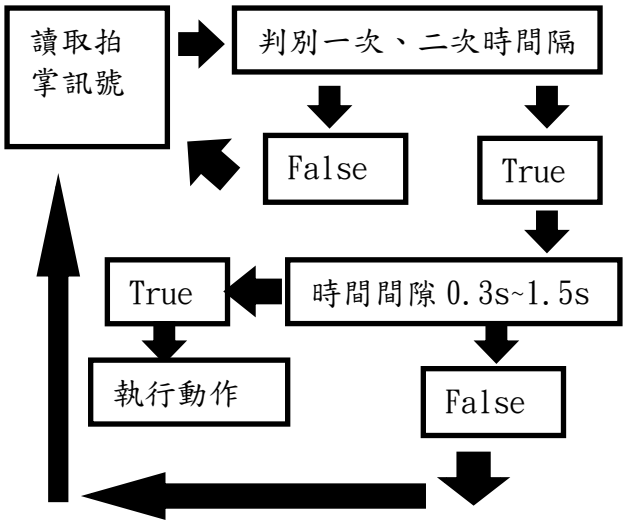


自走車於砂土較多地水泥地行走，行走順利但偶爾造成打滑。如下圖九:



圖九：自走車於泥沙水泥地行走測試。

程式作動流程，如下圖十：



圖十:程式流程圖。

結論與建議

目前本組的研究成果僅於拍手發出聲音的組合來控制自走車，未來研究的方向可往語音控制邁進，可以直接說話、經過語言判別以達控制目的，及減少錯誤判斷的機率。

在室外吵雜的環境，控制的狀況較不穩定。因此必須在安靜的環境下才能避免麥克風接收錯誤信號。

自走車放在草地與泥土地無法順利行走，因為自走車機體較小、底盤較低，在草地走行會出現空轉的現象，在凹凸不平泥土地則會出現檔板卡住無法前進的狀況。

致謝

感謝這一年多來謝清祿老師在各個方面為我們盡心盡力的指導，吸收許多課堂上沒有學到的事情。在每一次的會議中，就像上了許多堂課，對於不熟悉或不了解的知識，老師也總是不吝嗇的給我們許多建議與方向，不直接給予解答卻給我們尋找新問題的機會，讓我們很快地去的改善，並且學習問題的解決技巧與方法。也感謝實驗室的學長們，幫助我們解決問題、提供給經驗的傳承，讓我們省下許多錯誤的測試時間。

參考文獻

[1] 林宸生，2003，數位訊號:影像與語音處理，全華出版社，台北市，第 3 章。

[2] 陳慶翰,2011,「具跟隨系統的自走車之實現」，碩士論文，義守大學，高雄。

[3] 孫駿榮/吳明展/盧聰勇，2011，Arduino 一試就上手，碁峰資訊股份有限公司，台北，第 8 章。(Arduino 與控制馬達)

[4] 海里戴(David Halliday)/瑞斯尼克(Robert Resnick)原著,侯瑞琳譯,1981,基本物理學，新陸出版社，第 3-1 章

[5] 孫駿榮/吳明展/盧聰勇，2011，Arduino 一試就上手，碁峰資訊股份有限公司，台北，第 13 章。(Arduino+自走車)

[6] 趙英傑，2014，超圖解 Arduino 互動設計入門(第 2 版)，旗標出版股份有限公司，台北，第 6-4 章。

[7] 孫駿榮/吳明展/盧聰勇，2011，Arduino 一試就上手，碁峰資訊股份有限公司，台北，第 3-3 章。(電晶體 Transistor)

[8] 林稚家,2004,CPLD 語音自走車之設計與實現，碩博士論文，國立屏東科技大學，屏東。

[9] 林品宏，2012，關鍵詞萃取系統及語音聲控車之應用，碩博士論文，中央大學，桃園。

[10] 鐘明蒼，2001，身體障礙者之聲控人機介面，碩博士論文，淡江大學，台北。

[11] Pololu,2001-2014, Pololu Zumo user guide, Las Vegas, 2-17, https://www.pololu.com/docs/0j57（網頁

[12] Herman Kruegle, Frank Abram,2006, CCTV Surveillance (Second Edition),USA,pp,145-198.(Analog and Digital Video Practices and Technology)

[13] Rogowsk Adam,2012, Industrially Oriented Voice Control System, Doctoral Dissertation, Warsaw University of Technology, Poland.

[14] R. Haeb-Umabch, P. Beyerlein and D. Geller,1995, Speech Recognition Algorithms For Voice Control Interfaces, Philips GmbH published, Germany, (Pages 381-397.)

[15] Daniel A. Hebert,1993, Voice control Walking the talk,Doctoral Dissertation,

[16] Adam Rogowski n, 2013,Web-based remote voice control of robotized cells , Doctoral Dissertation,Warsaw University of Technology ,Poland.

附錄

1. 測試用麥克風模組程式碼

```
int micPin = A0;  // 麥克風訊號輸入腳
int ledPin = 13;  // LED 接腳
int micVal = 0;   // 麥克風音量值
boolean toggle = false;     // LED 的狀態，預設為不亮
void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  micVal = analogRead(micPin);

  if (micVal > 500) {     // 如果音量大於 500
    Serial.println(micVal);
    toggle = !toggle;

    if (toggle) {
      digitalWrite(ledPin, HIGH); // LED 點亮
    }
    else {
      digitalWrite(ledPin, LOW);  // LED 熄滅
    }
 // 像處理開關一樣，延遲一點時間，避免收到雜音而誤動作。
    delay(500);
  }
}
```

範例程式參考＜超圖解 Arduino 互動設計入門(第二版)，作者:趙英傑＞

2.聲控自走車程式碼:

```
int micPin = A0;  // 麥克風訊號輸入腳
int micVal = 0;   // 麥克風音量值
boolean toggle1 = false;
boolean toggle2 = false;
boolean toggle3 = false;
boolean toggle4 = false;

unsigned long nowClap = 0;
unsigned long lastClap = 0;
unsigned int claps = 0;
unsigned long timeDiff = 0;

void setup() {
  pinMode(7,OUTPUT);
  pinMode(8,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  micVal = analogRead(micPin);
  Serial.println(micVal);

  if (micVal > 300 && micVal < 700) {
    nowClap = millis();
    claps ++;
    Serial.println(micVal);
    if (claps == 2){
      timeDiff = nowClap - lastClap;
      if (timeDiff > 1001 && timeDiff< 2000)
{      //    小且長
        toggle2 = true;
        claps = 0;
      } else {
       claps = 1;
      }
      if (timeDiff > 300 && timeDiff< 1000)
{      //    小且短
        toggle4 = true;
        claps = 0;
      } else {
       claps = 1;
      }
    }
      lastClap = nowClap;
  }    //  以上小聲迴圈

  if(micVal > 700){
      nowClap = millis();
    claps ++;
    Serial.println(micVal);
    if (claps == 2){
      timeDiff = nowClap - lastClap;
      if (timeDiff > 1001 && timeDiff< 2000) {
        toggle1 = true;
        claps = 0;
      } else {
       claps = 1;
      }
      if (timeDiff > 300 && timeDiff< 1000) {
        toggle3 = true;
        claps = 0;
      } else {
       claps = 1;
      }
    }
      lastClap = nowClap;
  }     //  以上大聲迴圈

  if (toggle1) {            //前進
      digitalWrite(7,LOW);
      digitalWrite(8,LOW);
      analogWrite(9,150);
```

```
    analogWrite(10,150);
    delay(1000);
    analogWrite(9,0);
    analogWrite(10,0);
    toggle1 = false;
  }
  if(toggle2){            //    後退
    digitalWrite(7,HIGH);
    digitalWrite(8,HIGH);
    analogWrite(9,100);
    analogWrite(10,100);
    delay(1000);
    analogWrite(9,0);
    analogWrite(10,0);
    toggle2 = false;
  }
  if(toggle3){            //      左轉
    digitalWrite(7,LOW);
    digitalWrite(8,HIGH);
    analogWrite(9,100);
    analogWrite(10,100);
    delay(1000);
    analogWrite(9,0);
    analogWrite(10,0);
    toggle3 = false;
  }
  if(toggle4){            //      右轉
    digitalWrite(7,HIGH);
    digitalWrite(8,LOW);
    analogWrite(9,100);
    analogWrite(10,100);
    delay(1000);
    analogWrite(9,0);
    analogWrite(10,0);
    toggle4 = false;
  }
   delay(200);
}
```

On Applying Arduino to Development of Voice-Cotrol Vehicle

Author‘s Name :許佳鴻、李宗駿、林子聖
Advisors : Dr.謝清祿

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Since Mature industrialized societies , and the lack of manpower , resulting in a number of industrial development towards automation , many carrying heavy or dangerous work , all we can rely on machinery to assist humans to avoid danger or to save energy , to cope with the shortage of local manpower , Today agriculture is applied to this technology , and now many have begun to rely on the automation of agriculture , because agriculture ’s use of a single and put to the general , all kinds of things you can single-handedly , with the machine ’s ability , much larger than the previous rural society , need rely on a lot of human help , the voice of our study self-propelled vehicle , is considered to require spraying would endanger human health on agriculture , field operations and there will be a lot of tools on hand , so using voice to control the self-propelled vehicle assistance field operation , handling and other spraying , only a microphone pinned to implement . This study , we used as a basis zumo self-propelled vehicle , applied arduino to match the reception signal , Quick way to integrate the two elements , then the JAVA programming language to write , began to receive sound signal carriage moves , using the microphone signals do reception source , use sound to control our car instruction we want to do next in order to achieve long-range spraying of pesticides , or use the sound handling of goods on hand can do other things so that , if the raw heart disorder more friends using voice to reach things at hand can not be action to facilitate the needs of all aspects of our research points. The research , we successfully used to control the car’s sound actuator , if the transfer of this technology to large-scale equipment , in order to pursue the same principles to promote original , long-distance voice field machinery , so that the front between the fields of mechanical energy to make , rear, left , right, stop , etc. actuation , so we just need to sound , it will cause the self-propelled vehicle movement .

Keyword : Arduino、Voice-Cotrol、Vehicle

溫室環控調節系統之建構

學生姓名: 李建昕 黃振宇 陳朝羿
指導老師: 洪辰雄

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本實驗係參考正壓循環系統架構，以超音波微霧機搭配風扇以達到降溫效果，來提供作物最佳之生長環境。

在溫室中使用超音波微霧機使其能降溫 2 到 5℃，進行溫室環境溫、濕度的調節，並參照常見之溫室栽培設施進行；於室內測試以風扇搭配超音波微霧機，可達到預期效果。另於室外溫室進行測試，種植部分以小白菜為試驗品，採用三層鐵架來種植，鐵架最下方架設超音波微霧機為處理組，中層則是正壓送風從室外抽風進溫室及最上層不架設，作為對照組，分三層來探討溫度、濕度、光照等對作物生長之影響與適合之條件。

關鍵字:正壓、超音波微霧機、降溫

一、引言

台灣地型屬於地狹人稠，加上副熱帶、熱帶季風氣候，傳統田間作物栽培因天候異常、病蟲害之發生而造成重大損害影響收成與獲利，農損嚴重時，更導致市場供需失調影響民生消費。

利用溫室栽培在傳統溫室多半以負壓循環系統為主，但因負壓系統造價昂貴、結構複雜且便利性不佳，所以將以正壓循環系統取而代之。

正壓系統相較於負壓系統在拆裝上更加便利，且因為負壓系統要求溫室的封閉性，所以在施工前必須將所有架構規劃完畢，因此結構上比正壓系統來的複雜並且昂貴，對於台灣現今之溫室而言，正壓方式可作為一個選擇。

二、實驗內容與方法

2-1 實驗原理

蒸發冷卻原理（圖 1）

溫室中使用蒸發冷卻時大多是直接將水蒸發到空氣中，由空氣提供蒸發熱，而降低空氣本身之溫度。

為達到此目的，可以採用二個方法：使用噴霧系統及透過水簾。二者之差異在於水及空氣相互作用之方式不同。使用噴霧系統時，其目的在使水產生霧化，使這些霧粒子在溫室內漂浮，並在蒸發時將熱量從空氣中去除。使用水簾時，係讓空氣強迫通過水簾，水分被蒸發並將空氣中之熱量去除。

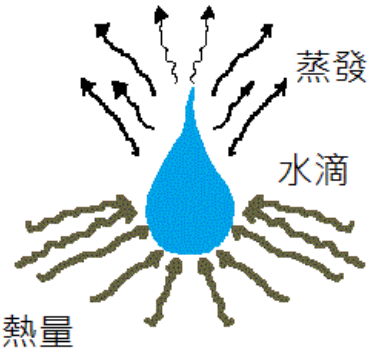


圖 1、蒸發原理

正壓溫控概念（圖 2）

正壓式水牆風扇降溫，水牆與風扇在溫室的同一側，使用塑膠軟管將涼風送入溫室，讓溫室內形成高壓藉而產生風壓效應。

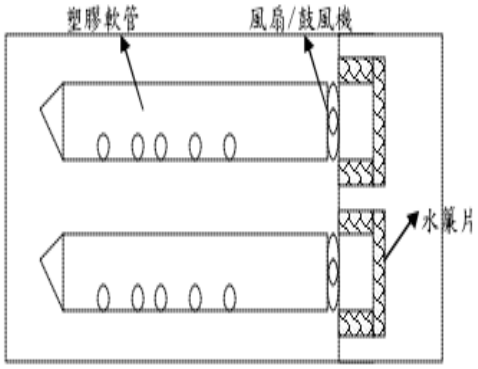


圖 2、正壓式水牆風扇降溫

2-2 實驗材料
2-2.1 風扇（圖 3）
輸入電壓：AC 110/120V 50/60Hz
功率 35W
直徑：16cm
風扇架：20cmx18.5cm

2-2.2 致冷晶片（圖 4）
規格：40x40 mm
電流：8A
最大電壓：12V

2-2.3 超音波微霧機（圖 5）
INPUT：AC 110V 60Hz
OUTPUT：DC 24V
電流：0.8A

2-2.4 PE 膜（圖 6）
聚乙烯 Polyethylene。
規格：3.91m x 0.8m

2-2.5 溫溼度計（圖 7）
電源供應：LR44 x1
尺寸：107x58x17 mm
溫度誤差: +/- 1℃
濕度誤差: +/- 5%
時間誤差: +/- 2 秒/每天

2-2.6 變壓器（圖 8）
廠牌：LOKO power
型號：SPS-100-12
INPUT：AC 115V 1.9A
AC 230V 0.8A
頻率：50/60Hz
OUTPUT：+12VDC 8.5A

2-2.7 沉水馬達（圖 9）
型號：POND-100A
輸入電壓：AC 110/120V 60Hz
電流：2.0A
功率： 100W
口徑：25mm
最大揚程： 7.5M
最大水量：100L/min

2-2.8 噴嘴（圖 10）
型號： 1057B
噴頭規格：1/2"
噴灑角度：360°



圖 3、風扇

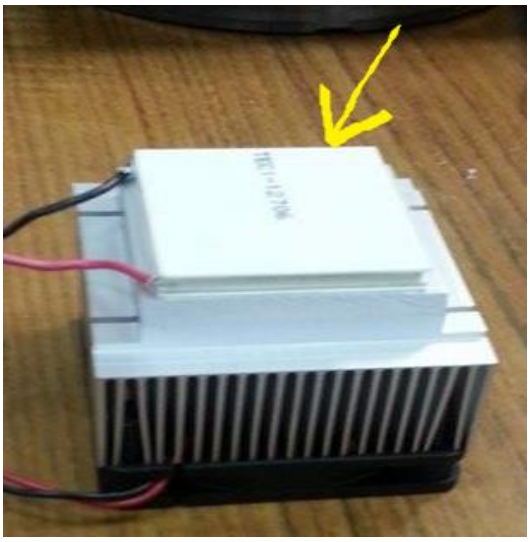


圖 4、致冷晶片



圖 5、超音波微霧機

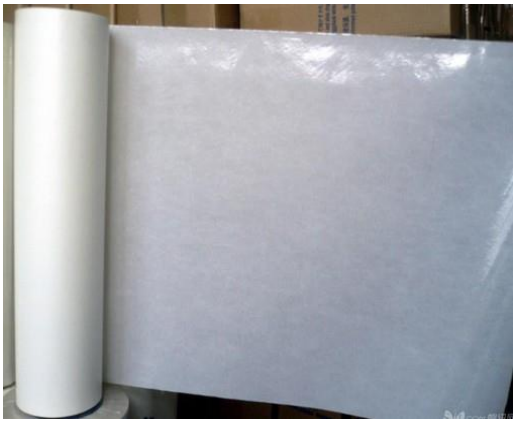


圖 6、PE 膜



圖 7、溫溼度計



圖 8、變壓器



圖 9、沉水馬達



圖 10、噴嘴

2-3 實驗方法

本實驗是以正壓溫控的概念來達到溫室溫度的調節，實驗中分別分成三組降溫方法來互相比較，然後選出降溫效果最佳的一組來繼續後續研究。

2-3.1 不同的降溫處理方法

降溫方法將分為風扇加超音波微霧機、風扇加致冷晶片與風扇加噴嘴。這三種方法在安裝上都是將風扇裝上 PE 膜摺成的風管，風管內再分別裝上超音波微霧機、致冷晶片、噴嘴，風管在每隔 30CM 開一孔以便測量。

2-4 溫室內部設備處理與種植架構

2-4.1 溫室，以車棚改裝，利用防蟲網與塑膠膜組裝成。



圖 11、溫室

2-4.2 三層鐵架，每層間距 55 公分。



圖 12、鐵架

2-4.3 冷卻設備架設方法，將風扇固定於種植的鐵架下方，套上 PE 膜使風扇能將空氣送入管內。



圖 13、風扇與風管

2-4.4 將超音波微霧機固定於水桶與風管間，使微霧機能正常的運作，並將水霧送入風管達到降溫效果。



圖 14、超音波微霧機

2-4.5 將 PE 膜裁剪成圓管狀，並將內側開孔，將空氣送入，使指定區域達到溫度調節效果。



圖 15、風管

2-4.6 實驗參數

最底層為第一層，以三台 20mm 超音波微霧機配上風扇進行處理。

中層為第二層，直接將風扇裝於外側防蟲網上，抽取溫室外的空氣。

上層為第三層，沒有架設任何風扇或冷卻設備，作為對照組。

每兩天觀測一次株長、葉長及溫溼度。

30 天後採收，並測量採收後之重量。

2-5 實驗分析

使用 SPSS 分析軟體的單因子變異數進行分析。

三、結果與討論

3-1 實驗結果

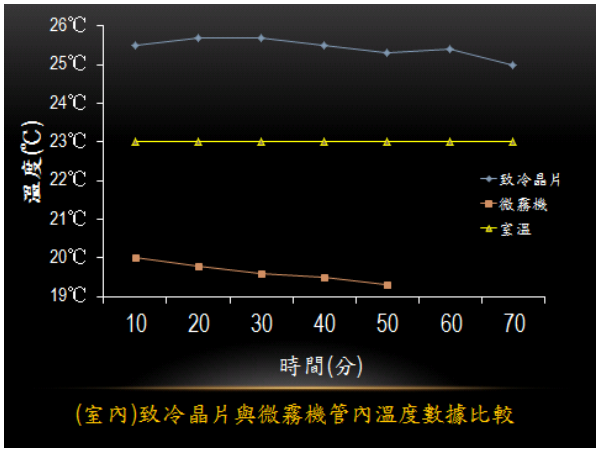


圖 15、(室內)致冷晶片與微霧機管內溫度數據比較

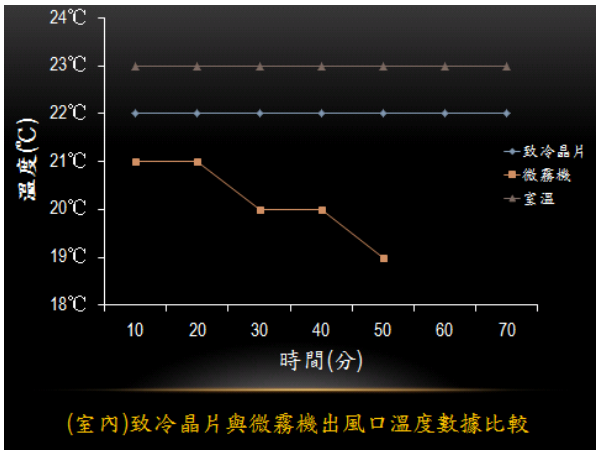


圖 16、(室內)致冷晶片與微霧機出風口溫度數據比較

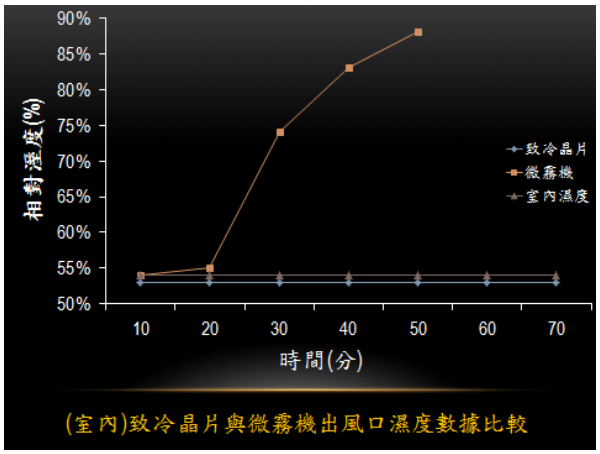


圖 17、(室內)致冷晶片與微霧機出風口濕度數據比較

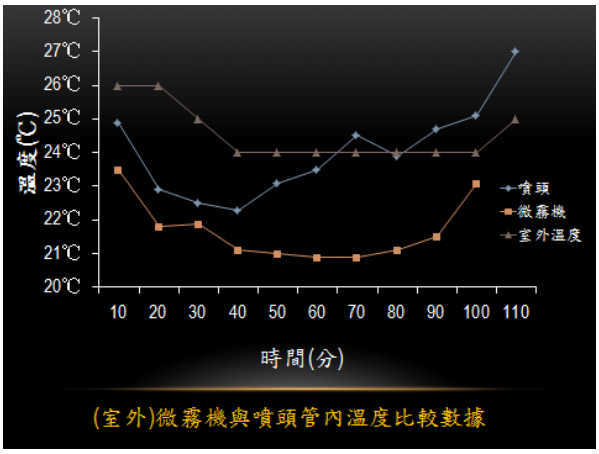


圖 18、(室外)微霧機與噴頭管內溫度比較數據

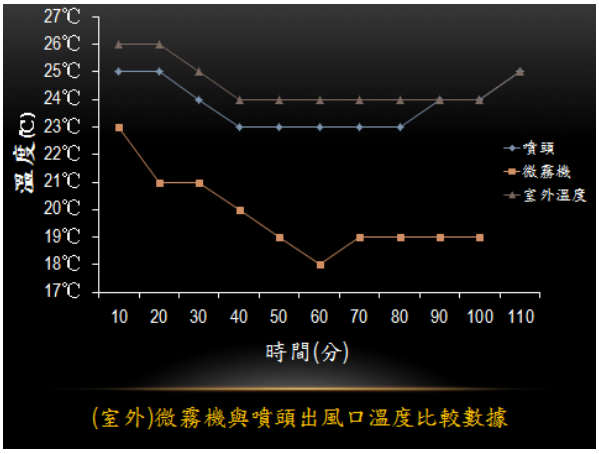


圖 19、(室外)微霧機與噴頭出風口溫度比較數據

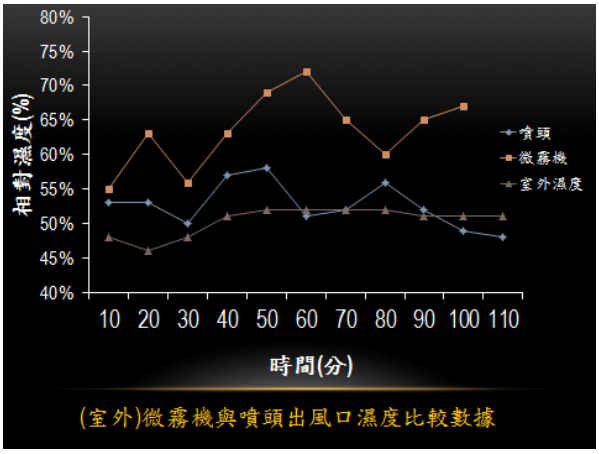


圖 20、(室外)微霧機與噴頭出風口濕度比較數據

致冷晶片效率不如預期的好，所以將不再使用，之後將以沉水馬達與噴頭取代之，再做比較。

沉水馬達與噴頭跟微霧機比較後，效果也不如微霧機。

超音波微霧機能使溫度下降 4-5℃，有保留的空間之後將以微霧機為主，增強其效果與範圍。

3-2 溫室內部設備處理與種植結果

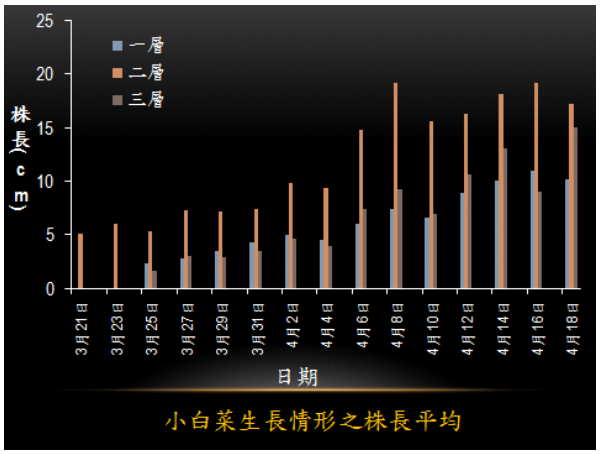


圖 21、小白菜生長株長。

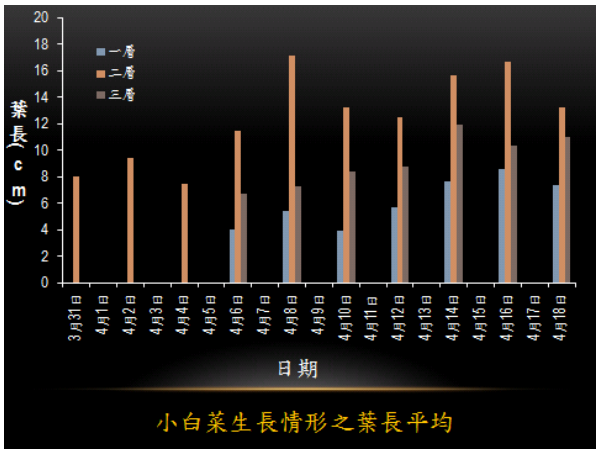


圖 22、小白菜生長葉長。

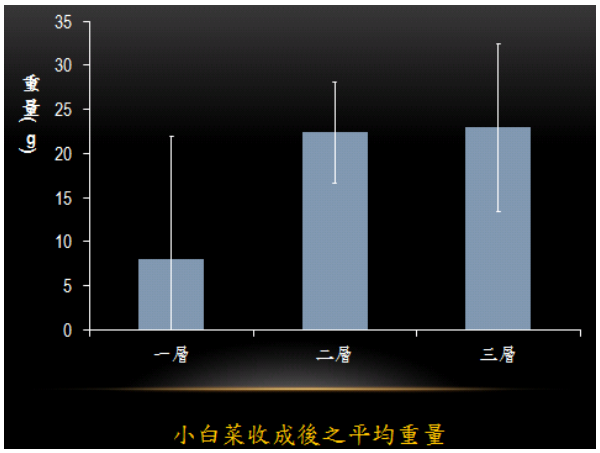


圖 23、小白菜收成平均重量。

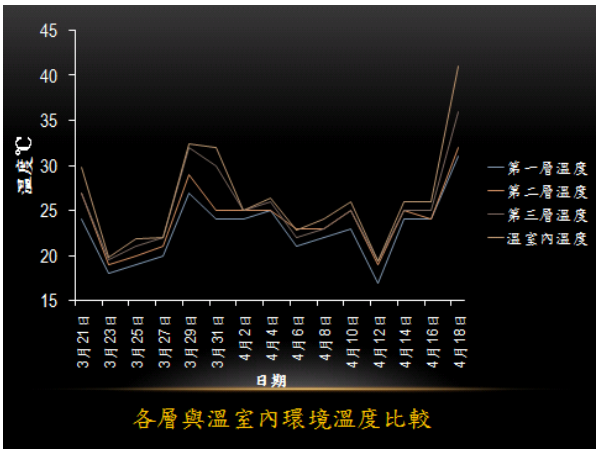


圖 24、各層與溫室內環境溫度比較

經過 LSD 檢定結果在 95%信賴區間之下，第一層溫度與溫室內溫度之間是有顯著性差異(P<0.05)。最大溫差 10℃，最小溫差 1℃。

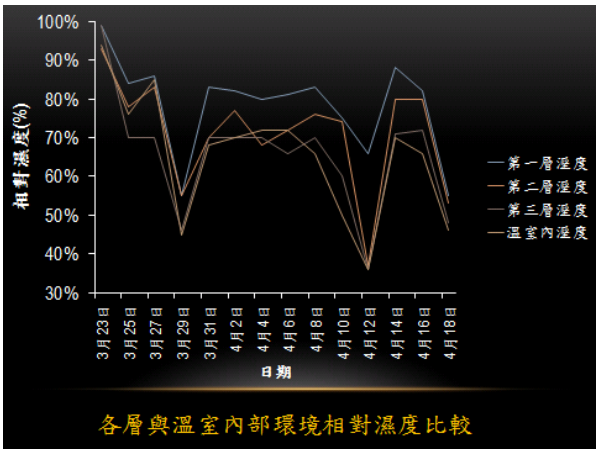


圖 25、各層與溫室內環境相對濕度比較

經過 LSD 檢定結果在 95%信賴區間之下，第一層與第三層以及第一層與溫室內之間的濕度是有顯著性差異，第一層與溫室環境濕度差異性最大(P<0.05)。最大濕度差 30%，最小濕度差 1%。

四、結論

本專題在實驗階段一開始以風扇加微霧機與風扇加致冷晶片做比較，但致冷晶片效率不如預期的好，所以將不再使用，之後將以沉水馬達與噴頭取代之，再做比較，沉水馬達與噴頭跟風扇加微霧機做比較後，效果也不如微霧機，超音波微霧機搭配風扇能使溫度下降 4-5℃，有保留的空間，之後將以微霧機為主，增強其效果與範圍。

研究所種植的農作物為小白菜，因小白菜需保持土壤的濕潤以及土壤的排水良好，且光照也需良好，但最後小白菜的生長狀況因為光照的差異，所以收成後的大小及重量有些許差異。

本專題是利用正壓溫控的概念來進行溫室的環境控制，不過因為設備的關係容易受到外界氣溫的

干擾，實驗只能夠做到特定區域的環境調節，無法做到整個溫室的環境控制，但天氣越熱的時候降溫的效果越明顯，最多可以降至 10℃。

五、致謝

本專題製作實驗，首先要感謝洪辰雄老師在這學期以來的指導，感謝他在專題寫作期間的細心教誨與指導，在專題製作中遇到一些問題指導老師很認真並且很有耐心的與組員多次討論才能順利將專題完成。

最後感謝研究室的黃繽輝學長在繁忙的課業與生活當中願意抽空對我們在專題中構思不足的地方進行指導，在黃繽輝學長的建議與指導令我們的專題更加完善。

六、參考文獻

[1]方煒。2012 年，台灣植物工廠發展現況與展望。

[2]方煒。2000 年，溫室建築的一般需求與台灣適用的溫室系統設計。

[3]方煒。2002 年，設施栽培之降溫方法。

[4]方煒。2000 年，正壓式降溫系統—涼/冷風機的研發。

[5]方煒。溫室環控總論。

[6]方煒。1998 年，溫室降溫方法。種苗生產自動化技術通訊第三期第 98004 號。財團法人農業機械化研究發展中心。

[7]陳加忠。2000 年，溫室環控系統，頁次:頁 24-30。

Construction of Greenhouse Environmental Control System

Author: LI,JIAN-XIN， HUANG,JHEN-YU，CHEN,CHAO-YI

Advisor: HUNG,CHEN-HSIUNG

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This experiment is a consultation of Positive Pressure cycle system. The ultrasonic transducer using fog producer with fan which let the temperature cool down in order to provide the best circumstance to let the plant grow.

Fog producer using the ultrasonic transducer can make the temperature cool down 2 to 5 degrees in the greenhouse and adjust the temperature and humidity of the circumstance which practicing under a consultation of common greenhouse facilities. The ultrasonic transducer using fog producer with fan tests indoor can achieve the desired effect. About testing in the outdoor greenhouse, we use some Brassica rapa chinensis for experiment. We divide a formwork into three layers. The bottom one is to place fog producer with fan. The middle is to use Positive Pressure to let the outside wind into the greenhouse. The top is put nothing as a comparison group. We divide the formwork into three layers to discuss about the effect of humidity, temperature and light to the plant and the good conditions for the plant.

可程式升降貨梯控制與應用

學生姓名：楊翔宇、施憬翰、曾贊融
指導老師：李經緯、鄭國明

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題應用可程式控制器在升降貨梯控制，並以Cx-One4.0軟體撰寫歐母龍(OMRON)控制器程式進行控制，以符合升降貨梯之程序邏輯的準確性，經此專題訓練增強自我實務能力。

本次專題主要是在可程式升降貨梯的控制，是先利用AC交流減速馬達當作升降的功能，然後利用常閉極限開關當作樓層已到達的停止開關，符合樓層升降的功能。

關鍵字：升降貨梯、可程式控制

一、引言

十九世紀前各國都有以轆轤等工具垂直運送人和貨物，升降機是十九世紀後蒸汽機發明之後才有的現代化產物，1845年，第一部液壓升降機誕生，當時使用的液體為水，1853年，美國人艾利莎·奧的斯（Elisha Otis）發明自動安全裝置，提高鋼纜曳引升降機的安全，1857年3月23日，美國紐約一家樓高五層的商店安裝了首部使用奧的斯安全裝置的客運升降機，自此以後，升降機的使用得到了廣泛的接受和高速的發展，最初的升降機是由蒸汽機推動的，因此安置的大廈必須裝有鍋爐房，1880年，德國人西門子發明使用電力的升降機，從此名副其實的「升降機」正式出現。[1]

在工廠中需要具有高負載與高機動性的上下運送工具，此時就會使用升降貨梯來作業，升降貨梯是一種多用途的高空作業機械，其功能是將貨物或是使用器材的平台送到指定高度進行空中作業的特種工程設備。

本PLC於升降貨梯上結構應用，可程式控制：PLC(Programmable Logic Controller)是很實用的控制裝置，它具備有邏輯運算、順序、計時、計數跟數學演算的等功能的數位式電子裝置。

二、目的

本次專題我們利用PLC、AC交流減速馬達、常閉極限開關以及簡單的配線原理，以模擬真實升降貨梯的控制操作，讓升降貨梯可以運用PLC作控制，以後希望可以利用PLC的可控制性，結合其他自動化機械，達到自動化倉儲、自動化工廠的目標，其也可以了解到升降貨梯的作動原理並進一步去改進與研究。

三、材料與設備

3.1 材料(表1)：

本次專題我們有利用到一些材料(如表1)。

表1

1.電容*1
2.繼電器*2
3.木櫃*1
4.ㄇ型鋁料*1
5.紙盒
6.木條
7.風箏線
8.銅芯線

3.2 OMRON可程式控制器主體：

OMRON可程式控制器(如圖1)，是由電源供應器(如表2)、CJ2M CPU模組(如表3)、基本I/O模組(如表4)組合而成。



圖1 OMRON可程式控制器主體

表 2 電源供應器[2]

產品名稱	電源供應電壓	機型
AC 電源供應組	100~240 VAC	CJ1W-PA202

表 3 CJ2M CPU 模組[2]

規格			型號
程式容量	資料記憶體容量	LD 指令之處理速度	
10K steps	64Kwords (DM：32Kworks, EM:32K words X1 bamk)	0.04μm	CJ2M-CPU12

表 4 基本 I/O 模組[2]

種類	模組名稱	規格	型號
輸出模組	電晶體輸出模組	DC12~24V 0.5A 輸出 16 點可步型、端子台	CJ1W-OC211

種類	模組名稱	規格	型號
輸入模組	DC 輸出模組	DC24V 4.1mA 輸入 32 點 MIL 連接器型	CJ1W-ID232

3.3 AC 交流減速馬達：

馬達的旋轉原理的依據為佛來明左手定則或是右手開掌定則，電流進入線圈產生磁場，利用電流的磁效應，使電磁鐵在固定的磁鐵內連續轉動的裝置，可以將電能轉換成動能，與永久磁鐵或由另一組線圈所產生的磁場互相作用產生動力。[4]

交流減速馬達是定子繞組線圈通上交流電，產生旋轉磁場，旋轉磁場吸引轉子一起作旋轉運動，而交流減速馬達在配線時要注意正負轉的方向。[4]

我們使用的馬達是 AC 交流減速馬達(如圖 2)，廠牌是東立電機，型號為 4IK25A-A(如表 5、表 6)。



圖 2 AC 交流減速馬達實物圖

表 5 型號解說[3]

4	IK	25	A	A
裝置尺寸 80mm	連續運轉	馬力 25W	圓形軸	單相 AC 110V

表 6 馬達規格[3]

極數	絕緣	電流	轉速	轉矩
4P	E	0.64 / 0.50	1300 / 1600	1.99 / 1.52

3.4 常閉極限開關：

機械系統中簡單用來檢測位置的方法就是使用極限開關(LS)，因為極限開關之作動必須由『機械式的外力來迫使『機械式』的接點產生開跟關的動作。故觸動件必須具備足夠得剛性才能使極限開關作動達到檢測的目的。觸動件推動極限開關使其作動的位置並不同於觸動件鬆離極限開關使其變為 OFF 的位置。

我們使用的常閉極限開關(如圖 3)，廠牌是 HIGHLY、型號是 Z15G1704。

特性規格：
動作所需最大壓力度(OF)： 160g
最小回復壓力度(RF)： 42g
至動作為止的最大距離(PT)： 2.7mm
動作後可移動的最小距離(OT)： 2.4mm
最大距差(MD)： 0.5mm
最大自由位置(FP)： 32.5mm
動作位置(OP)： 30.2±0.4mm



圖 3 Z15G1704 極限開關

四、研究方法與內容

4.1 本次專題研究流程圖如圖 4 所示：

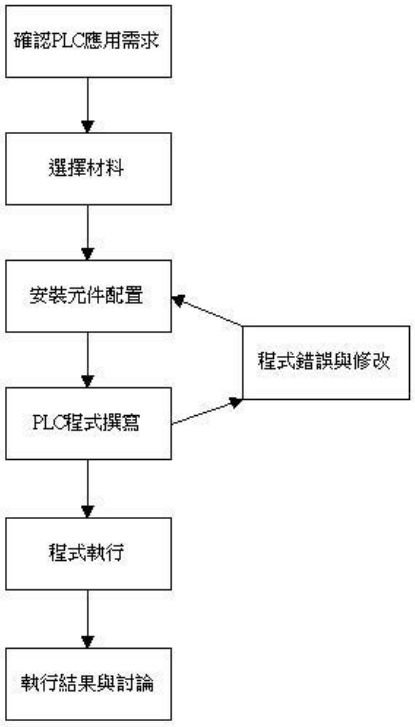


圖 4 研究流程圖

4.2 設計理念：

首先利用程式讓 AC 交流減速馬達可以正逆轉，這樣就可以上升貨梯或是下降貨梯，然後在利用常閉極限開關當樓層的停止開關，當貨梯碰觸到常閉極限開關後馬達會停止轉動，最後利用這些原理再加上程式的書寫以及按鈕的搭配，就可以模擬出真實可程式升降貨梯的控制與操作。

4.3 模擬貨梯的研製：

首先利用木製櫃子當作主體，然後將中間隔板及頂部移除，使木櫃內部呈現中空，然後就可以將冂字型鋁料黏住至木櫃內部當作升降貨梯的軌道，再利用紙盒子當作貨梯，之後綁上風箏線配上 AC 交流減速馬達，這樣就可以達到上升或是下降貨梯的模擬，然後利用常閉極限開關當作樓層到達的停止開關，最後利用木條將架構加以固定，然後再加上簡易的配線，輸入可程式控制的程式，就可以模擬出貨梯的作動。

4.4 模擬貨梯流程圖(如圖 5)：

先啟動 PLC，然後就可以執行按鈕任務，例如按下 1 樓按鈕，程式就會開始執行，先檢查貨梯是否在 1 樓，如果是就代表完成目標就可以在執行其他按鈕任務，如果否就會啟動馬達將貨梯移動到 1 樓，之後就可以在執行其他按鈕任務。

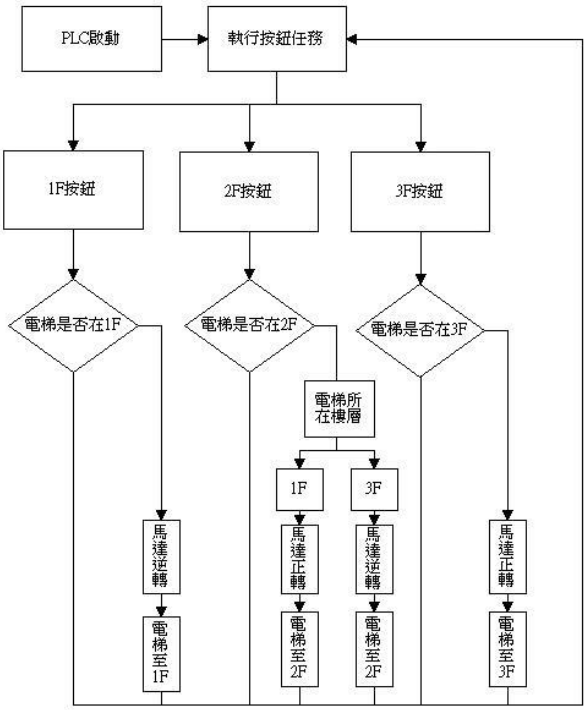


圖 5 模擬貨梯流程圖

4.5 PLC 撰寫：

我們使用 Cx-One4.0 軟體撰寫 PLC，撰寫 PLC 的方式有 SFC、ladder，我們是使用 ladder 的方式，利用模擬貨梯流程圖為標準撰寫程式，在撰寫 PLC 程式時我們有運用到 KEEP 指令、DIFD 下微分指令。

4.5.1 KEEP 指令：

始控制的電驛動作，且保持動作狀態，直到 Reset 信號動作，如圖 6 所示。

SET 輸入與 RESET 輸入同時 ON 時，則以 RESET 優先，即 ESET 輸入 ON 時，SET 輸入無作用。

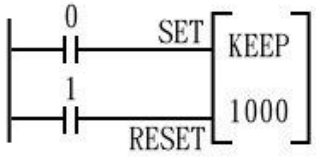


圖 6

```
程式：
LD    00000
LD    00001
KEEP  01000
END
```

4.5.2 DIFD 下微分指令：

當 DIFD 功能動作時將其控制的 Relay 產生一個掃瞄動作，如圖 7、8 所示。

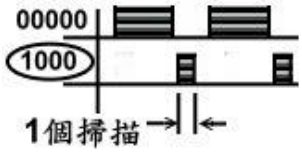


圖 7 DIFD 時序圖

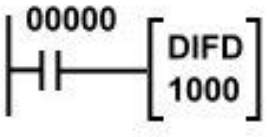


圖 8

4.6 功能測試：

測試 1：設定 1 樓、3 樓按鈕，電梯在 1 樓時按 2 樓按鈕、電梯在 3 樓時按 2 樓按鈕。

測試 2：利用按鈕輸出上升指令、下降指令，然後啟動及關閉驅動馬達。

測試 3：按鈕使馬達驅動貨梯上升、下降控制訊號，然後控制訊號在使貨梯上升、下降輸出訊號。

測試 4：為了不讓貨梯會有應同時按下門口按鈕後，馬達出現正逆轉的問題，所以要加入互鎖電路，當一個輸出訊號出來後，需其他訊號都已成立，才能在輸出其他訊號。

五、結果與討論

5.1 模擬貨梯的研製結果與討論：

極限開關的選擇，一開始我們是選用型號：Z-15GQ22-B 的極限開關(如圖 8)，起初是以為可以讓貨梯更順暢、更容易的觸發，但是發現此極限開關阻力太大，達不到我們的預期，之後選用型號：Z15G1704 的極限開關，然後將要觸發的點做成圓弧形，就解決了這個問題，這就是我們選擇此極限開關的重要因素。



圖 8 Z-15GQ22-B 極限開關

5.2 功能測試結果與討論：

測試 1：利用 A 接點、B 接點啟動門口按鈕，然後利用自保回路持續輸出。(如圖 9)

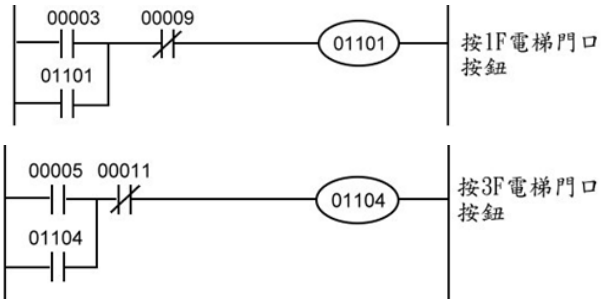


圖 9

測試 2：利用上升指令或是下降指令啟動馬達，再利用 KEEP 指令讓馬達持續輸出，直到到達所要樓層。(如圖 10)

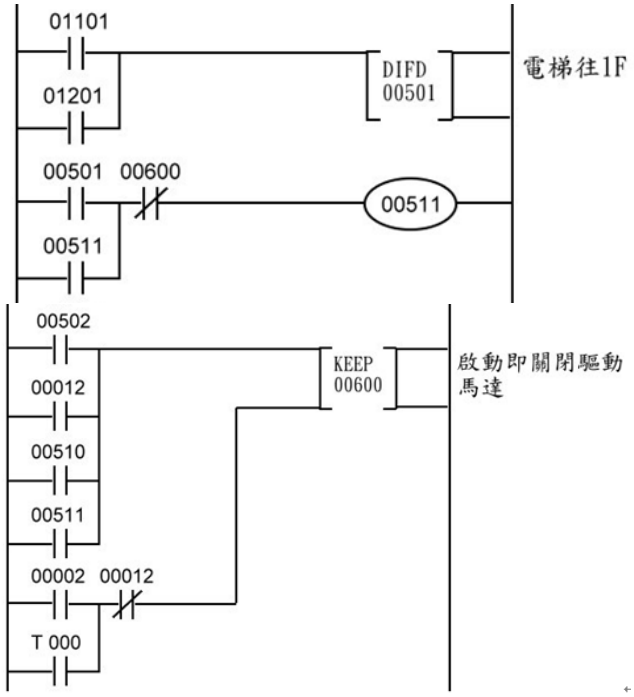


圖 10

測試 3：利用門口按鈕輸出訊號，直接輸出給馬達驅動貨梯下降或是上升之控制訊號，最後輸出貨梯下降或是上升訊號。(如圖 11)

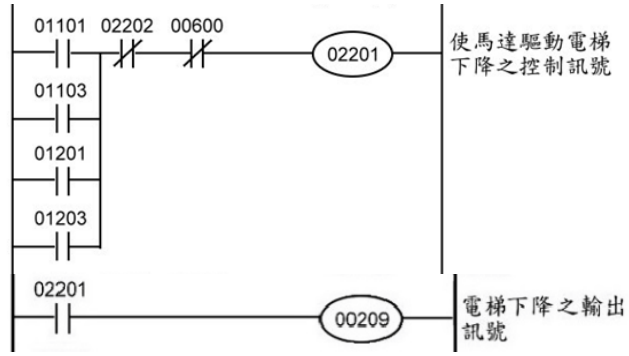


圖 11

測試 4：貨梯於 1 樓時按 2 樓門口按鈕，因為貨梯由 1F 往上升所以會 KEEP00801，這樣上升至 2 樓的訊號就成立，同理如果要執行其他訊號，也要等到其他訊號都成立才可以在輸出。(如圖 12)

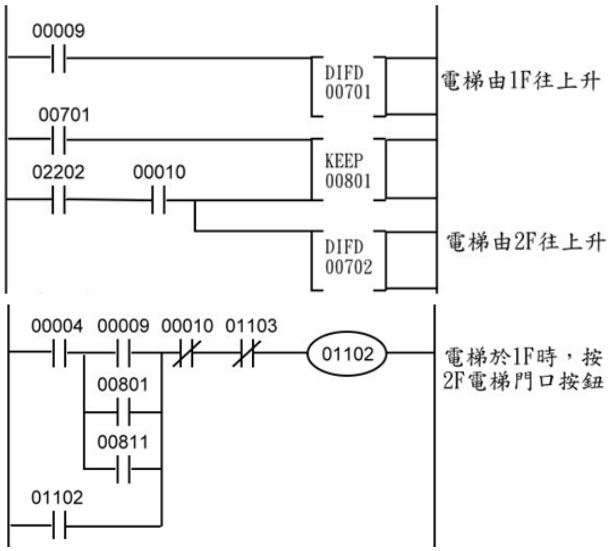


圖 12

5.3 模擬貨梯作動流程結果與討論:

(1)按下 1F 按鈕後，如果貨梯不在 1F 則就會依照輸入的程式將貨梯從 2F 或是 3F 下降至 1F。(如圖 13、如圖 14)



圖 13 1F 作動圖



圖 14 1F 作動圖

(2)按下 2F 按鈕後，如果貨梯不在 2F 則就會依照輸入的程式將貨梯從 3F 下降至 2F 或是從 1F 上升至 2F。(如圖 15、如圖 16)



圖 15 2F 作動圖



圖 16 2F 作動圖

(3)按下 3F 按鈕後，如果貨梯不在 3F 則就會依照輸入的程式將貨梯從 1F 或是 2F 上升至 3F。(如圖 17、如圖 18)

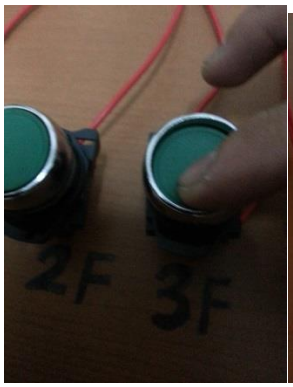


圖 17 3F 作動圖



圖 18 3F 作動圖

六、結論

1.

可以加入人機介面的話，就可以不用外接按鈕直接使用人機介面上的按鈕即可，然後可以再利用人機介面更清楚的了解機器的作動、溫度或是耗能等，讓使用者能夠方便有效率地去操作機器以達成雙向之互動。

2.

未來希望透過可程式控制的可控制性，可以將可程式升降貨梯控制，結合其他自動化的機械，例如搭配輸送帶以及機械手臂達到自動化倉儲或是將物品送到生產線，以達到自動化工廠的理念。

七、致謝

本次專題能夠順利完成，首先要感謝鄭國明老師，指導我們可程式控制的基本組成結構及作動原理、程式撰寫方式，讓我們可以順利寫出程式，再來感謝李經緯老師，指導我們報告錯誤的地方，讓我們可以清楚了解報告的架構並加以改進，也要感謝學校給我這次做專題報告的機會，讓我們在這段製作專題報告的時間裡充分的了解到分工合作及團結的重要性，每個人都非常努力的想要完成這份專題報告，沒有計較誰做的多誰作的少，然後更深入了解可程式控制，實在受益良多。

八、參考文獻

1.維基百科-升降機
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%87%E9%99%8D%E6%9C%BA
2.台灣歐姆龍
https://www.omron.com.tw/index.asp
3.東立電機股份有限公司
http://www.tunglee.com.tw/big5/index.html
4.維基百科-馬達
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E5%8A%A8%E6%9C%BA5.
5.海立電器股份有限公司
http://www.highlyelec.com.tw/index.php

Programmable cargo lifter control and application

Student name：Chingghan Shih, Hsiangyu Yang, Zanrong Zeng
Teacher name：Kwokming Cheng, Chingwei Lee

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract
Use the programmable control system with cargo lifter, is able to have the accuracy of controlling and then with the automation of the programmable. System could be combined with other systems, such as：Convey and variant of to reach the automation factory.
Focusing of the programmable control system, first of all, use AC gear motor for lifting up and down, then use closed limit switch for the stop switch of each floor.
Finally, we can control and use the cargo lifter to go to each floor.
Key point： Cargo lifter, Programmable system

附錄(1)階梯圖(傳統電路)：

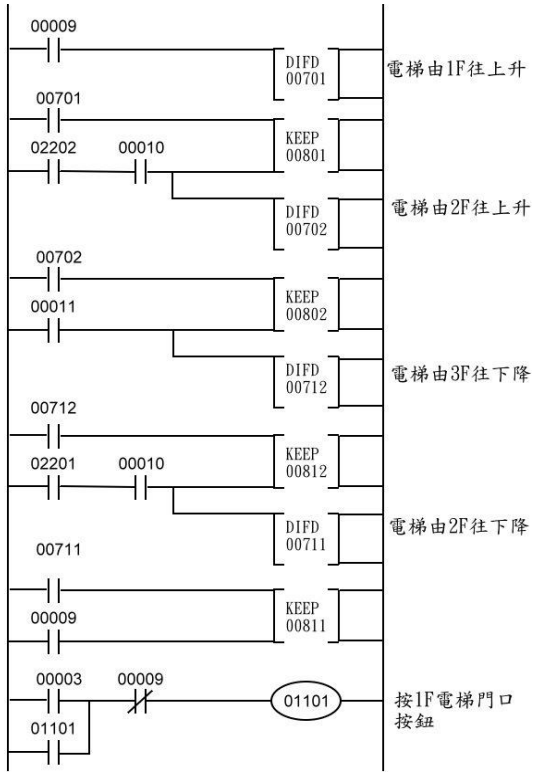


圖 19 階梯圖 1(傳統電路)

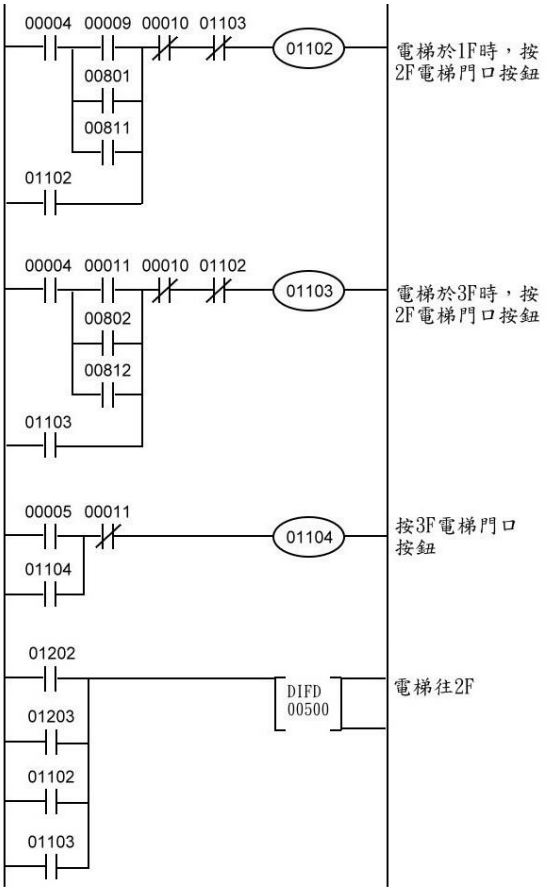


圖 20 階梯圖 2(傳統電路)

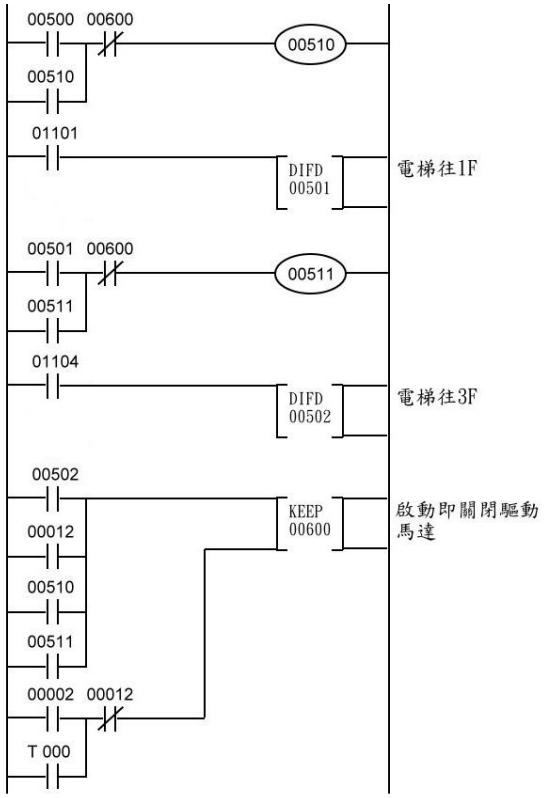


圖 21 階梯圖 3(傳統電路)

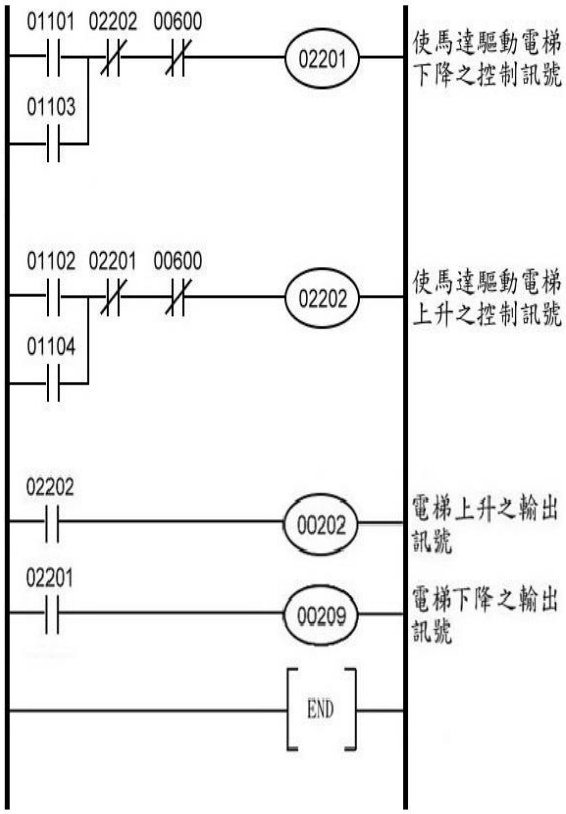


圖 22 階梯圖 4(傳統電路)

附錄(2)順序控制(流程圖)：

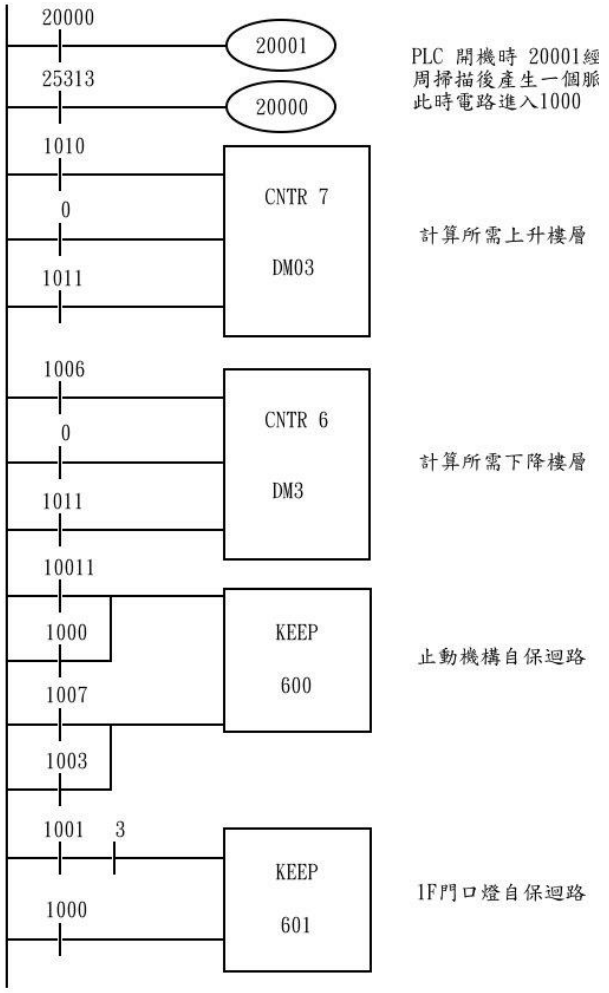


圖 23 順序控制 1(流程圖)

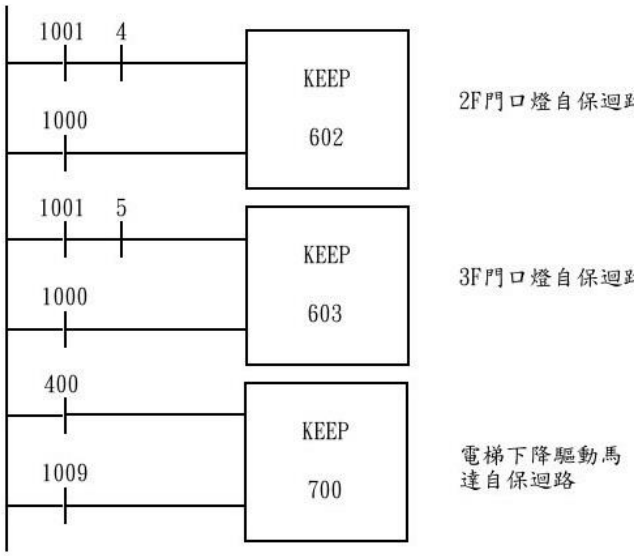


圖 24 順序控制 2(流程圖)

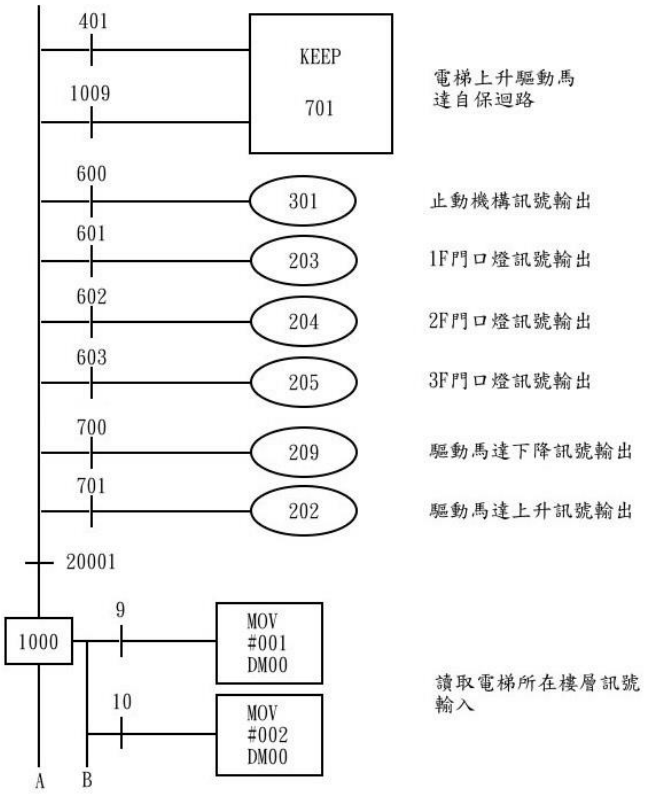


圖 25 順序控制 3(流程圖)

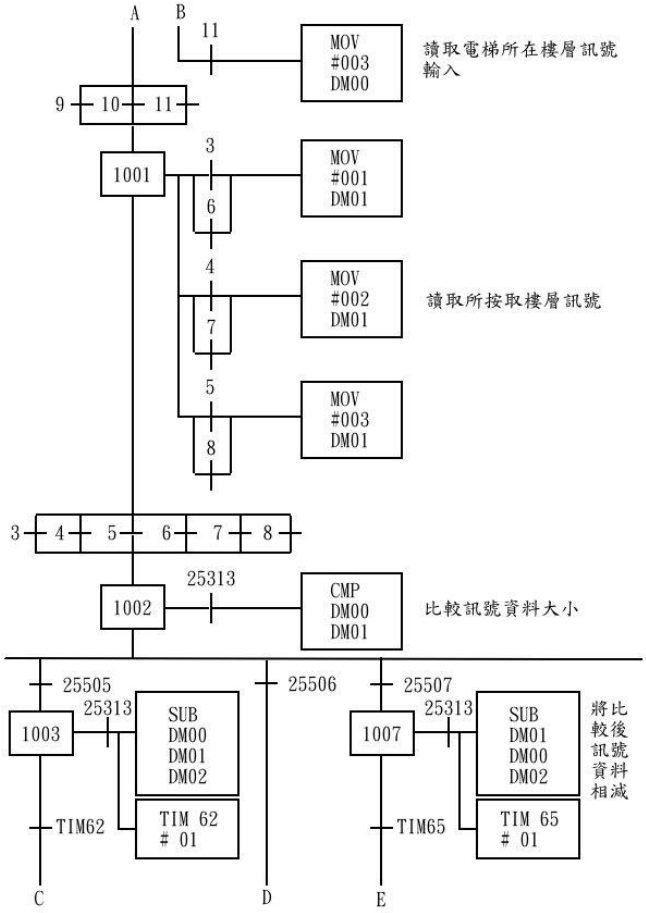


圖 26 順序控制 4(流程圖)

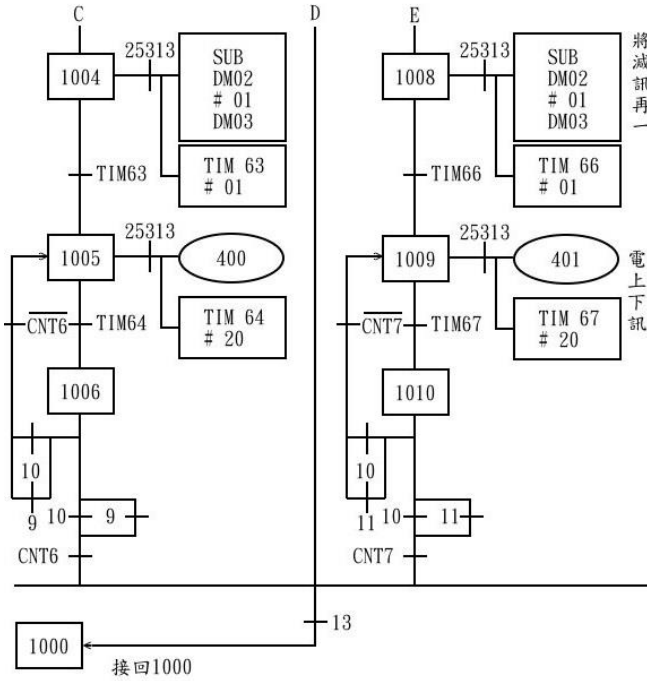


圖 27 順序控制 5(流程圖)：

附錄(3)順序控制(階梯圖)：

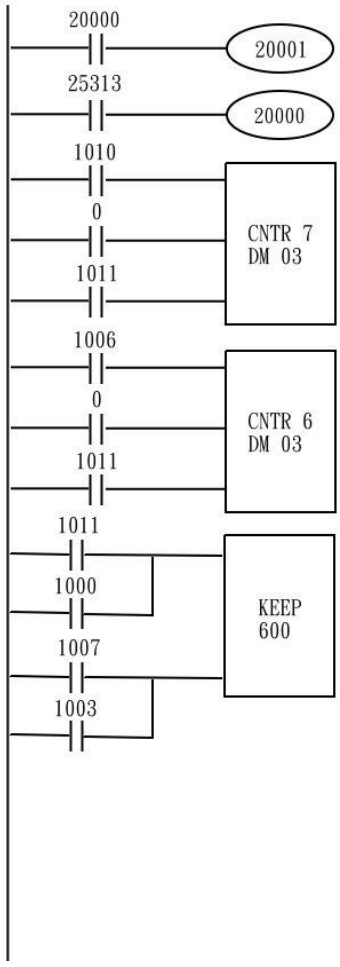


圖 28 順序控制 6(階梯圖)

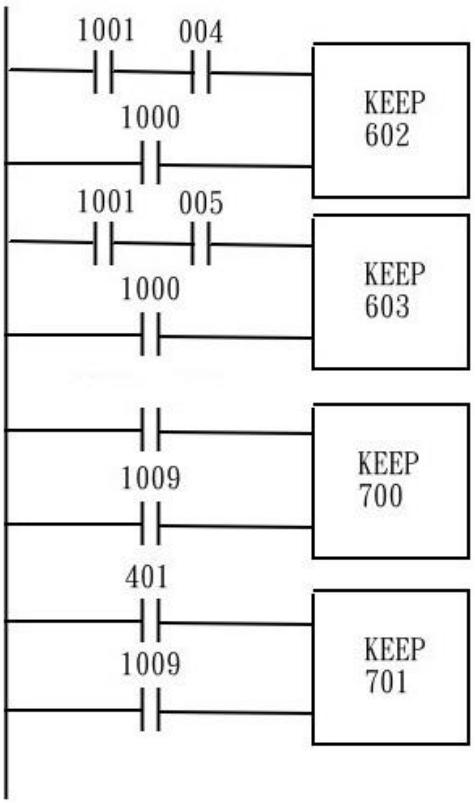


圖 29 順序控制 7(階梯圖)

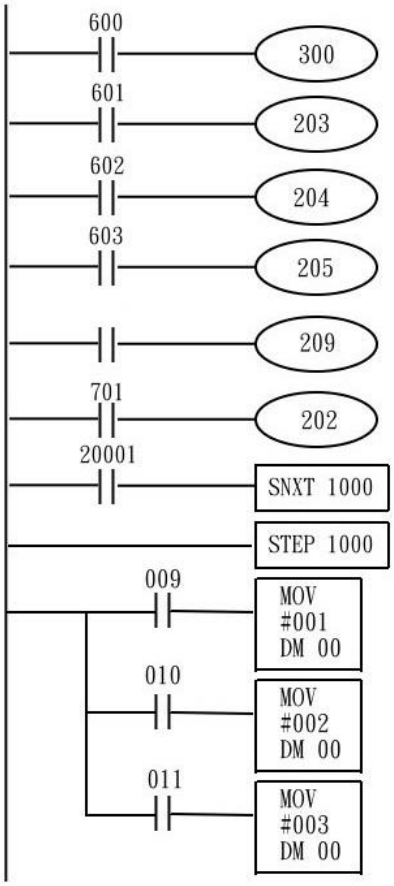


圖 30 順序控制 8(階梯圖)

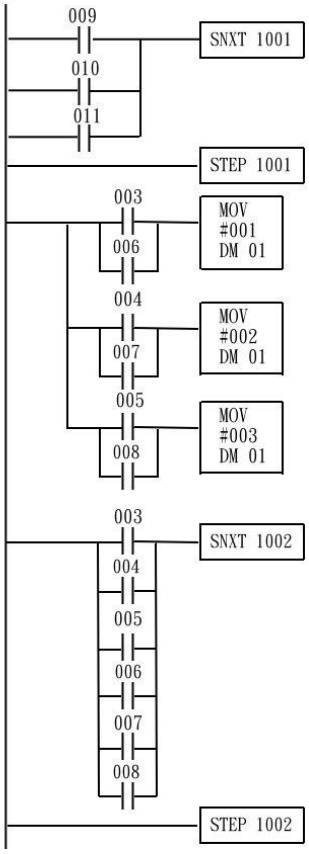


圖 31 順序控制 9(階梯圖)

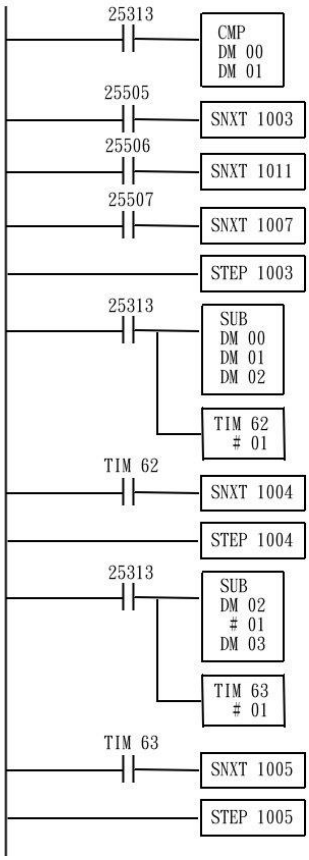


圖 32 順序控制 10(階梯圖)

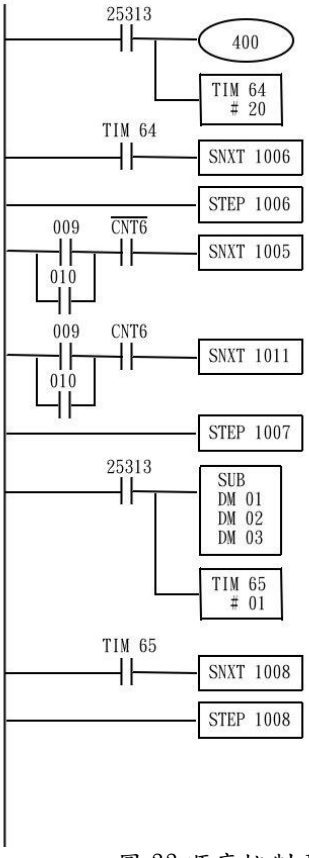


圖 33 順序控制 11(階梯圖)

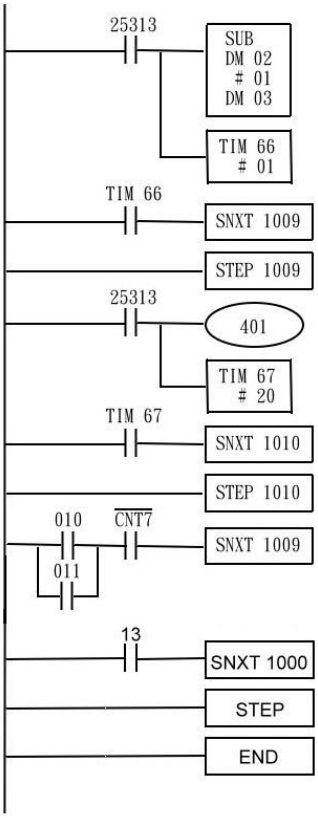


圖 34 順序控制 12(階梯圖)

油冷系統應用於電腦散熱裝置

學生:招有倫、張仁俊、蕭志忠
指導老師:吳瑋特 副教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

本專題啟發來自過去對電腦硬體的研究，散熱系統一直是超頻玩家所著墨的一個關鍵，通常散熱系統會以散熱風扇設計，轉速更高的風扇，散熱鰭片的設計等等的領域，但讓本人有興趣的卻不是這些事項，而是礦物油冷卻系統，它並沒有像前述幾項項目有許多文獻可以參考，所以是一個很有挑戰的研究項目，所以我們之後有很多挑戰也花了不少錢，但我相信，當之後的人翻起油冷系統的文章時,有我們這個"失敗的案例"時，他們能有所改良，使油冷系統有一天可以搬上檯面。

一、 引言

電腦大部分須面對以下多個問題，例如灰塵日積月累導致效能下坡的問題、散熱不佳導致熱當機的問題、電路板及電子元件氧化問題，我們組員想到的方案是把電腦放進礦物油裡，並且完全密封，可以同時滿足上訴問題，同時亦是一種相對其他方式較為便宜的方案。

文獻回顧

提到電腦散熱大多數的文獻都是著墨於散熱風扇的葉片,或是散熱鰭片的設計,沒有油冷電腦的相關文獻。

例如：百葉窗型鰭片之氣流模擬及電腦散熱之應用國立臺北科技大學／研究生:許博鈞

大多數的電子元件是使用強制空氣冷卻，因此在不改變風扇的情況下，散熱片形狀就具有絕對性的影響。本論文以百葉窗型鰭片應用於 CPU 散熱器上為研究對象，鰭片包含垂直型與水平型百葉窗鰭片。討論鰭片上熱傳導與鰭片間流體流動行為，利用數值分析方法探討三維百葉窗型鰭片用於電腦散熱之熱流現象，

例如：智慧型電腦散熱風扇控制系統淡江大學／研究生:高家聲

本篇論文主要是運用 CPLD (Complex Programmable LogicDevice)單晶片來實現所設計的模糊控制器,可以隨時偵測到所設計系統的溫度和輸出電壓變化情形，經由模糊控制晶片上的模糊化、規則庫、推論引擎以及解模糊化等模組執行模糊運算，產生所需的脈波寬度調變(Pulse Width Modulation, PWM)訊號，來驅動直流風扇馬達的轉速以因應不同的溫度環境，達成散熱之目的。

二、 研究內容與方法

將實驗用電腦組裝完畢,並測試所有的正常使用情況。

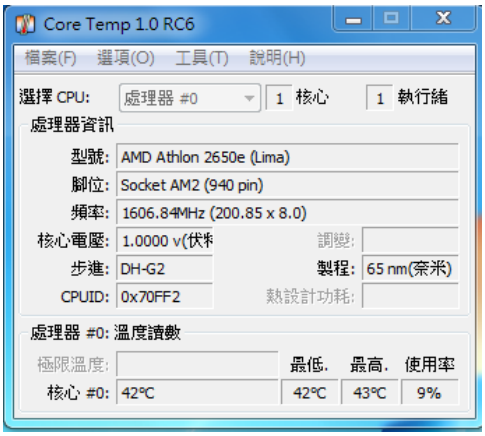
例如：常溫下待機狀態、常溫下工作狀態、低溫下待機狀態、低溫下工作狀態。

取得一個正常工作下的溫度分布圖，便可以取的實驗對照組。

將實驗用電腦組裝完畢，並放入壓克力盒中浸入礦物油，並測試下述狀況。

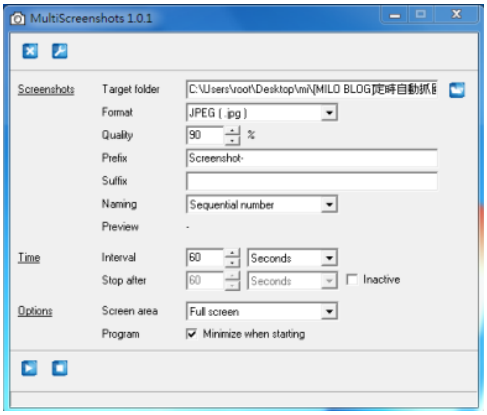
例如：循環系統沒有運作時的待機溫度、循環系統沒有運作時的工作溫度、循環系統運作時的待機溫度、循環系統運作時的工作溫度。取得實驗組。

使用軟體



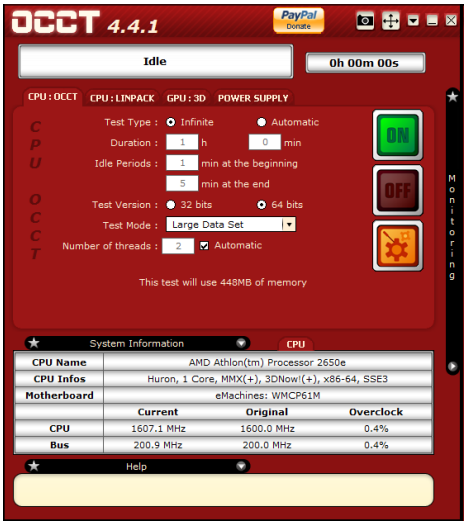
Core Temp 用途在於抓取一段時間 CPU 工作的溫度範圍。

圖 1



MultiScreenshots 用途在於定時的拍攝圖片並儲存檔案。

圖 2



OCCT 用途是讓 CPU 維持在最高的工作效率。

圖 3

三、 試驗設備與材料

使用軟體:Solidwork、Core Temp、OCCTPT、MultiScreenshots

Solidwork 是一款可以繪製 2D 與 3D 的軟體，然而大部分都是在零件環境下繪製 3D 模型，而我們使用它來繪製主機外殼。

Core Temp 是一款 CPU 溫度監控軟體，它並非透過外部的溫度感控線去量測 CPU 的溫度，而是藉由新一代 CPU 內的特殊監控指令，直接由 CPU 來回報目前的溫度。也因此， Core Temp 只可以在一些支援此一功能的新型 CPU 上運作。

OCCT，其全稱為英文 OverClock CheckingTool，是一款專門測試電腦負載能力及穩定性的程式，它使中央處理器進行繁重的運算，來檢測電腦的中央處理器、記憶體、電源等設備的穩定性。

MultiScreenshots 他可以在指定時間內自動幫電腦螢幕拍下當時的使用畫面。拍照時不管是全螢幕或指定範圍的畫面都可以，最短的抓圖時間間隔為 10 秒，至少每 10 秒會拍攝一次螢幕畫面並自動存成 JPEG 或 BMP 等格式的圖檔，並可自訂圖檔名稱與命名方式。

使用工具

1. 雷射雕刻機型號：LaserproMercury II



圖 4

2. 尖嘴鉗 斜口鉗 剝線鉗



圖 5

3. 電烙鐵 焊錫



圖 6

4. 水管束緊環



圖 7

5. 起子



圖 8

使用材料:

表 1 材料一

	材料名稱	規格/用途
1.	壓克力	30cm*30cm*0.3cm
2.	機油	散熱、防氧化
3.	水冷排	散熱
4.	電腦	主要測量機具
5.	水管	導水
6.	沉水馬達	抽油、抽水
7.	魚缸	裝水

水冷排:

水冷裝置來散熱的話，水冷散熱排是最主要的熱量交換器。



水冷排

圖 9



沉水馬達 RIO 800 在我們的設計中為循環水冷的馬達

圖 10

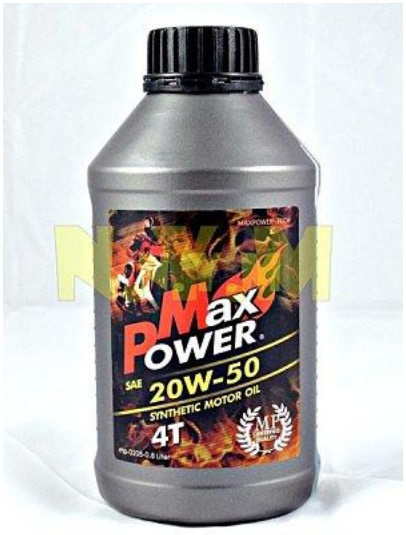


(c) charm

沉水馬達 RIO 2100 在我們的設計中為循環油冷馬達

圖 11

機油

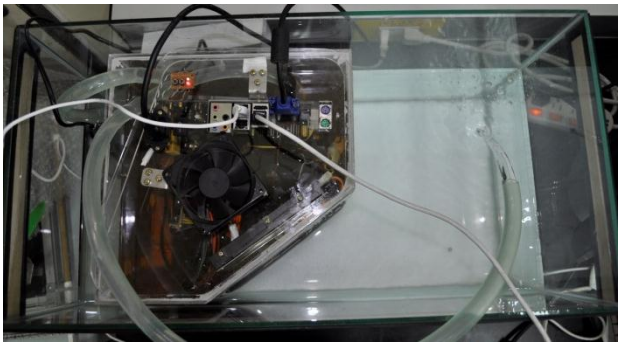


20W-50 機油

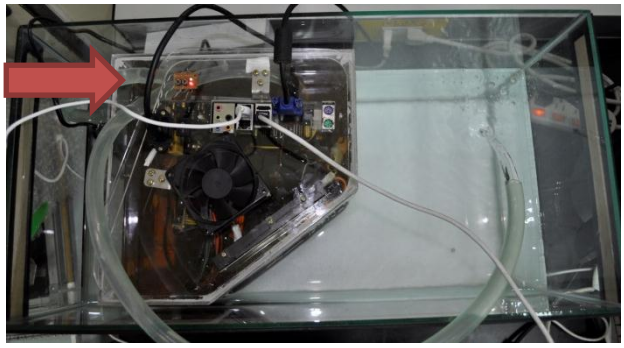
我們採用 Max power 20w50 原動力機油

圖 12

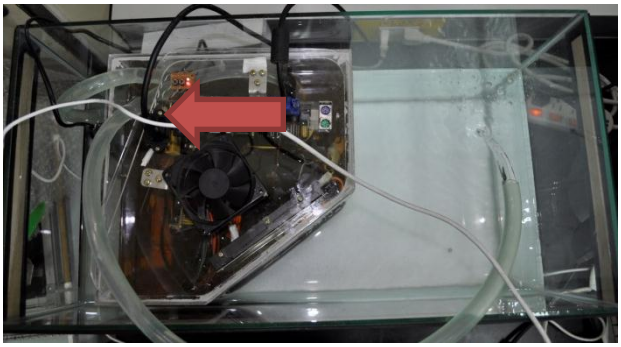
四、 成品圖



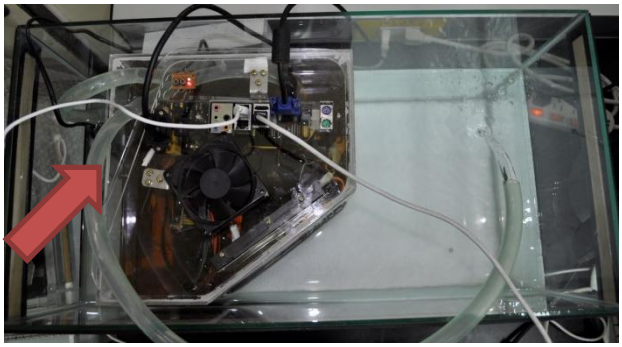
魚缸內部放置自製的壓克力盒，壓克力盒內放置電腦並倒入礦物油。



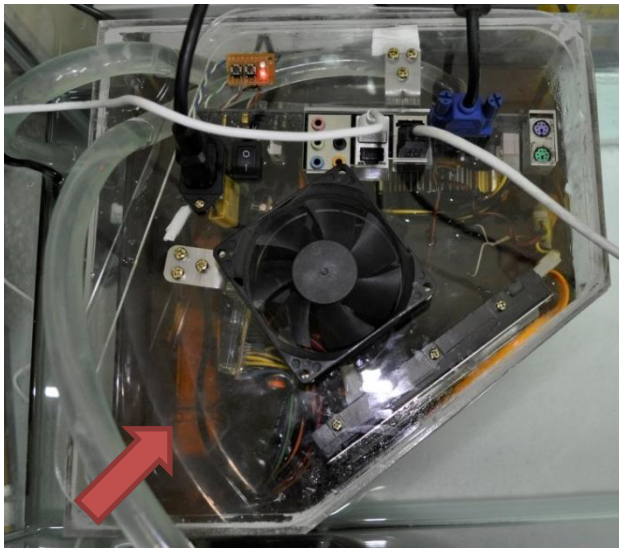
水管入口位置



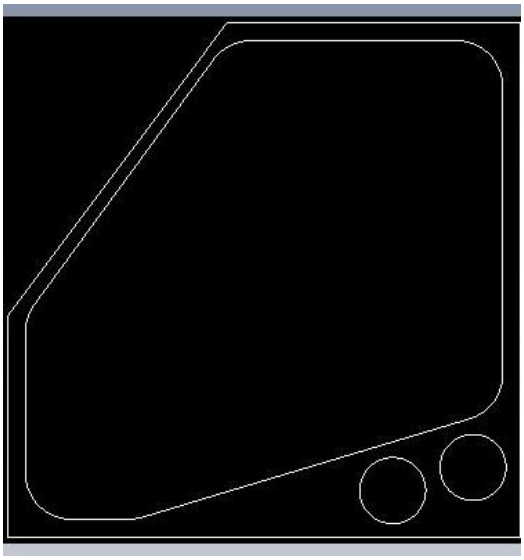
水管出口位置



沉水馬達位置



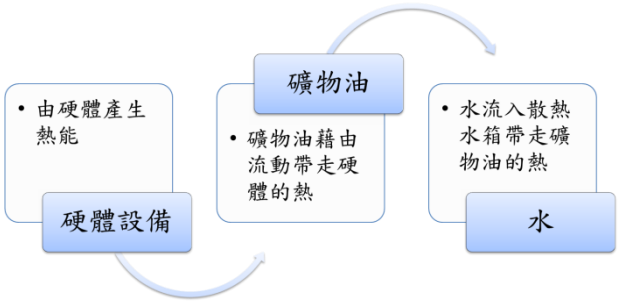
水冷排位置



上蓋

上蓋右下的兩個圓孔通過水管使水進出。

圖 13



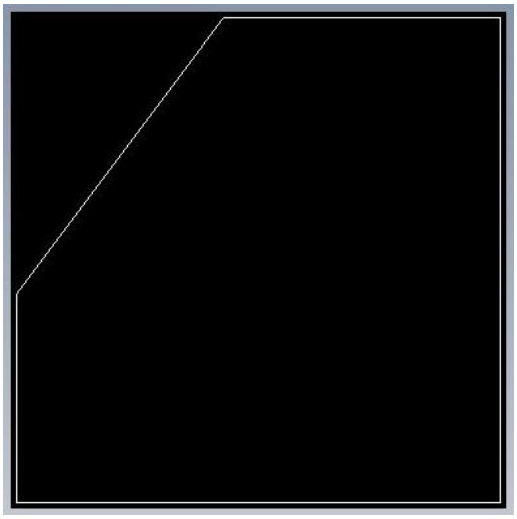
散熱流程

由硬體設備產生熱能

礦物油藉由流動帶走硬體熱

水流入水冷排帶走礦物油的熱

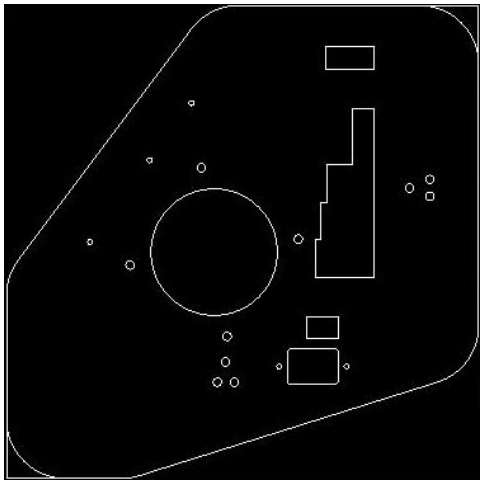
五、 模型架構



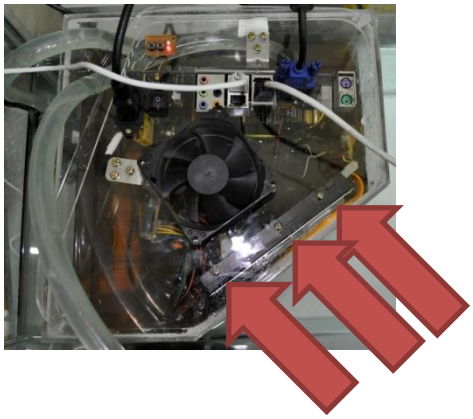
底蓋

配合上蓋的底蓋

圖 14



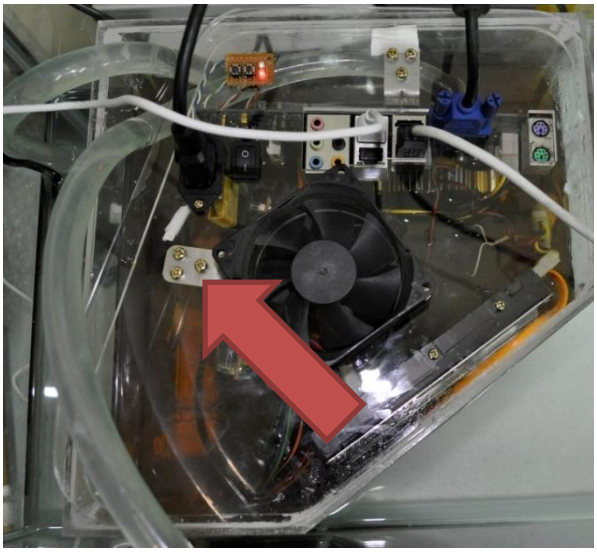
上蓋的設計最為複雜



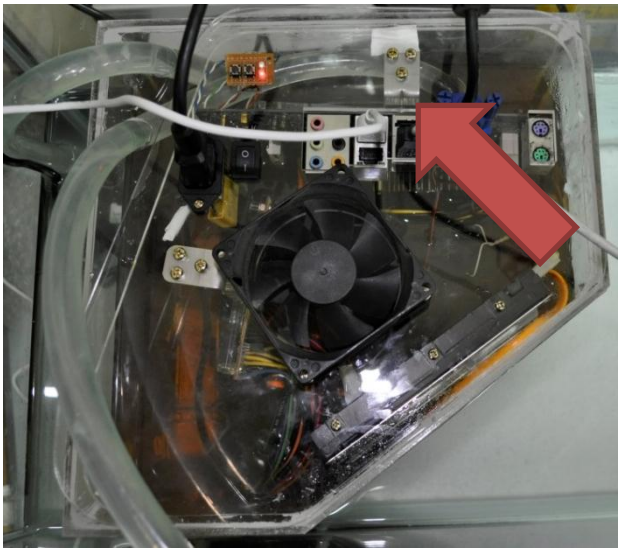
右上三個排列成直線的是硬碟鑽口

中間大的圓形與四顆小顆圓形為風扇鑽口

下方三個三角形排列的鑽口為電源供應器鑽口

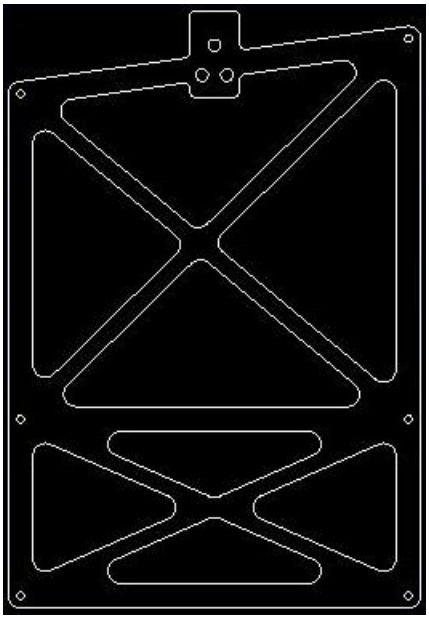


電源旁的鑽口為插頭插座與電源開關的鑽口



其他皆為主機板鑽口

圖 15



主機被板

主機背板的螺栓鑽口皆為配合主機設計

圖 16



電源供應器

電源供應器背板的螺栓鑽口皆為配合電路板設計

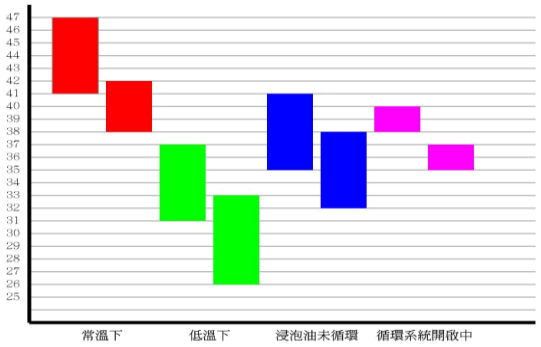
右側為風扇鑽口

圖 17

六、 實驗數據分析

表 2 實驗數據

	最大值(℃)	最小值(℃)
常溫下工作	47	41
常溫下待機	42	38
低溫(空調 16℃)工作	37	31
低溫(空調 16℃)待機	33	26
倒入機油工作	41	35
倒入機油待機	38	32
循環系統開機工作	40	38
循環系統開機待機	37	35



實驗數據分布圖

圖 18

七、 結果與討論

"油冷系統"

最初的的設計本身是只打算把電腦 CPU 上的風扇替更為自製水冷系統，但因缺乏原創性，所以我們絞盡腦汁想出一些特別的方式去執行，其中一種就是油冷系統，把主機板泡在某種液體裡做一個簡單的散熱，這是最根本的想法，也是很簡單的想法，就只是把主機板放下去油裡，運用油的阻隔特性，將主機板跟大氣空氣進行阻隔，近一步減少主機板跟大氣中的濕氣進行接觸，進而達到減少氧化的效果，而油也能達到散熱的功能，實驗當中也發現單只有油的時候可以達到大幅的散熱效果，近一步的把整體電腦都放進去之後也是有顯著的效果，一開始決定的想法就只有油體散熱，但後續又加入新的想法。

"水冷系統"

我們加入水冷排浸至電腦的油體中，散熱油體溫度，經實驗之後我們發現，水冷系統更加近一步的帶走更多熱量，使電腦達到最大工作量時的溫度得以獲得良好的散熱。

八、 結論

1. 油冷系統是有效果的冷卻系統，但是效果不顯著或效果不如期。
2. 油料的選擇盡可能選擇黏度低的油料。

3. 水冷系統提高了散熱效率。
4. 在結構的設計上，因材料上的限制，所以並不能放入太大塊的主機板。
5. 後續放入的抽油沉水馬達，增加的流速有限。
6. 電腦因為預算有限，在預算有限的情況下，我們只能選用不能超頻的主機，如果預算足夠我們就能選用更好的主機進行實驗。

九、 心得與感想

本次的專題製作當中，有許多的東西是我們沒有經歷過的，一開始研究，當遇到困難時，適時的和組員一起討論，並且找尋相關的資料解決問題。

製作過程中考量了許多密封問題，因泡油的機殼我們選用壓克力板，以手製的方式製程機殼，當中發現每種密封膠的特性都不依。我們使用廢棄魚缸當作水容器進而加入循環水冷系統，考量到節省能源的方向，也得以在魚缸裡養殖魚類，增加他的外觀美感。感謝吳偉特教授的協助和各位研究室學長的鼎力幫忙，得以讓我們的實務專題能夠完成。

十、 致謝

本專題感謝指導老師以及學長們的幫助，一同討論專題實驗中的困境，並且提供有效的方法和經驗；也感謝同為專題生的同學，在實驗室裡操作設備上遇到問題時的不吝嗇指教，而在某種機緣下實為難得可貴，誠心感謝你們的幫助使本組的研究有更佳的進展和成效，沒有大家的熱心協助，就不會有今日的成果。

十一、 未來規劃

1. 將油品的部分更換為較稀的油品，且提高內部分風扇的轉速以提高油品循環。
2. 油品容器部分，如果加大，則更可以放入更大的實驗主機或者循環系統。
3. 尋找體積較小且效果較好的散熱器，使冷排體積可以縮小，但散熱效率可以更高。
4. 冷排內部水對流進行改良，使進與排的流速提高。

十二、 參考文獻

〔1〕 冷排圖源
https://s.yimg.com/aw/api/res/1.2/kjYc000KC65bNmTcBqFJMg--/YXBwaWQ9eXR3YXVjdGlvbnNlcnZpY2U7aD0zMjM7cT04NTtyb3RhdGU9YXV0bztzcj0xLjI7c3M9MS4yO3c9NDAw/http://nevec-img.zenfs.com/prod/tw_ec05-7/a575840a-8dde-4357-8078-519bda840557.jpg
〔2〕RIO 800
https://s.yimg.com/aw/api/res/1.2/bzP5C7wbd_RZiC9gnXFcnQ--/YXBwaWQ9eXR3YXVjdGlvbnNlcnZpY2U7aD00MDA7cT04NTtyb3RhdGU9YXV0bztzcj0xLjI7c3M9MS4yO3c9NDAw/http://nevec-img.zenfs.com/prod/tw_ec05-7/ac65c8e4-5c1e-4f49-b3a2-501bd2a88308.jpg
〔3〕RIO 2100
https://s.yimg.com/aw/api/res/1.2/vN_VB3dQ3dgj8YO9xVBzPA--/YXBwaWQ9eXR3YXVjdGlvbnNlcnZpY2U7aD00MDA7cT04NTtyb3RhdGU9YXV0bztzcj0xLjI7c3M9MS4yO3c9NDAw/http://nevec-img.zenfs.com/prod/tw_ec05-7/d9578e9b-99f7-4a7e-950b-0fd2dc6ebe4f.jpg
〔4〕Maxpower 20w-50
https://s.yimg.com/aw/api/res/1.2/XW2QxtH_KHEfB3JGzNs_Sg--/YXBwaWQ9eXR3YXVjdGlvbnNlcnZpY2U7aD00MDA7cT04NTtzcj0xLjI7c3M9MS4yO3c9MzAw/http://nevec-img.zenfs.com/prod/tw_ec05-7/adee48d7-1dc0-4720-942c-e020e48c9901.jpg
智慧型電腦散熱風扇控制系統 On the Smart Heat Sink of Computer Fan Speed Control System
http://etds.lib.tku.edu.tw/etdservice/view_metadata?etdun=U0002-2012200717120100
百葉窗型鰭片之氣流模擬及電腦散熱之應用 A Study of Air Flow Simulation of Louver Fins and Its Application in Computer Cooling System

http://ir.lib.ntut.edu.tw/wSite/ct?mp=ntut&ctNode=447&xItem=43837

十三、 關鍵字

油冷電腦 水族箱電腦 礦物油

十四、 外文摘要

Oil cooling system application in computer

Student：zhao you lun, Xiao Zhizhong, Zhang Renjun

Doctor：Wei-Te Wu

Department of Biomechatronics Engineering

National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Heat removal system is the key point for overclocking prayer. Actually we can find the Louver Fins, Fan Speed Control and leaf. We can’t find the study about oil cooling system. But I am not interested for the other; I just want to try the oil cooling system. We haven't any study to refer. We got the challenge and pay more than necessary. But I accept as true when someone find the study about oil cooling system, someone has learned the lesson. They are the ones who make a brighter day.

水錘泵性能的影響

學生姓名：林志鴻 莊宜昌

指導教授：陳志堅副教授

國立屏東科技大學
生物機電工程系

摘要

水錘泵是個簡單的機構僅有幾種水管相關材料，主要的元件有廢水閥(逆止閥)、送水閥(逆止閥)、出水管儲壓用(節流閥)及連接以上元件的 PVC 管，水錘泵不需要外加電或油的水力機構，是個以水位差為動力的的機構，具有極低的維修成本，這幾年環保來永續能源抬頭。本研究的目的為尋找水錘泵性能影響之研究與各設計參數之影響，主要實驗因子有: 水管角度、水源高度、送水管長度、廢水閥機構設計的水錘泵出水量。

關鍵字:水錘泵、廢水閥

一 引言

台灣是世界降雨豐富的區域，台灣年雨量平均約 2500 公釐，僅用總量不到 15%，日後因氣候變遷，下雨不均總雨量會日益減少。水錘泵不需要其他能源，可利用水錘泵把部分降雨，降到其他地方的引導到水庫儲存。

1.1 動機

近年來由於汙染嚴重威脅人類的健康及生態環境，再生能源的應用受到人們重視，而水錘泵更具有簡單，不需外加能源且環保等特性，所以漸漸的被環保人試所重視本水錘泵機構不需要電也不需要油、安全、永續，只需極低的維修成本。

水錘泵影響因子太多，希望本研究能找到可以將水錘泵優化的因子，來提高出水流量，也希望水錘泵機構能為水能源盡份心，水錘泵也可以為台灣特殊地形儲蓄更多的水資源。

1.2 文獻

水錘泵發明至今已 200 多年，根據文獻記載第一個水錘泵是由 John Whitehurst 製造於 1775 年，當時的水錘泵是無法自動化運作，必須用人工去控制廢水閥，第一個自動化的水錘泵試由 Joseph Montgplfier 製造於 1797 年，但因為空氣室的氣壓被高壓水吸收而流失，所以運作一段時間後必須重新補充空氣而停止運作，他的兒子繼承了他的研究，在原設備上加了氣孔，而使水錘泵真正邁入自動化的時代。

水錘泵的全盛時期約在 19 世紀到 20 世紀初期，在石化燃料及電力普及後它就開始衰退了，日前大部分應用於偏遠的山區及開發中國家。

在過去 200 多年有數個重要的大型水錘泵應用實例，1894 年在伊利諾有一個水錘泵供給 1200 人的生活用水，直到 1932 年為止，每天均供應 60,00 加倫的水。在 1947 年 Krol 文獻中記載，在哥倫比亞二只 12 英吋的水錘泵，從 12 英呎的水源高度，送水到 250 英呎

高度，其送水管長達 18,000 英呎，在西雅圖二個 12 英吋的水錘泵，每天送水 13,000 加侖，足夠供給 28,000 人消防用水。1925 年 Grasset 在巴西利用潮汐落差安裝水錘泵，送水到蓄水庫。在 1933 年 Grandemage 利用強化混凝土管，江水錘泵應用於農業灌溉，並在法國巴黎取得專利。

水錘效應經常發生在管路系統，由於這種效應時常破壞管路系統，所以早在兩百多年前，學者除了研究如何防止水錘效應破壞管路系統外，更見這種效應做了正面的應用，而發明了水錘泵，Teferi Taye〔1〕於 1998 年使用一個非鑄造本體的水錘泵，固定水源高度、進水管長及廢水閥重量，僅改變廢水閥行程及送水高度，證實水錘泵的效率可達 85%。D.F.Martos〔2〕於 2002 年提出水錘泵在海水淡水的應用，但對大型水錘泵卻苦無相關設計依據可供參考。

Glover, P.B.M〔3〕於 1991 年針對一個固定型式的水錘用於偏遠的山區及誇發中國家，主要的用途為農業灌溉及民生用水。水錘泵的構造非常簡單，僅兩個活動件，目前在台灣尚無專門的水錘泵設計與製造商以台灣的製造技術能力，應可著自行測計與製造水錘泵的方向發展由於台灣的電力普及，水錘泵的應用較不易顯現其重要性，在相關的文獻上並未發現其具體的應用實例。

1.3 水錘泵得結構

水錘泵是一種利用低水位的水源，而將水送往高處的設備，以水為動力來源將水送往高處。它是一種水力機械，水不斷的流入泵浦而泵浦也自動連續的運作將水往高處送，且不需要外加的能源。水錘泵的結構簡單，只有廢水閥及送水閥等二個活動件，而本體結構包括一個空氣室，操作時廢水閥及送水閥各關閉一次為一個循環，當廢水閥關閉時產生高的水錘壓力波，而推開送水閥做送水動作。水錘泵構造非常簡單，但運作時泵內的流體流動為暫態且非穩流。水錘泵結構有水源、進水管、廢水閥、空氣室、出水管、送水閥(圖 1)。

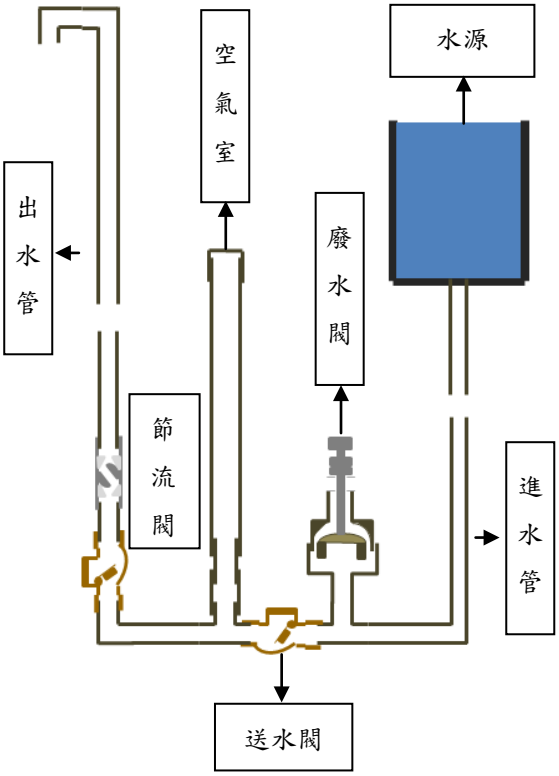


圖 1. 水錘泵得結構圖

1.4 水錘泵得原理

利用流動中的水被突然制動時所產生的能量，使其中一部分水壓升到一定高度的一種泵。圖為水錘泵的工作示意。沿進水管向下流動的水流至單向閥 A(靜重負載閥)附近時，水流沖力（只要流動速度足夠大，就有足夠的衝力）使閥迅速關閉。水流突然停止流動，水流的動能即轉換成壓力能，於是管內水的壓力升高，將單向閥 B 沖開，一部分水即進入空氣室中並沿出水管上升到一定的高度。隨後，由於進水管中壓力降低，閥 A 在靜重作用下自動落下，回復到開啟狀態。同時空氣室中的壓縮空氣促使閥 B 關閉，整個過程遂又重複進行。

水錘泵操作過程，可分三個階段(圖 2):

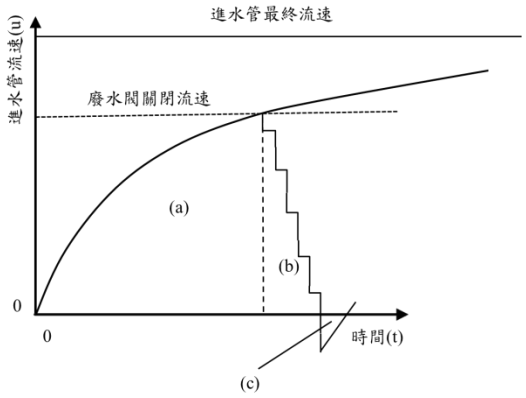


圖 2.進水管流速-時間示意圖

(a) 加速度階段:

廢水閥打開，水開始由廢水閥流出，並加速度至廢水閥關閉流速為止。

(b) 送水階段:

廢水閥完全關閉後產生壓力波，這個水波壓力超過空氣室壓力，造成送水閥打開，直到壓力降低且送水閥關閉為止，此時壓力為零。

(c) 回彈接段:

送水閥關閉關閉時，送水管的壓力大於泵浦本體內壓力(送水的目的地高於水源處)，而將水往水源彈，造成泵浦本體內有短暫的低壓現象，此時進氣閥會產生進氣作用，廢水閥也利用短暫的低壓打開，完成一次循環(圖 3)。

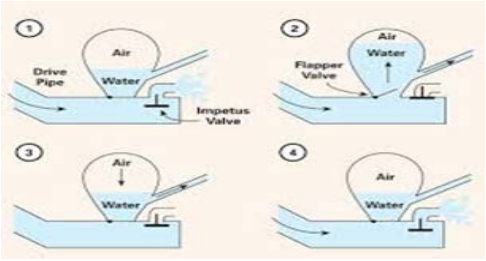


圖 3.水錘泵的水流示意圖

二 實驗裝製與方法

2.1 水錘泵的方法與實驗

由於影響水錘泵的因子太多，在實驗時試驗次數龐大，本實驗採用單因子實驗設計，可節省大量實驗次數，但改變條件時也非常容易導致廢水閥停止，所以設計可調式水錘泵，在廢水閥的穩定度做適當調整。首先設定系統目標值，接著改變機構條件設計，然後做單因子實驗，接著實驗驗證，實驗驗證(單因子變異數分析)。

首先本研究先以進水口高度 1.00 m，進水口角度 90°，升降可調載重式廢水閥，儲壓桶容積 141.37 m^3，出水口高度 1.40m 為初始機構條件。

一.分別更改進水口高度 1.33 m 及 0.84 m 進行測試。

二.分別更改進水口角度 60°及 45°進行測試。

三.分別更改出水口高度 1.95 m 及 1.62 m 進行試驗 。

四.分別更換旋開式逆止閥及升降式逆止閥，量測方式以量筒配合碼錶及電子磅秤量測出水口單位時間之出水量測十次。

本研究並不討論廢水閥之頻率，因為廢水閥的頻率會因試驗條件改變而增快或變慢，所以本實驗會以可調載重式廢水閥單純只是要廢水閥穩定，不會因改變實驗條件時導致廢水閥停止或不穩，但是廢水閥的可調頻率只是一個範圍，會跟隨試驗條件而改變 (圖 4) 。

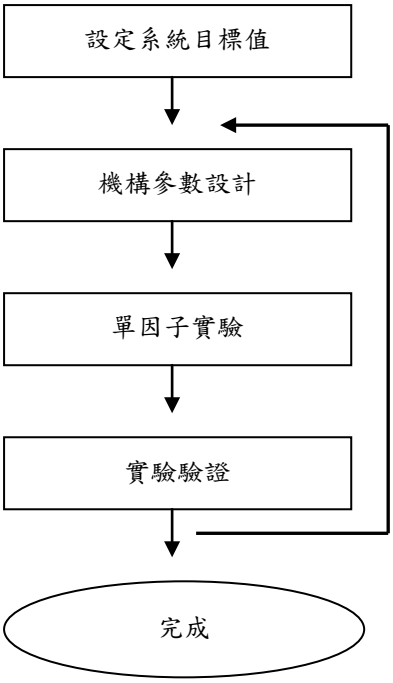


圖 4. 水錘泵的方法

單因子變異數分析（ANOVA）:

用於多個樣本均數間的比較，其統計推斷是推斷各樣本所代表的各總體均數是否相等。統計學根據顯著性檢驗方法所得到的 P 值，一般以 P < 0.05 為顯著， P <0.01 為非常顯著，其含義是樣本間的差異由抽樣誤差所致的概率小於 0.05 或 0.01。 P > 0.05 表示不顯著，或者說沒有差異，判斷正態的時候，也是 P > 0.05。

P 值的意義：P 值不是給定樣本結果時原假設為真的概率，而是給定原假設為真時樣本結果出現的概率。

1. P 值一種概率，一種在原假設為真的前提下出現觀察樣本以及更極端情況的概率。

2. 拒絕原假設的最小顯著性水平。

3. 觀察到的(實例的) 顯著性水平。

4. 表示對原假設的支持程度，是用於確定是否應該拒絕原假設的另一種方法。

單因子實驗:

執行方式：每次只允許變動一因子，其餘因子固定不變。

優點：實驗次數較全因子少，且對單一因子的變動有明顯改變。

缺點：當有交互作用的實驗，結果會有較大誤差。

實驗參數選定:

根據 Teferi Taye〔1〕以一個非鑄造本體的水錘泵，以送水高度、廢水閥行程為實驗參數。B.W .Young〔5〕提出水錘泵設計的 7 個獨立變數送水高度、進水管長度、水源高、進水管長、進水管徑、進水管厚、廢水閥關閉壓力、廢水閥行程。T.H .Thomas〔6〕提出水錘泵設計的 6 個獨立變數，送水高度、水源高度、(水源高度/進水管長) 、進水管徑、進水管厚、廢水閥關閉流數。北京德科創源科技有限公司〔7〕，多克水錘泵簡介裡設計圖有設計進水管角度值，但未討論為何設計進水管角度，所以本實驗加入分析因子之一。多部影片都用旋啟式廢閥本實驗也加入探討〔8〕。根據以上文獻本實驗列出進水水源高度、出水高、進水管角度與升降式廢水閥、旋啟式廢水閥比較單因子的流量。

2.2 水錘泵的製作與材料

水錘泵在實驗時容易停止或塞住，因為有太多因子影響廢水閥停止不動，所以製作這可調間距和重量來平衡廢水閥連續作動。

可調式水錘泵:雖然會改變頻率，頻率增加會提高流量，但頻率都在合理範圍內，不影響結果，以廢水閥能作動為優先。

本研究水錘泵材料如下:

1.砝碼用墊片來配重，墊片每一個重 10.90 克。

2.進水管採用 PVC 水管 3/4(20)mm，厚度 3.00 mm，長度個別為 1.40 m 和 1.62 m 和 1.95 m。

3.空氣室用 PVC 水管 3/4(20)mm，厚度 3.00 mm，長度 0.45m。

4.送水管採用 PVC 水管 3/4(20)mm，長度個別為 1.40 m、1.62 m、1.95 m。

5.廢水閥零件(圖 5.) 、(圖 6.) 、(圖 7.)。



圖 5. 升降可調式逆水閥實體圖



圖 6. 升降式逆止閥閥門



圖 7. 研究將閥門做調整

2.3 實驗設備

1.水盆。

2.捲尺。

3.電子秤重。

4.計時器。

5.量杯。

6.水錘泵。

8.水管相關配件等。

9.板手。

10.螺絲及墊片。

11.樓梯。

2.4 水錘泵設計

水源:此機構的動力來源，本機構將水槽加到滿水位(定水頭)

進水管:進水管水源進入的水管。

廢水閥:廢水閥是影響水錘泵主要構件，所以本團隊將廢水閥設計成可調行程和重量。

空氣室:空氣室除了要承受壓力外，設計時注意容量約為 20 到 100 次輸出流量。

送水閥:送水閥會配合廢水閥作動，將機構中的水能向出水口推。

三 結果與討論

結果與討論這裡要討論進水水源.出水高度.進水管角度與升降式廢水閥.旋啟式廢水閥比較流量。

3.1 比較進水高度流量和分析

固定出水口高度 1.40 m ，改變進水口水源高度 0.84 m(圖 8.)、1.00 m(圖 9.)、1.33 m(圖 10.)。



圖 8.進水口高度 0.84 m 圖 9.進水口高度 1.00 m



圖 10.進水口高度 1.33 m

頻率時間 (sec)	1.90(Hz)	2.37(Hz)	2.44(Hz)
進水源高 (m)	0.84	1.00	1.33
出水口平均流量(g/s)	2.83	14.22	39.65

表 1. 改變進水源高，平均流量

分析不討論頻率，頻率僅供參考

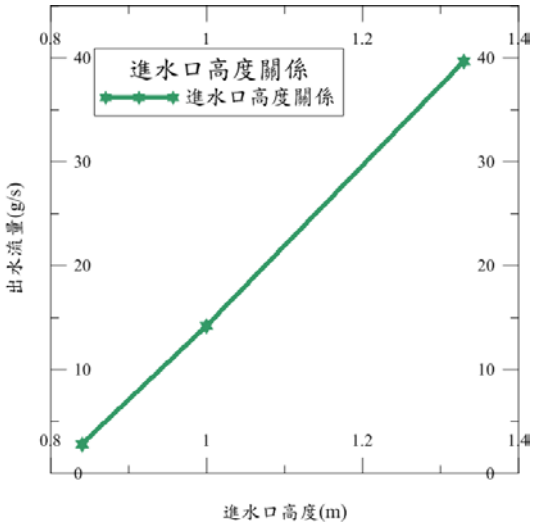


圖 11. 改變進水源高，平均流量

將十筆量測值以 Minitab 的 ANOVA 分析，P 小於 0.05 表示無差異。

討論:

根據能量守恆觀念位能未變，動能減少部分會轉換壓力能，出水高度越高就會與水位動能互相抵消，如果要提高出水量就要提高水源高度，來提高水位能。本實驗設計每提高 0.10(m)進水源高，出水口平均流量增加約 7.51(g/s)。當固定出水口高度時，改變進水水源時發現進水口越高，越接近出水口高度時，出水口的出水流量會隨著變高，反之如果進水口越低出水口之出水量就會變少。

當進水口在 0.84 m 時出水口之出水量僅有 2.83 g/s 趨近於沒水，所以從此測試可知進水口跟出水口之高差有一定範圍如果高差過多可能會使水錘泵無法運作(表 1.)、(圖 11.)。

3.2 比較出水高度流量和分析

固定進水源高度 1.00 m 改變出水高度 1.40 m(圖 12.)、1.62 m(圖 13.)、1.95 m(圖 14.)。

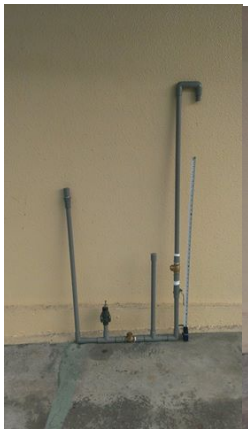


圖 12.出水口高度 1.40 m



圖 13.出水口高度 1.62 m

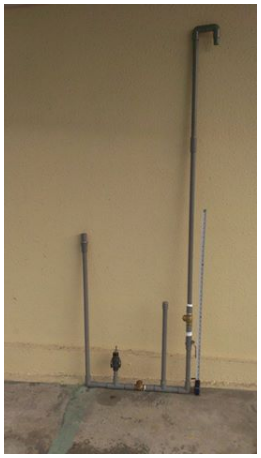


圖 14.出水口高度 1.95 m

頻率時間 (sec)	2.37(Hz)	2.34(Hz)	2.34(Hz)
出水高度 (m)	1.40	1.62	1.95
出水口平均流量(g/s)	14.22	6.47	1.34

表 2.改變出水高度，平均流量

分析不討論頻率，頻率僅供參考

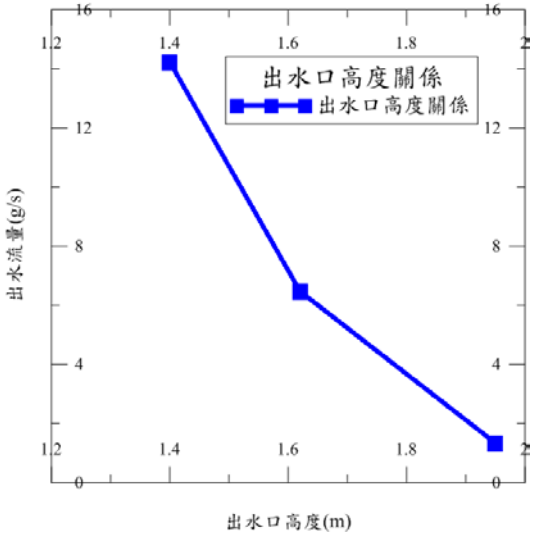


圖 15. 改變出水高度，平均流量

將十筆量測值以 Minitab 的 ANOVA 分析， P 小於 0.05 表示無差異。

討論:

根據能量守恆觀念位能未變，動能減少部分會轉換壓力能，出水高度越高就會與水位動能互相抵消，如果要提高出水量就要降低出水高度，來提高輸出水量。本實驗設計每降低 0.10(m)出水高度，出水口平均流量增加約 2.34(g/s)，固定進水水源高度，出水高度越高，水壓反推擠更大，反之出水高度越低，水壓反推擠越小(表 2.) 、(圖 15.)。

3.3 比較進水管角度流量和分析

固定進水源高度 1.00 m，固定出水高度 1.40 m 改變出水角度 45°(圖 16.)、60°(圖 17.)、90°(圖 18.)。



圖 16.進水口角度 45°圖 17.進水口角度 60°



圖 18. 90 度

頻率時間 (sec)	2.28(Hz)	2.43(Hz)	2.37(Hz)
進水管角度 (°)	45	60	90
出水口平均流量(g/s)	20.14	16.15	14.12

表 3.改變進水管角度，平均流量

分析不討論頻率，頻率僅供參考

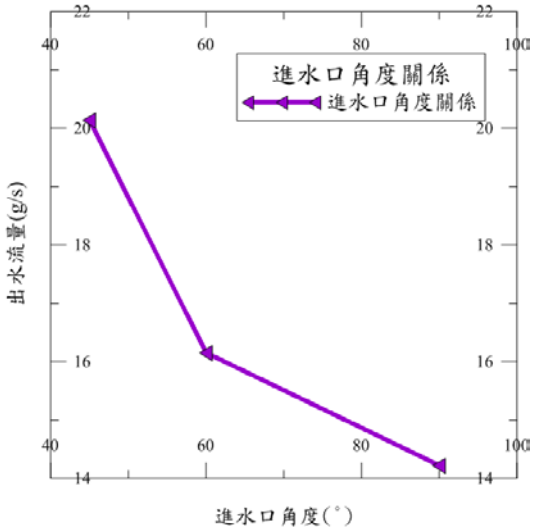


圖 19.改變進水管角度，平均流量

將十筆量測值以 Minitab 的 ANOVA 分析，P 小於 0.05 表示無差異。

討論:

固定進水水源高高度，固定出水高度，進水管角度越小，流阻越小，反之進水管角度越大，流阻越大(表 3.)。

從〔4〕鄭偉盛-少量水流經連續雙彎管之暫態行為分析，可知如果是角度越大水流會再經過轉角時會有水波震盪或亂流導致水流轉角，角度越大時震盪及亂流越為明顯。所以此次試驗發現如果角度小於 45°時流阻較小，較可以讓水錘泵之出水流量增加(圖 19.)。

3.4 比較升降可調載重式和旋啟式廢水閥流量和分析

改變廢水閥(升降載重可調式廢水閥和旋啟式廢水閥)因旋啟式廢水閥及不穩定所以先剔除無法分析(圖 20.) 、(圖 21.)。



圖 20.升降可調載重式 圖 21.旋啟式

頻率時間 (1/sec)	2.37(Hz)	1.88(Hz)
廢水閥	升降式	旋啟式
出水口平均流量(g/s)	14.22	6.13

表 4.改變廢水閥，平均流量

分析不討論頻率，頻率僅供參考

將十筆量測值以 Minitab 的 ANOVA 分析，小於 0.05 表示無差異。

討論:

因旋啟式廢水閥是以旋開方式作動，所以阻斷水流的方式是以大水流慢慢漸小後阻斷，但是升降載重可調廢水閥是像開關一樣只有 on 或 off，並不像旋啟式廢水閥會有明顯的減緩現象，這個現象會導致本來該向送水閥推的水壓被此現象流失掉，頻率較少影響結果太大，出水量也較差所以實驗沒有加以改變其它因子影響的分析(表 4.)。

四 結論

本研究提出實驗因子有水管角度、水源高度、送水管長度、廢水閥機構設計的水錘泵出水量，實驗剔除了旋啟式廢水閥因為會停止作動及不穩定加上流量太少所以先剔除分析，水錘泵通常使用在有限空間做裝置，進水管高和出水管高都固定，所以出水管的出水最高處無法再降低來提高出水量，但可以提高水源高度，讓集水區水桶提高位能來增加出水量，還有可降低進水管角度，降低流阻來增加出水量。

可知進水口高度越高出水流量會隨著增加(圖 22.)。

可知角度越小出水流量會隨著增加(圖 23.)。

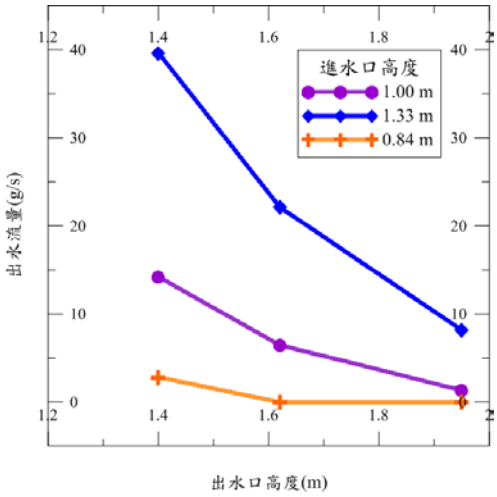


圖 22.進水管高度關係

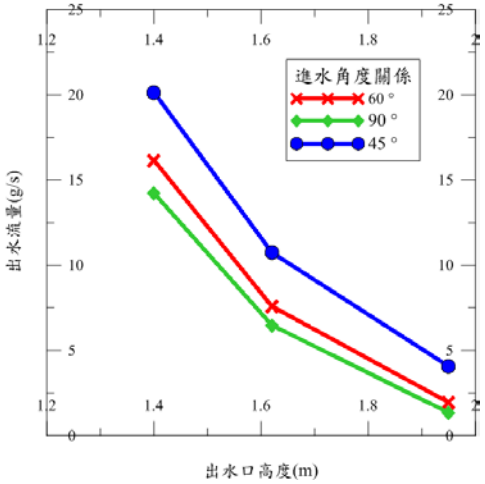


圖 23.進水角度關係

五 致謝

感謝陳志堅老師對我們實驗的支持，感謝老師每個星期都撥出時間與我們討論訂正，給了我們建議與指導，讓我們學到很多。

感謝李坤擇學長在分析及零件採購時給予我們建議及指導。

感謝地工合成材料實驗室提供工具可以讓我們借用使本實驗能夠順利進行。

感謝第一科大機械與自動化工程系提供貴校論文可以讓我們參考及學習。

六 參考文獻

〔1〕
Tefri Taye ,1998,"HYDRAULIC RAM PUMP",Journal of the ESME.

〔2〕
D.F. Maratos,2002,Technical feasibility of wavepower for seawater desalinationusing the hyd-ram(Hydram),Desalination,pp.287-293

〔3〕
Gliver，P.B.M.，et al.1991，"Use of compurer simulation and analysis tools in the development of the hydraulic ram pump"，Compuret Methods in Water Resour2，pp.347 358。

〔4〕
https://www.lhu.edu.tw/m/oaa/synthetic/publish/publish/22/2.%E9%84%AD%E5%81%89%E7%9B%9B-%E5%B0%91%E9%87%8F%E6%B0%B4%E6%B5%81%E7%B6%93%E9%80%A3%E7%BA%8C%E9%9B%99%E5%BD%8E%E7%AE%A1%E4%B9%8B%E6%9A%AB%E6%85%8B%E8%A1%8C%E7%82%BA%E5%88%86%E6%9E%90.pdf 鄭偉盛-少量水流經連續雙彎管之暫態行為分析。

〔5〕
Young，B.W.1995，"Design of hydraulic ram pump systems"， urnal of Power and Energy，pp.313 322

〔6〕
T.H.Thomas，1994，Algebraic Modelling of the Behavour of Hydraulic Ram Pumps，Woring Papers

〔7〕
北京德科創源科技有限公司 多克水錘泵簡介

〔8〕
https://www.youtube.com/watch?v=A9W0zx2D7aU 來自 You Tube 影片

〔9〕
結構參數對水錘泵性能影響之研究
陳英灼 國立高雄第一科大

〔10〕
水錘泵台灣 Wiki
http://www.twwiki.com/wiki/%E6%B0%B4%E9%8C%98%E6%B3%B5

The performance of Hydraulic ram pump

Lin Zhihong and Zhuang Yichang

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

Hydraulic ram pump is a simple mechanism only a few water-related material, the main component waste valve (check valve), sending water valve (check valve), the accumulator with the outlet pipe (throttle) and connecting the above elements PVC pipe, water hammer pump hydraulic mechanism does not require external power and oil, is the difference in water-powered mechanism, with very low maintenance costs, in recent years the rise of environmental protection to sustainable energy. The purpose of this study was to look for impact studies of the effect of water hammer pump performance and design parameters, the main experimental factors are: the angle of plumbing, water height, feeding pipe length, waste valve body design, Hydraulic ram pump water

Keywords: Hydraulic ram pump, waste valve

智能檯燈的開發

國立屏東科技大學生物機電工程系

指導老師:謝清祿

研究生:謝佳翔、丁證雲、涂智賢

摘要:

現在的國中小學生近視比例日益增高，甚至從幼稚園就有近視，其中原因就是光線不足而導致，也為了避免檯燈傾而倒發生危險，為了改善此現況，我們使用了 Arduino 模組來控制讀書時所使用的檯燈，使其能發出提醒讓使用者調整光亮度、補充光線不足的功能及測得使用者與檯燈的距離，進一步的保護孩子們的眼睛。

關鍵詞:Arduino、Arduino ethernet、超音波、光敏電阻

前言:

人們在生活中必定少不了光，以方便閱讀、工作等。書桌上的檯燈是學生精進讀書的好幫手，所以光線照明是非常重要的。目前國中小學生的「近視」人數逐漸攀升，光線不足則是造成原因之一。眼睛如果在亮度不足的情形下看東西，視力就會漸漸受到損傷，所以人們必須在適宜的光線下工作、學習和生活；提供適當的光源，便成為政府、學校單位與民間共同關心的議題。然而目前地球氣候暖化，人類生活環境受到很大的挑戰，「節能減碳」是當前世界各國要共同努力的任務。因此為了兼顧「節能減碳」和教室內的光線充足，應當進一步瞭解室內各部分的照度，以利在適當的時機或房間等較暗部份開關燈，有效率的利用能源。為此，我們進行了此項研究。

未來的科技發展除了「方便」以外，「節省能源」更是受眾人所矚目，而能調整光度的 LED 檯燈不僅可以保護眼睛不受傷害，更能履行節省能源的理念。我們決定藉由光敏電阻來對外感測亮度，警報發出提醒讓使用者調整光度的 LED 檯燈。不僅擁有適當的亮度讀書，除了保護眼睛外，也讓眼睛更為舒適。

近視率居高不下，一直是台灣地區學童嚴重的健康問題，不但容易造成學習歷程上的種種不便，增加就醫與配鏡所需之人力與經濟負擔，對於兒童也造成學習品質及競爭力極大的影響。依據國民健康局 2009 年「國民健康訪問調查」結果顯示：3-11 歲兒童，經醫師告知有近視情況的比例為 32.7%，其中 3-6 歲學齡前兒童為 10.0%，7-11 歲學童更高達 47.8%。〔1〕由此可見，近視已是我國兒童健康的重要議題。從歷年來調查結果顯示，國小一年級學童近視盛行率由 75 年約 3%升至 95 年約 19.6%，六年級學童由 27.0%升至 62.0%，二十年來盛行率增加了二至六倍，顯示我國學童近視狀況有年幼化，普遍化，高度化現象。〔2〕眼科醫生認為近視年齡越小，

越容易造成高度近視，而台灣學童近視的原因大多是「長時間的近距離用眼」所造成〔3〕許多家長們也反應，家中孩童書本與眼睛距離過近，擔心視力健康問題。因此，市面上出現許多護眼產品，而教育部體育司於 2008 年加強學童視力保健五年計畫中，也十分鼓勵研發保護學童視力保健之產品〔4、5〕書田診所眼科醫師顏敏芳指出，六百度以上的高度近視患者併發青光眼、視網膜剝離、黃斑部病變……等的機率是一般人的 60 倍，而這些疾病嚴重時還可能導致失明。〔6〕衛生署福利部也指出用眼 30 分鐘，休息 10 分鐘，看書保持 35-45 公分距離，能有效減少近視度數加深。〔9〕

根據醫學調查，人類視物 500 公尺以上，眼睛本身的屈光力即可適應，若視物在 500 公尺以內，則需要眼睛調節功能來實現。又視物距離 33 公分時，眼睛需進行 3.0 的屈光度，當距離為 20 公分時，則需要眼睛進行 5.0 的屈光度，此已超出了眼睛自身所能夠正常完成的調節範圍，因此容易造成眼睛出現調節性痙攣，進而引起近視的發生。因此，正確的閱讀距離應當做到與書本或桌面保持 30 公分以上的距離〔7、8〕

人類眼睛當光線不足時，虹膜肌會鬆弛、瞳孔放大，以收集更多光線才能看清楚；當看書時，虹膜及睫狀肌必須進行收縮，以保持視網膜的成像清晰；因此在昏暗的光線下看書，視覺細胞一直重複作放鬆、收縮的動作，造成眼部肌肉痠痛如同劇烈運動過後的肌肉痠痛，如此長時間處於疲勞的狀態下，易導致近視發生〔7、8〕

照度主要以目視作業上之水平面照度表示，其單位為勒克斯(LUX)。照度太低時，會影響視覺效果，照度太高則形成電力浪費。每一不同使用目的的場所，均有其合適的照度來配合實際需要。

由教育部發行的「視力保健實務工作手冊」提到，最舒適視力之照度範圍為 1000 -2000 Lux，長時間閱讀作業時，眼睛不疲勞的最低要求照度應有 500 Lux 以上；又依據中華民國國家標準（Chinese National Standards,CNS)，住宅照度標準值，閱讀、書寫照度為 500-1000 Lux，可以局部照明以達到所需照度，書房及起居室為 100- 300 Lux；電腦螢幕垂直照度 300 Lux，螢幕周邊照度 500 Lux，避免和螢幕亮度造成太強烈的輝度比（眩光)，造成眼睛的不舒適感。

市面上有多種保護視力的相關產品，皆受到家長青睞，主要的原因是對於學童視力不良可能影響學習，近視亦可能惡化成高度近視，在減低視力不良的發生率上，家長對於視力保健的相關產品顯得更有興趣。因此，收集市售護眼商品種類予以整理分析為四類並加以說明，分別為感應式、誘導式、矯正式及燈光設備〔11〕，以下就這些商品簡略說明其功用

品名 / 項目	安全距離警示器	閱讀光線偵測器
產品圖片		
使用位置	放在螢幕旁	擺放、掛著
使用情境	看電視	人工光源
感應原理	紅外線	紅外線
感應方式	距離	光源
警告方式	蜂鳴器	燈光
電力來源	插頭	電池

本研究的目的如下:

1. 將 Arduino 控制板加裝距離、亮度感測器，以感測人體距離與檯燈亮度。
2. 利用 Arduino 控制板撰寫控制檯燈程式，讓控制程式警報功能，並能在檯燈傾倒時自動斷電。
3. 連接乙太網路，讓家長可從網路控制檯燈。

表 1.感應式護眼商品分析表〔11、12〕

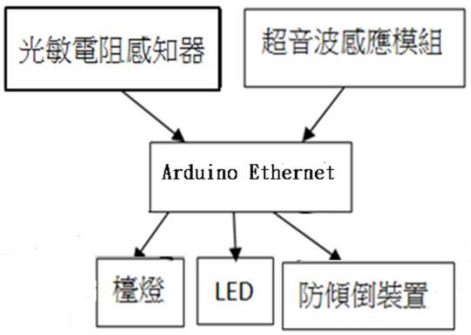
電視安全距離警示器，不可移動，需固定一個地方，攜帶不方便。

閱讀光線偵測器，孩子容易玩電源開關，且容易摔壞。

上述分析，清楚歸納出各此兩類的護眼商品其特性及差異，根據這些商品的優、缺點產生了構思，設計能同時偵測距離及亮度的護眼產品，並顧及使用於多種情境及警告方式的多樣化選擇。

2.材料與方法

2.1 系統配置介紹



(1)光敏電阻感知器



用途: 光線亮度檢測、光線亮度感測器、智能小車尋光模組

光敏電阻會隨著光度強弱而改變阻值，

電阻值與光度成反比

採用靈敏型光敏電阻傳感器

比較器輸出，信號乾淨，波形好，驅動能力強，超過 15mA

配可調電位器可調節檢測光線亮度

工作電壓：3.3～5V

輸出形式：數字開關量輸出（0 和 1）

設有固定螺栓孔，方便安裝

使用寬電壓 LM393 比較器

(2)光譜儀





項目 MK350 12nm 光譜分析儀 光譜波長范圍 360 ~ 750 nm 分辨率 12 nm 傳感器 CMOS 線性傳感器 探頭窗口 6.6 ± 0.1 mm 測量時間 8 ~ 1000 ms 簡易照度 70 ~ 70000 Lux 量測模式 單次 / 連續 操作模式 自動 / 手動

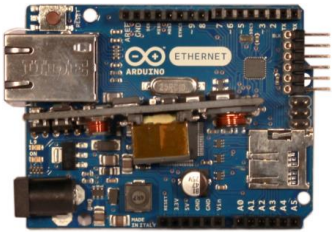
(3)超音波感測模組 HC-SR04



由超音波發射器、接收器和控制電路所組成。當它被觸發的時候，會發射一連串 40 kHz 的聲波並且從離它最近的物體接收回音。

使用電壓：DC5V
靜態電流：小於 2mA
電壓輸出：高 DC5V
電壓輸出：低 DC0V
感應角度：不大於 15 度
探測距離：2cm-450cm
高精度：可達 3mm
接腳裝置:
VCC：5V 電源
Trig：控制信號輸入
Echo：回響信號輸出
GND：接地
模組工作原理: (1)採用 IO 觸發測距，給至少 10us 的高電頻信號; (2)模組自動發送 8 個 40kHz 的方波，自動檢測是否有信號返回; (3)有信號返回，通過 IO 輸出一高電平，高電平持續的時間就是 超聲波從發射到返回的時間．測試距離=(高電頻時間*聲速(340M/S))/2;

(4)Arduino Ethernet 乙太網路卡



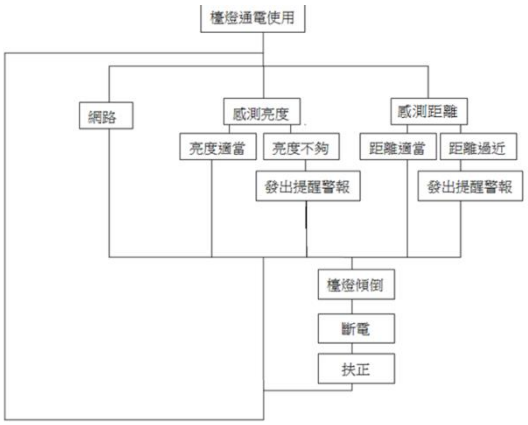
微控制器 ATmega328
工作電壓: 5V

(5)微動開關



我們用來製作傾倒斷電裝置

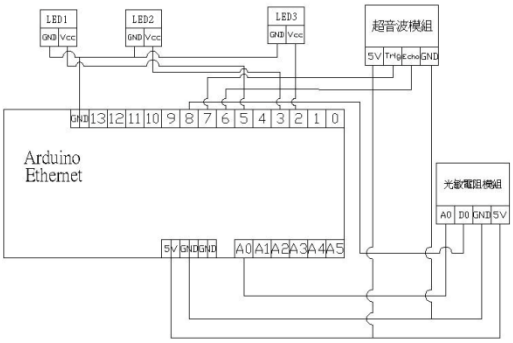
額定：AC 125 V 0.2 A DC 30 0.2 A
絕緣電阻:50 mΩ 分鐘 (at 500V DC)
接觸電阻：50 mΩ max (initial)
耐電壓：1000 V AC for 1 minute
壽命：40,000 Cycles
2.2 感測器校正
超音波校正:使用 Arduino 控制板配合超音波模組以 2cm 為一次進行量測,依序增加測至 50cm。
光敏電阻校正:模組與 Arduino 控制板結合，再利用光譜儀測得檯燈亮度為多少 Lux,旋鈕順時針十度為一個單位
2.3 控制程式流程圖



2.4 網站的規劃
由網路 IP 位置下指令控制檯燈開關

3. 結果與討論

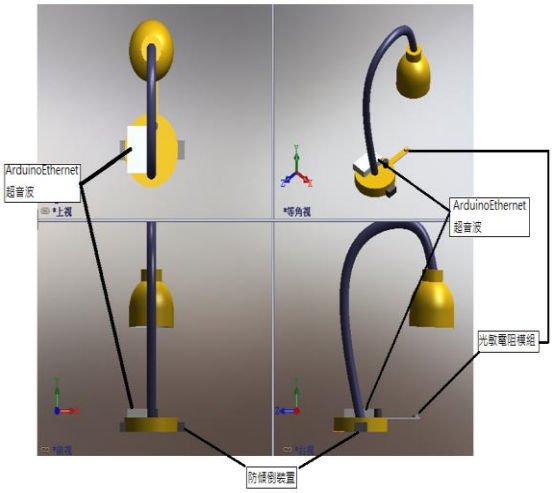
3.1 完成的系統



系統線路圖

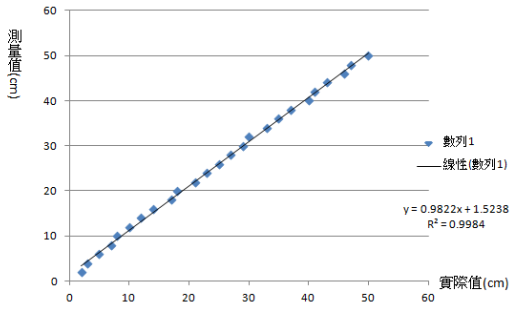


檯燈系統示意圖



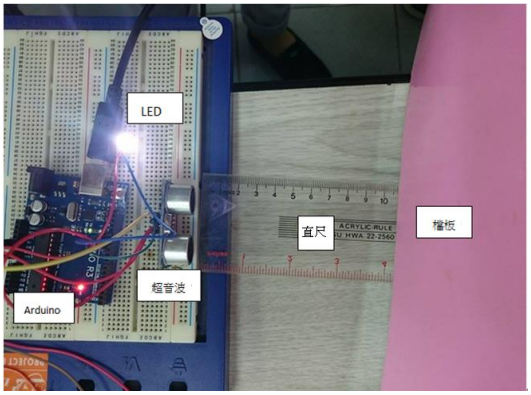
完成的系統-各視圖

3.2 感測器校正結果

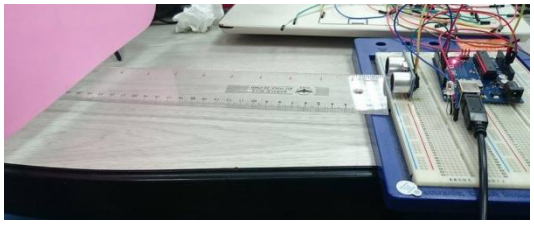


超音波測量圖

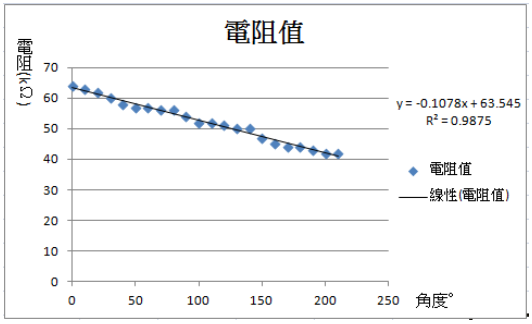
使用 Arduino 控制板配合超音波模組以 2cm 為一次進行量測,依序增加做成曲線圖,與實際值進行比較,校正結果誤差 0.0016%



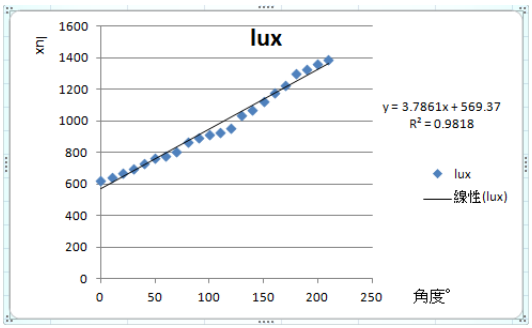
使用擋板進行超音波的測量及校正



超音波感測器校正結果圖，距離過近則 LED 亮，發出提醒



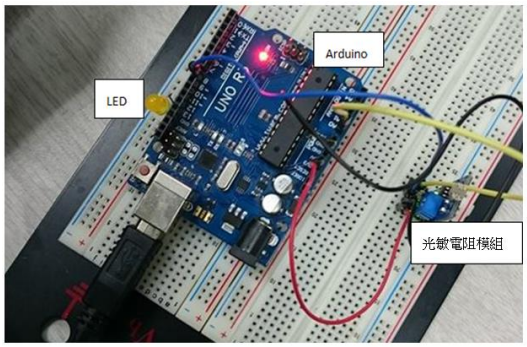
光敏電阻旋鈕校正圖



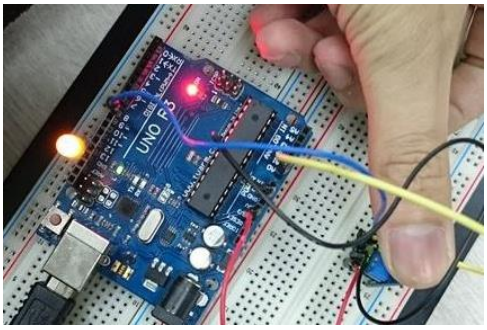
光敏電阻與 lux 校正圖

光敏電阻模組與 Arduino 控制板結合,再利用光譜儀測得檯燈亮度為多少 Lux，旋鈕順時針十度為一個單位，從 Arduino 監控模式中得知光敏電阻變

化之電阻值，完成此曲線。

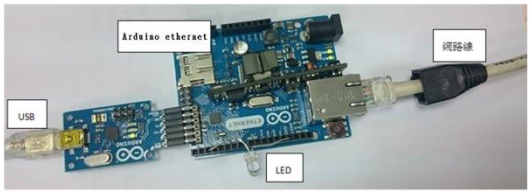


測試光敏電阻及校正



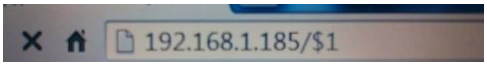
光敏電阻校正結果圖，用手擋住，光線不足則 LED 亮發出提醒

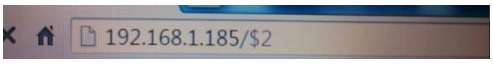
3.3 網站執行結果



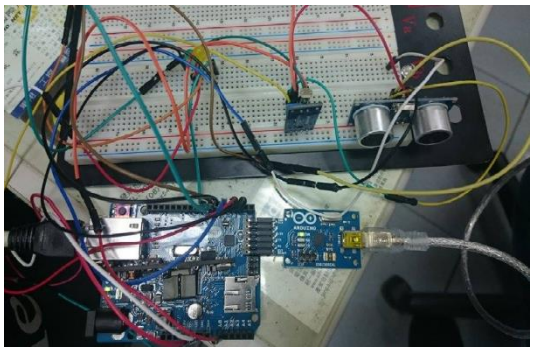


Arduino Ethernet 連接數據機找出位址 IP。

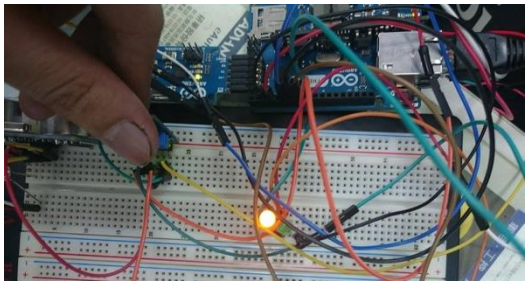




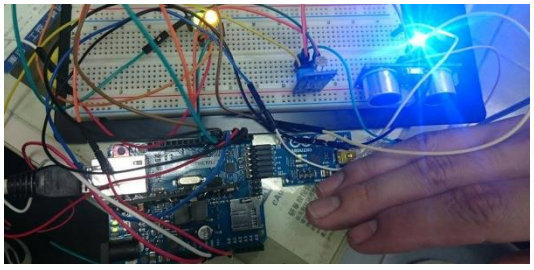
兩張網址為網路控制提醒 IP 位址。連接網路線取得網路 IP ，在網址上輸入 IP 位址，在網址最後輸入 1 跟 2 來控制檯燈的開關。



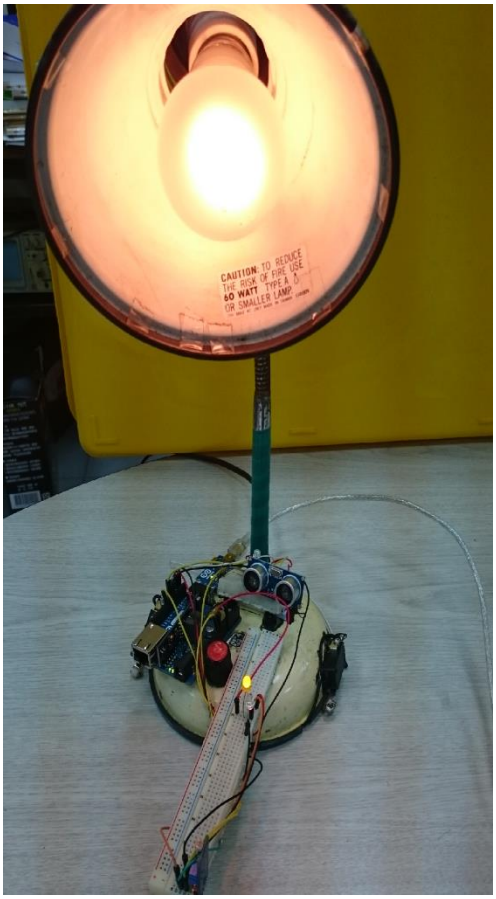
整體完成結果圖



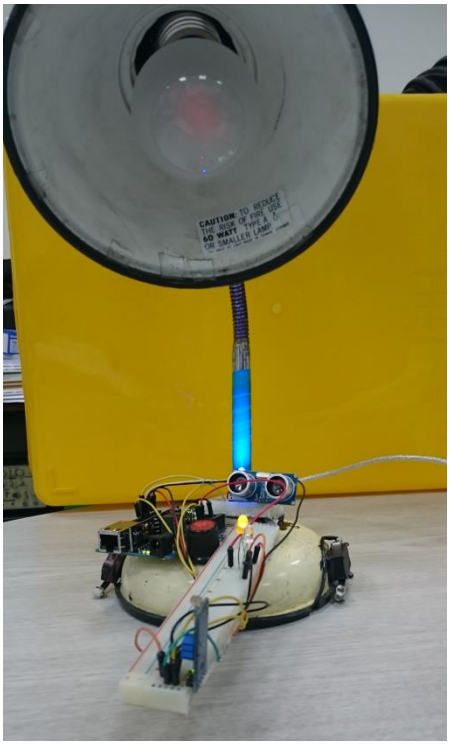
手指擋住，光線不足則 LED 亮發出提醒



距離過近則 LED 亮發出提醒



完成的檯燈實體圖(一)



完成的檯燈實體圖(二)

4. 結論與建議

本專題結合超音波感測模組、光敏電阻模組與 Arduino Ethenet 控制板,完成了智能檯燈，我們透過超音波感測器提醒閱讀者距離還有光敏電阻提醒光線不足。

以下整合本專題優缺點

優點:

(1)防傾倒裝置靈敏，些微傾倒碰撞即可斷電。

(2)每個感測器都有配合一個 LED 方便得知提醒訊息。

(3)超音波感測能使閱讀者保持良好坐姿，進一步保護視力健康。

(4)光敏電阻靈敏度極高，能使檯燈維持在最適合讀書的亮度，些微昏暗則立即發出提醒。

缺點:

(1)無法從網路頁面上得知檯燈使用時間及亮度監控。

(2)目前無法用網路來控制檯燈開關。

(3)檯燈開關旋鈕無法自動調整，未來希望能透過步進馬達及履帶來配合亮度自動調整光度。

5. 致謝:

感謝謝清祿老師耐心的教導我們指引我們如何尋找前進的方法，儘管我們不懂的可能都是一些基本的問題，然後再指點我們所忽略的,不厭其煩的。也特別吩咐學長幫助我們成長。感謝展宏學長大力幫忙，總是很樂意提供幫助，提供他個人的經驗跟我們所需要的，也不時的給予我們建議。

6. 參考文獻

[1]政院衛生署(2012 / 07 / 27)。 戶

外 FUN 護「眼」行動「視」 在必行。衛生署 RSS 焦點新聞。取自 HUhttp://www.doh.gov.twU
[2]行政院衛生署(2009)。近視歷年流行 病學調查結果。取自 http://www.bhp.doh. gov.tw
[3]楊瑞珍、熊鯤苓(2000)。台北市某國 中一年級學生視力不良相關文獻之回顧，醫護科技學刊，2(2)，123~135 。取自 http://w1.dorise.info/JCSE/paper_detail.php?pid=126820060000480039
[4]教育部（2005)。加強學童視力保健第二期五年計畫(草案)。中華民國：行政院。。取自 http://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/3/pta_5123_3771220_02544.pdf
[5]教育部（2008)。 加強學童視力保健五年計畫（核定本)。中華民國：行政院。 http://www.naer.edu.tw/ezfiles/0/1000/attach/3/pta_5123_3771220_02544.pdf
[6]衛生福利部中央健康保險署(2006/06/06)。雙月刊: 保護您的靈魂之窗。取自 http://www.nhi.gov.tw/webdata/webdata.aspx?menu=6&menu_id=168&webdata_id=1518
[7]王光霽（2007)。視光學基礎。台北：新文京開發。
[8]王滿堂(2005)。眼屈光學。台北：藝軒圖書出版社。
[9]國民健康署(2014/10/09)。十月新聞:護眼 3 要杜絕可預防性失明發生

附錄:

```
#define trigPin 7
#define echoPin 6
#define ledPin 5
int input= 8;
int output = 3;
int inputvalue = 0;
int outputvalue = 0;
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
boolean incoming = 0;
// Enter a MAC address and IP address for your controller below.
// The IP address will be dependent on your local network:
byte mac[] = { 0x90, 0xA2, 0xDA, 0x0D, 0xD9, 0x8D };
IPAddress ip(192,168,1,185); //<<< ENTER YOUR IP ADDRESS HERE!!!
// Initialize the Ethernet server library
// with the IP address and port you want to use
// (port 80 is default for HTTP):
EthernetServer server(80);
void setup() {
Serial.begin (9600);
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);
pinMode(ledPin, OUTPUT);
pinMode(2, OUTPUT);
// start the Ethernet connection and the server:
Ethernet.begin(mac, ip);
server.begin();
}
void loop() {
int duration, distance;
digitalWrite(trigPin, HIGH);
```

```
delayMicroseconds(1000);
digitalWrite(trigPin, LOW);
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
distance = (duration/2) / 29.1;
if (distance < 45) { // This is where the
LED On/Off happens
digitalWrite(ledPin,HIGH);
}
else {
digitalWrite(ledPin,LOW);
}
if (distance >= 200 || distance <= 0){
Serial.println("Out of range");
}
else {
Serial.print(distance);
Serial.println("cm");
}
delay(500);
//以下是光敏電阻
inputvalue = analogRead(input);
Serial.println(inputvalue,DEC);
if(inputvalue > 51){ outputvalue = 200;
}
else
{outputvalue = 0;
}
analogWrite (output,outputvalue);
delay(500);
// listen for incoming clients
EthernetClient client =
server.available();
if (client) {
// an http request ends with a blank line
boolean currentLineIsBlank = true;
while (client.connected()) {
if (client.available()) {
char c = client.read();
// if you've gotten to the end of the line
(received a newline
// character) and the line is blank, the
http request has ended,
// so you can send a reply
//reads URL string from $ to first blank
space
if(incoming && c == ' '){
incoming = 0;
}
if(c == '$'){
incoming = 1;
}
//Checks for the URL string $1 or $2
if(incoming == 1){
Serial.println(c);
if(c == '1'){
Serial.println("ON");
digitalWrite(2, HIGH);
}
if(c == '2'){
Serial.println("OFF");
digitalWrite(2, LOW);
}
}
if (c == '\n') {
// you're starting a new line
currentLineIsBlank = true;
}
else if (c != '\r') {
// you've gotten a character on the
current line
currentLineIsBlank = false;
}
}
}
// give the web browser time to receive the
data
```

```
delay(1);
// close the connection:
client.stop();
}
}
```

問題:

1. 如果家裡有三個使用者,如何一次控制三盞檯燈的任一盞提醒?
2. LED 恆亮提醒可以用閃爍加蜂鳴器，使提醒更加明顯
3. 檯燈傾倒危險性不高,為什麼要加斷電設計?

The Smart Lamp Development

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Advisor : Ching Lu Hsieh

Author`s Name : Jiaxiang Xie、Zhixian Tu、ZhengYun Ding

Abstract:

The country now increasingly higher proportion of myopia, myopia even there from kindergarten, the reason is the lack of light and lead, and to avoid the risk of lamp poured and poured, in order to improve the current situation, we use the Arduino modules to control reading when Lamps used, so that it can alert allows the user to adjust brightness, add low-light capabilities and the measured distance users and table lamps to further protect children's eyes.

Keyword：Arduino、Arduino ethernet、 ultrasound、photoresistor

機構式打包垃圾桶

學生:江翊哲、陳柏竣
指導老師:吳瑋特

國立屏東科技大學
生物機電工程系

一、 摘要

本專題先經過實用性的構想，再進行材料的選購及物件的組裝，其中為了使用上的方便及組裝上的方便性，物件的組合上使用多個鍵槽，而動力來源則使用直流馬達。

內部容積重量與馬達的整體載重是本次專題的重點之一，在整體製作完成後進行測量與校正，而打包封口的精準度也是其重點。

二、 研究動機

在家裡電腦桌使用電腦時，若有一個不占空間及可以簡單化收拾垃圾的垃圾桶，即可時時維持桌面的整潔。市面上有許多類似的自動打包垃圾桶，但電子零件難免有失靈及失真的時候，我們藉由此次實務專題設計出一個機構式的打包垃圾桶，因此需了解軟體應用、機構設計並應用大學所學來完成此次專題實務。

三、試驗設備與材料

◆ 使用軟體:SolidWorks2014

Solid Works 是一款由 Dassault Systemes S.A. 旗下的 Solid Works 公司所開發的繪圖軟體，而這套軟體可以繪製 2D 與 3D 的模型，我們使用它來進行零件的設計。

◆ 使用工具

1. 雷射雕刻機型號:LaserPro New Mercury L12



圖 1、雷射雕刻機

2. 電源供應器:最大電壓 60V、電流 25A



圖 2、電源供應器

3. 桌上鑽床:最大轉 14000rpm，夾頭能力 0.5~4mm



圖 3、桌上鑽床

4. 無段變速可逆轉震動電鑽:CD50-TW



圖 4、無段變速可逆轉震動電鑽

5. 手工鋸



圖 5、手工鋸

6. 台虎鉗



圖 6、台虎鉗

7. 燒杯

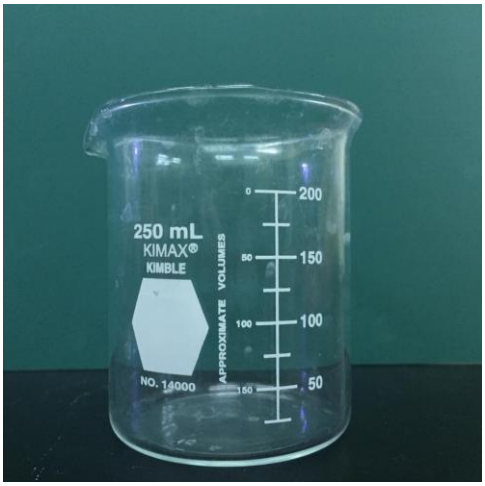


圖 7、燒杯

◆ 使用材料

1. 壓克力

表 1、壓克力規格

規格	數量
30cm*30cm*0.3cm	4
30cm*30cm*0.4cm	1
30cm*30cm*0.5cm	5
10cm*10cm*0.3cm	2

2. 直流馬達

馬達的工作原理可以用「弗萊明左手定則」說明，當一導線置放於磁場內通上電流，則導線會切割磁場線使導線產生移動。電流進入線圈產生磁場，利用電流的磁效應，使電磁鐵在固定的磁鐵內連續轉動的裝置，可以將電能轉換成動能。與永久磁鐵或由另一組線圈所產生的磁場互相作用產生動力。

強扭力直流減速馬達:電壓 6V、電流 35mA、轉速 2rpm。



圖 8、直流馬達

3. 鉸鏈

鉸鏈，又稱合頁,是用來連接兩個固體，並允許兩者之間做轉動的機械裝置。鉸鏈可能由可移動的組件構成，或者由可摺疊的材料構成。最常見的是門窗上安裝的鉸鏈。



圖 9、鉸鏈

4. 歐製束口機

此機構為各大賣場常見之封口機構，此機構為向拓樸企業有限公司所購買的歐製束口機如圖 10。



圖 10、歐式封口機

五、試驗流程

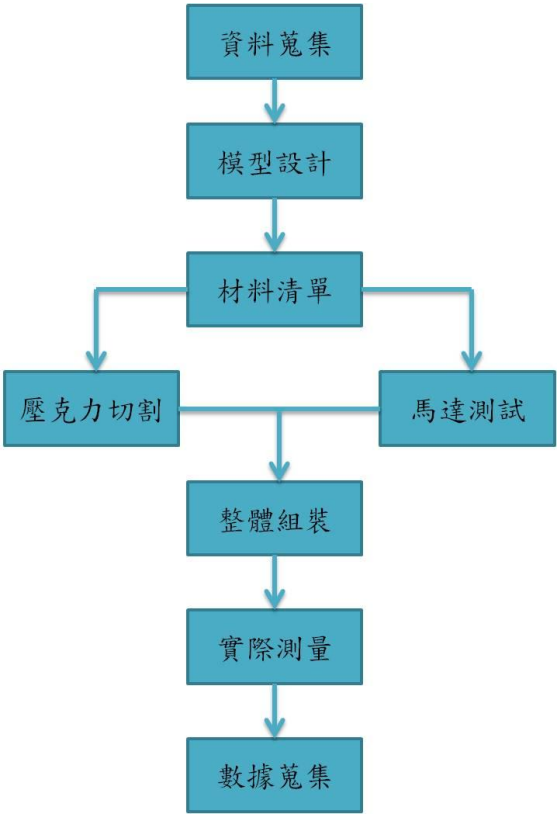


圖 11、流程圖

六、模型架構

在考量組合方便下，無鍵槽時直接做黏接會容易造成物體不平整，且在物體遇到壓力較大的狀態下易導致分解或破損，所以在設計時設計了多個鍵槽以利組合之用，如圖 12，並經由 solid works 繪製完成之爆炸圖如圖 13。

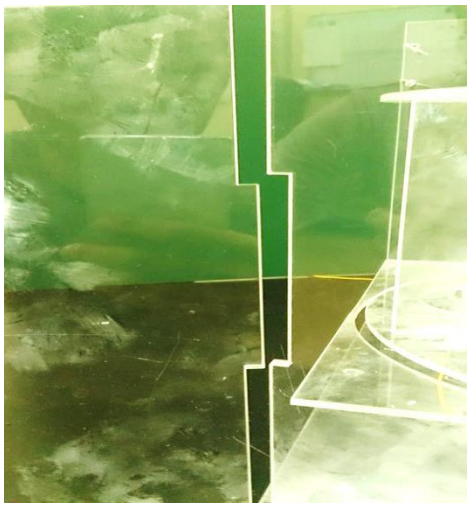


圖 12、組合鑑槽

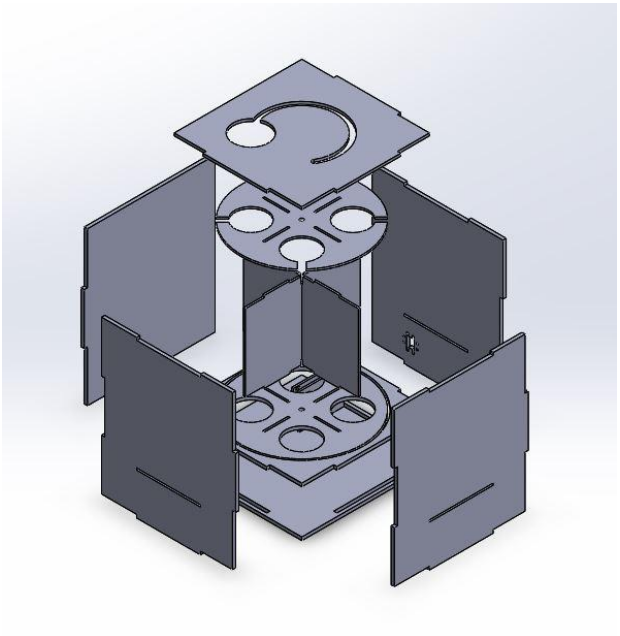


圖 13、模型架構爆炸圖

◆ 壓縮部件

使用兩塊 10cm*10cm*0.3cm 的壓克力做裁切，再裁切兩片小壓克力作為拘束運的部件，如圖 14。

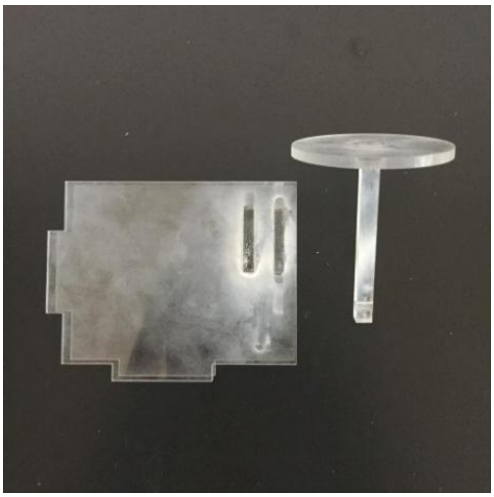


圖 14、壓縮部件

◆ 旋轉部件

我們使用三塊 30cm*30cm*0.3cm 的壓克力做裁切，並利用鍵槽組裝後以三秒膠加以固定，如圖 15。



圖 15、旋轉部件

◆ 乘載部件

以壓克力在其中央加工出一個圓槽並以多塊堆疊，黏著在底板上以固定直流馬達如圖 16。

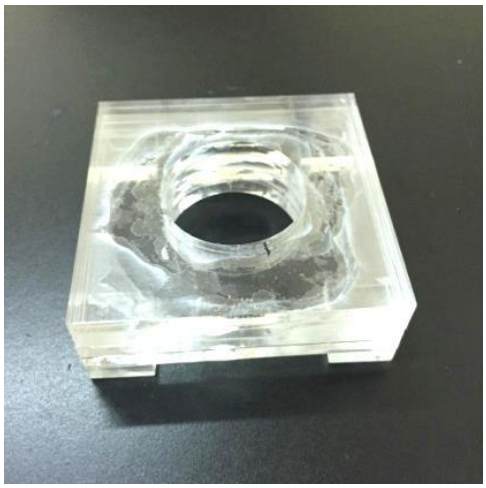


圖 16、馬達底座

◆ 打包機構

我們將歐製束口機做裁切，僅取我們所需要之部件，並加以加工將其以螺絲固定在頂蓋上以作為打包之用途，如圖 17。

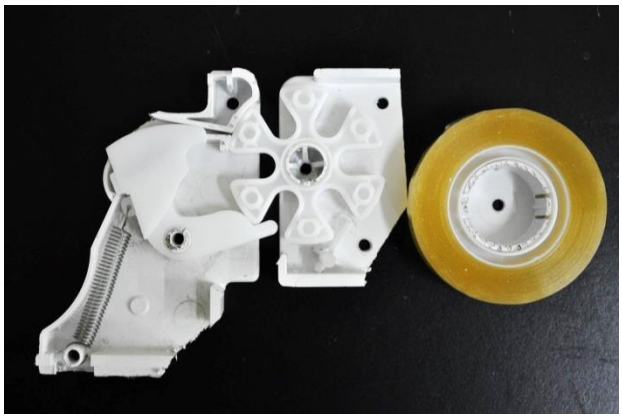


圖 17、打包機構

◆ 頂蓋

在垃圾投入口旁設計一圓槽如下圖通道作為引導垃圾袋進入打包機構之用途，若封口上方沒有一力量作為拘束垃圾袋之力量，這樣會使垃圾袋在封口時偏離軌道以至於打包精準度下降。

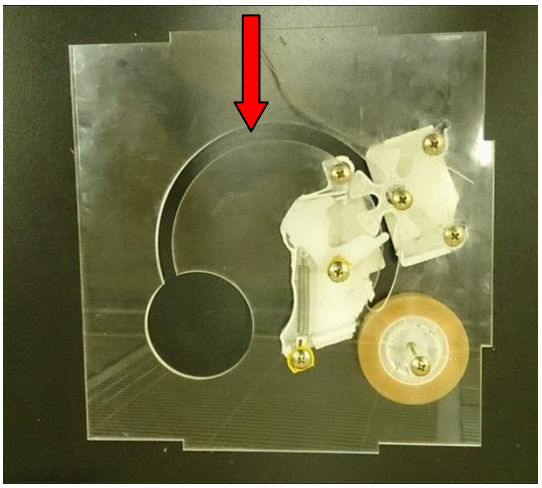


圖 18、圓槽通道(箭頭處)

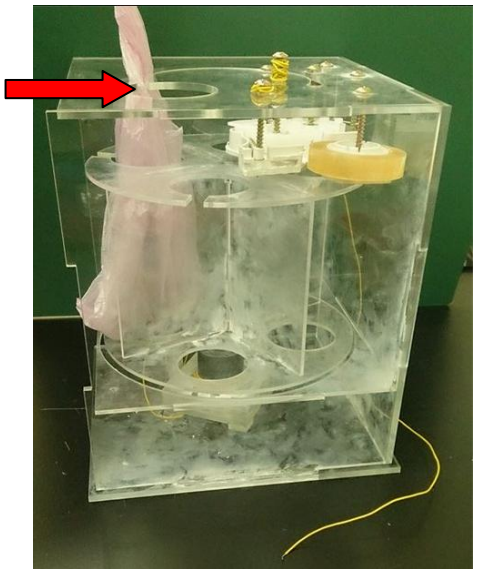


圖 19、垃圾袋在圓槽時之情況(箭頭處)

七、結果與討論

我們以量杯裝水為負載來測試不同負載與馬達轉速之變化，以 0g、300g、600g、900g、1200g、2000g 做為測試標準，並以固定電壓 6V 做測試，同一種負載重複五次所得之數據，得到之結論如表 2，依圖 20 可得馬達之負載曲線圖，可得知我們的馬達可乘載之重量非常高，可適用在更大的垃圾桶。

表 2 載重與時間之測量

單次 時間(s) 電壓(V)	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
0g	27.99	27.93	27.88	27.83	27.91
300g	28.04	27.86	27.74	28.03	28.14
600g	28.06	28.17	28.40	28.37	27.83
900g	27.89	27.86	27.66	27.74	28.01
1200g	28.28	27.67	28.36	27.80	27.83
2000g	28.37	28.49	28.22	28.12	28.33

單次 時間(s) 電壓(V)	第六次	第七次	第八次	第九次
0g	27.99	27.93	27.88	27.83
300g	28.04	27.86	27.74	28.03
600g	28.06	28.17	28.40	28.37
900g	27.89	27.86	27.66	27.74
1200g	28.28	27.67	28.36	27.80
2000g	28.37	28.49	28.22	28.12

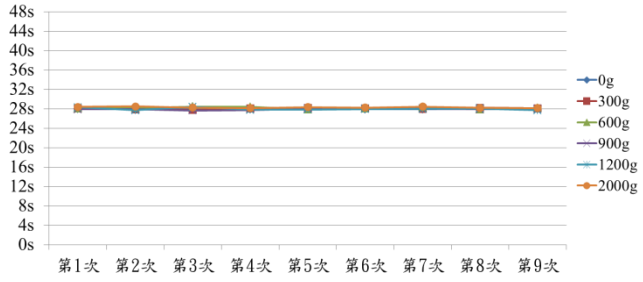


圖 20、馬達負載曲線

我們測試在不同電壓下馬達轉速的差異，以 4V、5V、6V 做測試，同一種電壓各做五次試驗所得之曲線圖，得到之結論如圖 21。

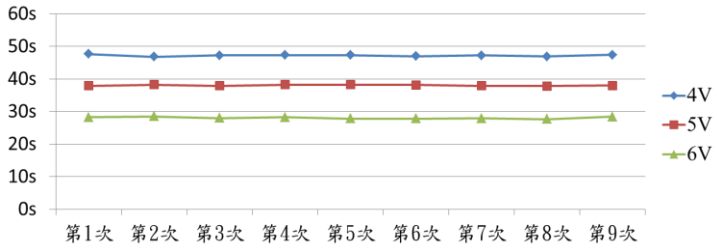


圖 21、電壓與時間關係曲線

八、結論

1.我們所使用之馬達扭力可適用於一般家庭垃圾桶的垃圾重量。

2.垃圾袋內容物不足易使打包產生誤差。

3.馬達的速度能依照供應電壓調整，可以調節整個打包的過程。

4.當垃圾量大時內容物體積會大於頂盤開口，故壓縮放置於下方由下往上壓而不會使垃圾滿出。

九、心得與感想

本次專題製作過程中遇到了許多沒有經歷過的事情，從一個單純想法到實現，這過程中有無數的阻礙區要克服，除了與組員討論或上網查詢資料，許多沒有發現的細節都是學長在一旁細心指導幫我們點出的。

而歷經了這些後，我們學到學校一般課程不會教的能力，一個專題從無到有，一個想法的實現、組員間的溝通及團隊合作、整體作品的完成，這過程中雖然很艱苦，但完成後卻覺得這是有價值的。

十、未來規劃

1. 變更規格已利於更大規格的垃圾桶，方便擺設於各個場合。
2. 提升打包機構之準確度，以減少失誤率。
3. 以齒輪組取代直流馬達，達到完全機構化，以除去馬達誤差，即達到省電之功能。
4. 尋找更為便宜的材料，以減少成本。

十一、致謝

本次的專題實務非常感謝吳瑋特老師以及學長們的幫助，在過程中遇到瓶頸時會給予我們適當的幫助，提供有效方法和經驗，為我們避免很多不必要的失誤；也感謝同為專題生的同學，在實驗中操作機械遇到困難時也不吝嗇指教，且常常詢問我們有沒有需要幫忙的地方，誠心的感謝你們的幫助，使本組的實務專題更加順利，若沒有大家的熱心協助就不會有今日的研究成果。

十二、參考文獻

〔1〕Solid works 軟體
https://www.solidworks.com/

〔2〕鉸鏈
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%93%B0%E9%93%BE

〔3〕直流馬達原理
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9B%B4%E6%B5%81%E7%94%B5%E5%8A%A8%E6%9C%BA

〔4〕電源供應器
http://www.keysight.com/en/pd-839171-pn-N5767A/power-supply-60v-25a-1500w?cc=TW&lc=cht

〔5〕CO2 雷射雕刻機
http://www.laserpro.com.tw/

〔6〕無段變速可逆轉震動電鑽
http://www.sharer.com.tw/product/contents.aspx?product_id=22853

十三、附錄

Agency type packaging trash can

Student:Yi-Che,Chiang,Bo-Jun,Chen
Doctor:Wei-Te Wu

Department of Biomechatronics Engineering
National Pingtung University of Science and Technology

Abstract

This disquisition is after the first usefulness idea,then assembling material and objects purchase,where convenience is easy to use and assemble on,we use a combination objects on multiple keyway,and the power source is a DC motor.

The overall internal volume of the motor load is one of the priorities of this disquisition,after completion of the overall production measurement and calibration, and packaging is sealed with a focus on accuracy.

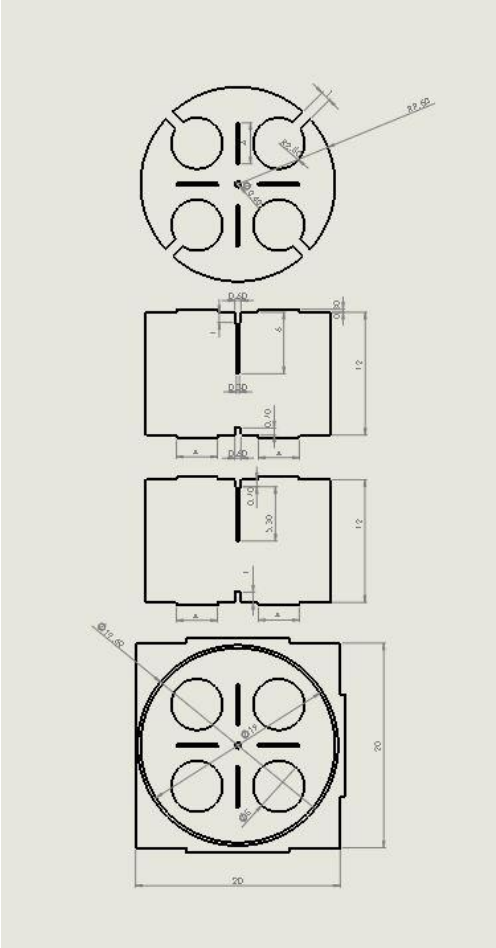


圖 22、旋轉部件工程圖

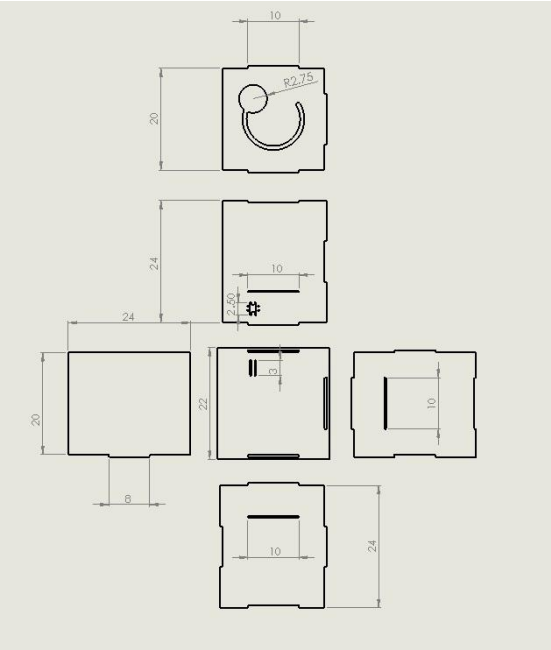


圖 23、整體外殼工程圖